

**Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)**



**Ciências Exatas e da
Terra e a Dimensão
Adquirida através da
Evolução Tecnológica 2**

Atena
Editora
Ano 2019

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

**Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão
Adquirida através da Evolução Tecnológica
2**

**Atena Editora
2019**

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-473-3 DOI 10.22533/at.ed.733191107 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario CDD 509.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica vol. 2*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 28 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DE PERNAMBUCO: ANÁLISE DO POTENCIAL DE USO	
Margarida Regueira da Costa Alexandre Luiz Souza Borba Fernanda Soares de Miranda Torres	
DOI 10.22533/at.ed.7331911071	
CAPÍTULO 2	7
APLICAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO, CEARÁ/BRASIL	
José Batista Siqueira Sanmy Silveira Lima	
DOI 10.22533/at.ed.7331911072	
CAPÍTULO 3	18
AQUÍFERO DUNAS-POTENGI: DISPONIBILIDADE E POTENCIALIDADE DAS ÁGUAS EM NATAL – RN	
Melquisedec Medeiros Moreira Newton Moreira de Souza Miguel Dragomir Zanic Cuellar Kátia Alves Arraes	
DOI 10.22533/at.ed.7331911073	
CAPÍTULO 4	27
AS ÁGUAS DO AQUÍFERO ALUVIONAR JAGUARIBE E SUA RELAÇÃO COM O USO/OCUPAÇÃO DO SOLO: ÁREA PILOTO DE SÃO JOÃO DO JAGUARIBE – CEARÁ	
Antônio Flávio Costa Pinheiro Itabaraci Nazareno Cavalcante Alexsandro dos Santos Garcês Rafael Mota de Oliveira Emanuel Arruda Pinho	
DOI 10.22533/at.ed.7331911074	
CAPÍTULO 5	42
CULTURA DE SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE PESQUISA DA ÁREA QUÍMICA	
Milson dos Santos Barbosa Débora da Silva Vilar Aline Resende Dória Isabelle Maria Gonzaga Duarte Dara Silva Santos Lays Ismerim Oliveira Géssica Oliveira Santiago Santos Luiz Fernando Romanholo Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.7331911075	

CAPÍTULO 6	53
DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA ANALÍTICA PARA DETERMINAÇÃO DE FORMALDEÍDO EM COSMÉTICOS	
Helder Lopes Vasconcelos Andressa Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.7331911076	
CAPÍTULO 7	63
DETERMINAÇÃO DA CURVA-CHAVE DAS CONCENTRAÇÕES DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA BACIA DO RIO QUARAÍ, NA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL	
Mayara Torres Mendonça Clamarion Maier Edenir Luís Grimm Gustavo Henrique Merten Jainara Fresinghelli Netto Ricardo Boscaini Miriam Fernanda Rodrigues Thais Palumbo Silva Franciele de Bastos Raí Ferreira Batista Suélen Matiasso Fachi	
DOI 10.22533/at.ed.7331911077	
CAPÍTULO 8	76
DETERMINAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS DE CAPTAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO	
César de Oliveira Ferreira Silva Manuel Enrique Gamero Guandique	
DOI 10.22533/at.ed.7331911078	
CAPÍTULO 9	84
DEVELOPMENT OF PROCEDURES FOR CALIBRATION OF METEOROLOGICAL SENSORS. CASE STUDY: CALIBRATION OF A TIPPING-BUCKET RAIN GAUGE AND DATA-LOGGER SET	
Márcio Antônio Aparecido Santana Patrícia Lúcia de Oliveira Guimarães Luca Giovanni Lanza	
DOI 10.22533/at.ed.7331911079	
CAPÍTULO 10	93
DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE E SAÚDE AMBIENTAL DO MERCADO DO PEIXE, SÃO LUÍS - MARANHÃO	
Marcelo Vieira Sodré Barbosa Ana Carolina Lopes Ozorio Itapotiarã Vilas Bôas	
DOI 10.22533/at.ed.73319110710	

CAPÍTULO 11 100

ESTUDO DA SÍNTESE SEM SOLVENTE DE ZEÓLITAS UTILIZANDO DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS COMO AGENTES DIRECIONADORES DE ESTRUTURA

Iemedelais Bordin
Victor de Aguiar Pedott
Elton Luis Hillesheim
Rogério Marcos Dallago
Marcelo Luís Mignoni

DOI 10.22533/at.ed.73319110711

CAPÍTULO 12 109

GEOPROCESSAMENTO PARA DELIMITAÇÃO DE APPS E ESTUDO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL NAS MARGENS DO BEIJA-FLOR, MUNICÍPIO DE MAZAGÃO-AP

Kerlency Maria Farias Santos
Rudney Lobato Furtado
Mariano Araújo Bernadino Rocha
Olavo Bilac Quaresma de Oliveira Filho

DOI 10.22533/at.ed.73319110712

CAPÍTULO 13 124

GEOQUÍMICA E QUALIDADE DE ÁGUAS NATURAIS DE NASCENTES DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, SÃO PAULO

Rafael Bassetto Ferreira
Wanilson Luiz Silva

DOI 10.22533/at.ed.73319110713

CAPÍTULO 14 138

IMPACTOS POTENCIAIS DOS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NO USO DA ÁGUA NA BACIA DO PARAÓPEBA, MINAS GERAIS

Luciana Eler França
Fernando Figueiredo Goulart
Carlos Bernardo Mascarenhas Alves

DOI 10.22533/at.ed.73319110714

CAPÍTULO 15 153

MODELAGEM DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SOLO REFORÇADO NO SISTEMA TERRAMESH

Taila Ester dos Santos de Souza
Carlos Alberto Simões Pires Wayhs
Alan Donassollo

DOI 10.22533/at.ed.73319110715

CAPÍTULO 16 167

POTENCIALIDADES DOS AQUÍFEROS DA BACIA DO RIO VERDE GRANDE E SUAS RELAÇÕES COM OS DOMÍNIOS CLIMÁTICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Estefânia Fernandes dos Santos
Leila Nunes Menegasse Velasquez

DOI 10.22533/at.ed.73319110716

CAPÍTULO 17 182

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL

Janete Facco
Fabio Luiz Carasek
Sival Francisco de Oliveira Junior
Luiz Fernando Scheibe
Manuela Gazzoni dos Passos
Mariana Muniz Blank

DOI 10.22533/at.ed.73319110717

CAPÍTULO 18 197

RAIZ DO CAPIM VETIVER: UMA FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

Felipe Coelho Vieira
Alan Rodrigues Teixeira Machado
Marcelo Segala Xavier
Jussara Vitória Reis

DOI 10.22533/at.ed.73319110718

CAPÍTULO 19 210

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS DE UMA REGIÃO DO CERRADO MARANHENSE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS OCORRENTES NO LOCAL

Karla Bianca Novaes Ribeiro
Kely Silva dos Santos
Karine Silva Araujo
Mayanna de Kássia Silva Rodrigues
James Werllen de Jesus Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.73319110719

CAPÍTULO 20 219

RELEVO COMO FATOR INTENSIFICADOR DAS ONDAS DE CALOR EM ALAGOAS

Dálete Maria Lima de Sousa
Anne Karolyne Pereira da Silva
Rafael Wendell Barros Forte da Silva
João Vitor Benevides de Castro
Francisco de Assis Franco Vieira
David Harley de Oliveira Saraiva

DOI 10.22533/at.ed.73319110720

CAPÍTULO 21 233

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE MILHO (ZEA MAYS L.) EXPOSTAS A ÁCIDO HÚMICO

Monique Ellen Farias Barcelos
Leonardo Barros Dobbss
Amanda Azevedo Bertolazi
Alessandro Coutinho Ramos
Ian Drumond Duarte
Lívia Dorsch Rocha
Leonardo Valandro Zanetti
Silvia Tamie Matsumoto

DOI 10.22533/at.ed.73319110721

CAPÍTULO 22	247
SUPORTES HÍBRIDOS DE SÍLICA-MONOSSACARÍDEOS: MATERIAIS POTENCIAIS PARA IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE RAP - TOYOBO	
Ivan Martins Barreto	
Maria Antônia Carvalho Lima Jesus	
Djalma Menezes De Oliveira	
Ronaldo Costa Santos	
Alini Tinoco Fricks	
Heiddy Márquez Alvarez	
DOI 10.22533/at.ed.73319110722	
CAPÍTULO 23	256
USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA DO RIO PUNHAÍ, LITORAL NORTE DA BAHIA	
Ricardo Acácio de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.73319110723	
CAPÍTULO 24	263
ADMINISTRAÇÃO: FERRAMENTA DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO	
Esmeraldo Bezerra de Melo Junior	
Claudio Jorge Gomes da Rocha Junior	
DOI 10.22533/at.ed.73319110724	
CAPÍTULO 25	275
ORGANIZAÇÃO SOCIAL DOS PRODUTORES DE BANANA DOS MUNICÍPIOS DE PRESIDENTE FIGUEIREDO E RIO PRETO DA EVA, AMAZONAS E PARTICIPAÇÃO DO GOVERNO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CULTURA	
Maricleide Maia Said	
Luiz Antonio de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.73319110725	
CAPÍTULO 26	287
AGROECOLOGIA E RE(EXISTÊNCIAS): CONTRIBUIÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR DE BASE AGROECOLÓGICA COMO PASSO PARA GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL EM UM ACAMPAMENTO NO SERTÃO PARAIBANO	
Luymara Pereira Bezerra de Almeida	
Helena Cristina Moura Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.73319110726	
CAPÍTULO 27	299
LEVANTAMENTO DE MOSCAS BRANCAS (<i>Bemisia tabaci</i>) NA CULTURA SOJA, EM UM MUNICÍPIO DO NOROESTE DO RS: ANO I	
Isaura Luiza Donati Linck	
Antônio Luis Santi	
Ezequiel Zibetti Fornari	
Luis Felipe Rossetto Gerlach	
Fernanda Marcolan de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.73319110727	

CAPÍTULO 28 305

QUANTIFICAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS E CLASSIFICAÇÃO DE SUA ATIVIDADE ENZIMÁTICA
PROTEOLÍTICA E LIPOLÍTICA EM LEITE CRUCAPTADO EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO DE
PIUMHI-MG

Maria Clara de Freitas Guimarães Santos

Eudoro da Costa Lima Neto

Talitha Oliveira de Rezende

Leonardo Borges Acurcio

DOI 10.22533/at.ed.73319110728

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 317

A GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO ESTADO DE PERNAMBUCO: ANÁLISE DO POTENCIAL DE USO

Margarida Regueira da Costa

Engenheira Civil, Dra. – Pesquisadora em Geociências do SGB/CPRM
Recife /Pernambuco

Alexandre Luiz Souza Borba

Geólogo, M.Sc. – Pesquisador em Geociências do SGB/CPRM
Recife /Pernambuco

Fernanda Soares de Miranda Torres

Geóloga, M.Sc.– Pesquisadora em Geociências do SGB/CPRM
Recife /Pernambuco

RESUMO: O Brasil, apesar de ter uma situação hídrica privilegiada, apresenta problemas relacionados à disponibilidade hídrica, sendo afetado tanto pela escassez quanto pela abundância. A Região Nordeste apresenta como característica possuir grande parte do seu território coincidindo em área de clima semiárido, com uma precipitação anual média na casa dos 900 mm, chegando próxima a 400 mm, em algumas regiões. A presente pesquisa tem por objetivo avaliar o potencial de uso das águas subterrâneas nas bacias do Agreste e Sertão do Estado de Pernambuco. Para uma avaliação em relação às fontes hídricas e a qualidade da água obtida nos mananciais subterrâneos, foram selecionados e analisados Relatórios Técnicos do Serviço Geológico do

Brasil - SGB/CPRM. Nestes, identificou-se três tipos básicos de captações subterrâneas: poço tubular, cacimba/escavado e fonte natural, dispostos ao longo de terrenos compostos de rochas cristalinas. Em relação à análise dos dados de qualidade de água pôde-se definir que 1.613 pontos analisados possuem água doce; 2.020 pontos analisados têm água salobra; 2.512 pontos analisados possuem água salgada. Constata-se uma tendência a água salgada, esperada para a região em função das condições hidrogeológicas em que estão localizadas as captações subterrâneas. A partir dos resultados apresentados, observa-se uma falta de gestão das infraestruturas já implantadas onde ver-se que ainda há potencial para acelerar a solução dos problemas de falta de água para o abastecimento e para a agricultura familiar voltados à população rural difusa, mediante a implementação de tecnologias apropriadas.

PALAVRAS-CHAVE: Águas subterrâneas, semiárido, Pernambuco.

ABSTRACT: After noting that scarcity is a limite to the development we see that, as happened with oil in the past, the water might be cause for future clashes in at least five world regions. The Brazil, despite having a privileged situation of water availability (greater water availability on the planet), representing more than half

the water in South America and 13.8% of the world, adding to this about 2/3 of a ground water source runs beneath the countries of Mercosul, with extension superior to England, France and Spain together with problems related to water availability, which affected both by the scarcity as for abundance. While the Northern Region has abundant water, the Northeast has the characteristic of owning a large part of its territory coinciding in area of semi-arid climate with an average annual rainfall of 900 mm, reaching close to 400 mm in some regions. This research aims to evaluate the potential use of groundwater in semi-arid of Pernambuco state. The present research aims to evaluate the potential of groundwater use in the Agreste and Sertão basins of the State of Pernambuco. For an evaluation of the water sources and the water quality obtained in the underground water sources were selected and analyzed Technical Reports of the CPRM. In this, three basic types of underground abstractions were identified: tubular well, cacimba / excavated and natural source, arranged along lands composed of crystalline rocks. In relation to the analysis of water quality data it was possible to define that 1.613 analyzed points have fresh water; 2.020 analyzed points have brackish water; 2.512 analyzed points have salt water. There is a tendency to salt water, expected for the region due to the hydrogeological conditions in which the underground abstractions are located. Based on the results presented, there is a lack of management of the already established infrastructures where it can be seen that there is still potential to accelerate the solution of the problems of lack of water for the supply and for the family agriculture directed to the diffuse rural population, through the implementation of appropriate technologies.

KEYWORDS: Groundwater, semi-arid, Pernambuco.

1 | INTRODUÇÃO

O Estado de Pernambuco possui sua área territorial dividida em três Regiões com características hidrológicas diferentes: a Zona da Mata, o Agreste e o Sertão.

A Zona da Mata, que pode ser subdividida em Zona da Mata Norte e Zona da Mata Sul, possui índices pluviométricos anuais que variam de 1.000 milímetros, nas regiões mais secas, a valores superiores a 2.500 milímetros em regiões localizadas próximas a faixa litorânea.

O Semi-Árido pernambucano abrange as Regiões do Agreste e Sertão.

O Agreste possui uma variação espacial bem maior com relação às características hidrológicas em comparação com a Zona da Mata, por possuir regiões bastante áridas e com solos que não contribuem hidrológicamente e por possuir também regiões com características hidrológicas mais favoráveis. Os índices pluviométricos anuais podem variar de 450 milímetros, nas regiões mais secas, a valores superiores a 850 milímetros, nas regiões localizadas em áreas específicas e com altitudes elevadas. Nesta região, a evapotranspiração potencial pode variar de 1.200 milímetros a mais de 2.000 milímetros. O trimestre mais chuvoso varia, mas de uma forma geral pode ser considerado os meses de abril, maio e junho, período onde o escoamento superficial é

predominante, no que diz respeito às vazões totais afluentes aos mananciais localizados naquela região. O escoamento de base só ocorre em certas áreas privilegiadas, onde o tipo de solo propicia tal situação. Nesta região já são necessários reservatórios com capacidades de acumulação maiores.

O Sertão, que representa a maior região do Estado com relação à área física, possui características hidrológicas, de uma forma geral, ainda menos favoráveis. Esta área possui índices pluviométricos que variam de 400 a 800 milímetros, podendo em raras exceções atingir 1.000 milímetros, tendo como período mais chuvoso os meses de janeiro a abril, variando no sentido oeste-leste. O regime de escoamento é representado praticamente apenas pelo escoamento superficial advindo de grandes enxurradas, que ocorrem em um curto período de tempo. Isto torna necessária a construção de barragens de grande porte com capacidade de acumulação elevada.

Existem centenas de reservatórios, de pequeno porte, que são utilizados pela população localizada na zona rural do Estado. Esta se encontra, em sua grande maioria, distribuída de forma bastante difusa. Em muitos casos, a única forma para suprir as necessidades desta população são os pequenos barramentos, chamados de “barreiros”, que estão localizados próximos às pequenas comunidades ou o uso de tecnologias alternativas. Um fato a se considerar é que, principalmente nas regiões mais secas, os pequenos barramentos entram em colapso na maioria dos anos.

Atualmente no Estado existem cerca de 850 comunidades entre povoados e distritos, totalizando uma população, em sua grande maioria rural, da ordem de 500.000 habitantes, que sofrem pela situação de escassez da água.

Diante deste quadro, o Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, realizou e publicou no ano de 2005, o levantamento do potencial e das disponibilidades hídricas subterrâneas nas bacias da região semiárida do Estado de Pernambuco, com o objetivo de atender as múltiplas finalidades dos municípios. Este buscou o levantamento das características gerais dos tipos de captações subterrâneas, as finalidades e tipos de usos, bem como as condições gerais da qualidade das águas, além de indicar os poços tubulares em condições de receber sistemas de bombeamento por energia solar.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Em relação à geologia do estado de Pernambuco, o Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM verificou a existência de Bacias Sedimentares (10 das quais cartografadas no Estado), que por terem sofrido subsidência, depressão e preenchimento por sedimentos, que possuem como característica unidades litológicas (aquíferos), com boa capacidade para armazenar e transmitir água (sustentabilidade hídrica), podendo ser explorados através de poços tubulares e amazonas.

As Unidades de Ortognaisses Mesoproterozoicas e Granitos Neoproterozoicos, conhecidas como Rochas Cristalinas, possuem como característica hidrogeológica não apresentar grande potencialidade e os aquíferos estarem restritos às fendas ou

fissuras das rochas. Suas águas, em geral, são mais aproveitadas para o consumo animal, devido aos elevados teores de sais provenientes das dissoluções/reações químicas de alguns minerais existentes nessas rochas, que são extraídas através de poços de até 60m de profundidade e de baixa vazão (em geral abaixo de 2m³/h). As águas tornam-se em geral de aceitáveis a boa, se utilizadas estações de tratamento (com filtros específicos às características físico-químicas da água) e dessalinizadores. Estas estão presentes em aproximadamente 85% do território do Estado.

Para a avaliação em relação às fontes hídricas utilizadas nas localidades e a qualidade da água obtida nos mananciais subterrâneos, foram selecionados e analisados Relatórios Técnicos da SGB/CPRM, de municípios localizados nas regiões do Agreste e Sertão do Estado.

O cadastramento identificou três tipos básicos de captações subterrâneas: poço tubular, cacimba/escavado e fonte natural (Figura 1), dispostos ao longo de terrenos compostos de rochas cristalinas. Outro tipo de levantamento analisado foi o das finalidades de usos das águas subterrâneas (Figura 2).

Segundo o levantamento realizado e análise dos dados contidos nos relatórios técnicos, foram selecionadas algumas observações que se seguem.

- a. Os poços tubulares apresentam características construtivas distintas, principalmente em função dos tipos de rochas e materiais de alteração em que foram perfurados. Assim sendo, quando se trata de rochas cristalinas e materiais provenientes de alteração, os poços são do tipo tubular raso onde, na grande maioria, possuem apenas pequena extensão revestida em material a base de PVC e a outra parte em “parede aberta” que pode ser chamado de misto, capazes de captar vazões que variam, em geral, de 1,0 a 2,0m³/h. Quando em rochas sedimentares, os mesmos são do tipo profundo, revestidos e aplicados filtros em PVC ao longo de sua extensão, sendo capazes de captar, em geral, vazões superiores a 10,0m³/h.
- b. Os tipos de captações na forma de cacimbas ou escavados, são em geral construídos em materiais de alteração de rochas ou em terrenos aluvionares, que de uma forma ou de outra, servem como pequenas fontes de captação e reservatórios onde, em decorrência da percolação da água (entre os componentes do material perfurado), podem apresentar vazões similares aos dos poços construídos em rochas cristalinas.
- c. As fontes naturais (tipo surgência), que podem ocorrer ao longo de determinadas fraturas ou fissuras das rochas cristalinas, apresentam, em geral, também vazões entre 1,0 e 2,0m³/h.
- d. Do total do cadastramento foram analisados 8.330 poços tubulares (92%), 513 cacimbas (6%) e escavados e 148 fontes naturais (2%), conforme apresentado na Figura 3.

Segundo o levantamento, se é possível localizar as Bacias Sedimentares da Região Semiárida do Estado e localizar os municípios inseridos nestas.

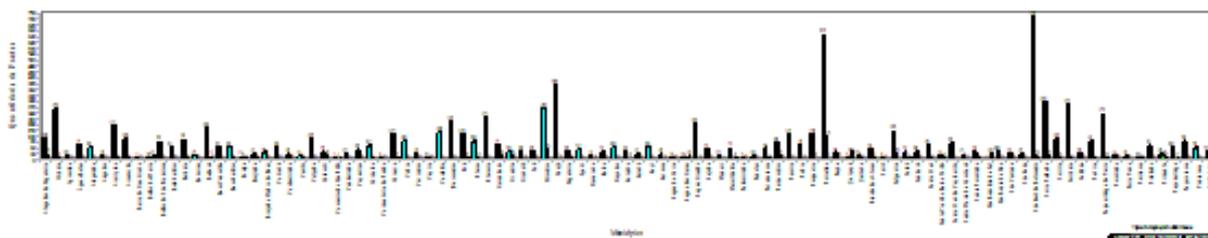


Figura 1 – Tipos de captações das águas subterrâneas.

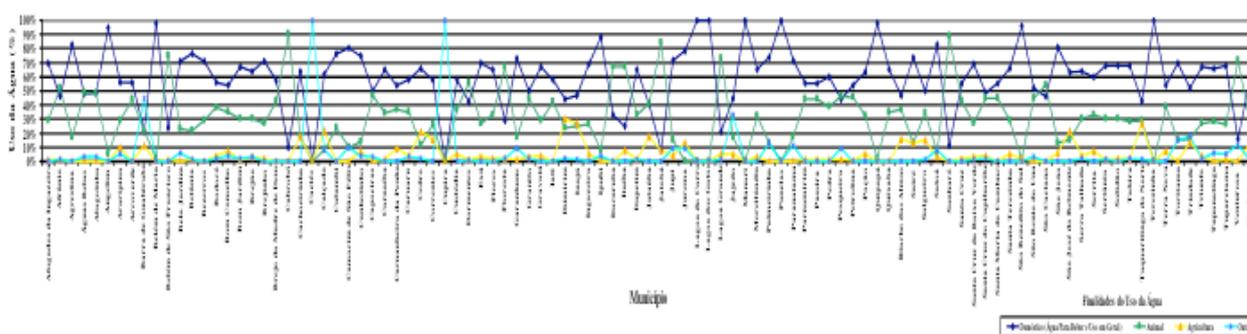


Figura 2 – Finalidades de usos das águas subterrâneas.

Cadastramento do Tipo de Captação Subterrânea

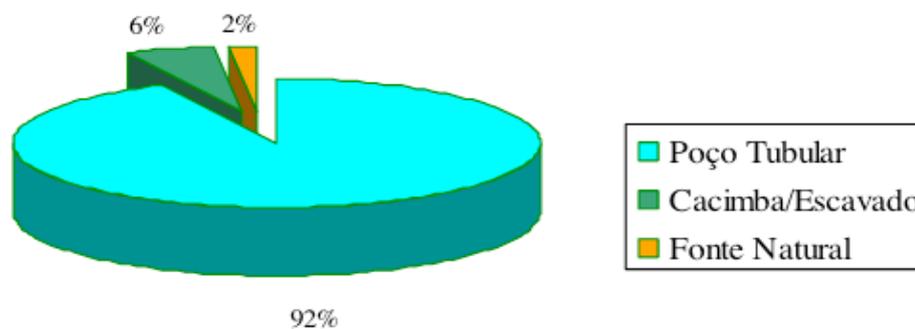


Figura 3 - Representação gráfica em percentagem do tipo de captação cadastrada nos municípios do Estado. Fonte: Adaptado (CPRM, 2005).

Para o levantamento da qualidade da água, foram realizadas, apenas análises de sólidos totais dissolvidos em capacitações selecionadas, que segundo a Portaria nº. 1.469 da FUNASA classifica a água como: Água Doce com limites de 0 a 500mg/l; Água Salobra de 500 a 1.500mg/l; e Água Salgada > 1.500mg/l.

3 | CONCLUSÕES

Analisando os mananciais utilizados pela concessionária local – COMPESA para o abastecimento de água dos municípios, pôde-se verificar que os mesmos não são,

em geral, abastecidos por manancial subterrâneo, o que mostra a possibilidade de outro tipo de captação de água para atender as necessidades locais. Do contexto apresentado, nota-se que 13 municípios são abastecidos parcialmente ou totalmente por águas subterrâneas, com maior destaque para o aproveitamento das manchas sedimentares. Na área do cristalino, espalhado por todo o Estado, o abastecimento procura atender a população difusa, havendo que se observar a presença de sais acima da concentração aceitável para abastecimento humano em 60% dos poços analisados.

Em relação à análise dos dados de qualidade de água pôde-se definir que:

- a. 1.613 pontos analisados possuem água doce;
- b. 2.020 pontos analisados têm água salobra;
- c. 2.512 pontos analisados possuem água salgada.

Constata-se uma tendência a água salgada, esperada para a região em função das condições hidrogeológicas em que estão localizadas as captações subterrâneas.

A partir dos resultados apresentados, constata-se uma falta de gestão das infraestruturas já implantadas onde se observa ainda que há potencial para acelerar a solução dos problemas de falta de água para o abastecimento e para a agricultura familiar voltados à população rural difusa, mediante a implementação de tecnologias apropriadas.

REFERÊNCIAS

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Atlas digital dos recursos hídricos subterrâneos do vale do rio Jequitinhonha, Minas Gerais e Bahia, Fortaleza, CE, CPRM / PRODEEM, 2005, CD - ROM.

APLICAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NO DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE SALINIZAÇÃO EM AÇUDES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO, CEARÁ/BRASIL

José Batista Siqueira

Departamento de Geologia (DGEOL-UFS), Prédio Multidepartamental I, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil
oju296@gmail.com

Sanmy Silveira Lima

Programa de Pós-Graduação em Geociências - UFPE, Brasil

RESUMO: No estado do Ceará há diversos açudes utilizados para mitigar os impactos das secas para as populações. Entretanto as águas desses açudes estão sendo afetadas por diferentes processos de salinização, afetando sua qualidade e conseqüente uso. Este trabalho refere-se ao estudo dos açudes Trici e Favelas, sub-bacia do Alto Jaguaribe/CE, localizada a Sudeste do Município de Tauá, visando estabelecer um diagnóstico do processo de salinização. Portanto para estabelecer um diagnóstico da causa ou causas da salinização nas bacias hidrográficas dos açudes Favelas e Trici no estado do Ceará, foram geradas informações para as duas bacias. Dentre elas destacam-se as amostragens de águas, nas quais foram abordadas as variáveis temperatura da água (TH_2O), condutividade elétrica (CE $\mu\text{S}/\text{cm}$), pH (concentração hidrogeniônica do meio), potencial de oxidação e redução (ORP), sólidos totais dissolvidos (TDS). Para analisar os dos

obtidos foram aplicadas estatística univariada e as técnicas estatísticas multivariadas da análise de componentes principais (PCA) e análise discriminante, com auxílio do software *PAST 3*. Considerando os resultados estatísticos e da análise estatística multivariada das variáveis TH_2O , CE $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH, ORP e TDS, tanto no na bacia do açude Favelas como do Trici, verifica-se que elas apresentam comportamentos diferentes. Portanto justificando, a influência dos diferentes processos de salinização que estão ocorrendo nas duas bacias.

PALAVRAS-CHAVE: Processo de salinização, estatística multivariada, semiárido.

APPLICATION OF MULTIVARIATE STATISTICS IN THE DIAGNOSIS OF SALINIZATION PROCESS IN DAMS OF NORTHEAST SEMIARID, CEARÁ/BRASIL

ABSTRACT: In Ceará state of there are several dams used to mitigate the impacts of droughts to the populations. However the waters of these dams are being affected by different salinization processes, affecting their quality and consequent use. This work refers to the Favelas and Trici basins, a sub-basin of the Alto Jaguaribe/CE, located southeast of the Municipality of Tauá. In order to establish a diagnosis of the cause or causes of salinization in the watersheds of the

Favelas and Trici reservoirs in the Ceará state, a set of information was generated for the two basins. Among them, water samples were analyzed, in which the variables water temperature (TH_2O), electrical conductivity ($\text{CE } \mu\text{S} / \text{cm}$), pH (hydrogen ion concentration of medium), oxidation and reduction potential (ORP), total dissolved solids (TDS). Statistical analysis univariate and multivariate of principal component analysis and discriminante, using the *PAST3* software were used to analyze the results obtained. The statistical results and the multivariate statistical analysis of the variables TH_2O , $\text{CE } \mu\text{S} / \text{cm}$, pH, ORP and TDS, both in Favelas and Trici, it is verified that they have different behaviors. Therefore justifying the influence of the different processes of salinization that are occurring in the two basins.

KEYWORDS: Salinization process, multivariate statistics, semiarid.

1 | INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se ao estudo das bacias hidrográficas dos açudes Trici e Favelas, sub-bacia do Alto Jaguaribe-CE, localizada a Sudeste do Município de Tauá, visando estabelecer um diagnóstico do processo de salinização nos dois açudes.

A motivação para este estudo deveu-se ao fato de que além da perda de água por evaporação, os açudes dessa sub-bacia estão enfrentando diferentes processos de salinização, e a água do açude Favelas apresenta índices de salinização bem elevados em comparação a outros açudes pertencentes a outras bacias hidrográficas próximas, que estariam dentro de um contexto geológico regional similar.

Os trabalhos de campo tiveram como objetivo proceder à coleta de amostras de água além de outros dados, porém aqui serão enfocados os dados referentes às águas. Em virtude das águas do açude Trici apresentam índices de salinização compatíveis com os permitidos à ingestão humana, e por pertencer a uma bacia hidrográfica próxima a bacia hidrográfica do açude Favelas com alta salinização, cerca de 40 quilômetros, procedeu-se este estudo comparativo das duas bacias visando entender qual a razão da salinização diferenciada nos dois açudes.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Visando estabelecer o diagnóstico da causa ou causas da salinização nas bacias hidrográficas dos açudes Trici e Favelas no estado do Ceará, foi gerado um conjunto de informações para as duas bacias (Figuras 1 e 2). Dentre elas destacam-se os dados de amostragens de águas, nas quais foram abordadas as variáveis temperatura da água (TH_2O), condutividade elétrica ($\text{CE } \mu\text{S}/\text{cm}$), pH (concentração hidrogeniônica do meio), potencial de oxidação e redução (ORP) e sólidos totais dissolvidos (TDS).

Vários estudos mostram uma boa aplicação das técnicas de análise multivariada para o tratamento e interpretação de dados (NITTERS et al., 1995; LANDIM, 2011; CHIERICE & LANDIM, 2014) dentre outros.

Neste trabalho foi utilizada estatística univariada para estabelecer os momentos de distribuição, e as técnicas estatísticas multivariadas da análise de componentes principais (PCA) e análise discriminante, para relacionar as variáveis. Estas análises permitem classificar os valores de uma matriz de dados em estudo em grupos, e indicar quais variáveis possuem maior peso, e são mais importantes na classificação. As técnicas classificatórias multivariadas da análise de componentes principais e análise discriminante podem ser utilizadas quando se deseja explorar as similaridades entre indivíduos ou entre variáveis definindo-os em grupos, considerando simultaneamente, no primeiro caso, todas as variáveis medidas em cada indivíduo e, no segundo, todos os indivíduos nos quais foram feitas as mesmas medidas (LANDIM, 2011). Para relacionar e entender o significado das informações, o foco deste trabalho consistiu na análise multivariada aplicada aos resultados analíticos obtidos. Com ênfase na análise de componentes principais e discriminante, aplicadas aos resultados analíticos das amostras coletadas em diferentes profundidades, em dois açudes denominados de Trici (PT) e Favelas (PF) no estado do Ceará (Figuras 1 e 2). Através do geoprocessamento obteve-se a integração dos resultados analíticos, bem como os mostrados através de matrizes e gráficos. A análise multivariada foi feita com o *software PAleontological Statistics PAST 3* (HAMMER, 2017).

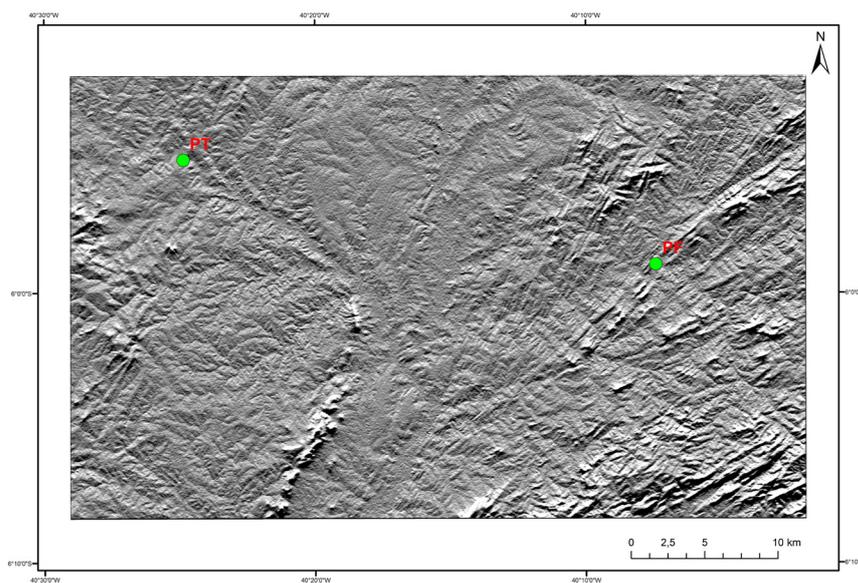


Figura 1. Imagem SRTM com a localização dos açudes Trici (PT) e Favelas (PF).

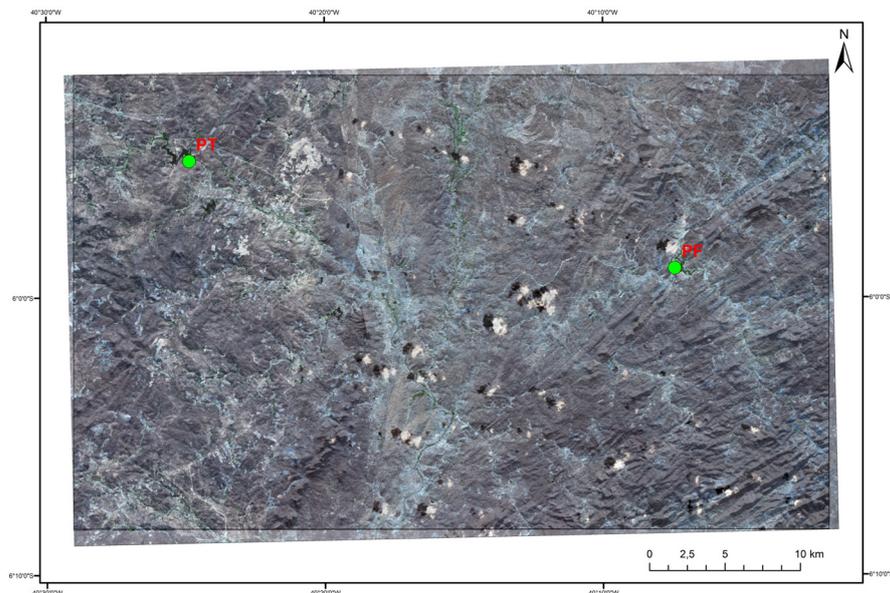


Figura 2. Imagem SRTM+Spot (543RGB) da bacia hidrográfica dos açudes Trici (PT) e Favelas (PF).

3 | GEOLOGIA

3.1 Bacia hidrográfica do açude Favelas

O contexto geológico da área faz parte do domínio do embasamento cristalino, com predominância de rochas do tipo gnaisses, migmatitos e plutônicas granulares. Os gnaisses são biotíticos e hornblêndicos granadíferos; gnaisses leucocráticos com granada, intercalações de quartzitos e xistos muscovíticos. Os migmatitos são heterogêneos (granito pórfiro e granito diorítico) de estruturas flebítica-agmática dominantes e migmatitos com estrutura dobrada e flebítica. As rochas plutônicas granulares são gabróides e dioritos.

Estruturalmente, a área é cortada por falhamentos e fraturas indiscriminadas de médio a grande porte, predominantemente transcorrentes, assumindo caráter retilíneo, com mergulhos na maioria das vezes, sub-verticais a verticais (NETO et al., 2002).

3.2 Bacia hidrográfica do açude Trici

A bacia hidrográfica do açude Trici, em termos litológicos, assemelha-se bastante com a bacia hidrográfica do açude Favelas. A diferença marcante é no aspecto estrutural, pois a bacia hidrográfica do açude Trici está bem menos afetada em relação à presença de grandes falhamentos e fraturamentos (NETO et al., 2002).

3.3 Geomorfologia

A geomorfologia da bacia hidrográfica do açude Trici/CE, sub-bacia do Alto Jaguaribe-CE, localizada à Oeste do município de Tauá, com níveis altimétricos que variam de 350 a 550 m, englobando cerca de 550km² apresenta compartimentos de

relevos, somente, de planícies fluviais e depressão sertaneja (NETO et al., 2002). Já a bacia hidrográfica do açude Favelas/CE, sub-bacia do Alto Jaguaribe-CE, localizada a Sudeste do Município de Tauá, com níveis altimétricos que variam de 500 a 700 m, englobando cerca de 680 km², apresenta compartimentos de relevos correspondentes a planícies fluviais, maciço residual e depressão sertaneja.

4 | RESULTADOS

A matriz de dados utilizada para este trabalho apresentada na Tabela 01, refere-se aos dados analíticos temperatura da água (TH₂O), condutividade elétrica (CE μ S/cm), pH (concentração hidrogeniônica do meio), potencial de oxidação e redução (ORP), sólidos totais dissolvidos (TDS), de 49 amostras de águas coletadas nos açudes Favelas (PF) e Trici (PT). E amostras coletadas em poços também nas bacias dos dois açudes (Tabela 02).

Os poços amostrados no estado do Ceará, que estão situados na bacia do açude Trici receberam a denominação (PT) e os localizados na bacia do açude Favelas receberam a denominação (PF). Figuras 01 e 02 e Tabelas 01 e 02. A seguir são mostrados os tratamentos aplicados aos dados e apresentados os resultados.

4.1 Medidas de Tendência Central

A análise simples dos momentos de distribuição para a variável condutividade elétrica (CE μ S/cm), para os poços monitorados nos anos 1999 e 2000, mostra que as médias dos valores de condutividade obtidas em poços da bacia do açude Favelas, são da ordem de 10 vezes maiores, quando comparados com as médias dos valores da bacia do açude Trici (Tabelas 02 e 03). E a salinidade verificada nos dados do açude Favelas é da ordem de 1,6 a 3,2 vezes maior que os valores observados para a mesma variável na bacia do açude Trici (Tabelas 02 e 03).

As variáveis temperatura da água (TH₂O), condutividade elétrica (CE μ S/cm), pH (concentração hidrogeniônica do meio), potencial de oxidação e redução (ORP), sólidos totais dissolvidos (TDS), analisadas nas águas da bacia dos açudes Favelas e Trici, também apresentam médias maiores que na bacia do açude Trici (Tabela 04). Em especial o pH mais alcalino na bacia do açude Favelas, fato este que está na janela de alta dissolução de sílica. Isso seria uma condição adversa aos silicatos, que constituem os minerais das rochas da área. Justificando assim que os minerais constituintes das rochas da região sejam atacados pelo intemperismo, essencialmente químico, dissolvidos e seus íons são carregados para as bacias dos dois açudes, contribuindo, portanto para o processo de salinização. Com destaque para a bacia do açude Favelas, que se mostra em condições ainda mais adversas devido à maior alcalinidade do meio, induzindo a um processo mais acelerado de salinização.

Na bacia do açude Favelas as variáveis condutividade elétrica (CE μ S/

cm), concentração hidrogeniônica do meio (pH), e sólidos totais dissolvidos (TDS) têm correlação positiva. Assim como o potencial de oxidação e redução (ORP) e a temperatura da água (Tabela 05).

Ao passo que na bacia do açude Trici as variáveis condutividade elétrica e concentração hidrogeniônica do meio (pH) têm correlação negativa. A correlação condutividade elétrica (CE $\mu\text{S/cm}$) e sólidos totais dissolvidos TDS também é positiva (Tabelas 06). Entretanto as variáveis condutividade elétrica (CE $\mu\text{S/cm}$) e potencial de oxidação e redução (ORP) têm correlação negativa nas duas bacias (Tabelas 05 e 06).

Considerando os valores médios das variáveis observados nas duas bacias, e as correlações em especial a correlação positiva da condutividade elétrica com o pH mais alcalino, na bacia do açude Favelas; e a correlação negativa da condutividade elétrica com concentração hidrogeniônica do meio (pH) na bacia do açude Trici, são fatores que reforçam a atuação diferenciada do intemperismo, e conseqüentes processos de salinização nas bacias dos dois açudes. Em especial para a bacia do açude Favelas, que se mostra em condições ainda mais adversas devido à maior alcalinidade do meio, que responde com um processo mais acelerado de alteração de silicatos, e liberação de elementos que contribuem para salinização.

Açudes	TH ₂ O	CE $\mu\text{S/cm}$	pH	ORP	TDS	Açudes	TH ₂ O	CE $\mu\text{S/cm}$	pH	ORP	TDS
PT01	28,17	0,297	7,60	385,00	0,19	PT06	28,1	0,319	7,45	336,00	0,20
PT01	27,83	0,299	7,50	385,00	0,19	PT06	27,9	0,322	7,36	332,00	0,21
PT01	27,63	0,301	7,36	328,00	0,19	PT06	27,8	0,323	7,34	326,00	0,21
PT02	27,61	0,301	7,32	298,00	0,19	PF01	27,7	3,566	8,36	381,00	2,28
PT02	27,49	0,271	7,90	397,00	0,17	PF01	27,7	3,567	8,36	381,00	2,28
PT02	27,48	0,271	7,85	394,00	0,17	PF01	27,7	3,567	8,35	381,00	2,28
PT03	26,57	0,267	7,74	378,00	0,17	PF01	27,7	3,567	8,34	381,00	2,28
PT03	26,51	0,267	7,78	376,00	0,17	PF01	27,6	3,566	8,31	381,00	2,28
PT03	26,47	0,267	7,80	375,00	0,17	PF01	27,6	3,568	8,30	381,00	2,28
PT03	6,44	0,267	7,81	375,00	0,17	PF02	27,6	3,571	8,38	380,00	2,29
PT03	26,32	0,266	7,69	376,00	0,17	PF02	27,6	3,573	8,36	380,00	2,29
PT03	26,18	0,267	7,68	377,00	0,17	PF02	27,6	3,573	8,35	380,00	2,29
PT03	26,11	0,267	7,57	378,00	0,17	PF02	27,4	3,579	8,34	380,00	2,29
PT03	26,09	0,268	7,52	378,00	0,17	PF02	27,4	3,574	8,34	380,00	2,29
PT03	26,06	0,268	7,45	378,00	0,17	PF02	27,4	3,575	8,32	376,00	2,29
PT04	29,47	0,269	7,90	344,00	0,17	PF03	26,7	3,642	8,34	353,00	2,33
PT04	28,19	0,270	7,71	342,00	0,17	PF03	26,8	3,642	8,42	356,00	2,33
PT05	27,89	0,279	7,80	394,00	0,18	PF04	27,7	3,566	8,36	390,00	2,29
PT05	27,50	0,281	7,71	393,00	0,18	PF04	27,7	3,566	8,36	390,00	2,28
PT05	27,29	0,284	7,63	393,00	0,18	PF04	27,7	3,569	8,35	389,00	2,28
PT05	26,96	0,286	7,53	393,00	0,18	PF04	27,7	3,571	8,34	388,00	2,28
PT05	26,90	0,286	7,51	313,00	0,18	PF04	27,7	3,569	8,33	387,00	2,28
PT05	26,96	0,286	7,53	393,00	0,18	PF05	27	3,535	8,28	390,00	2,26
PT05	26,90	0,286	7,51	313,00	0,18	PF05	27	3,537	8,33	390,00	2,26
PT06	28,33	0,317	7,50	338,00	0,20						

Tabela 01. Matriz de dados das amostras de águas coletadas nos açudes Trici e Favelas.

Açude Favelas	CE $\mu\text{S/cm-99}$	CE $\mu\text{S/cm-00}$	Salin%
PF01	3,009	3,566	19,00
PF02	3,012	3,571	19,00
PF03	3,037	3,642	20,00
PF04	3,037	3,566	x
PF05	3,046	3,535	16,00
Média	3,028	3,576	19,00

Tabela 02. Estatística descritiva da condutividade elétrica e salinidade. Águas coletadas em poços da bacia do açude Favelas.

Açude Trici	CE $\mu\text{S/cm-99}$	CE $\mu\text{S/cm-00}$	Salin%
PT01	0,297	0,315	6,00
PT02	0,271	0,299	10,00
PT03	0,266	0,295	10,00
PT04	0,269	0,303	13,00
PT05	0,278	0,307	10,00
PT06	0,316	0,340	8,00
Média	0,283	0,310	10,00

Tabela 03. Estatística descritiva da condutividade elétrica e salinidade. Águas coletadas em poços da bacia do açude Trici.

Açude/Variável	TH₂O	CE $\mu\text{S/cm}$	pH	ORP	TDS
PF	27,470	3,573	8,344	380,714	2,287
PT	26,541	0,284	7,609	363,857	0,182

Tabela 04. Médias por classe de amostras dos açudes Favelas (PF) e Trici (PT).

Variáveis	TH₂O	CE $\mu\text{S/cm}$	pH	ORP	TDS
TH₂O	1,000	-0,500	-0,004	0,645	-0,492
CE $\mu\text{S/cm}$	-0,500	1,000	0,537	-0,921	0,994
pH	-0,004	0,537	1,000	-0,389	0,543
ORP	0,645	-0,921	-0,389	1,000	-0,911
TDS	-0,492	0,994	0,543	-0,911	1,000

Tabela 05. Matriz de correlação das variáveis do açude Favelas.

Variáveis	TH₂O	CE $\mu\text{S/cm}$	pH	ORP	TDS
TH₂O	1,000	0,277	-0,215	-0,134	0,275
CE $\mu\text{S/cm}$	0,277	1,000	-0,728	-0,533	1,000
pH	-0,215	-0,728	1,000	0,573	-0,731
ORP	-0,134	-0,533	0,573	1,000	-0,532
TDS	0,275	1,000	-0,731	-0,532	1,000

Tabela 06. Matriz de correlação das variáveis do açude Trici.

4.2 Análise de Componentes Principais (PCA)

Aplicando a análise de componentes principais (PCA), modo *biplot* à matriz de dados, os resultados analíticos foram separados em dois grupos (Figura 03), destacando-se acima os poços amostrados na bacia do açude Favelas (PF), e abaixo o grupo de poços amostrados na bacia do açude Trici (PT). O resultado mostra que os maiores pesos para constituição do vetor 1 que corresponde a 99,37% da variabilidade, é a variável potencial de oxidação e redução (ORP). Para o vetor 2 que corresponde a 0,57% da variabilidade, é a variável condutividade elétrica (CE $\mu\text{S}/\text{cm}$) Tabelas 07 e 08. Portanto o potencial de oxiredução (ORP) e a condutividade elétrica são as variáveis mais importantes na classificação e separação de amostras dos dois açudes. Apesar da temperatura da água não ter apresentado um peso significativo na análise de componentes principais, entretanto as altas temperaturas aceleram as reações químicas. Como as temperaturas na bacia do açude Favelas são maiores que na bacia do açude Trici (Tabela 04), isso pode ser uma das causas da maior velocidade no processo de salinização na bacia do açude Favelas.

PC	Eigenvalue	% variance
1	617,217	99,365
2	351,994	0,567
3	0,415	0,067
4	0,012	0,002
5	0,009	0,001

Tabela 07. Matriz das variáveis TH₂O, CE $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH, ORP, TDS.

Variáveis	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5
TH ₂ O	-0,004	0,094	0,995	-0,023	0,980
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,022	0,826	-0,081	-0,144	-0,539
pH	0,008	0,172	0,007	0,985	0,000
ORP	1,000	-0,027	0,007	-0,003	-0,006
TDS	0,014	0,528	-0,052	-0,092	0,842

Tabela 08. Pesos.

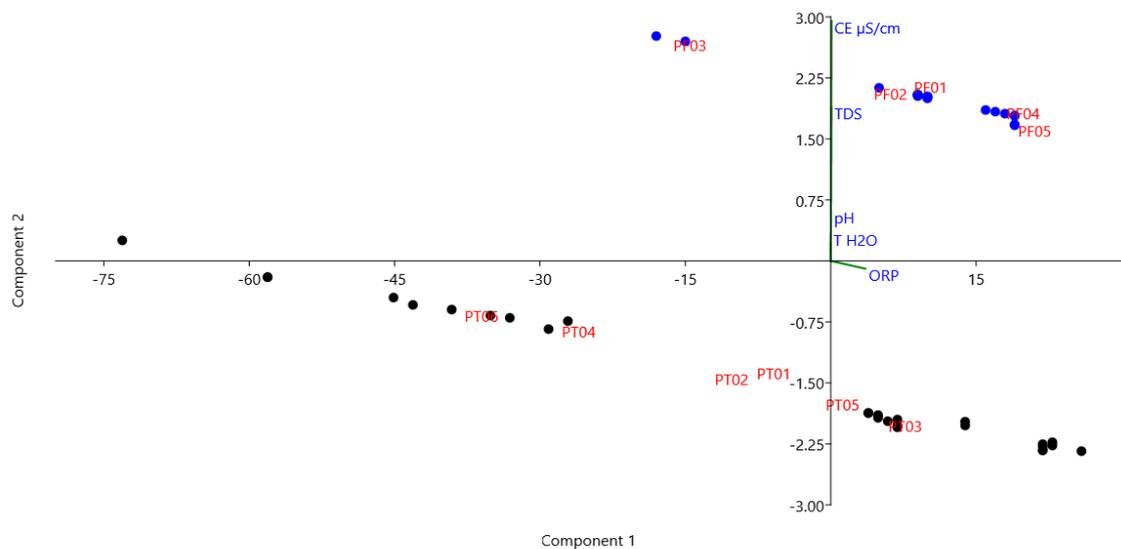


Figura 03. Análise de componentes principais, biplot.

4.3 Análise Discriminante

Aplicando a análise discriminante multigrupos a matriz de dados, os resultados analíticos dos poços amostrados foram separados em dois grupos, destacando-se a esquerda os dados referentes aos poços amostrados na bacia do açude Trici, e a direita o grupo de poços amostrados na bacia do açude Favelas (Figura 04). Isso mostra que as mesmas variáveis TH₂O, CE $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH, ORP e TDS, estão apresentando comportamentos diferentes como foi mostrado pela estatística univariada, justificando, portanto, a influência dos diferentes processos de salinização que estão ocorrendo nas duas bacias, corroborando com as observações de que os dois açudes apresentam processos de salinização diferentes (NETO et al., 2002).

A análise discriminante aplicada aos resultados analíticos dos poços também os separou em dois grupos. Destacando-se a esquerda o grupo dos poços amostrados na bacia do açude Trici (PT), e a direita o grupo de poços amostrados na bacia do açude Favelas (PF), porém a visualização da separação entre os grupos ficou melhor que com a análise de componentes principais (PCA).

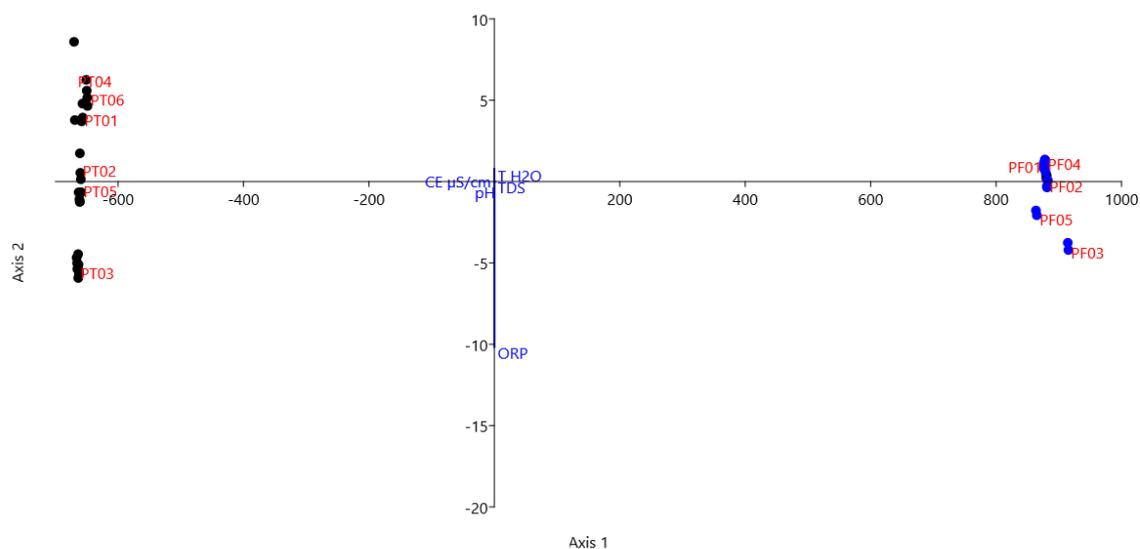


Figura 04. Análise discriminante.

Conforme a tabela 09 na matriz de recobrimentos as amostras dos poços PT01, PT03, PT04 e PT06 da bacia do açude Trici estão bem classificadas. As demais amostras dos poços PT02 e PT05, apesar de uma amostra do PT02 estar classificada como PT01 e 3 do PT05 estarem classificadas como PT02, suas classificações estão coerentes, pois são poços da mesma bacia do açude Trici. As amostras dos poços PF01, PF02, PF03 e PF05 da bacia do açude Favelas estão bem classificadas. Entretanto das 5 amostras do poço PF04 apesar de 3 estarem bem classificadas, outras 2 estão classificadas como PF01. Porém sua classificação está coerente, pois são todos poços da mesma bacia do açude Favelas (Tabela 09).

Poços	PT01	PT02	PT03	PT04	PT05	PT06	PF01	PF02	PF03	PF04	PF05	Total
PT01	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PT02	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
PT03	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9
PT04	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
PT05	0	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	7
PT06	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
PF01	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
PF02	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6
PF03	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
PF04	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	5
PF05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Total	4	5	9	2	4	4	8	6	2	3	2	49

Tabela 09. Matriz de recobrimentos

5 | CONCLUSÕES

A análise estatística dos dados das duas bacias indica que no açude Favelas as variáveis condutividade elétrica, TDS e pH têm correlação positiva. Já as variáveis condutividade elétrica e ORP têm correlação negativa nas duas bacias. Ao passo que na bacia do açude Trici a correlação da condutividade elétrica com o pH é negativa.

A análise dos momentos de distribuição para a variável condutividade elétrica (CE $\mu\text{S}/\text{cm}$), dos poços monitorados, mostra que as médias dos valores de condutividade obtidas na bacia do açude Favelas, são da ordem de 10 vezes maiores, quando comparados com as médias dos valores da bacia do açude Trici. E a salinidade verificada nos poços do açude Favelas é da ordem de 1,6 a 3,2 vezes maior que os valores observados na bacia do açude Trici. Isso mostra que algumas variáveis comuns às duas bacias estão apresentando comportamentos diferentes. Portanto justificando a possível influência dos diferentes processos de salinização que estão ocorrendo nos dois açudes.

Considerando também a análise estatística multivariada das variáveis TH_2O , CE $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH, ORP e TDS, tanto no açude Favelas como no Trici, verifica-se que elas apresentam comportamentos diferentes, separando-os em dois grupos. Portanto justificando, a influência dos processos de salinização diferenciados que estão ocorrendo nas duas bacias. Acrescente a isso o fato de que o açude Favelas, que foi construído há mais tempo que o açude Trici, havia sangrado uma vez, há 11 anos, porém o açude Trici sangrou duas vezes no período de oito anos, quadro este agravado pela escassez de chuvas na região nos últimos anos.

REFERÊNCIAS

- CHIERICE, R. A. F., LANDIM, P.M.B. **Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu**. UNESP, São Paulo, Geociências, v. 33, n. 1, p.158-172. 2014.
- HAMMER, Ø. PAleontological STatistics Version 3.15. **Reference manual. Natural History Museum.** University of Oslo; 253 p. 2017.
- LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. São Paulo, oficina de textos, 208p. 2011.
- NETO, P. S., ANDRADE, F. C. M., MÖBUS, G., GOMES, L. A. M., SOUZA, N. P. R. **Estudo da salinidade das águas em pequenas bacias hidrográficas**. Secretaria dos recursos hídricos. Fundação Cearense de Meteorologia. Fortaleza, 123p. 2002.
- NITTERS, G., DAVIES, D.R., EPPING, W.J.M. **Discriminant analysis and neural nets: Valuable tools to optimize completion practices**. SPE Drilling 7 Computation, p. 127-133. 1995.

AQUÍFERO DUNAS-POTENGI: DISPONIBILIDADE E POTENCIALIDADE DAS ÁGUAS EM NATAL – RN

Melquisedec Medeiros Moreira

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – INPE CRN Natal - RN

Newton Moreira de Souza

Geotecnia - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/ FT UnB
Brasília - DF

Miguel Dragomir Zanic Cuellar

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CRN
Natal - RN

Kátia Alves Arraes

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CRN
Natal - RN

RESUMO: A execução deste estudo consistiu de uma caracterização geológico-geotécnica de uma área costeira de aproximadamente 62 km². O mesmo foi desenvolvido a partir dos procedimentos e premissas do Manual para o Zoneamento de Susceptibilidade de Perigo e Risco do Comitê Técnico Internacional para Deslizamentos (JTC-1) inseridos no programa “Construindo Nosso Mapa Municipal Visto do Espaço” do MCTIC/INPE/CRN. Foram apontadas diretrizes para maximizar o aproveitamento integrado dos recursos hídricos da região: o aquífero Dunas-Potengi é tipicamente livre, com alta taxa de infiltração e boas condições de armazenamento e circulação de água; o aquífero Barreiras

apresenta um comportamento, na grande maioria, sob condições de semi-confinamento. Usando o Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (DRONE), será possível gerar imagens georreferenciadas e ortorretificadas da cidade, além de permitir que o processo de mapeamento seja exercitado e acompanhado em sua plenitude.

PALAVRAS-CHAVE: Poços; Cunha Salina; Inundações; Sensoriamento Remoto.

DUNAS-POTENGI AQUIFER: AVAILABILITY AND POTENTIALITY OF WATER IN NATAL - RN

ABSTRACT: This paper present an geotechnical characterization of geological units, of a coastal area of approximately 62 km². It was carried out following the methods proposed by the “Guide to Zoning Susceptibility of Hazard and Risk in the International Technical Committee for Landslides (JTC-1)”. The research is being developed from the procedures and assumptions in the program “Building Our City Map Seen from Space”, performed by the group of GIS INPE / CRN (Northeast Regional Center). Directives are also suggested to improve the integrated utilization of the water resources of the area and the sensible use of subterranean and surface water. The Dunas-Potengi aquifer, by its very nature

lithologic and stratigraphic position, is typically free, with high infiltration rate and good storage conditions and water circulation; the Barreiras aquifer shows a behavior, in the great majority, under the conditions of semi-confinement. Using the Remotely Piloted Aircraft System (RPAS), it will be possible to generate georeferenced and orthorectified images of the city, in addition to allowing the mapping process to be exercised and accompanied in its fullness.

KEYWORDS: Wells; Wedge Salina; Floods; Remote Sensing.

1 | INTRODUÇÃO

O Programa de Redução de Riscos (Ministério das Cidades, 2007), propõe uma metodologia para mapeamento de áreas de risco de inundações elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT - que segue os seguintes passos: a) identificação e delimitação preliminar de área de risco em fotos aéreas de levantamentos aerofotogramétricos, imagens de satélite, mapas, guias de ruas, ou outro material disponível compatível com a escala de trabalho; b) identificação de área de risco e de setores de risco (setorização preliminar) em fotos aéreas de baixa altitude (quando existir); c) levantamentos de campo para setorização (ou confirmação, quando existir a pré- setorização), preenchimento da ficha de cadastro e uso de fotos de campo.

Há vários enfoques para se chegar a um mapeamento de riscos de escorregamentos. Foi com o intuito de padronizar uma metodologia que pudesse ser adotada universalmente que o Comitê Técnico Unificado de Escorregamentos de Terra e Taludes de Engenharia (JTC1 – “Joint Technical Committee 1 – Landslides and Engineered Slopes”, da ISSMGE, IAEG e ISRM) decidiu firmar um documento, com o consenso de especialistas das três entidades internacionais – de Mecânica dos Solos, de Geologia de Engenharia e de Mecânica das Rochas -, que definisse os passos a serem tomados em um Mapeamento de Risco. Desta forma, elaborou-se um “Manual para o zoneamento de susceptibilidade de perigo e risco de deslizamento para o planejamento de uso do solo” (Fell et al., 2008), que foi publicado em um número especial da revista Engineering Geology juntamente com vários outros artigos nesta mesma temática. Esse texto foi traduzido e publicado no Brasil pela CPRM/ ABGE/ABMS (Macedo & Bressani, 2013).

A presente pesquisa consiste de uma caracterização geotécnica das unidades geológicas em escala 1:25.000 de uma área costeira de aproximadamente 62km², compreendendo parte do Município de Natal-RN. O mesmo foi desenvolvido a partir dos procedimentos e premissas do Manual para o Zoneamento de Susceptibilidade de Perigo e Risco do Comitê Técnico Internacional para Deslizamentos (JTC-1) inseridos no programa “Construindo Nosso Mapa Municipal Visto do Espaço”, realizado pelo grupo de Geoprocessamento do MCTIC (Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações)/ INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) /CRN (Centro Regional do Nordeste), podendo ser consultado no link: <http://geopro.crn.inpe.br/>

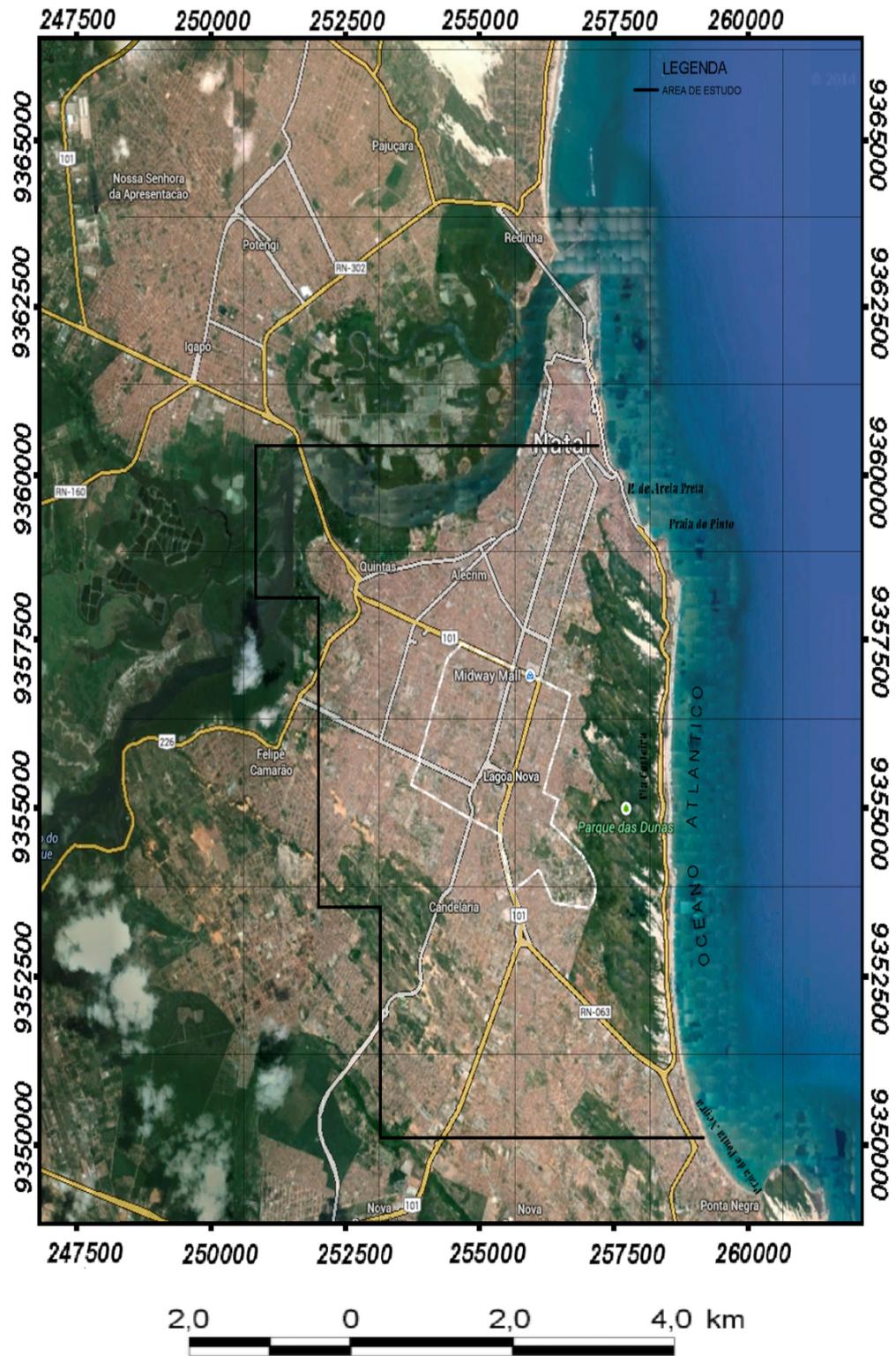
[resumo3.htm](#) (Projeto Mapas Municipais Geoambientais).

A área objeto do trabalho consiste de aproximadamente 62 km², constituindo um polígono (Figura 1), cujos extremos são limitados pelo retângulo envolvente com latitudes 9.350.071km N e 9.360.429km N e longitudes 250.821km E e 259.214km E. No que diz respeito aos aspectos geológicos, a área objeto de estudo constitui-se de nove unidades, sendo oito aflorantes e uma de idade mesozoica, detectada apenas em perfis de poços de captação de águas subterrâneas, representada por arenitos calcíferos e calcários, correlatos à Formação Guamaré da Bacia Potiguar. A unidade aflorante mais antiga consiste dos sedimentos da Formação Barreiras, seguido dos sedimentos da Formação Potengi e “Beachrocks”. Completando a estratigrafia da área (Tabela 1), têm-se os sedimentos de mangues e aluvionares, as areias de dunas descaracterizadas, dunas fixas e móveis, e os sedimentos praias; este último juntamente com os “beach-rocks” não são mapeáveis na escala do presente estudo (Figura 2).

2 | DISPONIBILIDADE E POTENCIALIDADE DAS ÁGUAS

O Aquífero Barreiras constitui o principal reservatório de água subterrânea do litoral leste do Estado do Rio Grande do Norte. Em Natal, maior consumidor, 70% do abastecimento público procede hoje de suas águas captadas através de poços tubulares da empresa pública e particulares.

No Município de Natal existem três (03) sistemas aquíferos, Moreira (2002), assim distribuídos, da base para o topo: o primeiro formado por arenitos



Projeção: UTM/SAD 69
Meridiano Central: 33

Figura 1. Carta do Sistema Viário Urbano do Município de Natal-RN (Imagem de Satélite/Google Maps), com a localização da área de estudo, destacada em negro.

ERA	PERÍODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
C E N O Z O I C A	QUATERNÁRIO	Sedimentos de mangue - Sedimentos praias - Dunas móveis	Sedimentos aluvionares
		Arenitos praias ("Beach rocks") - Dunas fixas - Dunas arrasadas	
	Formação Potengi		
	TERCIÁRIO	Formação Barreiras	
M E S O Z O I C A	CRETÁCEO	Formação Guimarães	

Tabela 1. Coluna estratigráfica proposta para a área mapeada. Modificada (Duarte, 1995).

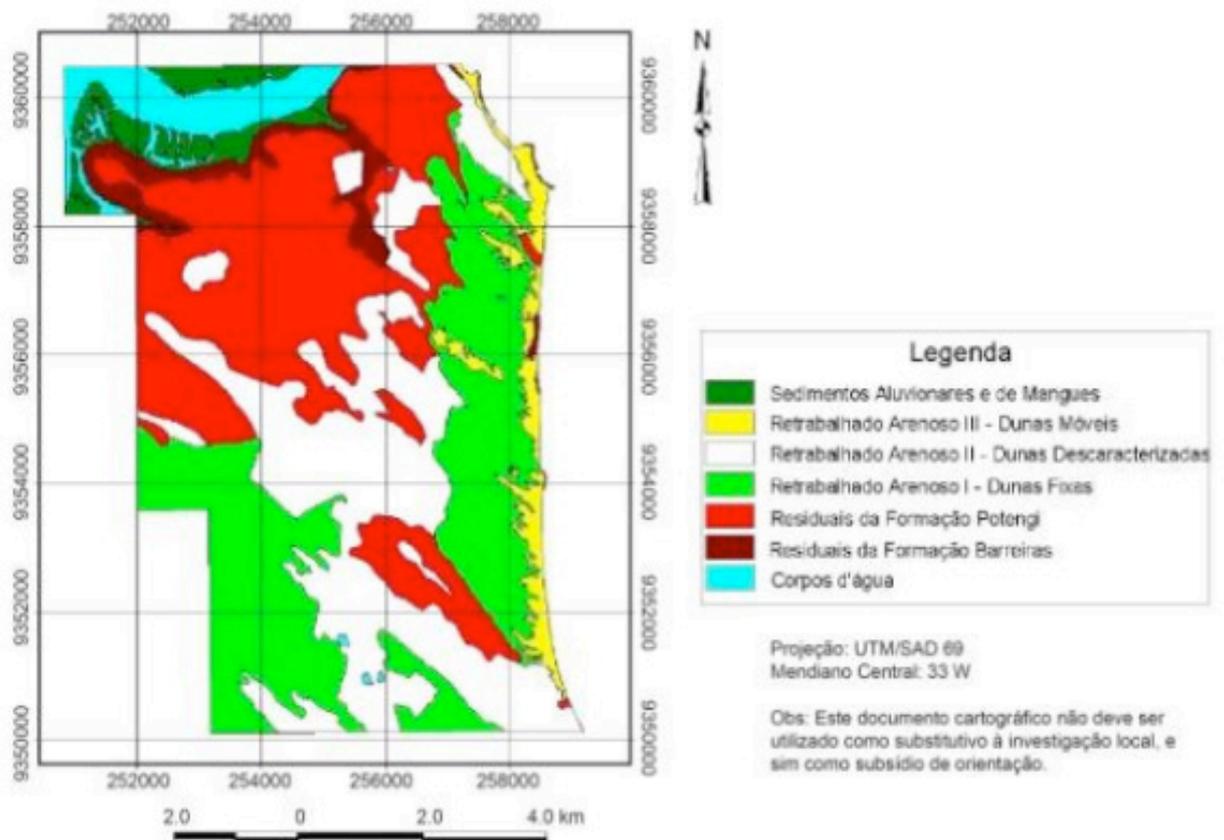


Figura 2. Mapa de Materiais Inconsolidados.

com cimento carbonático (“arenitos calcíferos”), geralmente compactos, que constituem o Aquífero Infra-Barreiras; o segundo, constituído por clásticos continentais, com granulometria e cores variáveis pertencentes à Formação Barreiras, caracterizando o Aquífero Barreiras e, por fim, uma sequência arenosa pertencente à Formação Potengi sendo capeada por areias quartzosas, de granulometria fina e de origem eólica (Dunas) que formam o Aquífero Dunas-Potengi.

No caso do sistema Dunas-Potengi/Barreiras, os dados do único teste de

aquífero disponível na área de Lagoa Nova (ACQUA-PLAN 1988), apontam para comportamento de aquífero semi-confinado, em função da rápida estabilização dos níveis dinâmicos de bombeamento, como reflexo de elevada taxa de recarga por filtração vertical (drenança) através de nível semi-confinante de alta condutividade hidráulica. Por outro lado, a evidente estabilização dos níveis potenciométricos dos poços públicos ao longo de toda a área de exploração em Natal, apesar das crescentes descargas produzidas entre os anos de 1975 a 1998 (Hidroservice 1998), reflete seguramente uma condição de regime quase permanente em função das transferências verticais de infiltrações pluviométricas estimadas em 500 mm/ano ou o equivalente a $0,500\text{hm}^3/\text{ano}/\text{km}^2$ (Hidroservice 1998). Essa última afirmação, porém, é corroborada com a má construção dos poços públicos, que favorecem essa condição de regime quase permanente. Na fase de construção é quando ocorre um dos problemas mais frequentes em Natal. Como não existe o dimensionamento correto dos filtros e da proteção sanitária da obra, o “poço” passa a funcionar como condutor direto e eficiente das águas mais superficiais, quase sempre poluídas, para os níveis freáticos mais profundos. A Figura 3 apresenta a representação esquemática de um poço com cimentação insuficiente e de um poço cuja cimentação seria o desejável.

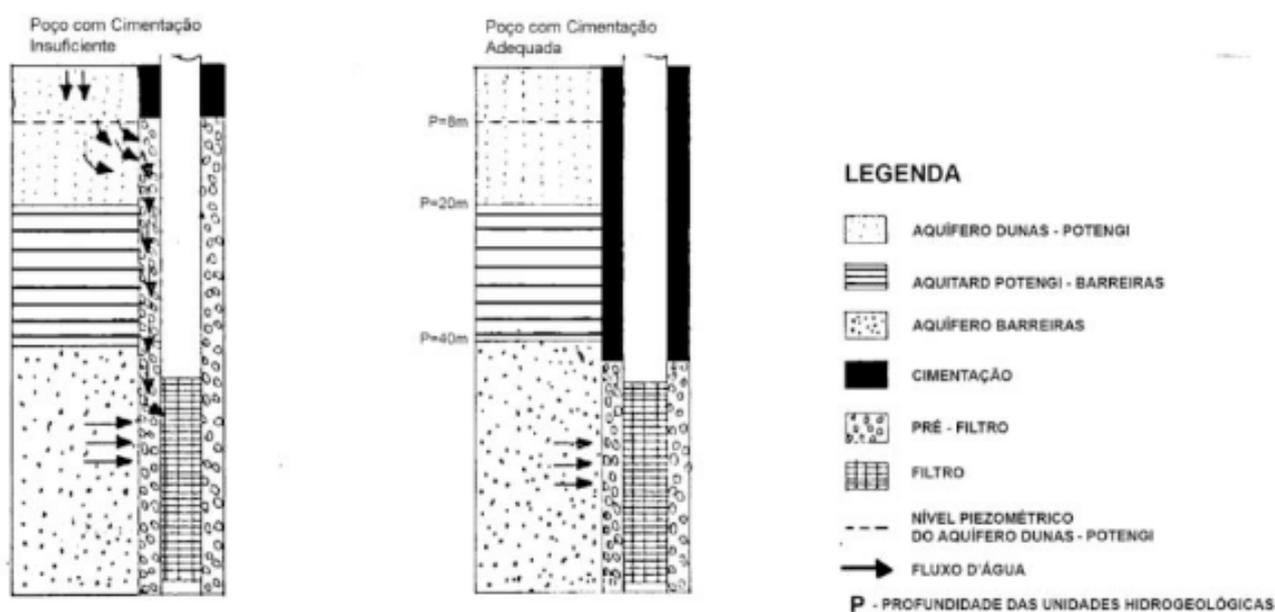


Figura 3 – Representação esquemática de poços no aquífero livre Dunas Potengi e semi-confinado Barreiras.

Por sua vez, a condição de aquífero totalmente confinado para o sistema Barreiras em Natal, parece totalmente descartada, não apenas pelo condicionamento litológico da sequência sedimentar, evidenciado pelos dados de dezenas de poços perfurados na área, como também pela resposta potenciométrica acima referida, com relação à elevada taxa histórica de exploração do manancial, indicando um regime quase permanente.

Na hipótese de que o sistema Dunas-Potengi/Barreiras funcione como um

aquífero do tipo livre, com condutividades hidráulicas, horizontal e vertical similares, a Hidroservice (1998) fez uma estimativa da posição inicial e do avanço da interface Salina e o resultado obtido sugere que o sistema não funciona hidrodinamicamente como aquífero do tipo livre, uma vez que a penetração da cunha salina no continente seria da ordem de 500 metros, em consequência dos bombeamentos ocorridos a partir de 1975. Nessas condições, os poços existentes próximos da linha de costa já teriam sido contaminados, aspecto este ainda não observado, seja de forma restrita ou extensiva na região de Natal.

A condição admitida como mais provável, segundo o relatório da Hidroservice (1998) é a de um aquífero semi-confinado com elevada capacidade de filtração vertical (drenança) de importantes volumes anuais de água, infiltrados nos níveis mais superiores da sequência sedimentar, formados pelas dunas e sedimentos arenosos, posicionados acima do horizonte semi-confinante. Este condicionamento poderia, em princípio, explicar um maior afastamento da cunha com relação à linha de costa, em função do fluxo natural de um aquífero com mergulho para o mar e dos fluxos descendentes procedentes de recarga por filtração vertical.

3 | CARTA PIEZOMÉTRICA DO AQUÍFERO DUNAS-POTENGI

A Figura 4 apresenta a superfície piezométrica das águas subterrâneas do aquífero livre Dunas-Potengi, obtidos com os dados dos 27 perfis de sondagens geotécnicas de uma empresa privada. Esse aquífero representa um meio de elevada permeabilidade com uma alta capacidade de infiltração potencial, sendo do ponto de vista hidrogeológico o elemento mais diretamente responsável pela relativa abundância de água subterrânea da área.

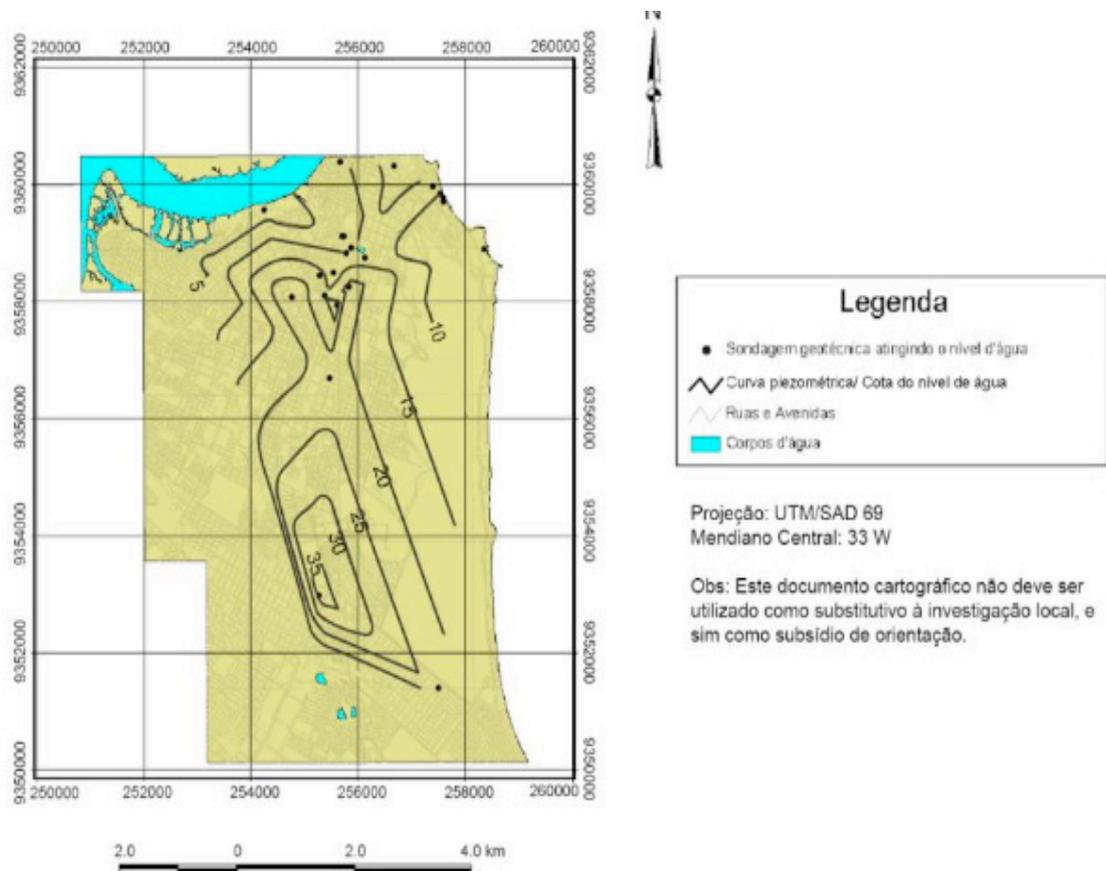


Figura 4. Carta Piezométrica do Aquífero Dunas-Potengi.

4 | CONCLUSÕES

A análise dos perfis de sondagens geotécnicas e de poços da empresa privada e também nas baterias de poços públicos constatou-se a presença de uma sequência de níveis de argilas. Desta forma, na área foram definidos dois sistemas de aquíferos: Dunas-Potengi (Livre) e Barreiras, sob condições de semi-confinamento. A recarga do aquífero Barreiras se processa diretamente através das precipitações pluviais, nas áreas de afloramento, e indiretamente, mas de forma contínua, pelas reservas do aquífero Dunas-Potengi, através de drenança vertical, conferindo, a este último, um importante papel na potencialidade hídrica do aquífero Barreiras.

REFERÊNCIAS

ACQUA-PLAN. **Avaliação das possibilidades de infiltração de efluentes domésticos no aquífero Dunas na área de Natal-RN.** Estudos, Projetos e Consultoria, Recife-PE. 121p. 1988.

DUARTE, M. I. de M. **Mapeamento Geológico e Geofísico do Litoral Leste do RN: Grande Natal (Área 1).** Rel. Grad, UFRN-DG. (Inédito). 1995.

HIDROSERVICE. **Análise do comportamento da cunha salina.** Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte /SERHID-RN, Plano Estadual de Recursos Hídricos. Natal/RN. 23 p. 1998.

FELL, R., COROMINAS, J., BONNARD, C., CASCINI, L., LEROI, E. & SAVAGE, B. **Guidelines for**

landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Engineering Geology 102, pp. 85-98. Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Secretariat. 2008.

MACEDO, E. S. De, BRESSANI, L. A. (Coords.) **Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo.** São Paulo: ABGE, 88 p. 2013.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura – organizadores, Brasília - DF. 2007.

MOREIRA, M.M. **Mapeamento Geotécnico e Reconhecimento dos Recursos Hídricos e do Saneamento da Área Urbana do Município de Natal- RN: Subsídios para o Plano Diretor,** Tese de Doutorado, Publicação G.TD-11A/2002, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UnB, Brasília, DF, 282 p. 2002.

AS ÁGUAS DO AQUÍFERO ALUVIONAR JAGUARIBE E SUA RELAÇÃO COM O USO/OCUPAÇÃO DO SOLO: ÁREA PILOTO DE SÃO JOÃO DO JAGUARIBE – CEARÁ

Antônio Flávio Costa Pinheiro

Escola Estadual João Mattos. Rua Almirante Rubin, S/N. Fortaleza – CE. E-mail: fpinheiro666@gmail.com

Itabaraci Nazareno Cavalcante

Prof. Dr. em Hidrogeologia, Departamento de Geologia/Universidade Federal do Ceará. Campus Universitário do Pici, blocos 912/913. Fortaleza – CE. E-mail: itabaracicavalcante@gmail.com

Alexsandro dos Santos Garcês

Geólogo, Mestre em Hidrogeologia. Pós-Graduação em Geologia/ Departamento de Geologia/CC/Universidade Federal do Ceará. Campus Universitário do Pici, blocos 912/913. Fortaleza – CE. E-mail: alexgasrces20@gmail.com

Rafael Mota de Oliveira

Geólogo, Doutorando em Hidrogeologia. Pós-Graduação em Geologia/Departamento de Geologia/CC/Universidade Federal do Ceará. Campus Universitário do Pici, blocos 912/913. Fortaleza – CE. E-mail: rafaelmota20@yahoo.com.br

Emanuel Arruda Pinho

Geólogo da PHD Perfurações Ltda. Fortaleza - Ceará

RESUMO: O município de São João do Jaguaribe, encontra-se completamente inserido no Polígono das Secas, que apresenta um regime pluviométrico marcado por irregularidades de

chuvas, no tempo e espaço. Nesse cenário, a água constitui um bem natural de elevada limitação ao desenvolvimento socioeconômico desta região. No município foram cadastrados 448 poços, onde, 71 (16%) são tubulares, 173 (39%) mistos e 204 (45%) cacimbas, com profundidade variando de 1,30m a 21,40m. Com a relação distribuição dos 448 poços mapeados por domínios hidrogeológicos, 98% ocorrem no Sistema Aluvionar Jaguaribe e os 2% no contexto Aluvionar/eluvionar do Complexo Jaguaretama.

PALAVRAS-CHAVE: Água subterrânea; poços; social

THE WATERS OF JAGUARIBE ALLUVIAL
AQUIFER AND ITS RELATIONSHIP WITH
THE USE / OCCUPATION OF THE SOIL:
PILOT AREA OF SÃO JOÃO DO JAGUARIBE
- CEARÁ

ABSTRACT: The municipality of São João do Jaguaribe, is completely inserted in the Polygon of the Droughts, that presents / displays a rainfall regime marked by irregularities of rains, in the time and space. In this scenario, water constitutes a natural asset with a high limitation on the socioeconomic development of this region. In the municipality 448 wells were registered, where 71 (16%) are tubular, 173 (39%) mixed and 204 (45%) cacimbas, with

depth varying from 1.30m to 21.40m. With the distribution ratio of 448 wells mapped by hydrogeological domains, 98% occur in the Jaguaribe Alluvial System and the 2% in the Alluvial / eluvial context of the Jaguaretama Complex.

KEYWORDS: Underground water; wells; social

1 | INTRODUÇÃO

As condições de escassez de água representam aspectos do cotidiano no Nordeste Brasileiro e, dentro deste quadro, o Ceará passou recentemente por seis (6) anos consecutivos de chuvas abaixo da média (700mm/ano), característicos de períodos de estiagem, onde as águas subterrâneas se apresentam como fonte estratégica para suprir as necessidades básicas da população. No sertão central, onde o Meio Cristalino é predominante, as águas do Aquífero Aluvionar constituem verdadeiros oásis subterrâneos, freáticas e são captadas por poços de pequenas profundidades.

Os anos pouco chuvosos provocam uma seca extensiva no Nordeste semiárido. Foi observado no estado do Ceará que entre os anos 2010 e 2015, apenas o ano de 2011 apresentou precipitação anual um pouco acima da média, todos os outros foram abaixo da média histórica e, assim, o Ceará sofreu com anos sucessivos de chuva abaixo da média, até 66% abaixo da média, como é no caso de 2012. Com essa situação, a maioria dos reservatórios do estado foram secando, cada vez mais, por conta da pouca oferta de água, frente a grandes demandas, quando o volume de água armazenado nos reservatórios do Ceará passou de 68% em 2009 para 12,1% em 2015 (Ceará, 2017 in Silveira et al, 2018). Neste período, os Aquíferos Aluvionares, localizados principalmente no meio cristalino, responderam predominantemente pela demanda de água para a população rural e para os pequenos agricultores.

O município de São João do Jaguaribe está localizado na Bacia do Baixo Jaguaribe, porção nordeste do estado do Ceará, inserido no Polígono das Secas, apresentando um regime pluviométrico marcado por irregularidades de chuvas, no tempo e espaço. Nesse cenário, a água constitui um bem natural de elevada limitação ao desenvolvimento socioeconômico desta região e, até mesmo, à subsistência da população. A ocorrência cíclica de secas e seus efeitos catastróficos no âmbito regional são por demais conhecidos e remontam aos primórdios da história do Brasil. A área de pesquisa foi a zona aluvionar do rio Jaguaribe (Figura 1).

Para satisfazer a demanda de água para uso doméstico e da produção econômica, na região Nordeste tradicionalmente tem-se desenvolvido técnicas de construção de barragens, mais recentemente das barragens subterrâneas, que nem sempre as condições topográficas e litológicas favorecem, além do problema da intensa evaporação que atinge as águas de superfície, o que torna necessária a exploração das águas subterrâneas e, ao se tratar do ambiente cristalino, extremamente comum no nordeste brasileiro, os aquíferos aluvionares representam importantes reservatórios.

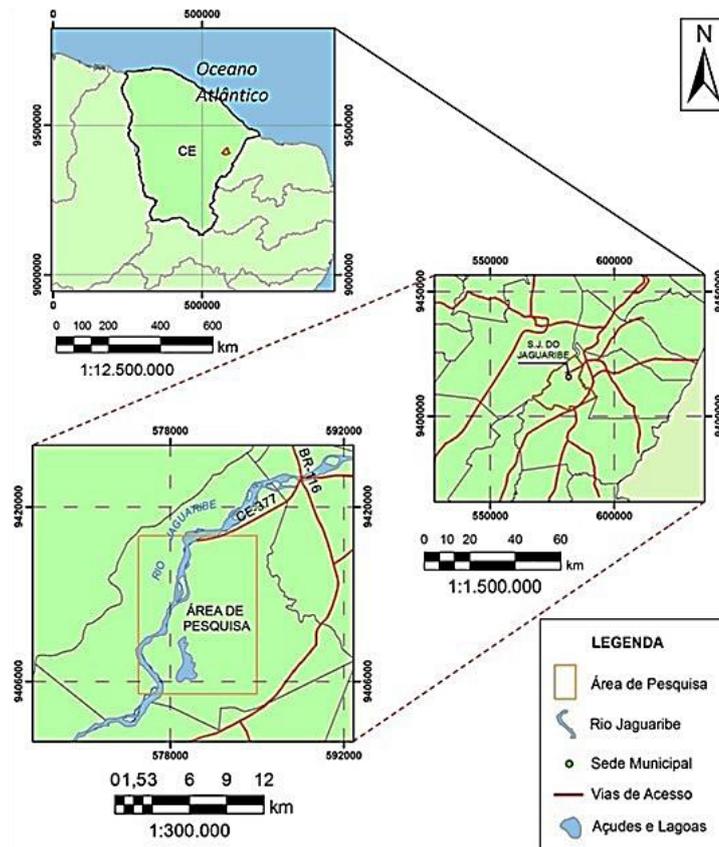


Figura 1 – Localização de São João do Jaguaribe, Ceará

Fonte: Pinheiro e Pinho, 2015

2 | ASPECTOS GERAIS

A área, inserida no Polígono das Secas, apresenta clima semiárido, sendo amiudadamente castigado pela escassez pluviométrica. A sua dinâmica climática está relacionada com a interação de diferentes sistemas de circulação atmosférica e com os demais fatores geoambientais como geomorfologia e localização do estado na Zona Equatorial, propiciando uma intensa insolação durante o ano todo.

Dentre os diversos condicionantes da precipitação, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) assume caráter fundamental. Dependendo do grau de inclinação dos raios solares no equador sua incidência favorece, a partir da atuação dos anticiclones do Atlântico Norte e Sul, a subida ou descida em relação ao equador da ZCIT. Acrescenta-se a isto a gênese das chuvas em termos de circulação atmosférica, ação da Convergência Intertropical, perturbações nas correntes de alísios e fatores geográficos associados à latitude, orientação do litoral em relação à corrente de alísios e ao relevo.

O tipo climático Tropical Semiárido, característico do Ceará, apresenta elevada temperatura (26 °C a 28 °C), pequena pluviosidade anual (600 mm/ano a 750 mm/ano), curto período chuvoso (3 a 4 meses), irregularidade das chuvas no tempo e no espaço e elevada evapotranspiração que atinge 2.500mm/ano. Mesmo em anos com pluviosidade significativa, ocorre um longo período de estiagem (média de 08

meses) associado à má distribuição das precipitações. Ressalta-se que, no semiárido, a insolação média é de 2.800 h/ano ano⁻¹, com evaporação de 2.000 mm/ano e umidade relativa média do ar de 50%. Essa situação confere a região do Jaguaribe um caráter de intermitência dos fluxos hídricos de superfície, com exceção do rio Jaguaribe, considerado outrora o maior do seco do mundo, atualmente perenizado por intervenção antrópica.

O rio Jaguaribe nasce na Serra da Joanhina (Tauá/CE) e drena 75.669 km² (51,9% do Estado do Ceará). Percorre 610 km da nascente até sua desembocadura no Oceano Atlântico, na cidade de Fortim. Esse rio, que corta o município de São João do Jaguaribe no sentido S–N, foi perenizado com a construção do açude Orós com capacidade máxima de reservatório de 2,0 x 10⁹ m³, localizado no município homônimo, concluído em 1961. Posteriormente, esta perenização se afirmou mais ainda com a construção da Barragem do Castanhão (6,7 x 10⁹ m³) no município de Jaguaribara. A variação do nível de água do rio é considerada pequena, apresentando maior elevação de nível no período chuvoso, quando acontecem chuvas torrenciais, acontecendo, também, maior recarga do Aquífero Aluvionar. (Pinheiro & Pinho, 2015).

Esse cenário faz com que o Estado do Ceará apresente no sertão central problemas frequentes de abastecimento de água em vários municípios, poucas áreas com condições de desenvolver atividades econômicas. Apesar das adversidades climáticas, o estado possui uma vocação agrícola histórica, que vem se avultando nas últimas décadas com o estímulo dado à agricultura irrigada.

Além das condições de semiaridez, dos 146.00 km² cearenses, geologicamente o Ceará possui 75% de sua área composta por rochas cristalinas que, do ponto de vista hidrogeológico, apresentam fraca vocação e vazão média de 2m³/h, considerada baixa comparativamente as dos aquíferos sedimentares.

A área aluvionar representa um aquífero livre, freático, de elevadas porosidade efetiva e permeabilidade, com espessuras variáveis que atingem 30m no contexto regional. Nela distinguem-se os Domínios Hidrogeológicos Cristalino representado pelas rochas do Complexo Jaguaretama, Suíte Granitoide Serra do Deserto, Supersuíte Granitoide Tardi a Pós-orogênico Indiferenciada, e Sedimentar composto pela Formação Faceira (Grupo Barreiras), Aluviões e Coberturas Eluvionares.

3 | A OCORRÊNCIA DA ÁGUA NO AQUÍFERO ALUVIONAR

No município São João do Jaguaribe, região do Domínio Morfoestrutural da Depressão Sertaneja do Ceará, distinguem-se os Sistemas Hidrogeológicos Cristalino representado por rochas ígneas e metamórficas, e o Sedimentar representado pelo Faceira e Coberturas Recentes Quaternárias, com dominância do Aquífero Aluvionar que representa a principal fonte de água subterrânea de boa qualidade e vazão satisfatória, pois nos denominados Aquíferos Cristalinos (Fratuados ou Fissurais), além da baixa vazão os poços captam águas predominantemente salobras. Aqui

será abordado somente as águas do Sistema Aluvionar, objetivo maior da pesquisa realizada.

As manchas aluvionares são constituídas de pedregulhos, cascalhos, areias e argilas, em proporções variadas que se deve a dinâmica de energia de atuação do rio. Uma vez processada a deposição dos sedimentos, estes ficam disponíveis para modificações físico-químicas sob influência de processos pedogenéticos.

Esses terrenos apresentam, em geral, condições de permeabilidade e de recarga favoráveis, se constituindo em aquíferos com boa vocação hidrogeológica, variando conforme sua composição mineralógica, estrutural e de espessura do pacote sedimentar. Assim, as aluviões, no semiárido, além de favorecer a constituição da vegetação ciliar apresentam-se como espaços preferidos para o cultivo agrícola devido a maior disponibilidade de água subterrânea.

A Planície Fluvial é uma área sujeita a inundações periódicas, sendo resultante da dinâmica fluvial que possibilitou e possibilita a acumulação de sedimentos e uma “*morpho*” plana. Apresenta-se limitada por níveis escalonados de terraços e atinge alargamento considerável no baixo vale. Além dos Neossolos Flúvicos profundos, mal drenados, com eventual problema de salinização, pode ter também a presença de Planossolos e Vertissolos, medianamente profundos, com domínio de composição argilosa e problema de salinização.

A vegetação é constituída de variedades como oiticica, carnaúba entre outras, com o ambiente apresentando uma comunidade florística já bastante degradada. No uso e ocupação, destaca-se o extrativismo vegetal, a exploração de sedimentos como areia e argila e a atividade agropecuária, inclusive com o crescimento da agricultura irrigada, sem contar que os sítios urbanos de várias cidades, como São João do Jaguaribe, estão situados nas adjacências do ambiente aluvionar, como nos baixos terraços.

A aluvião é considerada como um aquífero intersticial, pois o armazenamento acontece por saturação natural dos poros e a percolação da água se dá pelos poros intergranulares. Quanto as condições de pressão hidrostática, a aluvião é considerada como aquífero livre, freático, pois o limite superior de saturação está submetido unicamente a pressão atmosférica.

Na caracterização de um Sistema Aluvionar deve-se considerar, além da geometria, a granulometria, pois se sabe que quanto mais finos os sedimentos, menor a condutividade hidráulica desse pacote sedimentar. O potencial hidrogeológico de um aquífero está relacionado não só pelo quantitativo hídrico armazenado e disponível pelo corpo aluvionar, mas também pelas suas condições de conservação e de vulnerabilidades considerando, também, o contexto de uso e ocupação do solo. Envolve, então, aspectos quantitativos e qualitativos não só no que concerne a exploração, como também do próprio pacote sedimentar.

Esse sistema hidrogeológico localiza-se com dominância nos terrenos que margeiam o rio Jaguaribe. É resultante de um processo de sedimentação fluvial com

irregular energia de transporte o que gerou material quaternário holocênico, de variada de composição que oscila de silto-argilosa a areias grossas e finas, além de cascalhos.

Normalmente, a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, o que aumenta a transmissividade, produzindo vazões significativas. Em algumas manchas aluvionares do Ceará, a exemplo do Aluvião do Jaguaribe em Iguatu, as vazões de poços que exploram este aquífero chegam a 100 m³/h, com água de boa qualidade físico-química, se traduzindo em um potencial hídrico extremamente importante. Representa um aquífero livre, freático, de alta permeabilidade, com espessuras variáveis, podendo chegar a trinta metros (30 m).

Esse sistema na região de São João do Jaguaribe possui poços tubulares que possuem localmente uma vazão média, em regime contínuo de bombeamento, que oscila de 2,6 m³/h a 4,2 m³/h, porém acredita-se que tais vazões estejam mais associadas a capacidade de bombeamento do que a vocação aquífera. A sua recarga se realiza pela infiltração direta das águas pluviais, pelo deflúvio superficial dos terrenos circunvizinhos e pela inter-relação direta do rio com o aquífero. A recarga pela infiltração das precipitações e das águas oriundas do deflúvio superficial ocorre principalmente no primeiro semestre do ano, principalmente na denominada “*quadra chuvosa*”, que ocorre de Março a Maio de forma mais intensa. Sabe-se que um rio pode alimentar um aquífero freático em períodos de chuvas e o drena no período seco, alternando sua classificação de influente para efluente.

A profundidade das águas subterrâneas é a medida da distância do nível de água subterrânea à superfície, sem interferência dos efeitos de bombeamento, denominado nível estático. Foram efetuadas medidas dos níveis estáticos e considerando a distribuição dos poços por classes e por categorias foram produzidos a Tabela 01 e o Gráfico 01, onde se observa que das 393 medidas efetuadas, 98,2% estão a menos de 10m de profundidade que, segundo Cavalcante (1998) e Cavalcante & Gomes (2011) caracterizam águas extremamente rasas (nível estático inferior a 15m), freáticas, extremamente vulneráveis a poluição antrópica.

CLASSES	Nº de poços	%
0,20m ≤ NE < 3,20m	105	27
3,20m ≤ NE < 6,20m	206	52
6,20m ≤ NE < 9,20m	71	18
9,20m ≤ NE < 12,20m	05	1
12,20m ≤ NE < 14,30m	06	2
TOTAL	393	100

Tabela 01 – Nível estático dos poços por classe.

Fonte: Pinheiro e Pinho, 2015

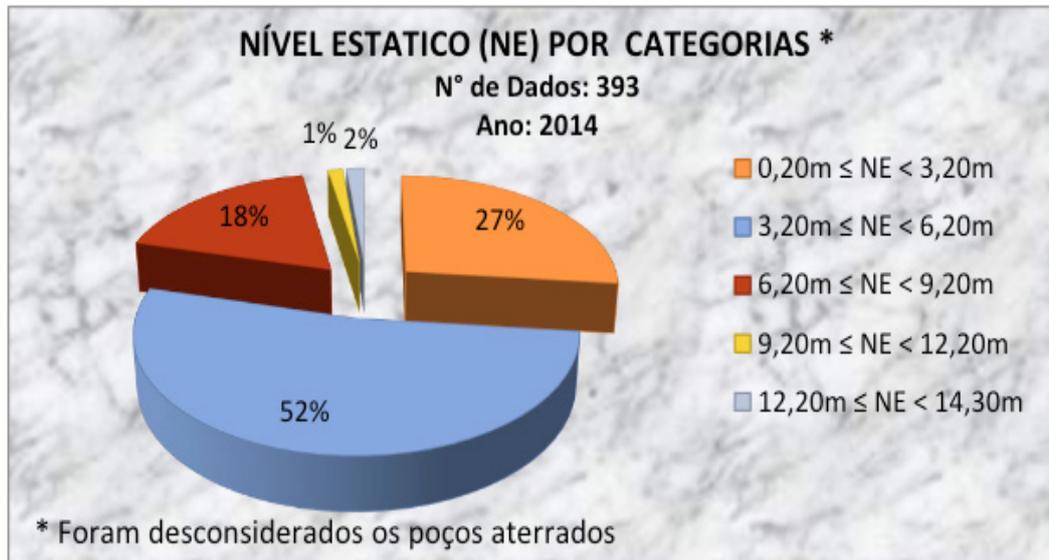


Gráfico 01 – Nível estático por categoria

Fonte: Pinheiro e Pinho, 2015

4 | CAPTAÇÃO E USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Nas atividades de campo foram cadastrados 448 poços, onde se constatou que 71 (16%) são tubulares, 173 (39%) mistos e 204 (45%) cacimbas e, no geral, representam poços rasos com profundidades de 1,30m a 21,40m. Com a relação distribuição dos 448 poços mapeados por domínios hidrogeológicos, 98% ocorrem no Sistema Aluvionar Jaguaribe e os 2% no contexto Aluvionar/eluvionar do Complexo Jaguaretama.

Em termos práticos, a construção de um poço tubular é iniciada com a avaliação do local no qual se deseja construí-lo, levando em consideração os aspectos hidrogeológicos, geomorfológicos e climáticos.

Após a determinação do local de construção, é definido o método de perfuração, os diâmetros de perfuração e do poço, o fluido de perfuração a ser utilizado, a perfilagem geofísica a ser utilizada, caso necessário, para detalhar melhor o meio aquífero ou o poço, tipo de revestimento, pré-filtro, filtro, cimentação, desenvolvimento, proteção sanitária e teste de produção. Levando em conta tais condições e considerando que as características de um aquífero estão diretamente relacionadas com a produtividade do mesmo, evita-se a construção inadequada de poços com baixas vazões, entre outras desvantagens. Sobre as etapas para construção de poço tubular, Cavalcante (1998), Costa & Filho (2000) e Cardoso (2006) sistematizam da seguinte maneira:

- *Locação* - é o ato de escolher o local onde ficará o poço para captar determinação aquífero, através de métodos tradicionais (Fotografias aéreas e imagens de satélite) ou de métodos geofísicos (principalmente a eletrorestividade e VLF- *Very Low Frequency*). A depender do método se pode ter informações adicionais para a elaboração do pré-projeto do poço;

- *Pré-Projeto* - Dirá sobre os componentes que irão nortear a construção do poço, tais como diâmetros de perfuração, dos filtros e revestimentos, pré-filtros, posicionamento da coluna filtrante, cimentação, limpeza, desenvolvimento, teste de bombeamento e instalação final.
- *Perfuração* - representa o ato de perfurar os litotipos e/ou sedimentos através de máquinas apropriadas, por métodos específicos. A perfuração de poços tubulares é composta por várias etapas até a utilização final do poço.
- *Completação* - Diz respeito ao ato de completar o poço, ou seja, colocar a tubulação do poço (revestimento e filtro), o cascalho (pré-filtro) e o cimento (cimentação). Esta refere-se aos poços construídos em material consolidado e em rochas sedimentares de porosidade intergranular clástica, nos quais são instalados filtros. Poços construídos em rochas cristalinas (granitos, xistos, quartzitos, etc.), com porosidade de fraturas, e calcário (porosidade de canais de dissolução) são revestidos apenas na sua parte superior, onde a rocha se encontra alterada sujeita à desmoronamentos, não se utilizando filtros.
- *Cimentação* - Consiste no preenchimento do espaço anelar existente entre os tubos e a parede do litotipo e tem a principal finalidade da união da tubulação de revestimento com a parede do poço e evitar que as águas imprégnáveis contaminem o aquífero, além de formar um tampão de selo no fundo do poço ou para corrigir desvios do furo durante a perfuração.
- *Desenvolvimento* - Os trabalhos de desenvolvimento em um poço para água objetivam a remoção do material mais fino do aquífero nas proximidades do poço aumentando, assim, a permeabilidade ao redor do poço. Além disso, estabiliza os níveis arenosos em torno de um poço dotado de filtros, permitindo fornecer água isenta de areia. Nas rochas consolidadas, o desenvolvimento atua limpando e desobstruindo as fendas e fraturas por onde circula a água. Isso tudo permite que a água possa entrar mais livremente no poço, assegurando assim, quando bem feito, o máximo de capacidade e diminuindo as perdas de cargas do aquífero para o poço. Os trabalhos de desenvolvimento, portanto, são fundamentais para o perfeito acabamento do poço.
- *Bombeamento* - É a ação da retirada da água de um poço por intermédio de um sistema de bombeamento. O ensaio de bombeamento destina-se a determinar a vazão de exploração do poço, utilizando-se o equipamento de bombeamento adequado para sua exploração, permitindo ainda a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero e das perdas de carga no poço e no aquífero. Para tanto, são feitos os registros e controle da vazão (Q), nível estático (NE) e nível dinâmico (ND), durante um teste de produção ou de aquífero.

Poço tubular é aquele utilizado para captação de água subterrânea e que recebe, após a perfuração, um revestimento constituído por tubos (metálicos ou de PVC) com diâmetro geralmente inferior a vinte polegadas (“20”), onde os revestimentos são intercalados com filtros, cuja água é explotada por meio de bombas e compressores. Na área, podem ser encontrados poços tubulares de manilha de argila e de manilha de cimento como destacam as Fotos 01 e 02 de poços no Aquífero Aluvionar em São



Foto 01– Visão externa de poço tubular

Foto 02 – Poço tubular sem proteção da boca

Fonte: Pinheiro e Pinho, 2015

Os poços mistos podem ser individualizados em poço misto de alvenaria e tubular, poço misto de anel pré-moldado e tubular, poço misto de tijolos (alvenaria) e de anéis pré-moldados e tubular, conforme destacam as Fotos 03 e 04.



Foto 03 – Poços misto de tijolos/anéis pré-moldados

Foto 04 – Poço misto de tijolos/PVC

Fonte: Pinheiro e Pinho, 2015.

Os poços foram classificados quanto à profundidade segundo o Decreto nº 23.068, de 11 de fevereiro de 1994 da Secretaria dos Recursos Hídricos do Governo do Estado do Ceará (SRH), divididos em poços profundos (profundidade superior a 50 m), mediantemente profundos (20-50 m) e rasos (< 20 m). Segundo esta classificação, praticamente 100% desses poços são rasos, reflexo direto da profundidade da água subterrânea, espessura do pacote aluvionar e tipos de poços. Considerando os 448 poços, a profundidade máxima é de 21,4 m, a mínima de 1,30 m e a média é de 8,46 m.

Observa-se que 60 poços (13,4%) possuem revestimento de PVC, 168 (37,5%)

de tijolos (alvenaria), 32 (7,1%) de anéis pré-moldados com diâmetro de 1,10m e altura de 0,5m, 73 (16,29%) de tijolos/PVC, 102 (22,76%) de anéis pré-moldados /PVC, 04 (0,9%) de manilha de argila, 01 (0,2%) de PVC/manilhas, 03 (0,7%) de cimento, 01 (0,2%) de tijolos/manilhas, 02 (0,4%) de alvenaria/anéis pré-moldados/PVC e 02 (0,4%) de alvenaria/anéis pré-moldados.

O diâmetro do revestimento do poço está associado a fatores como filtro escolhido e diâmetro da bomba, que depende do volume de água a ser bombeado devendo, ainda, ser duas vezes o diâmetro nominal do corpo da bomba utilizada (para diminuir perdas por fricção e aumentar a eficiência da bomba).

Cacimba, Cacimbão (Amazonas – diâmetro mínimo de 2m) ou Poço Escavado Manualmente é o poço construído por escavação manual convencional, em geral de seção circular, por ser mais estável, com diâmetro predominante de 1,5 a 2m, onde a profundidade final da escavação depende da profundidade do nível estático do aquífero que se propõe explotar. É revestido com material pré-moldado, tijolos ou pedras, e a retirada de água é realizada através do uso de baldes, bombas de pequena potência, bombas manuais e cata-ventos, como destacam as Fotos 05 e 06 na região aluvionar de São João do Jaguaribe - Ceará.



Foto 05 – Visão interna de cacimbão de tijolos (alvenaria)



Foto 06 – Visão externa do cacimbão de tijolos (alvenaria)

Fonte: Pinheiro e Pinho, 2015

Os principais problemas observados nos poços estão relacionados à locação, cimentação, proteção superior e abrigos. Os aspectos construtivos, usos, finalidades e categorias dos poços da área são relacionados ao processo de uso e ocupação do solo e estão relacionados ao processo de ocupação do solo a partir da década de 1970.

Sobre a situação atual dos poços foi feita uma sistematização considerando as categorias de poços ativos, inativos e inutilizados. *Poço ativo* é aquele que está em plena atividade, sendo explotado com finalidade doméstica ou econômica. A exploração é feita com o uso de motores elétricos, motores a diesel e cata-vento. *Poço inativo* é

aquele que está em boas condições, mas temporariamente desativado por defeito de bomba, cano quebrado etc. (Fotos 07 a 10). Quando a quadra chuvosa é consistente, é comum os agricultores desativarem o sistema de captação para diminuir os gastos com energia e para evitar o furto de bombas, fato comum na região. *Poço inutilizado* é aquele que foi abandonado, encontrando-se em estágio de deterioração e, em alguns casos, assoreamento.

Dos 448 poços cadastrados, 08 (1,79%) são comunitários e 440 (98,21%) são particulares. Quanto à finalidade, 173 (39%) são utilizados na agricultura, 197 (44%) na agropecuária, 15 (3%) possuem usos doméstico e para agricultura, 05 (1%) domésticos e agropecuária. Vale ressaltar que 45 (10%) estão sem uso, inutilizados e sem nenhuma tampa de proteção, expostos a contaminação antrópica.



Foto 07 – Poço misto anel/ PVC



Foto 08 – Cacimbão de alvenaria

Fonte: Pinheiro e Pinho 2015.



Fotos 09 e 10– Visão panorâmica de Cacimba

Fonte: Pinheiro e Pinho, 2015

Um dos aspectos mais discutidos sobre as águas subterrâneas é a vulnerabilidade das obras de captação em relação às diversas fontes de poluição e contaminação, principalmente de origem antrópica. Dos poços mapeados, grande parte apresentava

alguma deficiência quanto aos aspectos construtivos e de proteção sanitária.

Os principais problemas construtivos observados, principalmente nos mais antigos, foram relacionados à locação, cimentação e proteção superior e abrigos. Segundo proprietário e trabalhadores locais, nem todos os poços apresentam a cimentação entre o tubo de revestimento e a parede de perfuração, cuja função principal é de isolar o revestimento tubular de modo a prevenir infiltrações verticais ao longo de sua superfície externa.

5 | O USO E A OCUPAÇÃO DO SOLO

Na aluvião do rio Jaguaribe, até o final da década de 1960, as cacimbas, cacimbões (amazonas) e poços tubulares rasos construídos com trado manual se constituíam como a principal forma de captação das águas subterrâneas com uso de cata-ventos. Na década de 1970, os cata-ventos conviveram com os gasogênios, ocorrendo a decadência de ambos, assim como do uso também das cacimbas, no final dessa década. No início da década de 1980 era comum, nesse processo de *deblacle* dos cata-ventos e gasogênios, não era incomum o uso de motores a diesel, contudo passaram a dominar os poços tubulares profundos instalados com compressores, posteriormente bombas de diferentes tipos (injetoras, centrífugas, submersas) para exploração de águas subterrâneas.

A evolução dos mecanismos de captação de água subterrânea, essencialmente a partir da década de 1980, fez aumentar a produtividade agropecuária, contudo, o aumento da demanda por água poderá acarretar o seu uso excessivo. Com as condições favoráveis de captação de água subterrânea de boa qualidade, os proprietários fundiários têm, no mínimo, um poço para dar sustentação à pequena produção de feijão, milho, arroz, mandioca, macaxeira, limão, manga, goiaba e banana, além da pecuária bovina, ovina e suína. Os agricultores mais capitalizados produzem principalmente banana.

Foram identificados como principais usos consuntivos da água na região: a agricultura irrigada, pública e privada, o consumo humano e o uso industrial. Dos 98,2% poços particulares e 1,8% comunitários, 39% têm a agricultura como finalidade, 44% são para agropecuária, 3% para uso doméstico e agricultura, 1% para uso doméstico e agropecuário; 10% estão inutilizados sem tampa de proteção, portanto, expostos a poluição e contaminação.

O processo de uso e ocupação da área sem o devido planejamento influenciou na construção de poços com escassos metros de distância em relação às fossas sépticas e em lugares próximos de acumulação de lixos orgânicos, inorgânicos, em currais e até mesmo de depósitos com resíduos de agrotóxicos ou fertilizantes químicos (Fotos 11 e 12). Vale ressaltar que, em várias situações, essas fontes de contaminação surgiram depois da construção dos poços.



Fotos 11 e 12 – Aspectos da proximidade do poço x curral de gado e de embalagens de agrotóxicos abandonadas após o uso próximo ao poço.

Fonte: Pinheiro e Pinho, 2015

As normas que estão na literatura recomendam distância mínima entre poço e fontes de contaminação/poluição como lixões, fossas sépticas e currais. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT/NBR-12244) recomenda distância mínima de trinta metros (30m) entre poço e fontes de contaminação.

A política de uso das águas subterrâneas deve privilegiar o abastecimento público, com a gestão do sistema pensada de modo a suprir principalmente as necessidades da população que vive em áreas com problemas na captação das águas superficiais, sendo que a gestão integrada entre as águas superficiais e as águas subterrâneas é a mais indicada.

6 | CONSIDERAÇÕES GERAIS

O município de São João do Jaguaribe, encontra-se completamente inserido no Polígono das Secas, que apresenta um regime pluviométrico marcado por irregularidades de chuvas, no tempo e espaço. Nesse cenário, a água constitui um bem natural de elevada limitação ao desenvolvimento socioeconômico desta região e, até mesmo, à subsistência da população. A ocorrência cíclica de secas e seus efeitos catastróficos no âmbito regional são por demais conhecidos e remontam aos primórdios da história do Brasil.

Esse quadro de escassez pode ser amenizado através de uma gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. No entanto, a carência de estudos de abrangência regional, fundamentais para a avaliação da ocorrência e da potencialidade desses recursos, reduz substancialmente as possibilidades de seu manejo, inviabilizando uma gestão eficiente. Além disso, as decisões sobre as ações de convivência com a seca exigem o conhecimento básico sobre a localização, caracterização e disponibilidade das fontes de águas superficiais e subterrâneas.

Para um efetivo gerenciamento dos recursos hídricos, principalmente num contexto emergencial, como é o caso das secas, merece atenção a utilização das fontes de abastecimento de água subterrânea, que passam a ter uma importância mais significativa no suprimento da população e dos rebanhos.

Um fato preocupante é o desconhecimento generalizado, em todos os setores, tanto do número quanto da situação das captações existentes, fato este agravado quando se observa a grande quantidade de captações de água subterrânea no semiárido, principalmente em rochas cristalinas, desativadas e/ou abandonadas por problemas possíveis de serem solucionados.

No Ceará, a exploração de águas subterrâneas tem crescido. Entretanto, ainda carece de estudos mais sistemáticos e consistentes sobre o real potencial de exploração. Até 2018, existiam cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, banco de dados sob a responsabilidade da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, cerca de 21.000 poços no Ceará. Em torno de 60% estavam localizados no Meio Cristalino, 30% em ambiente sedimentar e 10% em Aluviões embora, como mostra o cadastramento realizado por Pinheiro e Pinho (2015) – 448 poços no Aquífero Aluvionar de São João do Jaguaribe – centenas de poços, senão milhares, ainda não foram cadastrados, haja vista que o último censo de poços no Ceará realizado pela CPRM remonta a década de 90.

A construção de poços para captação de água subterrânea corresponde a uma ótima alternativa como fonte de abastecimento para a população, principalmente em regiões castigadas por longos períodos de estiagem, como o caso de São João do Jaguaribe; porém, a construção de um poço corresponde a uma obra que requer conhecimentos de engenharia geológica, civil e sanitária, com o objetivo de captar água subterrânea em quantidade e qualidade determinados em projetos técnico-construtivo e dentro de uma relação custo/benefício otimizada, com vida útil média de 25 anos e tempo médio do estorno do investimento de 1/3 da vida útil da obra.

No que concerne aos poços tubulares no município de São João do Jaguaribe, não foi feito nenhum resgate sobre as etapas de construção dos poços, seja através de documentos ou por informação oral dos proprietários, haja vista que a maioria dos proprietários não mora no local onde se encontra o poço. Vale destacar, também, que é provável que a maioria dos proprietários não tenha a documentação com os dados técnicos de construção dos poços, por estes serem, predominantemente, poços tubulares rasos ou cacimbas construídas por moradores locais.

A política de uso das águas subterrâneas deve privilegiar o abastecimento público, com a gestão do sistema pensada de modo a suprir principalmente as necessidades da população que vive em áreas com problemas na captação das águas superficiais, sendo que a gestão integrada entre as águas superficiais e as subterrâneas é a mais indicada. Não há qualquer plano de gestão de uso por parte dos proprietários, que também não têm o controle racional do consumo diário, semanal ou mensal da água para as atividades agropecuárias.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12244: **Construção de Poço Para Captação de Água Subterrânea**. Rio de Janeiro, 1992.

CAVALCANTE, I.N. – 1998 - **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará**. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 148p.

CARDOSO, C. A. M. – 2006 - **As Obras de Captação e os Aspectos Hidrogeológicos da Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. Curso de Mestrado em Geologia**. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE: 160p.

CARVALHO, O. – 2012 - **As Secas e seus Impactos**. In: Galvão, A. C. F.; Magalhães A. R.; Lima, J. R. A. *Questão da Água no Nordeste*, ed. 1, Brasília: Centro de Gestão de Estudos Estratégicos-CGEE. 2012. v. (1): p. 45-97.

CEARÁ, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos- Cogerh. Portal Hidrológico. Volume armazenado – Reservatórios. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/#>. Acessado em 02 de junho de 2017.

COSTA FILHO, W.D. – 2000 - **Noções Básicas Sobre Poços Tubulares. Fortaleza: ABAS**.

FEITOSA, Fernando. A. C; MANOEL FILHO, João; FEITOSA, E. C; Demétrio, J. G. A. (Coords) – 2008 - **Hidrogeologia - Conceitos & Aplicações**. Rio de Janeiro. 3ª Ed. CPRM. 812p.

PINHEIRO, Antônio Flávio Costa; PINHO, Emmanuel Arruda – 2015 - **Mapeamento Geológico e as Águas Subterrâneas do Município São João do Jaguaribe – Ceará**. (Monografia de Graduação). Fortaleza: Departamento de Geologia – UFC. 498p.

Renata Nayara Câmara Miranda Silveira; Filipe da Silva Peixoto; Raimundo Nonato Távora Costa & Itabaraci Nazareno Cavalcante – 2018 - **Drought's impact in irrigated perimeters in the Brazilian Semi-arid**. Anuário do Instituto de Geociências. Rio de Janeiro.18p.

Renata Nayara Câmara Miranda SILVEIRA; Raimundo Nonato Távora COSTA; Filipe da Silva PEIXOTO; Humberto Gildo de SOUSA; Itabaraci Nazareno CAVALCANTE; Rafael Mota de OLIVEIRA – 2016 - **Reservas hídricas subterrâneas e contribuição à gestão dos recursos hídricos em aluviões no semiárido**. Revista Geociências, UNESP, ISSN 1980-900X (Online). V. 35, n. 4, São Paulo. p. 642 – 651.

CULTURA DE SEGURANÇA EM LABORATÓRIOS DE PESQUISA DA ÁREA QUÍMICA

Milson dos Santos Barbosa

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Débora da Silva Vilar

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Aline Resende Dória

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Isabelle Maria Gonzaga Duarte

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Dara Silva Santos

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Lays Ismerim Oliveira

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Géssica Oliveira Santiago Santos

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

Luiz Fernando Romanholo Ferreira

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos
Aracaju – Sergipe

RESUMO: Estudos voltados ao conhecimento de medidas e princípios de segurança e saúde no trabalho são cada vez mais estimulados. Laboratórios químicos de pesquisa são ambientes que têm uma série de riscos (químicos, físicos, biológicos e ergonômicos), decorrentes da variedade e evolução contínua de suas operações. Entretanto, diferentemente de funcionários industriais, pesquisadores laboratoriais normalmente não são adequadamente educados sobre segurança química. O desenvolvimento eficiente de pesquisas em laboratórios químicos deve ser garantido não somente com investimento em equipamentos e reagentes, mas também na proteção da segurança e saúde dos pesquisadores, por meio da avaliação e controle dos fatores de risco relacionados ao processo. De modo a atender essa problemática, o presente estudo aborda de forma clara a cultura de segurança em laboratórios de pesquisa da área química, indicando as principais problemáticas e as práticas prudentes. Os resultados sugerem que os incidentes laboratoriais estão relacionados à ineficiente existência de atitudes e práticas seguras por parte dos pesquisadores, assim como à falta de compromisso dos responsáveis pela segurança.

PALAVRAS-CHAVE: Laboratório de pesquisa. Química. Cultura de segurança.

ABSTRACT: Studies focused on the knowledge of occupational safety and health measures and principles are increasingly stimulated. Chemical research laboratories are environments that have a number of risks (chemical, physical, biological and ergonomic), arising from the variety and continuous evolution of their operations. However, unlike industrial employees, laboratory researchers are usually not adequately educated about chemical safety. The efficient development of research in chemical laboratories should be ensured not only with investment in equipment and reagents, but also in the protection of the health and safety of researchers, through the evaluation and control of risk factors related to the process. In order to address this problem, the present study clearly addresses the safety culture in chemical research laboratories, indicating the main problems and prudent practices. The results suggest that laboratory incidents are related to the inefficient existence of attitudes and safe practices by researchers, as well as the lack of commitment of those responsible for safety.

KEYWORDS: Research laboratory. Chemistry. Safety culture.

1 | INTRODUÇÃO

Em um ambiente industrial, a segurança é uma preocupação significativa e diretamente vinculada aos padrões de desempenho do trabalho (HOFMANN *et al.*, 2017). A segurança é revisada na perspectiva de ser uma prioridade de gerenciamento de sistema, em que os acidentes resultam de fatores causais que residem em múltiplos níveis dentro de sistemas complexos. Assim, unidades industriais tendem a ser estruturas bem definidas, com metodologias de avaliação de riscos utilizadas para identificar potenciais falhas do sistema e corrigi-las (AKUT *et al.*, 2017).

Laboratórios de pesquisa científicas são locais de trabalho com elevado número de perigos potenciais, uma vez que apresentam potencial de exposição aguda e crônica a uma ampla gama de agentes biológicos, químicos, corrosivos, explosivos, inflamáveis, físicos e radiológicos (DUETSCH e BRIAN MALLEY, 1992). As configurações laboratoriais refletem riscos semelhantes às das configurações industriais, mas a escala em que os riscos existem geralmente é significativamente menor. Entretanto, diferentemente do setor industrial, a segurança e saúde dos pesquisadores não é prioridade (CASTEGNARO *et al.*, 2012; ZHAO *et al.*, 2007). Contribuintes para condições perigosas, que incluem falta de treinamento, fiscalização esporádica, ventilação ineficaz e práticas de trabalho inseguras, agravam significativamente o risco a saúde e segurança de todos envolvidos nos laboratórios. As condições de trabalho em que os pesquisadores operam normalmente não incluem apenas riscos químicos, como o perigo de incêndio, explosão, veneno e asfixia, mas também riscos físicos, como perigos de vidro ou metal afiados ou de equipamentos quebrados (HUI *et al.*, 2009).

A gravidade da segurança laboratorial acadêmica foi destacada por Langerman

(2009), que analisou alguns dos 94 incidentes de laboratório identificados pelas revistas científicas *Chemical Safety* e *Hazard Investigation Board* e, concluiu que a maioria dos laboratórios científicos são locais inseguros para trabalhar e estudar. Esta conclusão é semelhante a outros trabalhos que afirmam que os laboratórios acadêmicos têm mais acidentes que os laboratórios industriais, mas em menor escala (MARENDAZ *et al.*, 2013; SCHULZ *et al.*, 2005). A razão para isso é o fato de laboratórios científicos raramente trabalham com a quantidade de materiais ou escala de processos comuns nas indústrias. Em síntese, a segurança do laboratório não tem uma prioridade máxima devido à percepção de que uma pequena quantidade de materiais não daria um impacto perigoso significativo às pessoas e ao meio ambiente (SIMMONS *et al.*, 2009).

Alguns casos de acidentes em laboratórios com lesões aos pesquisadores já foram relatados na literatura. Um desses acidentes aconteceu em um laboratório do departamento de química da Universidade do Texas, em 2010, onde um pesquisador de 29 anos ficou gravemente ferido no rosto e nas mãos após a explosão de uma mistura de perclorato de níquel hidrazina explodiu (OLEWSKI *et al.*, 2016). Outro caso mais grave ocorreu em um laboratório de química no ano de 2008 em Los Angeles, mais precisamente na Universidade da Califórnia (UCLA). Em suma, um aluno pesquisador manipulava com um produto químico pirofórico e não utilizava os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) apropriados. O acidente provocou queimaduras de terceiro grau em 43% do corpo e outras complicações, resultando na morte do pesquisador (BENDERLY, 2009; SHARIFF *et al.*, 2012). Posteriormente, o acidente impulsionou a Divisão de Segurança e Saúde no Trabalho da Califórnia (Division of Occupational Safety and Health - Cal/OSHA) a realizar novas investigações e foi descoberto outro acidente não declarado na UCLA. O acidente descoberto ocorreu quando um pesquisador de pós-graduação manipulava etanol e o mesmo foi incendiado por um queimador de Bunsen, causando queimaduras de primeiro e segundo grau nas mãos e tórax (CARHART, 2015).

Historicamente, os resultados e as publicações têm sido a principal prioridade da maioria dos pesquisadores, e não a segurança laboratorial. No entanto, devido a crescente ocorrência de acidentes, a segurança em laboratórios de pesquisa tornou-se mais incessante nos dias atuais. Os acidentes recentes em várias universidades aumentaram a conscientização sobre preocupações de segurança em ambientes laboratoriais e criaram uma maior necessidade de uma cultura de segurança mais forte na pesquisa (SHARIFF e NORAZAHAR, 2012).

Diante do exposto, o presente artigo discute a cultura de segurança em laboratórios de pesquisa, com ênfase em trabalhos químicos, ressaltando as principais problemáticas e apontando as principais práticas prudentes. Uma vez que uma abordagem mais clara de procedimentos de segurança envolvendo processos químicos laboratoriais para a minimização de riscos pode fornecer uma excelente alternativa para que a redução de incidentes e perdas materiais possa ser alcançada.

2 | METODOLOGIA

As ferramentas de pesquisa utilizadas neste estudo, sobre a cultura de segurança em laboratórios científicos, basearam-se em referências encontradas em estudos científicos (artigos e livros) publicados em periódicos indexados e especializados na área de segurança e saúde do trabalho. A partir de então, foram levantados os procedimentos adequados de prevenção e incentivo a valorização da segurança em laboratórios químicos de pesquisa, com base nas Normas Regulamentadoras (NRs) que englobam os trabalhos realizados em ambientes laboratoriais, sendo elas: NR-6: Equipamentos de proteção individual (EPIs); NR-15: Atividades e operações insalubres; NR-19: Explosivos; NR-20: Segurança e saúde com inflamáveis e combustíveis; NR-23: Proteção contra incêndios; NR-26: Sinalização de segurança. Em seguida, foi possível apontar as principais causas e riscos potenciais inerentes aos procedimentos laboratoriais químicos. Portanto, este estudo começa indicando típicos problemas de segurança existentes em laboratórios de pesquisa e, seguidamente, orienta pesquisadores a realizar medidas para facilitar o trabalho experimental, bem como reduzir acidentes.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O contexto de segurança laboratorial em educação e pesquisas científicas evoluiu rapidamente nas últimas duas décadas. Crescente ênfase em laboratórios de pesquisa, novas fronteiras científicas e as mudanças em tecnologias de laboratório decorrentes de incidentes específicos criaram novas exigências para uma maior educação em segurança de laboratório para pesquisadores. Os laboratórios são caracterizados com ambientes extremamente adversos, onde há presença de diferentes substâncias químicas, soluções, micro-organismos, equipamentos, entre outros. Felizmente, as novas exigências orientam que todos os laboratórios devem ser projetados para facilitar o trabalho experimental, bem como reduzir acidentes (Langerman, 2009; SHARIFF e NORAZAHAR, 2012). As Normas Regulamentadoras (NRs), fornecem medidas de segurança que devem ser adotadas em ambientes laboratoriais são:

- NR-6: que trata dos equipamentos de proteção individual (EPIs), que são todos os dispositivos ou produtos utilizados pelo trabalhador e destinados à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho. A NR-6 estabelece que o fornecimento dos EPIs é de responsabilidade do empregador, e cabe ao empregado o uso adequado para a finalidade a que se destina;
- NR-15: que se refere as atividades e operações insalubres comuns em laboratórios de pesquisas, com destaque aos agentes químicos e seus respectivos limites de tolerância;
- NR-19: que está direcionada ao depósito, manuseio e armazenagem de explosivos, de extrema importância em situações de preparo ou utilização de

reações químicas com teor de carga explosiva;

- NR-20: que estabelece os requisitos mínimos para a gestão de segurança e saúde no trabalho contra os fatores de risco de acidentes provenientes das atividades de extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e líquidos combustíveis;
- NR-23: que descreve as informações sobre a proteção contra incêndios, que num ambiente laboratorial inclui: saídas de emergência suficientes para a rápida retirada dos pesquisadores, equipamentos necessários para combater princípios de fogo, além de informações para o uso correto desses equipamentos;
- NR-26: que explana a sinalização de segurança, indicando quais cores devem ser adotadas para segurança em estabelecimentos ou locais de trabalho, a fim de indicar e advertir acerca dos riscos existentes. Em especial, essa NR expõe a classificação, rotulagem preventiva e ficha com dados de segurança de produtos químicos.

Além do conhecimento dessas NRs, todos os pesquisadores inseridos no laboratório devem ser treinados para compreender como usar adequadamente os equipamentos de proteção individual, saber lidar com as capacidades e limitações dos sistemas de ventilação, controles ambientais e outros dispositivos de escape. De fato, todos os envolvidos no laboratório devem entender como se comportar diante dos perigos e riscos e como funcionam as instalações. O trabalho experimental deve ser visto como parte de todo o laboratório e suas instalações, tanto para a eficiência do processo quanto para segurança de todos (National Research Council, 2014). Para alcançar essa eficácia na saúde e segurança dos envolvidos nos laboratórios alguns pontos são fundamentais e, aqueles que são particularmente mais importantes, são descritos nas seções abaixo.

3.1 Análise de riscos e vulnerabilidade em laboratórios

O laboratório deve realizar uma análise formal de risco baseada em riscos associados a cada processo. Os responsáveis pela segurança institucional devem incentivar constantemente esta análise. As substâncias químicas são as principais fontes geradoras de risco e que podem provocar vários tipos de danos à saúde, através da via respiratória, via digestiva e/ou em contato com a pele. Para cada processo químico e afins, deve ser desenvolvida uma lista completa de perigos potenciais (SHERZ, 2018). No que se refere aos produtos químicos, a lista deve incluir, pelo menos, as seguintes informações: informação de toxicidade; limites de exposição admissíveis; dados físicos; dados de reatividade; dados de corrosividade; dados de estabilidade térmica e química; e efeitos perigosos que podem ocorrer decorrentes da mistura inadvertida com diferentes materiais (National Research Council, 2014).

Práticas seguras de comportamento são cruciais em contextos que englobam

exposição à produtos químicos e à equipamentos perigosos. Esse comportamento deve ser incentivado e praticado previamente em qualquer tipo de experiência científica laboratorial. A exposição das práticas de segurança levará os indivíduos a desenvolver comportamentos seguros sempre que estejam expostos a um ambiente perigoso, especialmente no manuseio de reagentes químicos e em experimentos que envolvam condições extremas de temperatura, pressão, ruído, entre outros. A utilização de equipamentos de proteção individual, como máscaras, óculos, luvas e protetores auriculares, é a principal forma de minimizar a exposição aos riscos do laboratório (NORVAL, 2015).

Além disso, o desenvolvimento de um plano de preparação para emergências com base na vulnerabilidade específica laboratório químico é indispensável. Para isso, deve-se considerar quais os tipos de emergências são mais prováveis e quais os impactos decorrentes de uma emergência nas operações de laboratório. Os tipos de emergências a considerar variam dependendo do tipo de laboratório, localização geográfica e outros fatores únicos para cada tipo de instalação e processo. Para cada tipo de emergência possível, todos os envolvidos devem considerar o histórico de ocorrência em seu laboratório e em laboratórios com circunstâncias semelhantes (CASTEGNARO *et al.*, 2012; AZIZ *et al.*, 2011).

3.2 Vestuário e equipamentos de proteção individual

É responsabilidade da instituição fornecer equipamentos adequados de segurança e emergência para todos os pesquisadores do laboratório científico. No entanto, todos devem assumir a responsabilidade de vestir adequadamente para evitar acidentes e lesões. Para tal, é essencial que cada indivíduo tenha em mente que a segurança do ambiente de trabalho depende do compromisso individual de todos que estão inseridos no ambiente (DOLL *et al.*, 2018). No que se refere ao vestuário pessoal, jalecos devem ser sempre utilizados e, quando necessário, os pesquisadores devem usar roupas apropriadas com resistência ao fogo e a vibrações. Para a devida proteção dos olhos e do rosto, durante a manipulação de produtos químicos ou reações, indica-se usar óculos de segurança com escudos laterais (ASHBROOK *et al.*, 2018).

Todo responsável por um laboratório também deve fornecer óculos especiais em casos de experimentos realizados sob luz ultravioleta ou luz laser. Em todos os momentos de presença no laboratório, é essencial o uso de luvas apropriadas ao grau de perigo de cada processo. Cremes e loções de barreira podem fornecer proteção contra a pele, mas nunca devem substituir luvas, roupas de proteção ou outros equipamentos de proteção. Para proteção dos pés, é recomendável usar sapatos fechados e, em áreas onde produtos químicos perigosos estão em uso ou o trabalho mecânico está sendo feito, deve-se utilizar sapatos de específicos de segurança (KRITZLER *et al.*, 2018).

3.3 Integralidade e localização dos equipamentos

A integridade mecânica dos equipamentos de laboratório químico de pesquisa, geralmente, não é um problema reconhecido de segurança. Entretanto, falhas mecânicas são rotineiramente relatadas em dispositivos como centrífugas e vasos de pressão, por exemplo. Os laboratórios devem ter uma abordagem documentada para verificar o desempenho de todos os equipamentos. Periodicamente, deve-se realizar inspeções, procedimentos de manutenção, capacitação pessoal e métodos para garantir que a atividade de manutenção tenha sido realizada de acordo com o projeto do equipamento (WU *et al.*, 2007).

No que se refere à disposição dos equipamentos, alguns podem ser compartilhados por diferentes pesquisadores e grupos de pesquisa. Entretanto, esses devem estar localizados em um espaço que não faz parte da zona de trabalho de apenas um indivíduo. Geralmente, os equipamentos mais compartilhados em laboratórios científicos são: cromatógrafos; centrífugas; refrigeradores; espectrômetros de massa; balanças; medidores de pH; incubadoras e fornos. Se um desses equipamentos estiver localizado no centro de um laboratório, ele deve ser remanejado para outra área, a fim de amortizar possíveis ruídos e/ou vibrações (KATH *et al.*, 2010; VINODKUMAR e BHASI, 2009).

Durante a fase de planejamento de um laboratório, deve-se escolher a melhor localização para qualquer tipo de equipamento que faça muito ruído ou que seja sensível às vibrações. Equipamentos grandes, como centrífugas, agitadores e banhos de água, muitas vezes funcionam melhor em salas apropriadas para estes equipamentos, onde o mesmo pode ser visto, mas não ouvido.

3.4 Treinamento

Embora a maioria dos laboratórios de pesquisas envolvendo processos químicos tenha fortes laços de instituições acadêmicas e estejam em ambientes acadêmicos, existe uma atitude predominante de que os cientistas não precisam de treinamento relacionado aos aspectos de saúde, segurança e emergência de seus processos. De fato, o treinamento de segurança e saúde frequentemente consiste em um único seminário, que os alunos devem participar a cada ano (FLEMING *et al.*, 1995). O treinamento de um aluno pesquisador comumente ocorre por meio de outro pesquisador mais experiente, que raramente menciona o fator segurança dentro do processo a ser aprendido. Há pouca ou nenhuma atenção aos perigos associados aos produtos químicos ou ao processo e, se um equipamento estiver envolvido, o manual de instruções nem sempre está disponível (WALTERS *et al.*, 2017).

Outro agravante é o fato de que, os técnicos ou professores pesquisadores mais qualificados, raramente operam processos em laboratórios de pesquisa. Os praticantes dos processos experimentais são alunos de iniciação científica, muitas vezes estudantes de graduação com pouco ou nenhum conhecimento sobre segurança laboratorial,

que reproduzem técnicas estabelecidas pelo grupo de pesquisa. Esses indivíduos, esporadicamente recebem informações específicas sobre riscos associados ao uso de solventes químicos e equipamentos. Um aluno de iniciação científica ou aluno visitante não deve trabalhar sozinho, mesmo estando completamente familiarizado com todos os procedimentos de gerenciamento de risco aplicáveis (COLLIGAN e COHEN, 2004; HUI *et al.*, 2009).

Todos os pesquisadores do laboratório devem ter, pelo menos, uma sessão de treinamento semestral para revisar riscos gerais e específicos de segurança do processo. Além disso, treinamentos adicionais devem ser fornecidos sempre que necessário. Em suma, esses treinamentos devem abordar os incidentes que ocorreram e as práticas implementadas para prevenir uma recorrência. Para cada processo, as medidas de redução de quaisquer novos riscos devem ser revistas e identificadas. Ademais, o instrutor de segurança deve fornecer pessoalmente uma revisão dos problemas específicos de cada processo, conforme documentado nos procedimentos operacionais de cada laboratório. Onde deve constar, de forma clara, os procedimentos gerais de saúde, segurança e dicas para situações de emergência (ZHAO *et al.*, 2007).

A fim de estimular a cultura da segurança nos trabalhos laboratoriais, os docentes pesquisadores devem ser responsabilizados profissionalmente pela segurança daqueles a quem eles orientam. Normalmente, os membros do corpo docente são avaliados quanto à produtividade da pesquisa e ao ensino. Nos laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, as avaliações de desempenho, que são frequentemente associadas ao salário, não incluem o contexto da segurança durante o desenvolvimento de pesquisas científicas. Uma segurança precária na produção do conhecimento deve ter consequências claras para o gestor do laboratório, dado que, uma lesão sofrida ou deficiências de segurança repetidas que geram perigo, devem refletir negativamente sobre o desempenho geral do docente que gerencia a pesquisa em questão, o que pode acarretar no não recebimento de aumento salarial ou até mesmo na perda do cargo de chefia no laboratório. Assim, os principais pesquisadores devem se tornar mentores de segurança. Isso será desafiador para muitos, pois eles não têm experiência e antecedentes para supervisionar a integração da segurança na atividade de pesquisa rotineira (COLLIGAN e COHEN, 2004).

Uma cultura de segurança robusta garantirá que todos os participantes estejam bem informados e confiem nos sistemas de segurança que os protegem. Esse é um desafio enorme, mas não impossível. A mudança exigirá compromisso e perseverança por parte de todos os membros da comunidade científica. Visto que, estabelecer uma cultura de segurança exige um compromisso contínuo em todos os níveis, desde a liderança institucional superior ao pesquisador que desenvolve seu trabalho diariamente no laboratório.

4 | CONCLUSÕES

Uma abordagem para a cultura de segurança de laboratório pode ser desafiadora para interpretar em situações laboratoriais específicas. De modo geral, documentos institucionais fornecem uma visão geral do que constitui práticas prudentes. No entanto, estes documentos não fornecem recomendações para práticas específicas de cada laboratório. Na prática, o trabalho de laboratório varia amplamente e muda rapidamente para que esta seja uma estratégia eficaz para um único documento. Portanto, o controle de segurança deve variar entre laboratórios com base em circunstâncias locais. Ademais, à medida que as equipes de laboratório se tornam cada vez mais interdisciplinares, é importante reconhecer que podem existir novos riscos significativos no laboratório, além dos químicos. Estes incluem riscos biológicos, riscos de equipamentos, riscos físicos e problemas de radiação. No que se refere a equipe de pesquisadores, todos os envolvidos devem receber treinamento adequado de segurança. Quando um pesquisador desenvolve seu trabalho científico em um laboratório, ele está inserido em um ambiente que exige atividade mais independente do que em um laboratório de ensino estruturado. De modo que, estes não podem assumir a experiência ou a maturidade para trabalhar na configuração de risco elevado sem supervisão clara e contínua. Assim, todos os indivíduos envolvidos no ambiente devem estar adequadamente capacitados para reconhecer, avaliar e minimizar riscos, além de preparados para eventuais emergências.

REFERÊNCIAS

Akut, K.; Bello, O. A.; Ikani, D. **Occupational safety policy and health in nigerian industries.** International Journal of Science and Applied Research, v. 2, n. 3, p. 45-50, 2017.

Ashbrook, Peter C. **Safe laboratories: principles and practices for design and remodeling.** CRC Press, 2018.

Aziz, Hanida Abdul; Shariff, Azmi Mohd; Roslan, Mohd Rafizie. **Application of process hazards management in lab-scale pilot plant.** In: National Postgraduate Conference (NPC), p. 1-3, 2011.

Benderly, B. L. **Explosions in the Lab: What Can Be Learned From the Death of A Young Biochemist at UCLA,** 2009.

Buske, Gary R. **Simple calculations, principles, and techniques to prevent reactive chemicals events in the laboratory.** Journal of Chemical Health and Safety, v. 17, n. 2, p. 9-12, 2010.

Carhart, Victoria. **A comparative examination of the safety programs at UCLA, UMN, and UVM in response to recent chemistry laboratory incidents.** The University of Vermont and State Agricultural College, 2015.

Castegnaro, Marcel; Sansone, Eric B. **Chemical carcinogens: some guidelines for handling and disposal in the laboratory.** Springer Science & Business Media, 2012.

Colligan, Michael J.; Cohen, Alexander. **The role of training in promoting workplace safety and health.** The psychology of workplace safety, p. 223-248, 2004.

- Doll, Michelle; Stevens, Michael P.; Bearman, Gonzalo. **Donning and Doffing of Personal Protective Equipment (PPE): Is Training Necessary?**. In: Infection Prevention. Springer, Cham, p. 293-296, 2018.
- Duetsch, Clare E.; Brian Malley, C. **Safety standards and laboratory procedures for exposure to chemicals**. Laboratory Medicine, v. 23, n. 7, p. 482-484, 1992.
- Fleming, D. O.; Richardson, J. H.; Tulis, J. J.; Vesley, D. **Laboratory safety: principles and practices**. American Society for Microbiology (ASM), 1995.
- Hofmann, David A.; Burke, Michael J.; Zohar, Dov. **100 years of occupational safety research: From basic protections and work analysis to a multilevel view of workplace safety and risk**. Journal of Applied Psychology, v. 102, n. 3, p. 375, 2017.
- Hui, Ruan; Xiaohui, Xiang; Wuyi, Li. **Reflections on the safety management of laboratories in American universities**. Experimental Technology and Management, v. 10, n. 8, p. 02, 2009.
- Kath, Lisa M.; Magley, Vicki J.; Marmet, Matthew. **The role of organizational trust in safety climate's influence on organizational outcomes**. Accident Analysis & Prevention, v. 42, n. 5, p. 1488-1497, 2010.
- Kritzler, M.; Michahelles, F.; Backman, C. M.; Tenfalt, A. **Systems and methods for monitoring use of personal protective equipment**. U.S. Patent Application, 2018.
- Langerman, Neal. **Reactive chemistry incidents in laboratories**. Journal of Chemical Health and Safety, v. 16, n. 2, p. 23-26, 2009.
- Marendaz, Jean-Luc; Suard, Jean-Claude; Meyer, Thierry. **A systematic tool for Assessment and Classification of Hazards in Laboratories (ACHiL)**. Safety science, v. 53, p. 168-176, 2013.
- National Research Council. **Safe science: Promoting a culture of safety in academic chemical research**. National Academies Press, 2014.
- Norval, Graeme W. **Aspects of Changing the Safety Culture in Today's Universities: 2013 Process Safety Management Award, Canadian Society for Chemical Engineering**. The Canadian Journal of Chemical Engineering, v. 93, n. 7, p. 1154-1159, 2015.
- Olewski, T., Ahammad, M., Quraishy, S., Gan, N., & Vechot, L. **Building process safety culture at Texas A&M University at Qatar: A case study on experimental research**. Journal of loss prevention in the process industries, v. 44, p. 642-652, 2016.
- Scherz, Paul. **Risk, prudence and moral formation in the laboratory**. Journal of Moral Education, p. 1-12, 2018.
- Schulz, William G.; Washington, Cen. **Fighting Lab Fires**. Chemical & Engineering News, p. 34-35, 2005.
- Shariff, Azmi Mohd; Norazahar, Norafneeza. **At-risk behaviour analysis and improvement study in an academic laboratory**. Safety science, v. 50, n. 1, p. 29-38, 2012.
- Simmons, F., Quigley, D., Whyte, H., Robertson, J., & Freshwater, D. **Chemical safety: Asking the right questions**. Journal of Chemical Health and Safety, v. 16, n. 3, p. 34-39, 2009.
- Trager, R. **UCLA Fined Following Fatal Lab Accident**, 2009.

Vinodkumar, M. N.; Bhasi, M. **Safety climate factors and its relationship with accidents and personal attributes in the chemical industry.** Safety Science, v. 47, n. 5, p. 659-667, 2009.

Walters, Ayana Uc; Lawrence, Wendy; Jalsa, Nigel K. **Chemical laboratory safety awareness, attitudes and practices of tertiary students.** Safety science, v. 96, p. 161-171, 2017.

Wu, Tsung-Chih; Liu, Chi-Wei; Lu, Mu-Chen. **Safety climate in university and college laboratories: Impact of organizational and individual factors.** Journal of Safety Research, v. 38, n. 1, p. 91-102, 2007.

Zhao, Qing-Shuang; Li, Ming; Wen, Xing-Huo. **Safety education being the key to keep the laboratories safe in universities.** Experimental Technology and Management, v. 9, p. 02, 2007.

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA ANALÍTICA PARA DETERMINAÇÃO DE FORMALDEÍDO EM COSMÉTICOS

Helder Lopes Vasconcelos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Cascavel-PR

Andressa Almeida

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Cascavel-PR

RESUMO: É comum o emprego de cosméticos contendo formaldeído como uma técnica de alisamento capilar, cuja utilização é controlada pela legislação devido aos seus efeitos tóxicos. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e validar uma metodologia analítica para determinação de formaldeído presente em cosméticos utilizando-se diversos solventes orgânicos no processo de extração líquido-líquido. Soluções padrões de diferentes concentrações de formaldeído foram preparadas para a construção da curva analítica, as quais foram submetidas a extrações com isobutanol e levadas para leitura em espectrofotômetro UV-Vis a 410 nm. A precisão foi avaliada por repetibilidade e precisão intermediária. A exatidão do método foi verificada com soluções padrões de mínima, média e máxima concentração. Os limites de quantificação e detecção foram realizados a partir de 10 leituras do branco. A partir da curva analítica, foi obtida a equação de regressão linear $y = 0,2889x +$

$0,0734$, com coeficiente de correlação linear (r) de $0,991$. A análise de precisão intermediária e repetibilidade apresentou resultados de desvio padrão de $0,018$ e $0,015$, respectivamente, e coeficientes de variação de $4,01$ e $3,47\%$, respectivamente. A exatidão apresentou resultados de $116,71\%$, $94,24\%$ e $99,54\%$ para as soluções padrões de concentrações mínima, média e máxima, respectivamente. Os limites de detecção e quantificação obtidos foram $0,0192 \mu\text{g/mL}$ e $0,0641 \mu\text{g/mL}$, respectivamente. O método se mostrou adequado para o fim que se propôs, uma vez que os parâmetros de validação atenderam aos exigidos pela legislação vigente à época.

PALAVRAS-CHAVE: Formaldeído; quantificação; espectrofotometria.

ABSTRACT: Nowadays, the use of cosmetics containing formaldehyde comes as a common decision-making in order to have straight hair, and such technique has been under legislation control due to its toxic effects. Thus, this study aimed at developing and validating an analytical methodology to determine the presence of formaldehyde in cosmetics by using several organic solvents in the liquid-liquid extraction process. So, standard solutions of different concentrations of formaldehyde were prepared to design an analytical curve, which were submitted to extractions with isobutanol

and taken to a UV-Vis spectrophotometer at 410 nm. Precision was evaluated by repeatability and intermediate precision. The accuracy of the method was verified with standard solutions of minimum, averaged and maximum concentration, while the limits of quantification and detection were recorded based on ten blank readings. The linear regression equation $y = 0.2888x + 0.0734$ was obtained from the analytical curve, with linear correlation coefficient (r) of 0.991. The intermediate precision and repeatability analysis showed results of 0.018 and 0.015 for standard deviation, respectively, and 4.01 and 3.47% for coefficient of variation, respectively. The accuracy results were 116.71%, 94.24% and 99.54% for the standard solutions of minimum, averaged and maximum concentrations, respectively. The detection and quantification limits were 0.0192 $\mu\text{g/mL}$ and 0.0641 $\mu\text{g/mL}$, respectively. And the method achieved the study purpose, since the validation parameters met the ones required by legislation at that term.

KEYWORDS: Formaldehyde; quantification; spectrophotometry.

1 | INTRODUÇÃO

O mercado da beleza vem crescendo com o passar dos anos. Tal resposta cresce devido à procura por uma aparência mais agradável. Por conseguinte, as pessoas fazem uso de cosméticos em larga escala para alcançar tamanha necessidade. Setores como perfumaria, produtos de limpeza e higiene pessoal são os que mais crescem no País. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em junho de 2018, esse setor da indústria cresceu cerca de 19,0%, logo exerce forte influência positiva sobre o crescimento geral da produção industrial (13,1%) (IBGE, 2018).

Os cosméticos são usados seja em busca da beleza, seja na intenção de melhorá-la. São produtos constituídos por substâncias naturais ou sintéticas, cuja função vai desde a higienização corporal até a proteção, odorização e embelezamento. Ademais, são capazes de alterar a aparência do corpo e mantê-lo em bom estado (MACAGNAN et al., 2011).

Devido à tendência atual por cabelos lisos, principalmente entre o público feminino brasileiro, os cosméticos mais empregados são aqueles que possibilitam o alisamento capilar. A técnica de alisamento capilar consiste na quebra, temporária ou permanente, das ligações químicas que mantêm a estrutura tridimensional da molécula de queratina, a qual dá forma aos cabelos. As ligações fracas mantidas pelas pontes de hidrogênio, forças de Van der Waals e ligações iônicas, possibilitam uma ruptura fácil de ocorrer dessas ligações e o resultado é um alisamento temporário. No entanto, as ligações fortes das pontes dissulfeto são mais difíceis de serem rompidas e quando isso ocorre, o resultado é um alisamento definitivo e mais duradouro (ABRAHAM, et al., 2009).

Para esta técnica de alisamento mais duradouro, em geral, utiliza-se o formaldeído, um aldeído simples, também denominado de formol e metanal (CH_2O).

Tal emprego se deve ao fato de o formaldeído ser um produto de baixo custo e que traz resultados em curto prazo, além de proporcionar um brilho intenso aos cabelos (FERREIRA, 2015). Entretanto, o formaldeído não promove o alisamento devido à ruptura das pontes dissulfeto, diferentemente dos produtos à base de hidróxidos, como a amônia. O formaldeído possibilita o alisamento, pois é misturado à queratina. Dessa forma, liga-se às proteínas da cutícula do cabelo e aos aminoácidos hidrolisáveis da solução de queratina, resultando na formação de um filme endurecido ao longo do fio, deixando o cabelo impermeabilizado, mais rígido e liso (FERREIRA, 2016).

Apesar de o formaldeído ser um dos produtos mais efetivos para a técnica de alisamento capilar, há uma ótima relação custo-benefício, todavia, ele traz diversos efeitos adversos à saúde humana. No caso de exposição aguda, pode causar náuseas, vômitos, dores de cabeça, irritação das vias respiratórias, coriza, sensibilidade imunológica imediata e queda de cabelo. E quando a exposição é crônica, o referido produto tem potencial carcinogênico (LORENZINI, 2012; BELVISO, 2015). Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), o formaldeído é considerado cancerígeno e oferece risco de ocasionar o aparecimento de câncer de boca, narinas, pulmão, sangue e cabeça (BRASIL, 2005).

Em consequência disso, seu uso a fim de promover a obtenção de fios de cabelos lisos é proibido pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (BRASIL, 2009). De acordo com a ANVISA, sua presença é permitida apenas como conservante em cosméticos, na concentração de 0,2% e na concentração de 5% como agente endurecedor de unhas (BRASIL, 2012). Vale ressaltar que a legislação se refere unicamente ao formaldeído adicionado no momento da fabricação, posto que é proibido qualquer tipo de adição ao produto acabado. Apesar dos riscos inerentes ao processo e a proibição pela ANVISA, ainda são encontrados diversos produtos contendo formaldeído acima do percentual permitido pela legislação no mercado (CHORILLI, 2007).

Abreu (2015), ao investigar o teor de formaldeído em produtos de alisamento capilar de acordo com a metodologia baseada na reação deste com ácido cromotrópico em presença de sulfato de magnésio, o qual produz um complexo colorido quantificado espectrofotometricamente a 535 nm, obteve valores de concentração que variaram de 1,5 a 3,8%, ou seja, cerca de 8 a 19 vezes acima do valor máximo permitido como conservante pela ANVISA.

Segundo o trabalho realizado por Oliveira Crippa (2015), o qual utilizou técnica espectrofotométrica, as amostras de produtos cosméticos analisados também apresentaram valores elevados para concentração média de formaldeído de 1,46%, ou seja, cerca de sete vezes acima do valor máximo permitido.

Desta forma, em busca de verificar o cumprimento da legislação e assim garantir a integridade física de pessoas que se expõem a esses processos, faz-se necessário o desenvolvimento de diversos métodos analíticos, capazes de reportar fidedignamente a concentração de tal substância nos produtos comercializados e suas respectivas

validações.

Cunha (2016) desenvolveu e validou uma metodologia analítica para quantificação de formaldeído em esmaltes por extração do formaldeído derivatizado com 2,4-dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH), hifenamento dos métodos de extração de QuEChERS e SPE e análise por Cromatografia Gasosa acoplada com espectrômetro de massa (GC/MS).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho consistiu em desenvolver e validar uma metodologia analítica espectrofotométrica para a determinação de formaldeído em cosméticos, principalmente aqueles utilizados para o alisamento capilar, utilizando diversos solventes orgânicos no processo de extração líquido-líquido. Para verificar a eficiência do método, faz-se a validação do mesmo com o objetivo de comprovar que o método desenvolvido atende a finalidade por ele proposto. Dentre os parâmetros de validação estabelecidos pela legislação, há faixa linear, coeficiente de correlação linear, precisão, exatidão, limite de detecção, limite de quantificação e robustez (BRASIL, 2017).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho, utilizou-se uma metodologia analítica de referência como embasamento teórico-prático (Brasil, 1994), a qual serviu de comparação para a verificação da eficácia do método proposto.

Os reagentes utilizados foram todos de grau analítico, a saber: acetato de amônio anidro ($C_2H_7NO_2$), acetilacetona ($C_5H_8O_2$), ácido acético concentrado (CH_3COOH), formaldeído (CH_2O), 1-butanol ($C_4H_{10}O$), isobutanol ($C_5C_{10}O$), acetato de etila ($C_4H_8O_2$) e éter etílico ($C_2H_5)_2O$.

Os equipamentos utilizados foram balança analítica-AG 285 (Mettler), espectrofotômetro SP-220 (Bioespectro) e banho-maria Q-304 (Quimis).

2.1 Preparo de reagentes e soluções

a) reagente acetilacetona

Durante o preparo deste reagente, foram pesados 75,00 g de acetato de amônio anidro, os quais foram transferidos para balão volumétrico de 500 mL, no qual foram acrescentados 1,00 mL de acetilacetona e 1,50 mL de ácido acético concentrado. Em seguida, completou-se o volume com água destilada e homogeneizou-se a solução.

b) Solução-mãe de formaldeído

Após realizados os cálculos de correção, correspondentes ao valor necessário de formaldeído, pesou-se 2,50 g de formaldeído (37%, m/v) em balão volumétrico de 500 mL e completou-se o volume com água destilada.

c) Solução padrão diluída de formaldeído

A partir da solução-mãe de formaldeído, foram realizadas sucessivas diluições de 2,50 mL em balão de 50 mL, completado o volume com água destilada e depois transferido 1,00 mL desta solução para balão de 100 mL e completado também o volume com água destilada, cujo resultado foi uma solução padrão de concentração de 0,937 $\mu\text{g/mL}$. Para o processo de extração líquido-líquido, foram testados três solventes orgânicos que apresentavam valores de coeficiente de partição próximos ao do 1-butanol (0,88), a saber: acetato de etila, éter etílico e isobutanol.

2.2 Desenvolvimento do método e validação

Uma varredura espectral foi realizada com uma solução padrão de formaldeído (0,791 $\mu\text{g/mL}$) na faixa de 340 a 540 nm, a fim de se investigar o melhor comprimento de onda para análise.

a) Solução branco

Em um erlenmeyer, foram adicionados 5,0 mL de reagente de acetilacetona com 25 mL de água destilada, colocados para aquecimento em banho-maria por dez minutos e resfriado por dois minutos em banho de água gelada. Em seguida, transferiu-se a solução para um funil de separação contendo 10,0 mL de solvente, lavando-se as paredes do erlenmeyer com 3 mL de água destilada, a qual foi agitada por 30 segundos. Transferiu-se a fase orgânica para tubo de centrifuga, o qual foi centrifugado por cinco minutos a 300 rpm. Em seguida, a solução foi transferida para cubeta de quartzo (10mm) e lida em espectrofotômetro no comprimento de onda de máxima absorção.

b) Solução amostra

Da solução padrão diluída de formaldeído, transferiu-se 5,0 mL para erlenmeyer contendo 5,0 mL de reagente acetilacetona e 20,0 mL de água destilada, completando-se assim 30 mL de solução. O mesmo foi realizado com alíquotas de 10,0 mL, 15,0 mL, 20,0 mL e 25,0 mL da solução diluída de formaldeído. Em seguida, colocou-se em banho-maria a 60°C durante dez minutos. As alíquotas foram resfriadas em água gelada por dois minutos e transferiu-se essa solução para um funil de decantação contendo 10,0 mL de solvente, lavando-se as paredes do erlenmeyer com 3 mL de água destilada. Após agitação da mistura por 30 segundos, procedeu-se a separação e centrifugação da fase orgânica por cinco minutos a 300 rpm. Em seguida, o material foi levado para leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de máxima absorção. As cinco soluções padrões, cujas concentrações de formaldeído variaram de 0,158 a 0,791 $\mu\text{g/mL}$, correspondem aos cinco pontos da curva analítica.

Dentre os parâmetros de validação, verificou-se a exatidão do método com soluções padrões de formaldeído de concentrações 0,158 $\mu\text{g/mL}$, 0,475 $\mu\text{g/mL}$ e 0,791

$\mu\text{g}/\text{mL}$, as quais correspondem às concentrações mínima, média e máxima da curva analítica.

A precisão por repetibilidade foi verificada, a partir de nove determinações da solução padrão de concentração média, em três horários diferentes no mesmo dia e pelo mesmo analista. Em contrapartida, a precisão intermediária foi avaliada com solução padrão de concentração média por analistas diferentes e em dias diferentes.

Os limites de detecção e quantificação foram calculados a partir de dez leituras no espectrofotômetro da solução branco no comprimento de onda de máxima absorção.

2.3 Análise de amostras de cosméticos de uso capilar

Para comprovação da eficácia do método, foram analisados 4 produtos acabados de cosméticos de alisamento capilar comercializados na cidade de Cascavel-PR. Foi pesado cerca de 0,125 g de cada amostra, transferido para balão volumétrico de 100 mL e completado o volume com água destilada. A partir desta solução, preparou-se uma nova solução com fator de diluição de 50 vezes. Desta última solução diluída foi retirado 10,0 mL, transferido para um erlenmeyer e procedido da mesma forma que descrita anteriormente com os padrões.

Para fins de comparação, as amostras dos 4 produtos também foram analisadas de acordo com o método de referência, e posteriormente feito a aplicação do teste F para verificar se houve diferença significativa entre o método proposto e o de referência.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre os solventes orgânicos testados, o isobutanol apresentou os melhores resultados no processo de extração, visto que o éter etílico e o acetato de etila não tiveram separação adequada das fases. Assim, o isobutanol foi escolhido para ser empregado em todo o processo de validação e análise do produto cosmético acabado.

A partir da análise da Figura 1 abaixo, a qual ilustra a varredura espectral realizada com solução padrão de formaldeído a $0,791 \mu\text{g}/\text{mL}$, observou-se que o melhor comprimento de onda para se realizar a análise foi em 410 nm, no qual se observa o maior pico de absorbância.

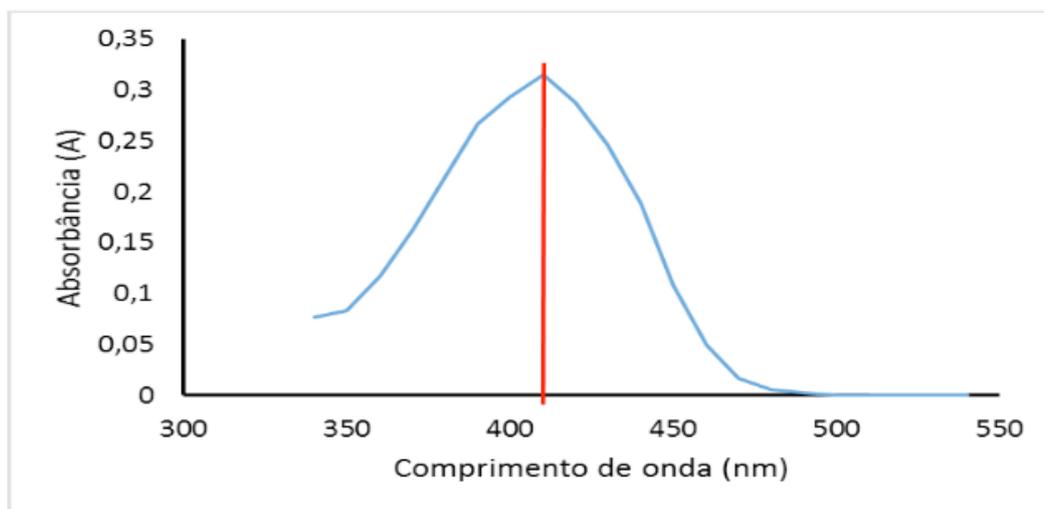


Figura 1: Varredura espectrofotométrica de formaldeído 0,791 $\mu\text{g/mL}$ extraído com isobutanol.

Para os testes de validação, foi primeiramente construído uma curva analítica na qual foi obtido a equação de regressão linear $y = 0,2889x + 0,0734$, com coeficiente de correlação linear (r) de 0,991, no intervalo de concentração de formaldeído compreendido entre 0,158 e 0,791 $\mu\text{g/mL}$ (Figura 2).

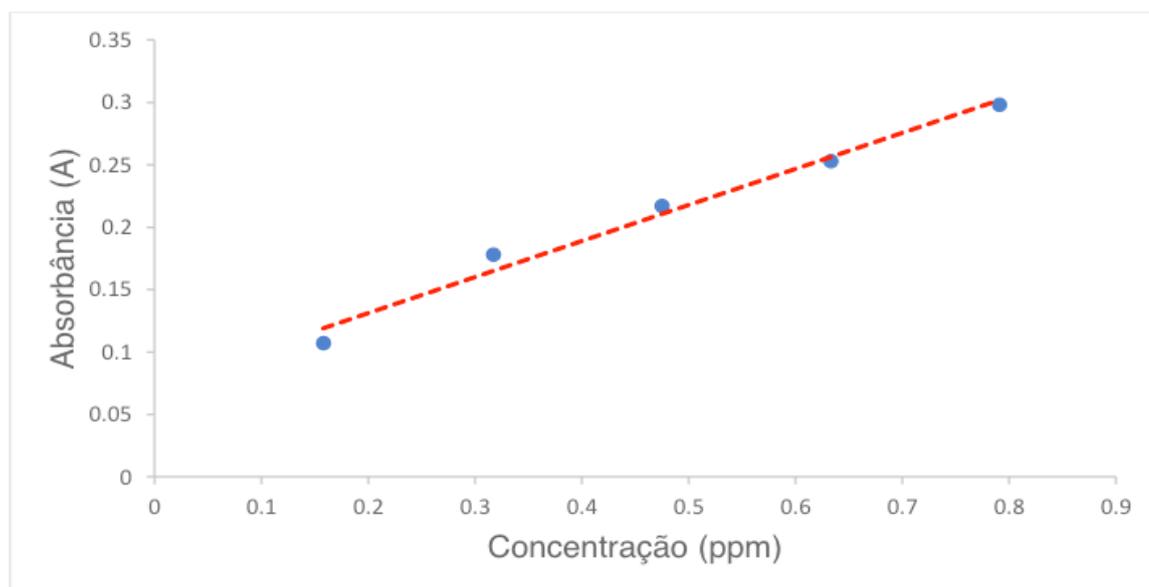


Figura 2: Curva analítica do formaldeído.

A linearidade de um método analítico, deve ter coeficiente de correlação (r) acima de 0,990 (BRASIL, 2017). Sendo assim, o valor encontrado está dentro dos limites aceitáveis, inferindo uma boa correlação entre os resultados adquiridos.

A precisão do método foi avaliada a nível de repetibilidade e precisão intermediária. No teste de repetibilidade, o desvio padrão e coeficiente de variação obtidos foram de 0,015 e 3,47%, respectivamente. Tais valores caracterizaram um ótimo resultado, levando-se em consideração as várias etapas envolvidas no decorrer da análise com possibilidade de propagação de erros. No teste da precisão intermediária,

obteve-se desvio padrão de 0,018 e coeficiente de variação de 4,01%, também indicando um ótimo resultado, visto que se encontra dentro do valor estabelecido pela legislação que permite um desvio padrão de até 5%, tanto para a precisão intermediária quanto para a repetibilidade (BRASIL, 2017).

Os resultados obtidos no ensaio de exatidão estão dispostos na Tabela 1. A exatidão para as concentrações mínima, média e máxima de formaldeído empregados na curva analítica teve como resultados os valores de 109,7%, 94,3% e 99,5%, respectivamente. Tais resultados se mostraram adequados, levando-se em consideração que os mesmos se encontraram dentro da faixa limite permitida (90% a 110%).

Concentração teórica de formaldeído ($\mu\text{g/mL}$)	Concentração experimental de formaldeído* ($\mu\text{g/mL}$)	Recuperação (%)
0,156	0,182	109,7
0,459	0,442	94,3
0,781	0,778	99,5

Tabela 1: Resultados do teste de recuperação do formaldeído.

* valor médio para análises feitas em triplicata.

Os resultados encontrados para os limites de detecção e quantificação foram de 0,0192 e 0,0641 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente.

A partir do método validado, amostras de produtos de alisamento capilar disponíveis no mercado foram analisadas, tanto com o método validado, quando com o método de referência.

Os valores de formaldeído encontrados nas amostras de cosméticos analisadas estão apresentados na Tabela 2. De maneira geral, a maioria das amostras apresentou teor de formol muito acima do permitido pela legislação. Com exceção do produto cosmético 3, cujo resultado obtido foi muito inferior ao limite de 0,2%, todos os outros produtos apresentaram teores de formaldeído variando de 1,56% a 1,80%, ou seja, cerca de 8 a 9 vezes acima do limite estabelecido, respectivamente. É importante salientar que tais resultados encontrados são preocupantes do ponto de vista de riscos à saúde humana.

Produto cosmético	Teor de formaldeído obtido pelo método proposto* (%)	Teor de formaldeído obtido pelo método de referência* (%)
cosmético 1	1,80	1,82
cosmético 2	1,56	1,80
cosmético 3	<0,003	<0,003
cosmético 4	1,78	1,78

Tabela 2: Porcentagem de formaldeído nos produtos analisados.

* valor médio para análises feitas em triplicata.

Vale destacar que uma amostra placebo também foi analisada de acordo com o método validado, a qual apresentou teor de formaldeído menor do que 0,0001 %, o que era esperado. Assim, agrega-se uma confiança ainda maior no método proposto.

Na aplicação do teste F com o intuito de verificar se houve diferença significativa na precisão entre os dois métodos empregados, não foi observada diferença significativa ao nível de 95% de confiança.

4 | CONCLUSÃO

Os parâmetros de validação como precisão, exatidão e faixa linear, apresentaram ótimos resultados e, juntamente com o resultado do teste F, permitem concluir que o método validado é adequado para quantificação de formaldeído em produtos cosméticos para alisamento capilar.

Além disso, por ser um método espectrofotométrico é de baixo custo e simples, o que aumenta a sua aplicabilidade prática.

A maioria das amostras de produtos cosméticos analisadas apresentou valores de concentração de formaldeído cerca de no mínimo 8 vezes acima do limite permitido pela ANVISA, caracterizando como fraude e desta forma colocando em risco a integridade física e saúde dos usuários destes produtos.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, Leonardo Spagnol et al. Tratamentos estéticos e cuidados dos cabelos: uma visão médica (parte 2). **Surg. cosmet. dermatol.(Impr.)**, v. 1, n. 4, p. 178-185, 2009.

ABREU, Valdiléia Massilon; AZEVEDO, Maria Glória Batista; FALCÃO, Juliana Souza Alencar. Cosmetovigilância em alisantes capilares: Determinação do teor de formaldeído por espectrofotometria e avaliação do rótulo. **Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences**, v. 36, n. 1, 2015.

BELVISO, Thiago Iorio. Os perigos do uso inadequado do formol na estética capilar. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 1, 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Boletim Informativo - Escova progressiva, alisantes e formol. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de diretoria colegiada Nº 29, de 1 junho de 2012: Aprova o Regulamento Técnico Mercosul sobre “Lista de Substâncias de Ação Conservante permitidas para Produtos de Higiene Pessoal Cosméticos e Perfumes e dá outras providências”. **Diário oficial da união**, Brasil, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução Nº 166, de 24 de julho de 2017: “Dispõe sobre a validação de métodos analíticos e dá outras providências”. **Diário Oficial da União**, Brasil, 2017.

BRASIL. Portaria Nº 503/94, de 6 de Julho de 1994: “Estabelece os métodos de amostragem e de

análise necessários ao controle oficial da composição dos produtos cosméticos e de higiene corporal. Detalha, em documento anexo, os métodos de análise a implementar para garantia da qualidade destes produtos”. **Diário oficial da República**, Brasil, 1994.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução N° 36, de 17 de junho de 2009: “Aprova sobre a Proibição a Exposição, a Venda e a Entrega ao Consumo de Formol ou de Formaldeído (Solução a 37%) em Drograria, Farmácia, Supermercado, Armazém e Empório, Loja de Conveniência e Drugstore”. **Diário Oficial da União**, Brasil, 2009.

CHORILLI, Marlus et al. Toxicologia dos cosméticos. **Latin American journal of pharmacy**, v. 26, n. 1, p. 144, 2007.

CUNHA, Isabela Cristina de Matos. Desenvolvimento e validação de um método para determinação de formaldeído em esmaltes utilizando QUERCHERS/SPE e GC/MS. 2016.

DE OLIVEIRA CRIPPA, Valdinara; TEIXEIRA, Lo Ruama Freitas; REBELLO, Luciana Camizão. Análise quali-quantitativa de formaldeído em amostras de produtos destinados ao alisamento capilar utilizados em salões de beleza no município de Linhares, ES-Brasil. **Infarma-Ciências Farmacêuticas**, v. 27, n. 1, p. 22-27, 2015.

FERREIRA, Lilian Abreu; BRAGA, Danielly Caixeta. Substâncias ativas do alisamento capilar e seus mecanismos de ação. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 13, n. 2, p. 56-63, 2016.

FERREIRA, Veridiana Torres. Avaliação semi-quantitativa da concentração de formaldeído em formulações cosméticas de alisamento progressivo e selantes capilares. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Produção industrial cresce 13,1% em junho**. Estatísticas econômicas, 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21976-producao-industrial-cresce-13-1-em-junho>. Acesso em: 12 mai de 2019.

LORENZINI, Silvia. Efeitos adversos da exposição ao formaldeído em cabeleireiros. 2012.

MACAGNAN, Karyn Kristyni; SARTORI, Mara Rubia Keller; CASTRO, Fabio Godinho de. Sinais e sintomas da toxicidade do formaldeído em usuários de produtos alisantes capilares. **Cadernos da Escola de Saúde**, v. 2, n. 4, 2017.

DETERMINAÇÃO DA CURVA-CHAVE DAS CONCENTRAÇÕES DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA BACIA DO RIO QUARAÍ, NA FRONTEIRA OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Mayara Torres Mendonça

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

Clamarion Maier

Instituição de Ensino, Faculdade ou Departamento
Cidade – Estado

Edenir Luís Grimm

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Farroupilha
Alegrete – Rio Grande do Sul

Gustavo Henrique Merten

Minnessota University
Duluth – Minnessota (EUA)

Jainara Fresinghelli Netto

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Farroupilha
Alegrete – Rio Grande do Sul

Ricardo Boscaini

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

Miriam Fernanda Rodrigues

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

Thais Palumbo Silva

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

Franciele de Bastos

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

Raí Ferreira Batista

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

Suélen Matiasso Fachi

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria – Rio Grande do Sul

RESUMO: Analisar e quali-quantificar o fluxo de sedimentos transportados ao longo de uma bacia hidrográfica tem forte influência em vários segmentos dos quais a bacia abrange, como a preservação da vida aquática, dos animais habitantes do local e do tratamento e aproveitamento pelo homem dos recursos hídricos disponíveis. Diante disso, o objetivo principal deste trabalho foi determinar as descargas sólidas em suspensão existentes na bacia hidrográfica do Rio Quaraí, como uso do solo predominantemente agropecuário. O ponto de monitoramento está localizado na porção intermediária da bacia, e os dados utilizados foram provenientes de campanhas de amostragem realizada no município de Quaraí (RS), pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Foram utilizados os valores de vazão e concentração de sedimentos em suspensão para obter-se as descargas sólidas em suspensão. Com base nos dados hidrossedimentológicos, traçou-se a curva-chave para os sedimentos. Diante dos valores calculados pode-se verificar

que as coletas foram realizadas predominantemente durante períodos de baixa vazão, onde o transporte de sedimentos é menor. Entretanto, a fim de orientar a aquisição de dados com maior confiabilidade na série temporal, é necessário que o monitoramento disponha de períodos de monitoramento de altas vazões. Diante disso, o presente estudo descreve uma proposta que utiliza o turbidímetro como medida indireta, possibilitando amostragens de alta frequência temporal, complementando a amostragem e determinando a dinâmica entre vazão e concentração de sedimentos em suspensão.

PALAVRAS-CHAVE: Fluxo de sedimentos; Descarga sólida; Bacia hidrográfica.

ABSTRACT: Analyzing and qualifying the flow of sediment transported along a river basin has a strong influence in several sectors to which the watershed, such as the preservation of aquatic life, the animals inhabiting the site, the treatment and use by man of water resources available. Taking into account such considerations, the present work was done in the watershed of the Quaraí River, in which the main use is agriculture and cattle raising. The main objective of this work was to determine the solid discharges in suspension in the watershed. The point that was studied is located in an intermediate point of the watershed and the data used came from collection campaigns carried out in the city of Quaraí (RS), by the Company of Research of Mineral Resources (CPRM). Streamflow and sediment concentration in suspension were used to obtain solid discharges in suspension. Based on the hydrosedimentometric data, the key curve for the sediments was plotted. The values obtained through the calculations made in an Excel spreadsheet, showed that the collections were made in the majority at low flow, where the transport of sediment is smaller. In order to guide how to acquire a greater reliability in the data series, where it is necessary to register in high streamflow. A proposal was described, which uses the turbidimeter as an indirect measure, which is able to perform sampling with a high temporal frequency, in order to complement the absence of sediment concentration information in suspension.

KEYWORDS: Sediment flow; solid discharge; watershed.

1 | INTRODUÇÃO

A erosão do solo e a produção de sedimentos têm sido alvo de frequentes preocupações no decorrer das últimas décadas, sobretudo pelo fato de serem estritamente relacionadas ao controle de uso do solo e da água. O solo é um dos elementos da natureza mais explorados pelo homem, principalmente em atividades agrícolas e pecuárias. O manejo inadequado, das áreas exploradas, tem sido mencionado como fator de aceleração do processo natural de erosão do solo (Zhang et al., 2017; Diwediga et al., 2018). Portanto, quantificar sua perda, sobretudo em bacias hidrográficas, onde seu uso e ocupação tomam proporções intensas, é um fator de extrema importância não só para a ciência, como para todos aqueles que direta ou indiretamente são beneficiados com a sua subsistência. Os processos erosivos

e de sedimentação em uma bacia hidrográfica transcrevem inúmeros problemas a vários setores da população. Em solos com alta produtividade agrícola, por exemplo, o processo erosivo causa a remoção da camada fértil do solo e a deposição de sedimentos nos campos de produção acarretando danos no local de origem (*“on-site”*) e fora dele (*“off-site”*) (Zhang et al., 2017; Diwediga et al., 2018).

O estudo da quantidade de sedimentos transportados em um rio é um conhecimento indispensável quando se trata do aproveitamento e planejamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, levando em conta que a proveniência e a quantidade de sedimentos existentes serão os fatores que determinarão a intensidade dos danos causados ao longo do tempo. A produção de sedimentos (PS) caracteriza-se como a quantidade de sedimentos transportados para o meio externo de uma bacia hidrográfica ou de qualquer área analisada. Denominada como parte de determinado material que tenha sofrido erosão em dada bacia, vertente ou canal fluvial, transportado até um local diferente do anterior. A PS é uma questão considerável quando o assunto é o manejo e o uso do solo e da água, não só pelo fato de tal processo ser causador do fenômeno de erosão, problema com o qual nos deparamos com frequência e que causa relevantes danos ao meio ambiente, como também por este ser um fator acarretador de sérios prejuízos à vida dos animais aquáticos que habitam esses locais, levando até eles sedimentos contaminados que poderão condenar sua sobrevivência, além de prejudicar de forma abrangente o curso de reservatórios e rios dessas bacias. Neste contexto, os modelos hidrológicos e de erosão possibilitam mapear e quantificar a PS para diferentes usos do solo que podem ser informações importantes para o manejo de bacias hidrográficas (Palazón & Navas, 2016)

Embora seja um assunto de suma importância para diversos ramos da sociedade, ainda é uma questão pouco abordada acadêmica e cientificamente. Estudos relacionados à produção de sedimentos, ao destino dado à eles e ao correto manejo de bacias são parâmetros pouco estudados e analisados quando comparados à importância que se têm ao meio ambiente e à economia, pois são quesitos que interferem em vários aspectos da vida cotidiana e que muitas vezes passam despercebidos quando equiparados a outras questões consideradas cruciais à sobrevivência humana e a qualidade de vida da população.

Uma das maneiras mais abrangentes de se quali-quantificar a intensidade dos impactos causados pela erosão do solo em uma bacia hidrográfica baseia-se na coleta e/ou monitoramento de dados hidrossedimentológicos. Dentro deste contexto, o trabalho foi realizado na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, região onde há forte predominância de atividades agropecuárias e há necessidade de pesquisas relacionadas ao tema. O estudo teve como objetivo principal a determinação das descargas sólidas em suspensão na estação sedimentométrica do Rio Quaraí. As descargas diárias de sedimentos em suspensão foram geradas a partir da série de dados diários de vazão líquida, utilizando curvas-chaves de sedimentos traçadas para estação, de acordo com as metodologias apresentadas na literatura. A realização da

pesquisa baseou-se nos dados fornecidos pela Agência Nacional das Águas (ANA) e pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), entre os anos de 1997 e 2014, estimando-se um período de coleta de dezessete anos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Rio Quaraí, localizado na fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul e região nordeste do Uruguai como mostra na Figura 2. O Rio Quaraí, com 351 km de comprimento, é tributário do Rio Uruguai e faz parte da bacia da Prata.

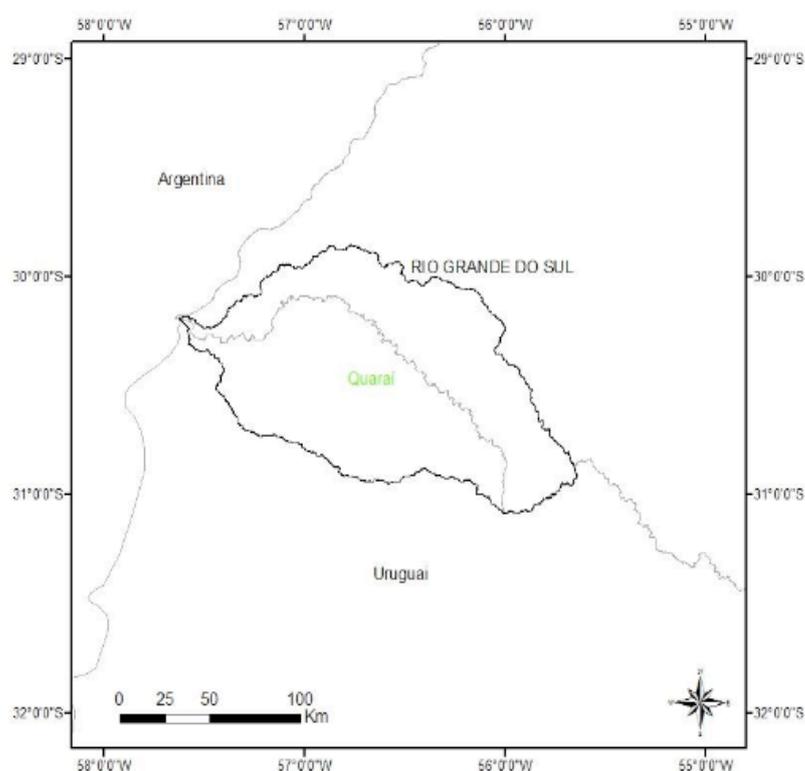


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica transfronteiriça do Rio Quaraí/Cuareim na fronteira do Brasil e do Uruguai. Fonte: ANA (2015)

Segundo Buffon (2008), em território brasileiro, a bacia hidrográfica do Rio Quaraí possui uma área aproximada de 6.701,02 Km², e localiza-se ao oeste do Estado (RS), entre as coordenadas geográficas 29°50' e 31°05' de latitude Sul e 55°37' e 57°37' de longitude Oeste. A superfície da bacia engloba quatro municípios brasileiros: Barra do Quaraí, Quaraí, Santana do Livramento e Uruguaiana (Tabela 1).

Município	Contagem da População 2007 IBGE			Área do município (Km ²)	Área do município na Bacia (Km ²)	% da área do município na bacia	% de população urbana na bacia	% da densidade de população rural na bacia
	Total	Urbana	Rural					
Quaraí	22552	20658	1894	3147,111	2059,089	65,42791	88,34623	14,76093
Santana do Livramento	83479	75338	8141	6949,477	2158,427	31,05883	-	28,73237
Barra do Quaraí	3776	2725	1051	1057,971	634,0582	59,93154	11,65377	24,36547
Uruguiana	123743	116261	7482	5709,537	1849,447	32,39224	-	32,14124

Tabela 1. População e superfície da bacia hidrográfica do Rio Quaraí.

Fonte: Buffon (2008).

O Rio Quaraí é o curso d'água principal da bacia, delimitando a fronteira entre o Brasil e Uruguai e tem como principal efluente de despejo urbano a cidade de Quaraí e a montante a cidade de Barra do Quaraí (BUFFON, 2008). A origem do rio Quaraí é nas proximidades da vila de Masolle no Uruguai.

A bacia do Rio Quaraí sendo transfronteiriça, possui uma área total de 14.800 Km², com 44% de seu território pertencendo ao Brasil e 56% de seu território pertencendo ao Uruguai. Tanto na área uruguiaia como no lado brasileiro o principal uso da água desta bacia é a irrigação, especialmente na cultura do arroz, e a dessedentação de uma pecuária extensiva. A bacia tem uma definição da sazonalidade hidrológica, com tendência a seca no verão (o período de dezembro a fevereiro), entretanto, nesse período a precipitação média pode ser elevada, quando comparada a outras bacias. As inundações constantes, particularmente nas áreas urbanas ribeirinhas ao rio Quaraí, são o principal problema relacionado a recursos hídricos atualmente, assim como o lançamento de esgoto doméstico e conflitos pelo uso da água. A baixa vazão e a alta demanda d'água para irrigação de lavouras de arroz ocasiona a escassez hídrica, sendo necessária a utilização de pequenos açudes para a irrigação (COLLISCHONN, 2011).



Figura 2. Bacia hidrográfica do Rio Quaraí. Fonte: ANA (2015)

2.2 Estação fluviométrica

A estação fluviométrica (código 77500000) de onde foram utilizados os dados da bacia estudada está localizada no município de Quaraí sob as coordenadas $30^{\circ} 23' 11''$ de latitude sul e $56^{\circ} 27' 35''$ de longitude oeste como mostra na Figura 3.

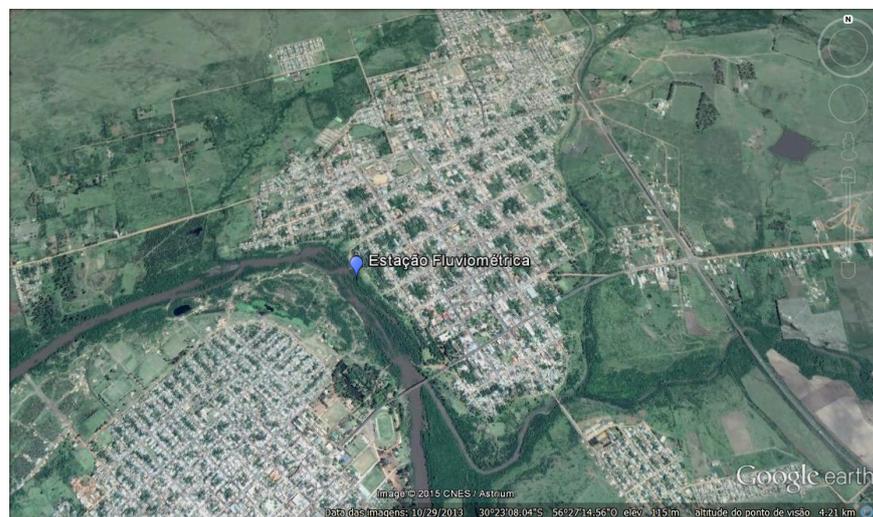


Figura 3. Localização da estação fluviométrica no município de Quaraí. Fonte: Google Earth 2015

Os dados utilizados no trabalho, são de um ponto do rio, em que foram elaborados a partir de campanhas de medição pela equipe de Hidrologia do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Esse ponto é próximo à estação fluviométrica e sedimentométrica monitorada pela CPRM em parceria com a Agência Nacional das Águas.

2.3 Determinação da descarga sólida em suspensão

Para determinar as curvas-chave a partir dos diferentes modelos optou-se por utilizar uma planilha no software Microsoft Excel, e os gráficos feitos no Sigma Plot. Os dados foram organizados randomicamente conforme os procedimentos estatísticos descritos por Rasmussen et al. (2009).

As descargas diárias de sedimentos em suspensão foram geradas a partir da série de dados diários de vazão líquida, utilizando curvas-chave de sedimentos traçadas para a estação, de acordo com as metodologias apresentadas na literatura (WALZON et al., 2005).

Para a obtenção das descargas sólidas em suspensão, utilizou-se a seguinte equação:

$$Q_{ss} = 0,0864 \cdot Q \cdot C_{ss} \quad (1)$$

onde: Q_{ss} = descarga sólida ou fluxo de sedimentos em suspensão (t/dia); Q = descarga líquida ou vazão (m^3/s); C_{ss} = concentração de sedimentos em suspensão (mg/L, ppm ou g/m^3). A constante que aparece na Eq.1 é originada simplesmente pela conversão das unidades das variáveis envolvidas (Q_{ss} ; Q e C_{ss}) num sistema coerente de medidas.

Os dados de vazão líquida, Q (m^3/s), e concentração de sedimentos em suspensão, C_{ss} (mg/L), coletados pela CPRM entre 1997 a 2014, foram transformados em valores logarítmicos ($\log Q$ com $\log C_{ss}$) e em seguida obteve-se a curva chave de sedimentos, utilizando-se as séries de dados de C_{ss} e Q da estação Quaraí (77500000). Este conjunto de dados então foram graficados, sendo os valores de $\log Q$ posicionados na abscissa e $\log C_{ss}$ nas ordenadas. Em cada gráfico ajustou-se uma equação de regressão linear e uma de regressão polinomial para o conjunto de pontos e verificou-se os respectivos coeficientes de determinação (R^2). Para o cálculo do fluxo de sedimentos diário foi utilizada a equação 1.

Os resultados das análises foram expressos por meio das comparações entre os fluxos estimados e os valores observados do posto utilizado nesse trabalho (MERTEN et al, 2006; MERTEN, 2010). Para a escolha da equação de regressão, utilizou-se a equação conforme Walling & Webb (1988) sugeriram.

$$Di = \frac{\sum_i^N (q_{ss})_A - \sum_i^N (q_{ss})_M}{\sum_i^N (q_{ss})_M} \cdot 100 \quad (2)$$

onde: Di = representa a porcentagem das diferenças (%), $\sum (q_{ss})_A$ = representa o somatório da estimada pela equação de ajuste da curva-chave de sedimentos (t), $\sum (q_{ss})_M$ é o valor do somatório da q_{ss} calculada através dos dados de C_{ss} medidos (t).

Neste trabalho, também foi utilizado um fator de correção empregado para corrigir

a tendência de subestimação dos valores determinados pela curva-chave devido a conversão de valores de escala logarítmica para aritmética (FERGUSON, 1986; ASSELMAN, 2000; HOROWITZ, 2003; HOROWITZ et al. 2014). Existem diversas maneiras de reparar este erro, neste caso empregado-se o fator “Smearing Factor”, definido pela equação 3, conforme Duan (1983).

$$\Sigma(q_{ss})_{CC} = \Sigma(q_{ss})_A \frac{\Sigma_i^N \exp(ei)}{N} \quad (3)$$

onde: $\Sigma(q_{ss})_{CC}$ é o valor resultante do somatório da q_{ss} estimada pela equação de ajuste da curva-chave de sedimentos (t) e corrigido pelo fator “Smearing”, $\Sigma(q_{ss})$ é o valor resultante do somatório das q_{ss} estimada pela equação de ajuste da curva-chave de sedimentos (t) não corrigida e e são os resíduos das diferenças entre os valores $(q_{ss})_M$ e $(q_{ss})_A$.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir desta correção foram estimados os valores de fluxo de sedimentos diários por meio das quatro equações: 1) linear sem correção do smearing factor; 2) polinomial sem smearing factor; 3) linear com smearing factor e 4) polinomial com smearing factor. Os quatros diferentes resultados do fluxo de sedimentos em suspensão (Q_{ss}) obtidos pelas equações, foram verificados em relação ao Q_{ss} resultante do cálculo com os dados de medição realizados pela CPRM. Foi calculado então, para cada fluxo estimado, um erro que consiste na diferença percentual entre valores estimados pelas equações testadas e o valor de fluxo de sedimentos medidos pela CPRM.

Após a sequência de cálculos, observou-se que todos os erros ficaram acima de 20%, que seria o erro aceitável conforme Sauer e Meyer, 1992; Horowitz, 2003, 2008, 2013 (Tabela 2). Outro fato observado foram os coeficientes de correlação (R^2), onde $R^2 = 0,3053$ (linear) e $R^2 = 0,3657$ (polinomial) podem ser considerados muito baixos (Figura 5).

Sem Smearing Factor		Com Smearing Factor	
Modelo Linear	Modelo Polinomial	Modelo Linear	Modelo Polinomial
%		%	
-69,48	-71,85	-67,04	-69,88

Tabela 2. Informações referente aos erros de estimativa da Q_{ss} baseado na curva-chave de sedimentos para modelos de ajuste linear e polinomial

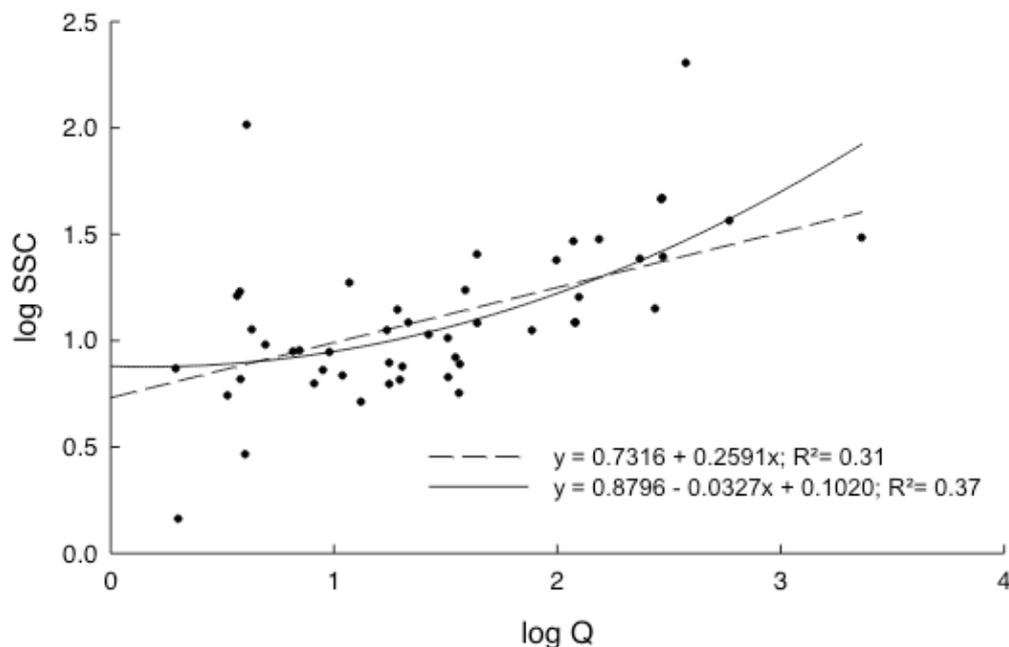


Figura 4. Curvas-chaves de sedimentos

Na tentativa de melhorar o erro e aumentar o coeficiente de correlação, foram extraídos alguns pontos discrepantes (que consistiam em 2 pontos) do conjunto de dados de acordo com o procedimento descrito por Horowitz et al. (2014). Após essa etapa, os coeficientes de correlação foram superiores a 0,5 (linear e polinomial), apesar disso, o erro persistiu sendo superior a 20% (Tabela 3 e Figura 5).

Sem Smearing Factor		Com Smearing Factor	
Modelo Linear	Modelo Polinomial	Modelo Linear	Modelo Polinomial
%		%	
-71,75	-92,91	-75,14	-60,29

Tabela 3. Informações referente aos erros de estimativa da C_{ss} baseado na curva-chave de sedimentos para modelos de ajuste linear e polinomial após a retirada de dados discrepantes.

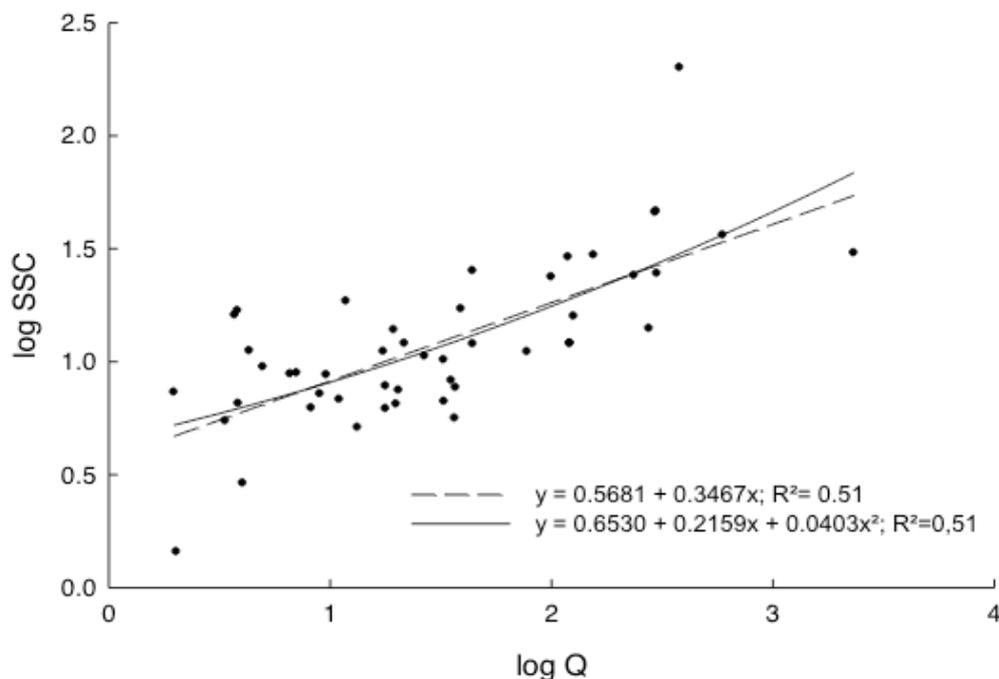


Figura 5, Curvas-chaves de sedimentos após a retirada de dados discrepantes

Notou-se nos dados de concentração de sedimentos coletados (Apêndices A e B), que as amostragens se realizaram em sua maioria durante as baixas vazões ou depois que a onda de cheia passou, portanto, a concentração de sedimentos é muito baixa, sendo o máximo observado, em uma única vez durante dezessete anos, de 200 mg/L. Estudos na área em questão, mostram que dependendo da intensidade da chuva, a C_{ss} pode variar bastante. Dessa forma, 200 mg/L pode ser considerada uma medida de alta vazão, portanto, o problema gerado no trabalho deve-se ao fato de poucos dados disponíveis, que os tornam de baixa confiabilidade. O ideal seria obter uma maior série de dados para que resultem em erros menores e aceitáveis. Entretanto, a medição de concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) feita pela equipe de Hidrologia da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, ocorre, geralmente de maneira esporádica (poucos dias do ano), e, diversas vezes, em ocasiões de águas baixas (sendo que altos valores de C_{ss} acontece no decorrer das cheias).

As coletas dos dados referentes aos valores de C_{ss}, assim como as leituras da régua linimétrica, deveriam ser efetuadas diariamente por observadores nas estações hidrométricas (MERTEN et al. 2014). No impedimento dessa situação, o aumento da frequência de amostragens manuais da C_{ss} seria uma opção. Com a finalidade de obter uma melhor representatividade da amostragem e otimizar o trabalho, faz-se necessário coletas durante grandes eventos, pois são nesses casos que ocorrem maiores fluxos de sedimentos, podendo variar de 70 a 90% (BICALHO, 2006). Contudo, a coleta de amostras durante a cheia é uma tarefa difícil de ser efetuada, por apresentar riscos durante a amostragem ou por dificuldade de deslocamento e logística da coleta (CARDOSO, 2012).

Conhecendo as contrariedades de medir manualmente e com a devida frequência, recorre-se o uso do turbidímetro como uma medida indireta (por ser dependente da execução de uma curva de ajuste entre o sinal de turbidez e da C_{ss}) de C_{ss} .

É importante destacar que o uso do sensor de turbidez não substitui, de forma alguma, a necessidade de amostragens de sedimentos realizadas manualmente, o turbidímetro é um complemento para ausência de informações de C_{ss} durante as cheias que quase sempre são difíceis de serem medidas manualmente. Com isso, o obstáculo para obter uma grande série de dados é solucionado, podendo então apresentar resultados de boa confiabilidade.

4 | CONCLUSÕES

O fenômeno da erosão e o conseqüente transporte de sedimentos caracterizam-se como um acontecimento de grande complexidade física na região de estudo. Para a quantificação do transporte de sedimento obtiveram-se as curvas-chaves de sedimentos, onde a percentagem de erro aceitável (20%) foi ultrapassada. Esse fato pode ter ocorrido devido as poucas coletas terem sido realizadas em baixa vazão.

A pesquisa retratou medidas pouco superior a 0,5 o que levou a conclusão de que seus resultados, assim como os valores do erro, também destoam e mostram-se desfavoráveis. Entretanto, não em razão disso o trabalho perde importância, pois a partir de um olhar mais geral sobre a questão do transporte de sedimento na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, compreende-se a carência de aprofundamento nessa área de pesquisa.

Conhecendo as dificuldades de se coletar informações durante o período de cheias na bacia, a utilização do turbidímetro como medida indireta, torna-se um grande aliado quanto à necessidade de extração de dados referentes a turbidez da água durante o ciclo. O monitoramento da C_{ss} com o sensor é prática de fácil execução e podem contribuir para um planejamento de ações mitigadoras do assoreamento de um rio. Contudo, a utilização de sensores é um procedimento complementar ao monitoramento e seus resultados devem ser autenticados com dados de amostragens, coletados em campo e verificados em laboratório, para condições pluviais e fluviais que possibilitarão, também, a avaliação do funcionamento e da calibração dos equipamentos.

Dada a relevância de um banco de dados confiável e completo, é preciso o apoio tanto do governo como das instituições acadêmicas brasileiras em razão do melhoramento do aprimoramento das técnicas laboratoriais que manuseiam os dados medidos. É importante haver um maior investimento nas estações fluviométricas já existentes, qualificando e incentivando todas as pessoas comprometidas nas medições. O resultado de uma pesquisa científica não envolve somente o aluno que a realiza, mas também pessoas que trabalham desde o início do processo, coletando

dados, processando-os em laboratórios, entre outras atividades.

REFERÊNCIAS

- ASSELMAN, N. E. M. Fitting and interpretation of sediment rating curves. **Journal of Hydrology**, v. 234, p.228-248, 2000.
- BICALHO, C. C. **Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Descoberto**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. DM-95/2006, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.
- BUFFON, S. A. **Unidade de Assessoramento Ambiental**. Ministério Público do Rio Grande do Sul: nº 2799/2008. Disponível em: <http://mprs.mp.br/areas/paibh/arquivos/diagnostico_dat_bacias_hidrograficas_quarai.pdf>. Acesso em 20 de Junho de 2015.
- CARDOSO, A. T. et. al. Problemas na estimativa de sólidos em suspensão associados à elaboração da curva-chave para sensor de turbidez. In: **X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**, 2012.
- COLLISCHONN, B. Modelagem Hidrológica de Uma Bacia com Uso Intensivo de Água: Caso do Rio Quaraí – RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, p.119-133, 2011.
- DIWEDIGA, B.; LE, Q. B.; AGODZO, S. K.; TAMENE, L. D.; WALA, K., 2018. Modelling soil erosion response to sustainable landscape management scenarios in the Mo River Basin (Togo, West Africa). **Sci. Total Environ.** 625, 1309–1320
- DUAN, N. Smearing estimate: a nonparametric retransformation method. **Journal of American Statistical Society**, v.78, p.605-610, 1983.
- FERGUSON, R. J. River loads underestimated by rating curves. **Water Resources Research**, v.22, p.74-76, 1986.
- HOROWITZ, A. J. An evaluation of sediment rating curves for estimating suspended sediment concentrations for subsequent flux calculation. **Hydrological Processes**, v.17, p.3387-3409, 2003.
- HOROWITZ, A.J; CLARKE, T.R; MERTEN, G.H. The effects of sample scheduling and sample numbers on estimates of the annual fluxes of suspended sediment in fluvial systems. **Hydrological Processes**, v.29, p.531-543, 2014.
- MERTEN, G. H. et al. Considerações sobre a utilização da curva-chave para determinação de fluxo de sedimentos. **Anais VII ENES**, 2006.
- MERTEN, G. H. et al. **Determinação da concentração de sedimentos em suspensão em rios com o uso de turbidímetro**. Porto Alegre: Ufrgs, 2014. 97 p.
- MERTEN, G. H. **How to Calculate Suspended Sediment Flux**. Rating Course, 2010. (Comunicação pessoal).
- PALAZÓN, L.; NAVAS, A., 2016. Land use sediment production response under different climatic conditions in an alpine–prealpine catchment. **Catena**. v.137, p. 244-255.
- RASMUSSEN, P.P. et al. Guidelines and procedures for computing time-series suspended-sediment concentration and loads from in stream turbidity sensor and streamflow data. **U.S. Geological Survey Techniques and Method**, v.3, p.52, 2009.
- SAUER, V. B.; MEYER, R. W. Determination of error in individual discharge measurements. **U.S.**

Geological Survey Open-file Report, v.21, p.92-144, 1992.

WALLING, D. E.; WEBB, B. W. **The reability of rating curve estimates of suspended sediment yield: some further comments.** In: *Sediment Budgets*, Bordas, M. P., Walling, D. E. (eds). IAHS Publications No 174. Wallingford: IAHS Press. P., p.337-350, 1988.

WALZON, T. A. L. et al. Análise do Fluxo de Sedimentos em Suspensão na Bacia do Rio Iguaçu. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2005.

ZHANG, S., Fan, W., Li, Y., Yi, Y., 2017. The influence of changes in land use and landscape patterns on soil erosion in a watershed. **Sci. Total Environ.** 574 (Suppl C), p.34–45.

DETERMINAÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS DE CAPTAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS AQUÍFEROS DO ESTADO DE SÃO PAULO

César de Oliveira Ferreira Silva

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Departamento de Engenharia Rural, Campus de Botucatu-SP.

Manuel Enrique Gamero Guandique

Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Departamento de Engenharia Ambiental, Campus de Sorocaba-SP.

RESUMO: O presente trabalho tratou da aplicação de dois métodos (Raio Fixo Calculado e Wyssling) para determinação de perímetros médios de proteção de poços de captação de água para os diferentes Sistemas-Aquíferos que compõem a hidrogeologia do Estado de São Paulo. Pelo método do Raio Fixo Calculado (RFC) os perímetros variam entre 20 e 50 metros. Pelo método de Wyssling os raios variam de 33 a 55 metros a montante e de 10 a 46 metros a jusante. Esses resultados mostram que o Imediato de Proteção Sanitária definido pelo Decreto Estadual nº 32.955/1991 não é universalmente adequado dentro do Estado de São Paulo, sendo mais adequado analisar particularmente a necessidade de proteção de cada poço, no caso o Perímetro de Alerta, também previsto nessa legislação.

Palavras-chave: perímetros de proteção de poços, hidrogeologia, águas subterrâneas

DETERMINATION OF PERIMETERS OF PROTECTION OF WELLHEAD IN DIFFERENT AQUIFER SYSTEMS OF THE STATE OF SÃO PAULO

ABSTRACT: This paper discusses the application of two methods (Fixed Radius Calculated and Wyssling) to determine the average wellhead protection perimeters for different aquifer systems that constitute the hydrogeology of the State of São Paulo. By the Calculated Fixed Radius (RFC) method the perimeters vary between 20 and 50 meters. By the Wyssling method the protection perimeters vary from 33 to 55 meters upstream and from 10 to 46 meters downstream. These results show that the Immediate Perimeter of Sanitary Protection defined by State Decree No. 32.955 / 1991 is not universally adequate within the State of São Paulo, and it is more appropriate to analyze in particular the need to protect each well, in the case of the Alert Perimeter, also provided for in that legislation.

KEYWORDS: waterhead protection perimeters, hydrogeology, groundwater

1 | INTRODUÇÃO

A água doce é um bem a ser preservado e protegido por ser escasso e essencial para humanidade. Juridicamente essa ideia é alicerçada na Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos, que é taxativa ao afirmar que a água é um recurso natural limitado (II, artigo 1º, da Lei 9.433/97). Assim a água passou a ser motivo de preocupação, tanto no que se refere à quantidade quanto à qualidade. Dentro da Hidrologia destaca-se, na atual busca de alternativas por segurança hídrica, a Hidrogeologia, que é o ramo da Hidrologia que estuda a água subterrânea, em especial a sua relação com o ambiente geológico. Trata das condições geológicas e hidrológicas, com base nas leis da Física e da Química, que regem a origem, a distribuição e as interações das águas subterrâneas; as intervenções humanas devem basear-se na aplicação de tais conhecimentos: prospecção, captação, proteção.

Quando formações geológicas armazenam água e liberam em quantidade suficiente para determinado fim se denominam aquíferos. Neste caso os corpos rochosos apresentam as melhores características de porosidade (estocagem) e de permeabilidade (fluxo). Aquíferos são, portanto, rochas ou solos saturados de água e permeáveis que permitem o fluxo de água. No aspecto prático, é um material contendo suficiente capacidade de armazenamento e liberação de água subterrânea para captação em poços (ANDERSON, WOESSNER, 1992).

Nesse contexto de preservação ambiental, as águas subterrâneas, por serem afetadas contínua e diretamente pela ação antrópica, sobretudo quando se localizam no tecido urbano, tornam-se elementos-chave na segurança hídrica (FOSTER et al., 2013), fazendo-se necessário o controle dos agentes antrópicos que mantêm contato com a água subterrânea (prevenindo a contaminação, poluição e perda de qualidade ambiental do aquífero) por meio de um gerenciamento que previna tais riscos de perda de qualidade ambiental da água (BEGHELLI et al., 2015).

Vale salientar que, do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo. Os processos e fatores que interferem na qualidade, potabilidade e capacidade de utilização das águas subterrâneas podem ser externos, ou mesmo intrínsecos ao aquífero. Muitos fatores interferem na qualidade das águas subterrâneas, como o clima, composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, litologias atravessadas, além da contaminação causada pelo homem, que gera degradação desses corpos hídricos (ANDERSON, WOESSNER, 1992).

Assim, é primordial proteger os poços de captação, pois a perfuração de poços cria o risco de contato direto com agentes poluidores e contaminantes (TUBAU et al., 2017), que quando contaminadas tem um processo de recuperação mais lento e trabalhoso comparado ao das águas superficiais (FREIRE et al., 2014). Também há o problema da demora na detecção do problema e da fonte poluidora (TUBAU et al., 2017, LI et al., 2017).

Uma medida eficaz para proteger a captação de água subterrânea é a restrição e controle do uso do solo de terrenos ao redor do ponto de captação (COELHO et al., 2017). Assim, como indicado por (FOSTER et al., 2013), devem ser definidos perímetros de proteção para balizar o plano de gestão da qualidade de poços de captação.

O presente trabalho analisou a salvaguarda legal a respeito da qualidade da água subterrânea no Estado de São Paulo verificando a efetividade da legislação quanto à proteção para poços de captação, comparando-a com o caso de poços no município de Sorocaba/SP, aplicado aos métodos do Raio Fixo Calculado e de Wyssling.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

De Iritani e Ezaki (2010) foram retirados dados gerais sobre os aquíferos granular e fraturado, como porosidade efetiva, espessura saturada, condutividade hidráulica e gradiente hidráulico. Os dois métodos descritos a seguir seguem a orientação de Iritani e Ezaki (2010) e determinam o perímetro de proteção tendo como referencial central o ponto de captura de água, desse modo cobrindo a chamada Zona de Contribuição.

Método do Raio Fixo Calculado

Consistiu na determinação de um raio com o ponto de captação sendo seu centro, que indica uma seção cilíndrica do aquífero. Partiu-se de uma equação volumétrica, que pode utilizar o tempo de propagação do poluente até à captação ou o rebaixamento do nível piezométrico. Os parâmetros utilizados são a vazão de captação de água, a espessura saturada, a porosidade efetiva. O raio fixo foi calculado pela equação 1, a seguir.

$$r = \sqrt{\frac{Q_t}{n_e b \pi}} \quad (1)$$

Sendo Q_t a vazão de captação (m^3/dia), n_e a porosidade efetiva e b a espessura saturada do aquífero (m).

A Figura 1 expõe de forma esquemática a delimitação do perímetro de proteção de poço pelo método RFC.

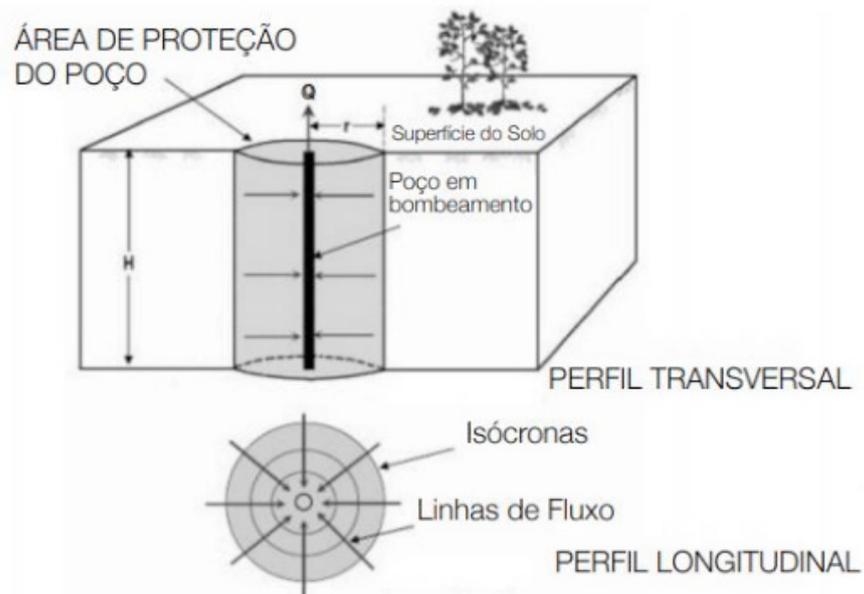


Figura 1. Delimitação do perímetro de proteção de poço utilizando o método do raio fixo calculado (adaptado de USEPA, 1994 *apud* Carvalho e Hirata, 2012)

Método Wyssling

Determinou a distância de proteção que diferencia a montante da jusante do ponto de captação, cobrindo a zona de contribuição do aquífero, onde se observa um rebaixamento do nível da água causado pelo bombeamento do poço. Utilizou como parâmetros a porosidade, condutividade hidráulica e gradiente hidráulico. Calculou-se primeiro a largura da zona de captação (B) pela equação 2:

$$B = \frac{Q_t}{Kbi} \quad (2)$$

Sendo K a condutividade hidráulica (m/dia) e i o gradiente hidráulico. O raio de chamada (distância da captação ao ponto neutro a jusante, X_0) foi calculado pela equação 3:

$$X_0 = \frac{Q}{2\pi Kbi} \quad (3)$$

E a largura da zona de captação na altura do poço (B'), em metros, pela equação 4:

$$B' = \frac{B}{2} = \frac{Q}{Kbi} \quad (4)$$

Calculou-se a velocidade real (V_e), em m/dia, pela equação 5:

$$V_e = \frac{Ki}{n_e} \quad (5)$$

Já a distância linear (L), em metros, correspondente ao tempo de trânsito t foi calculada pela equação 6:

$$L = V_e t \quad (6)$$

O tempo de trânsito pode ser interpretado como o tempo que uma partícula levaria para alcançar o ponto de captação após entrar no cilindro de proteção do

poço, ou seja, é o tempo necessário para minimizar a concentração de algum agente poluidor. Assim, determinou-se pelas equações 7 e 8, respectivamente, as distâncias, em metros, à montante e jusante da captação:

$$S_0 = \frac{L + \sqrt{L(L + 8X_0)}}{2} \quad (7)$$

$$S_u = \frac{-L + \sqrt{L(L + 8X_0)}}{2} \quad (8)$$

Sendo S_0 a distância correspondente ao tempo (t) no sentido do fluxo (a montante da captação) e S_u a distância correspondente ao tempo (t) no sentido do fluxo (a jusante da captação).

A Figura 2 expõe de forma esquemática a delimitação do perímetro de proteção de poço pelo método de Wyssling com suas diferentes zonas.

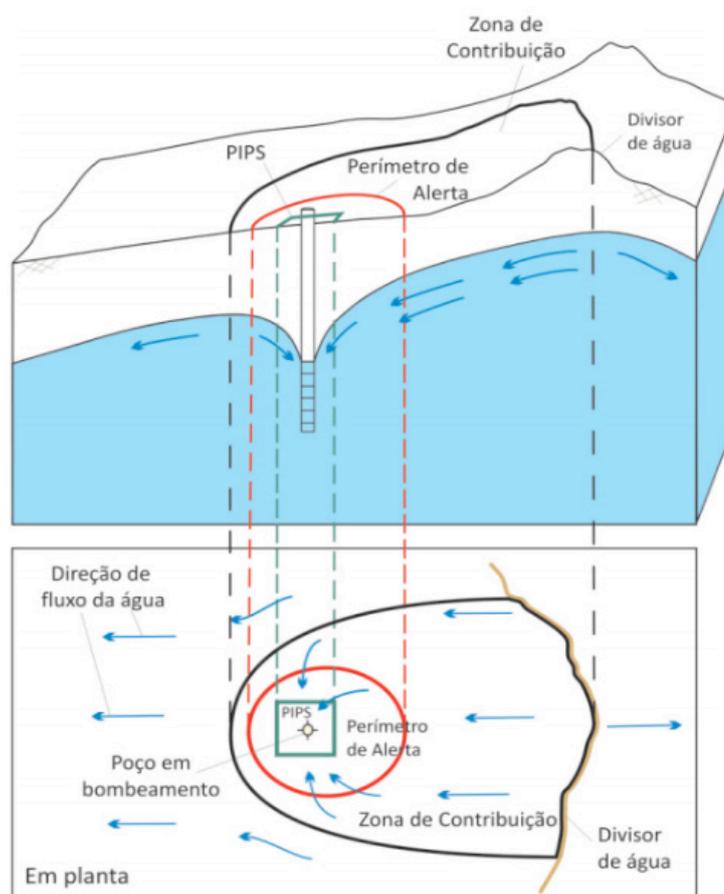


Figura 2. Delimitação do perímetro de proteção de poço utilizando o método de Wyssling (Retirado de Iritani e Ezaki, 2010)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da legislação do Estado de São Paulo destaca-se o Decreto nº 32.995 de 7 de fevereiro de 1991 (SÃO PAULO, 1991) que legisla acerca da manutenção e proteção da qualidade ambiental das águas subterrâneas. O decreto nº 32.995 reconheceu a importância e a necessidade de cuidado com as águas subterrâneas (art. 3º e também

todo cap. II) e embasada nisso instaurou um perímetro de proteção de poço em seu artigo 20º, item III, onde estipulou o perímetro de proteção como uma das “áreas de proteção de poços e outras captações” (SÃO PAULO, 1991). Também estabeleceu uma área de Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (com raio de 10 metros a partir do ponto de captação, devendo ser cercado e protegido com telas e interior resguardado da entrada ou penetração de poluentes) e um Perímetro de Alerta (área de proteção com tempo de transição de 50 dias destinada ao controle máximo das fontes poluidoras).

A tabela 1 apresenta os perímetros obtidos pelos dois métodos e a vazão de exploração utilizada para cada aquífero estudado. Vale notar que essas vazões são valores médios em relação à capacidade de exploração do aquífero, constituindo-se em cenários de simulação de poços de alta captação em relação a capacidade.

Aquífero	Vazão Média (m³/h)	RFC (m)	Wyssling (m)	
			A montante	A jusante
Cristalino	40	39.1	45.5	33.5
Furnas	25	28.2	35.1	22.6
Guarani (aflorado)	50	29.1	33.6	25.3
Guarani (confinado)	150	50.5	54.8	46.5
Bauru	50	36.4	43.2	30.7
Serra Geral	60	43.7	54.1	35.3
Taubaté	70	32.1	38.4	26.8
São Paulo	45	41.5	49.6	34.6
Litorâneo	15	30.9	32.5	29.4
Tubarão	40	20.9	40.7	10.7

Tabela 1. Perímetros definidos para cada aquífero, em valores médios

É notável como os raios delimitados pelos dois métodos excedem o perímetro genérico prevista na lei estadual, mostrando-se insuficiente para assegurar a qualidade ambiental do poço.

Pode-se destacar que o perímetro genérico de 10 metros não satisfaz em sua grande maioria a necessidade de proteção dos poços. A maioria dos poços analisados excedeu o máximo estipulado por lei em ambos os métodos, indicando que ao se considerar as particularidades hidrogeológicas dos poços, o perímetro genérico mostrou-se incapaz de abarcar o risco de contaminação e perda de qualidade ambiental.

Para análises mais profundas sobre a determinação de perímetros de proteção

para poços de captação de água é necessária a realização de estudos locais com maior resolução espaço-temporal, uma vez que a heterogeneidade geológica é multiescalar e deve ser caracterizada para determinar o risco exploratório de determinada locação de poço tubular profundo, assim como projetar cenários distintos para cada tipo de contaminante, pois, por exemplo, quando há compostos parcialmente miscíveis e mais pesados que a água, a tendência de fluxo em meio subterrâneo é ser controlada predominantemente pela estrutura do solo e das rochas. Desta forma, até mesmo para um raio arbitrário, é necessário hierarquizar as fontes de contaminação.

4 | CONCLUSÕES

Os métodos estudados geraram perímetros de proteção pequenos, já que as vazões médias captadas analisadas eram baixas. Seriam de fácil cumprimento se fossem exigidas em um plano de gestão de águas subterrâneas. Esses resultados podem ser adequados ao conceito de Perímetro de Alerta definido pelo Decreto Estadual nº 32.955/1991 (SÃO PAULO, 1991), sendo necessário analisar a necessidade particular de proteção de cada poço de acordo com suas particularidades hidrogeológicas.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, M. P.; WOESSNER, W. W. **Applied groundwater modeling. Simulation of flow and advective transport.** San Diego: Academic Press, 1992. 381 p.
- BEGHELLI, F., CARVALHO, M.E.K., PECHE FILHO, A., MACHADO, F.H. Uso do índice de estado trófico e análise rápida da comunidade de macroinvertebrados como indicadores da qualidade ambiental das águas na Bacia do Rio Jundiá-Mirim – SP – BR. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 19, n. 1, pp. 13-22, 2015.
- CARVALHO, A. M.; HIRATA, R. Avaliação de métodos para a proteção dos poços de abastecimento público do Estado de São Paulo. **Geologia USP, Série científica**, v. 12, n. 1, p. 5-70, 2012.
- COELHO, S. C., DUARTE, A. N, AMARAL, L. S., DOS SANTOS, P. M., SALLES, M. J., DOS SANTOS, J. A. A., SOTERO-MARTINS, A. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, vol. 12, n.1, pp. 156-167, 2017.
- FOSTER, S.; HIRATA, R; ANDREO, B. The aquifer pollution vulnerability concept: aid or impediment in promoting groundwater protection? **Hydrogeology Journal**, p. 737-750, 2013.
- FREIRE, P.A.C., TRANNIN, I.C.B., SIMÕES, S. J. C. Bombeamento e tratamento da fase livre em Aquífero Litorâneo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 19, n.4, 2014..
- IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **Roteiro Orientativo para Delimitação de Área de Proteção de Poço. Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos.** São Paulo, Instituto Geológico, n. 2, 2010. 60p.
- LI, Z., CHEN, X., LIU, W., SI, B. Determination of groundwater recharge mechanism in the deep loessial unsaturated zone by environmental tracers. **Science of The Total Environment**, vol. 586, pp. 827-835, 2017.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual nº 32.955, de 07 de fevereiro de 1991. Regulamenta a Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988.** São Paulo, 1991.

TUBAU, I., VÁZQUEZ-SUÑÉ, E., CARRERA, J., VALHONDO, C., CRIOLLO, R. Quantification of groundwater recharge in urban environments. **Science of The Total Environment**, vol. 586, pp. 827-835, 2017.

USEPA – U.S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. **Ground water and wellhead protection.** Handbook. Washington: USEPA, Office of Research and Development, 1994.

DEVELOPMENT OF PROCEDURES FOR CALIBRATION OF METEOROLOGICAL SENSORS. CASE STUDY: CALIBRATION OF A TIPPING-BUCKET RAIN GAUGE AND DATA-LOGGER SET

Márcio Antônio Aparecido Santana

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Laboratório de Instrumentação Meteorológica, Metrologia Ambiental
Cachoeira Paulista – SP - Brasil

Patrícia Lúcia de Oliveira Guimarães

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Laboratório de Instrumentação Meteorológica, Metrologia Ambiental
Cachoeira Paulista – SP - Brasil

Luca Giovanni Lanza

Università degli Studi di Genova - UNIGE, Dipartimento di Ingegneria civile, chimica e ambientale. WMO/CIMO Lead Centre “B. Castelli” on Precipitation Intensity.
Genova, Italy

ABSTRACT: The tipping-bucket rain gauge is often calibrated as a stand-alone instrument. However, the measurement accuracy depends on the associated data-logger as well, especially in case the rainfall intensity is derived from the measurement. This paper reports the calibration of a set comprising the tipping-bucket rain gauge assembly and the associated data-logger. The case study of a specific commercial rain gauge is presented. We conclude that the response time of the data-logger directly affects the

measurement of rainfall intensity and that the greatest contribution to the uncertainty budget may arise from the accuracy of the clock of the data-logger.

KEYWORDS: meteorological instrumentation, rain gauge, calibration, rain intensity, data-logger.

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS PARA CALIBRAÇÃO DE SENSORES METEOROLÓGICOS. ESTUDO DE CASO: CALIBRAÇÃO DO CONJUNTO PLUVIÔMETRO DE BÂSCULA E SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

RESUMO: O pluviômetro basculante é frequentemente calibrado como um instrumento autônomo. No entanto, a precisão da medição também depende do registrador de dados (data-logger) associado, especialmente no caso que a intensidade da chuva é uma derivada da medição. Este artigo relata a calibração de um conjunto que compreende o conjunto de pluviômetro de balança com o registrador de dados associado. O estudo de caso de um pluviômetro comercial específico é apresentado neste trabalho. Concluímos que o tempo de resposta do data-logger afeta diretamente a medida da intensidade da chuva e que a maior contribuição na análise das incertezas pode surgir da precisão do relógio do data logger.

PALAVRAS-CHAVE: instrumentação meteorológica, pluviômetro, calibração, intensidade de chuva, data-logger.

1 | INTRODUCTION

Precipitation measurements are very important to the Environmental Sciences. A huge range of applications around the world bases on the observation and investigation of typically measured characteristics of precipitation such as the rainfall amount, intensity and duration, besides the frequency of intense rainfall events [Westra et al., 2014; Kidd & Joe, 2007].

There are instruments that simply inform the status of the rain in that moment, i.e. whether it rains or not, as well as there are those that show the distribution of precipitated drop sizes. The most commonly employed instrument for the measurement of rain amount and intensity is the tipping-bucket rain gauge (TBRG). The TBRG is a device that can send a pulse as an output signal to each nominal amount of rainfall collected in a pivoting two-compartment bucket [Liu et al., 2011; Petracca, 2011].

Most automatic rain gauges measure a small amount of rainfall over a relatively short time interval, usually less than one minute. Users of rainfall measurements typically require information of accumulated rainfall for longer time intervals, e.g. the hourly, daily, monthly, and even annual total rain depth [Petracca, 2011; Sene, 2015]. Other very important information is the rainfall intensity that is obtained indirectly using a rain gauge and a data acquisition and processing system.

Using a data acquisition system or a data-logger it is possible to record the instant when the various pulses occur, and thus calculate the rainfall intensity (RI). Usually, the mechanical device of a tipping-bucket rain gauge is calibrated as a stand-alone instrument. This paper shows the calibration procedure of an instrumentation set comprising a commercial tipping-bucket rain gauge and the associated data-logger, thus making it possible to calculate the uncertainty of the RI measurement.

2 | METHOD

Figure 1 shows a classical TBRG. In general, a TBRG opens or closes a contact through a reed-switch sensor, or similar, to each determined volume of precipitated rain, generating a pulse if electrically powered [Santana et al., 2015]. In order to calculate the accumulated rainfall or rainfall intensity, it is necessary to record the pulses and the instants when they occur in a data acquisition system for suitable processing [Stagnaro et al., 2016].

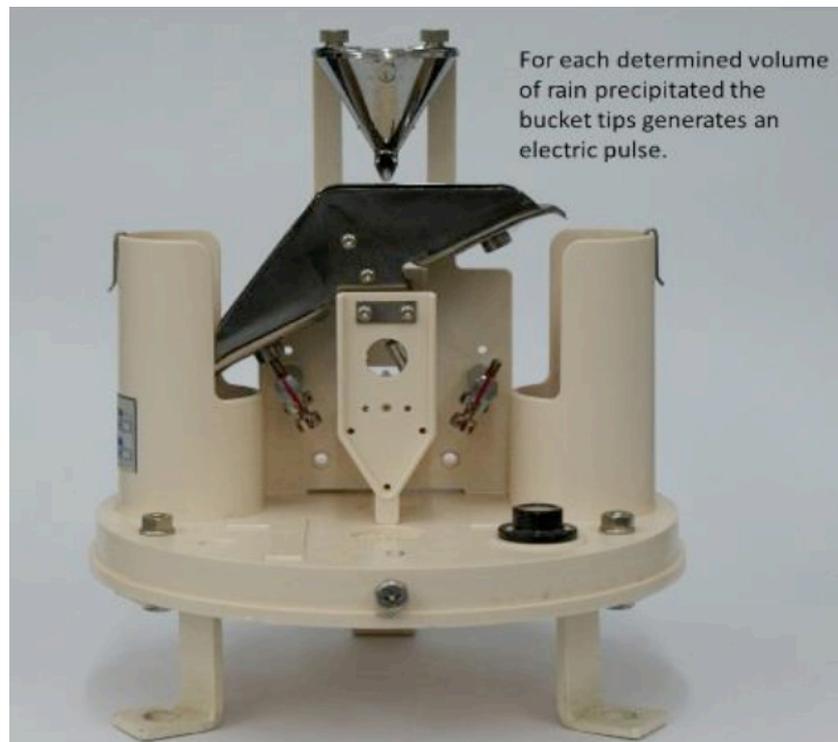


Figure 1 - The TBRG and its measuring principle

Figure 2 shows the set under investigation here, comprising a commercial TBRG, model HD2013, manufactured by Delta Ohm and a commercial data-logger, model CR1000, manufactured by Campbell Scientific as used in a weather station. In the case of TBRGs, at each pulse, the data-logger records the tip and time stamp, i.e. the date and time that pulse occurred. A weather station can also use further sensors to measure other relevant variables. In the case of a rainfall station, the recorded data can be later transmitted using different devices and means of communication. The measured data consist of time stamps of the time of tipping. Depending on the data-logger, it is possible to correct the data and calculate the *RI*, before the transmission.

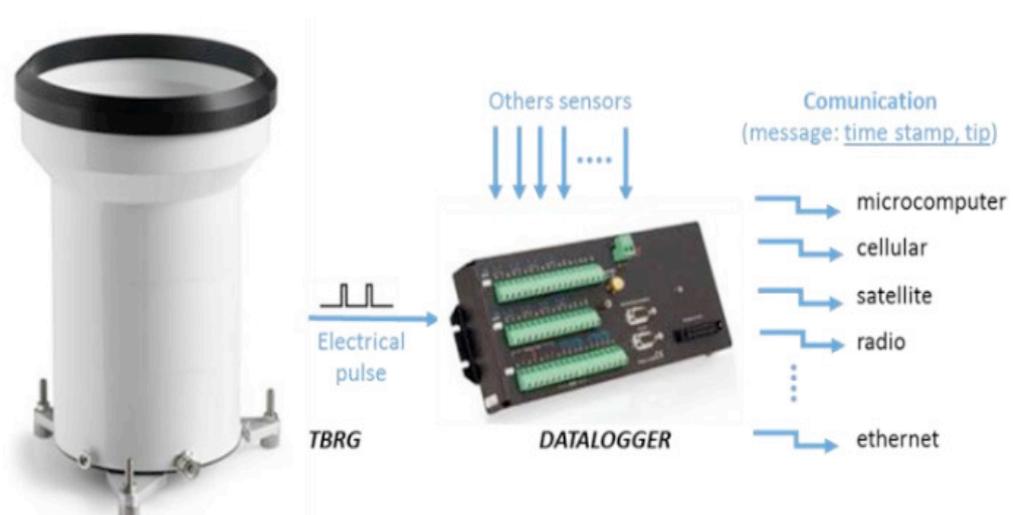


Figure 2 - Schematics of a weather station with rainfall record.

The calibration of a TBRG can be performed by the volumetric (input) or gravimetric (output) methods shown in figure 3 [Santana et al., 2016] and an example of the calibration results is reported in tables 1 and 2. Briefly, the calibration procedure by the input method relies on the indirect comparison to working standards using a peristaltic pump and a data acquisition system, while in the output method the calibration procedure is based on the indirect comparison to the working standards, using a balance and a data acquisition system. A series of fifteen measures are carried out in the verification of the catchment area (here nominally equal to 400 cm²) and five measurements for each calibration point, and the mean values are reported. The expanded uncertainty of measurement (calibration uncertainty) reported equals the combined standard uncertainty multiplied by the coverage factor “k” for a confidence level of 95,45%, and was determined according to EURAMET cg-19 - Guidelines on the determination of uncertainty in gravimetric volume calibration [EURAMET, 2011] and EA-4/02 [European Co-operation for Accreditation, 1999] and ISO / GUM - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement [JCGM, 2008].

Table 1 shows the results of the calibration for a given RI using 100 tips (for RI around 15 mm.h⁻¹) and table 2 shows the RI for a given number of tips, for example 50 tips. The calibration certificate also reported the environmental conditions (air temperature, t_{air} , water temperature, t_{water} , air relative humidity, H_R and atmospheric pressure, P), the diameter d of area of the collector and the measured mean resolution. The measured quantity Q_M is expressed by equation (1), where W_M is the measured mass of water, δ_{water} is the density of water and δ_{air} is the density of air.

$$Q_M = \frac{W_M \cdot [\delta_{water}(t_{water}) - \delta_{air}(t_{air}, P, H_R)]^{-1}}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (1)$$



Figure 3 - Calibration methods for a TBRG.

The correction C is given by (2), where Q_N is the nominal quantity.

$$C = \frac{[Q_N - Q_M] \cdot 100}{Q_M} [\%] \quad (2)$$

Number of tips	Nominal Quantity	Measured Quantity	Correction C	Expanded Uncertainty	Coverage factor k
	Q_N [mm]	Q_M [mm]		U [%]	
1	0,20	0,19	5,3	± 4,0	2,00
2	0,40	0,39	2,6	± 2,2	2,03
5	1,00	0,99	1,0	± 1,5	2,23
10	2,00	2,00	0	± 0,41	2,02
20	4,00	4,00	0	± 1,0	2,52
50	10,00	9,96	0,40	± 0,85	2,65
100	20,00	20,01	-0,01	± 0,21	2,52

Table 1. Calibration of quantity for $RI = 12,6$ to $13,6$ mm/h (example)

In this paper, the calibration of the TBRG in conjunction with the data-logger (figure 4B) was performed based on the calibration of the TBRG itself (figure 4(a)). Figure 4(b) shows the RG calibration system obtaining the output signal of TBRG (pulse) and data from the data-logger (tip and timestamp). The RG calibration system consists of a rain simulator, a device for measuring the volume of simulated rainfall and a data acquisition system (data-logger) as well as meters for air temperature, water temperature, air relative humidity, atmospheric pressure and the diameter of the collector. The calibration certificate of the set TBRG/data-logger must also present the results and uncertainties for the rainfall intensity RI , including the corrections to be applied, in compliance with the recommendations of the World Meteorological Organization (WMO) [WMO, 2014].

Calculated RI [mm/h]	Nominal Quantity Q_N [mm]	Measured Quantity Q_M [mm]	Correction [%]	Expanded Uncertainty U [%]	Coverage factor k
26	10,00	9,94	0,60	± 1,1	2,65
52		10,05	-0,50	± 0,72	2,65
72		9,97	0,30	± 0,60	2,52
90		10,04	-0,40	± 0,11	2,13
120		10,04	-0,40	± 0,35	2,52

Measured resolution (average) = 0,20 [mm].

Table 2. Calibration of RI versus 50 tips (example)

3 | RESULTS

For the calibration of the set comprising the TBRG and the data-logger, the Q_M and RI are estimated with their respective uncertainties. The average RI in mm/h is expressed by (3), where Q is the quantity measured in millimeters and t is the time interval, in seconds.

$$RI = Q \cdot t^{-1} \cdot 3600 \quad (3)$$

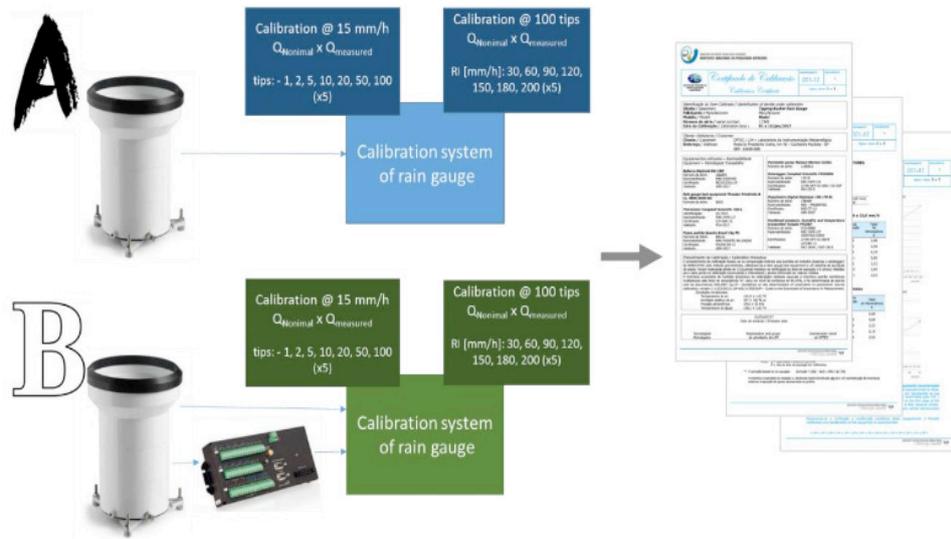


Figure 4 - Setups of calibration: (a) TBRG; (b) TBRG + Data-logger.

In equation (4), n is the number of tips and t_n is the time interval between tips.

$$t = \sum t_n \cdot n^{-1} \quad (4)$$

For the measured quantity Q used in (5), the uncertainty contributions depend on the method used (volumetric or gravimetric) [Santana et al., 2016].

$$RI = \frac{Q}{t} + \delta_{RI_{REP}} \quad (5)$$

For the estimation of the measurement uncertainty of RI , the data-logger used as a standard in the calibration system of the rain gauge must have been calibrated in time and frequency in the pulse channel used for the TBRG signal input under calibration. Indeed, physical and electrical factors affecting the crystal oscillator frequency may influence the stability and accuracy of the data-logger [Zhou et al., 2008].

The measurement uncertainty of RI is obtained through equation (6), where u_{x1} is

the uncertainty of Q , u_{x2} is relative to the calibration certificate of frequency of the data-logger, u_{x3} is due to the specifications of the clock accuracy of the data-logger and u_{x4} is due to the repeatability of the t_n measurements. Equation (7) expresses the relative uncertainty of RI .

$$u(RI) = \left[\sum_{i=1}^4 \left(\frac{\partial RI}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \right]^{1/2} \quad (6)$$

$$u(RI)(\%) = \sqrt{\sum_{i=1}^j u_R(x_i)^2} \quad (7)$$

Tables 3 and 4 show the results of calibration (example) where Q_N is the nominal quantity of rain, RI_N is the nominal rain intensity, Q_M is the measured quantity of rainfall, RI_M is the measured rain intensity, C_{QM} and C_{RI} are the corrections, U_{QM} and U_{RI} are the expanded uncertainties and k is the coverage factor for a probability of coverage of approximately 95,45%.

RI_N [mm/h]	Q_N [mm]	TBRG				TBRG with data-logger			
		Q_M [mm]	C_{QM} [%]	U_{QM} [%]	k	RI_M [mm/h]	C_{RI} [%]	U_{RI} [%]	k
13,00	0,20	0,19	5,3	± 4,0	2,00	12,99	0,08	± 4,7	2,00
	0,40	0,39	2,6	± 2,2	2,03			± 3,3	2,00
	1,00	0,99	1,0	± 1,5	2,23			± 2,8	2,00
	2,00	2,00	0	± 0,41	2,02			± 2,5	2,00
	4,00	4,00	0	± 1,0	2,52			± 2,6	2,00
	10,00	9,96	0,40	± 0,85	2,65			± 2,5	2,00
	20,00	20,01	-0,01	± 0,21	2,52			± 2,5	2,00

Table 3 - Calibration of quantity for $RIN \approx 13,00 \text{ mm.h}^{-1}$ (example)

Q_N [mm]	RI_N [mm/h]	TBRG				TBRG with data-logger			
		Q_M [mm]	C_{QM} [%]	U_{QM} [%]	k	RI_M [mm/h]	C_{RI} [%]	U_{RI} [%]	k
10,00	25,90	9,94	0,60	± 1,1	2,65	25,75	0,58	± 3,6	2,00
	51,43	10,05	-0,50	± 0,72	2,65	51,67	-0,46	± 0,79	2,00
	72,00	9,97	0,30	± 0,60	2,52	71,81	0,26	± 0,66	2,00
	90,00	10,04	-0,40	± 0,11	2,13	90,34	-0,38	± 0,59	2,00
	120,00	10,04	-0,40	± 0,35	2,52	120,49	-0,41	± 0,82	2,00

Table 4 - Calibration of RI versus 50 tips (example)

Measured resolution (average) = 0,20 [mm]

4 | CONCLUSION

The TBRG and data-logger can be calibrated together or separately. When calibration is separately performed, the TBRG should be calibrated in a pluviometry laboratory and the data-logger in a laboratory in the quantity called time and frequency. In the case of set calibration, the calibration must be performed in a pluviometry laboratory, where the rainfall measurand must be simulated and the results for the rainwater amount and the interval of time between tips are indirectly compared to the working standards with metrological traceability evidenced to the SI.

Based on the presented case study, we conclude that the response time of the data-logger directly affects the measurement of rainfall intensity and the greatest contribution of uncertainty may be due to the accuracy of the internal clock of the data-logger. The results showed that the expanded uncertainties for the rainfall intensity R_I are increased from 0,06 to 2,5 % on the expanded uncertainties of amount of rain Q .

This work is the basis for the development of calibration procedures for TBRG and data-logger sets to obtain the amount of rainfall, the calculation of the rainfall intensity and the estimation of its uncertainties and to comply with WMO recommendations.

REFERENCES

EURAMET. 2011. **Guidelines on the Determination of Uncertainty in Gravimetric Volume Calibration**. EURAMET cg-19, Version 2.0 (03/2011). Calibration Guide. EURAMET e.V.: Braunschweig, Germany.

European Co-operation for Accreditation (EA). **EA-4/02 – Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration**. 1999. 79 p. Disponível em: www.european-accreditation.org/n1/doc/ea-4-02.pdf.

JCGM. 2008. **Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)**. BIPM, JCGM 100:2008.

Kidd C and Joe P. **Importance, identification and measurement of light precipitation at mid- to high-latitudes**. Proc. Joint EUMETSAT Meteorological Satellite Conf. and 15th Satellite Meteorology and Oceanography Conf., Amsterdam, Netherlands, EUMETSAT and Amer. Meteor. Soc., 6 pp, 2007.

Liu X C, Gao T C, and Liu L. **A comparison of rainfall measurements from multiple instruments**, *Atmos. Meas. Tech.*, **6**, 1585–1595, 2013.

Petracca M. **Evaluation on accuracy of precipitation data**. EUMETSAT H-SAF Visiting Scientist Report, 2011.

Santana M A A, Guimarães P L O and Lanza L G. **Uncertainty contributions in the calibration of rain gauges**. MMC 2016, Metrology for Meteorology and Climate conference. Madrid, Spain, 2016.
Santana M A A, Guimarães P L O and Lanza L G; Vuerich E. **Metrological analysis of a gravimetric calibration system for tipping-bucket rain gauges**. *Meteorological Applications (Print)*, v. **22**, p. 879-885, 2015.

Sene K. 2013. **Precipitation Measurement**. In: Flash Floods. Springer, Dordrecht.

Stagnaro M, Colli M, Giovanni L L, and Chan P W. **Performance of post-processing algorithms for**

rainfall intensity using measurements from tipping-bucket rain gauges. *Atmos. Meas. Tech.*, **9**, 5699–5706, 2016.

Westra S, Fowler H J, Evans J P, Alexander L V, Berg P, Johnson F, Kendon E J, Lenderink G, and Roberts N M. **Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall,** *Rev. Geophysics*, **52**, 522–555, 2014.

WMO, “**Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**”, Provisional 2014 Edition, 2014.

Zhou H, Nicholls C, Kunz T and Schwartz H. **Frequency accuracy & stability dependencies of crystal oscillators.** Carleton University, Ottawa, Ont., Canada. Carleton University, *Systems and Computer Engineering*, Technical Report SCE-08-12, November 2008.

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE E SAÚDE AMBIENTAL DO MERCADO DO PEIXE, SÃO LUÍS - MARANHÃO

Marcelo Vieira Sodré Barbosa

Faculdade Pitágoras, São Luís - Maranhão

Ana Carolina Lopes Ozorio

Faculdade Pitágoras, São Luís - Maranhão

Itapotiara Vilas Bôas

Faculdade Pitágoras, São Luís - Maranhão

RESUMO: Este trabalho avalia as condições da qualidade ambiental na área em que se localiza o Mercado do Peixe no município de São Luís, Maranhão. As ações antrópicas também são analisadas e estão diretamente ligadas à garantia da qualidade dos serviços prestados aos seus usuários, bem como a saúde dos feirantes, dos frequentadores, e do local. O mercado possui relevância histórica e social, uma vez que se encontra próximo a áreas tombadas, como a Praia Grande, bairro do Desterro e Portinho. Além desse aspecto, há a prestação de serviço, por atender a várias décadas, as comunidades dos bairros próximos, adjacentes e até distantes. A prestação de serviço no mercado e o próprio local - compra e venda de pescados e mariscos - podem ser afetadas, a partir do lançamento de efluentes in natura no entorno, disposição inadequada de resíduos sólidos e orgânicos, ausência de EPI's no desenvolvimento das atividades, entre outros. Ressalta-se ainda a relevância deste estudo, uma vez que, aos fundos do mercado

há uma considerável extensão do ecossistema manguezal que serve como depósito de resíduos sólidos e orgânicos (escamas, partes de peixes, sobras de vendas, mariscos, entre outros), sem contar a presença constante de urubus e do odor exalado pelo estado de decomposição dos restos de peixes e mariscos, dispostos inadequadamente naquele local.

PALAVRAS-CHAVE: Saúde; Qualidade Ambiental; Meio Ambiente

ABSTRACT: This work evaluates the conditions of environmental quality in the area where the Mercado do Peixe is located in the municipality of São Luiz, Maranhão. The anthropic actions are also analyzed and are directly linked to the guarantee of the quality of the services provided to its users, as well as the health of the marketers, visitors, and the local. The market has historical and social relevance, since it is close to areas such as Praia Grande, neighborhood of Desterro and Portinho. Beyond this aspect, there is the service, to serve several decades, the communities of the neighborhoods nearby, adjacent and even distant. The provision of service in the market and the site itself - buying and selling fish and shellfish - may be affected by the release of fresh effluents into the environment, inadequate disposal of solid and organic waste, absence of PPE in the development of activities, among

others. The relevance of this study is highlighted, since at the bottom of the market there is a considerable extension of the mangrove ecosystem that serves as a deposit of solid and organic residues (scales, fish parts, leftovers, shellfish, among others), not to mention the constant presence of buzzards and the odor exhaled by the state of decomposition of fish and seafood remains, inadequately disposed in that place.

KEYWORDS: Cheers; Environmental Quality; Environment

1 | INTRODUÇÃO

Inaugurado no dia 5 de agosto de 1995, em São Luís - MA, o Mercado do Peixe promove a comercialização de vários tipos de peixes, mariscos distribuídos também a todas as feiras locais sendo considerado um dos maiores mercados de venda de pescados da cidade, além de ser um grande atrativo turístico por apresentar variedade de peixes em conjunto com a gastronomia local, localizado a margem nordeste do Rio Bacanga. Mediante esse fluxo intenso de pessoas e serviços podem ser observados ao longo dos anos no local a ocorrência de alterações que estão modificando a paisagem e comprometendo o ecossistema manguezal e interferindo na qualidade e função ecossistêmica do Rio Bacanga.

Os impactos provocados têm modificado a dinâmica sócio espacial na área de manguezal e o desenvolvimento de atividades econômicas que ocasionam impactos ambientais e sociais significativos. Nesse cenário ocorrem graves problemas de associados à infraestrutura urbana, como ocupação desordenada do solo, degradação de área de manguezal, falta de saneamento básico, poluição e contaminação das margens da foz do rio Bacanga. Apesar da forte prática para o Turismo o mesmo não está oferecendo meios para o desenvolvimento de tais atividades, resíduos sólidos e orgânicos podem ser encontrados no entorno do Mercado do Peixe.

Desse modo, os impactos ambientais aqui abordados devem ser compreendidos como um processo, que expressam as características de um ambiente que está sendo degradado em um local de área urbana e comercial. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições da qualidade ambiental na área em que se localiza o Mercado do Peixe e o seu entorno denominado Postinho.

2 | METODOLOGIA

O Mercado do Peixe (Figura 1) está localizado em São Luís, com as seguintes coordenadas geográficas: 2°32'11.0" S (latitude) e 44°18'16.9" W (longitude); localizando-se a margem nordeste do Rio Bacanga.



Figura 1: Localização do Mercado do Peixe de São Luís.

Fonte: Autor, 2018.

Trata-se de uma pesquisa do tipo descritiva que Segundo Andrade (2006), os fatos são descritos, observados, registrados e analisados sem a interferência do pesquisador, foram realizadas observações in loco, registros fotograficos e abordagem dos frequentadores do local acerca dos aspectos e impactos ambientais. Considerando-se o objetivo deste trabalho, foi utilizada uma abordagem qualitativa para identificar os impactos ambientais negativos levando em consideração o conhecimento da realidade ambiental.

Essa etapa, de natureza exploratória e qualitativa, foi conduzida com o propósito de gerar os indicadores ou atributos de satisfação, que fornecerão de base para a elaboração trabalho.

3 | RESULTADOS E DISCURSSÃO

É notável a falta de infraestrutura adequada para o desenvolvimento das atividades desenvolvidas no mercado, isso por que a área sofreu uma expansão irregular (Figura 2), crescimento justificado pela necessidade de se atender um público maior, no entanto, essa área denominada de Portinho, cresceu de forma inadequada sem nenhum tipo de planejamento tornando-se ocupações irregulares e impróprias no ponto de vista ambiental e sanitário.



Figura 2: Área expandida ao fundo do Mercado do Peixe.

Fonte: Autor, 2018.

Através de diálogos no local para coleta da opinião dos trabalhadores e frequentadores sobre o mercado, constatou-se uma grande indignação por conta do mau cheiro que segundo relatos piora no período de chuvas, a ausência de limpeza pública que não é constante, gerando sentimento de abandono pelo poder público onde deveria haver uma valorização histórico-social. Notou-se a dispersão de resíduos sólidos orgânicos que têm decomposição rápida, o que gera mau cheiro e o material líquido conhecido como chorume além dos materiais inorgânicos (Figura 3), que são depositados pelos próprios usuários no entorno do Mercado do Peixe o que atraem urubus que funcionam como um bioindicador.



Figura 3: Resíduos espalhados irregularmente.

Fonte: Autor, 2018.

No período chuvoso, todos os rejeitos dispostos inadequadamente por toda a área acabam sendo carregados para o rio Bacanga, este que se encontra às margens do empreendimento e serve de canal para entrada e saída de embarcações com o pescado e mariscos. Também há presença que tubulações que destinam esgoto *in*

natura para o corpo hídrico o que agrava a poluição do mesmo (figura 4).



Figura 4: Pontos de lançamento de esgoto in natura.

Fonte: Autor, 2018.

O Código Florestal Brasileiro (2012) classifica o manguezal como área de proteção permanente, mas no local encontram-se resquícios de supressão da vegetação original. Seu zoneamento ser previsto para usos e atividades com prioridade para conservação e preservação de acordo com o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (1988), no entanto não é perceptível a ocorrência nas atividades usuárias, o que empobrece o valor patrimonial socioambiental do território, ressaltando que o Maranhão apresenta a maior área de manguezal do Brasil, cerca de 490.129 hectares, no qual o Mercado do peixe está inserido.

Na área é possível observar a presença de animais e insetos que são atraídos por conta de resíduos que ali mesmo são gerados e posteriormente dispostos de maneira irregular. Referente ao ecossistema manguezal, área no qual o empreendimento está inserido, o meio está fragilizado por conta da recorrente deposição de resíduos sólidos, supressão da vegetação e lançamento de efluente in natura. No local há a existência de vetores como urubus, ratos, mosquitos e baratas (Figura 5) que acabam favorecendo a disseminação de doenças associadas ao lixo como cisticercose, cólera, disenteria, febre tifoide, filariose, giardíase, leishmaniose, leptospirose, peste bubônica, salmonelose, toxoplasmose, tracoma, triquinose, hanseníase, dengue, zika, chikungunya, alergias, problemas dermatológicos, etc.



Figura 5: Presença de vetores de doenças associadas ao lixo.

Fonte: Autor, 2018.

A problemática encontrada no local abordado compreende as esferas social, ambiental e sanitária visto que as ações e decisões do poder público nesta região não se enquadram nestes pilares, prejudicando a qualidade socioambiental afetando a população como um todo, no que está relacionado à qualidade de vida e economia, pois, com as condições insalubres observadas há a perda de público consumidor e quando a questão ambiental há a poluição iminente por conta do mau gerenciamento dos resíduos aliado a poluição do recurso hídrico pela falta de gerenciamento de efluentes.

4 | CONCLUSÃO

A inexistência de planejamento e saneamento básico são os principais pontos negativos do Mercado do Peixe, afetando nas questões ambientais em torno do local, e com isso a demanda de consumidores e frequentadores só tende a diminuir, afetando os aspectos sócioeconômicos e ambientais do local.

É notório a falta de higienização no local e o não treinamento dos feirantes acerca da manipulação e descarte final dos resíduos gerados pelo manuseio dos pescados e os outros produtos com os quais os mesmos trabalham.

São necessárias medidas para educar e conscientizar os trabalhadores do local sobre a importância do manuseio e destinação final dos resíduos de forma ambientalmente correta, como a realização de capacitação para os trabalhadores daquele local, como oficinas de manipulação de alimentos, descarte correto dos resíduos e educação ambiental para assim promover a qualidade e saúde ambiental.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. **Introdução a Metodologia de Trabalho Científico**. 7ª ed. São Paulo Atlas, 2006.

BRASIL, C. C. **LEI FEDERAL Nº 7.661, DE 16 DE MAIO DE 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/Leis/L7661.htm>. Acesso em: 27 de julho de 2018.

BRASIL, C. C. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 27 de julho de 2018.

BRUGGER, André Macedo; ASSAD, Luís Tadeu; BERGMANN, Fernando. **Complexo Pesqueiro de São Luís**. Brasília, DF, Brasil: Editora IABS – Instituto Ambiental Brasil Sustentável, coedição Editorial Abaré, 2010.

Destino do Lixo. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/lixo1.htm>>. Acesso em: 25 de julho de 2018.

Ministério do Meio Ambiente – Manguezais. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha/manguezais>>. Acesso em: 25 de julho de 2018.

O impacto do lixo na saúde e a problemática da destinação final e coleta seletiva dos resíduos sólidos. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/11669/9146>>. Acesso em: 27 de julho de 2018.

ESTUDO DA SÍNTESE SEM SOLVENTE DE ZEÓLITAS UTILIZANDO DIFERENTES LÍQUIDOS IÔNICOS COMO AGENTES DIRECIONADORES DE ESTRUTURA

Iemedelais Bordin

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim - RS

Victor de Aguiar Pedott

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim - RS

Elton Luis Hillesheim

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim - RS

Rogério Marcos Dallago

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim - RS

Marcelo Luís Mignoni

Universidade Regional Integrada – URI-Erechim
Erechim - RS

RESUMO: O objetivo do trabalho foi a síntese, sem a presença de solvente, de matrizes zeolíticas utilizando diferentes líquidos iônicos como agente direcionadores de estruturas, com diferentes relações Si/Al. Zeólitas possuem propriedades adsorventes para purificação de gases e se mostraram úteis como catalisadores no refino de petróleo. A utilização desse material na área da catálise está diretamente relacionada às suas propriedades químicas e físicas e ao seu sistema de poros que lhes proporciona diferentes tipos de seletividade. Outra finalidade é a encapsulação de metais

de transição, ou compostos organometálicos nas cavidades da zeólita. A vantagem desse método é a fácil separação da mistura reacional e então a questão ambiental é favorecida devido à reutilização do hospede retido nos poros da matriz zeolítica. Nas sínteses, são observados a influência do líquido iônico, a relação Si/Al e o tempo de retirada do material das autoclaves, onde a massa é dividida em 6 alíquotas, todas elas submetidas a 120°C em estufa, 3 em modo estático e 3 sob agitação, a retirada é feita em 24 h, 72 h e 144 h, logo após a lavagem e secagem, o material é analisado por difração de raios X, sendo possível observar que a quantidade de alumínio influi diretamente no resultado final. Ao diminuir a quantidade (em massa) da fonte de alumínio, propicia a formação de Quartzo, apresentando picos característicos do mesmo e não acontecendo uma reação esperada para a formação de estruturas hierárquicas.

PALAVRAS-CHAVE: Líquido iônico, zeólita, síntese seca.

STUDY OF SOLVENT FREE SYNTHESIS OF ZEOLITES USING DIFFERENTS KINDS OF IONIC LIQUIDS LIKE STRUCTURE DIRECTING AGENTS

ABSTRACT: The objective of the work was the synthesis, without the presence of solvents, of

zeolitic structures utilizing different kinds of ionic liquids as structure directing agents, with different Si/Al ratios. Zeolites have adsorbent properties for gas purification and show a great potential in oil refining. The utilization of this kind of material in catalysis is directly connected to its chemical and physical properties and its pore system that provides different kinds of selectivity. Another finality it is the transition metals or organometallic compounds encapsulation in the zeolite cavities, the advantage of this process is the easy separation of the reaction mixture and then, the environmental question is favored due to reutilization of the material located in the pores of the zeolite structure. The ionic liquids, Si/Al ratios and reaction time influence is observed in the synthesis. The synthesis method is to divide the reaction mass in 6 autoclaves and submit to 120°C in a greenhouse, 3 in static mode and 3 under stirring, the material is withdraw in 24h, 72h and 144h, after that, the material is washed and dried. The material is submitted to a X-ray diffraction analysis, being possible to observe that the amount of aluminum influences positively in the final result. While decreasing the amount of aluminum in the reaction it provides the formation of quartz and not occurring the formation of the hierarchal structure.

KEYWORDS: ionic liquid, solvent free synthesis, zeolites

1 | INTRODUÇÃO

Peneiras moleculares são estruturas que apresentam porosidade, onde o diâmetro é medido em Ångströms (Å) ou nanômetros (nm). Entre as peneiras moleculares, destacam-se as zeólitas, muito utilizadas também em catálise. Segundo a definição, zeólitas são aluminossilicatos cristalinos de elementos alcalinos, classificados como materiais microporosos (GRECCO, 2013). Elas possuem a finalidade de adsorventes para purificação de gases e são muito utilizadas como trocadores iônicos em detergentes. Também se mostraram extremamente úteis como catalisadores no refino de petróleo, na petroquímica, e na síntese de produtos orgânicos cujas moléculas possuem diâmetro cinético inferior a 10 Å (SHELDON, 1994). A União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) classifica as zeólitas utilizando um código de três letras baseadas na estrutura, independente da composição química. Os microporos das zeólitas são classificados de acordo com o tamanho: poros pequenos (< 4 Å), médios (4 - 6 Å), grandes (6 - 8 Å) ou supergrandes (> 8 Å). Peneiras moleculares com poros maiores que 20 Å, com paredes amorfas, são classificadas como mesoporosas (MEIER, 1992).

A utilização desse tipo de material na área da catálise está diretamente relacionada às suas propriedades físicas e químicas e ao seu sistema de poros, os quais possuem uma alta acidez e basicidade superficial, além da capacidade de troca iônica. A porosidade das zeólitas hierárquicas permite atingir alta dispersão e forte interação entre a zeólita e o meio, além de criar um espaço ideal para a deposição de fases catalíticas ativas (FELICZAK-GUZIK, 2017). As zeólitas possuem altas

áreas superficiais e capacidade de adsorção que variam num amplo espectro desde altamente hidrofóbicas à altamente hidrofílicas, além de terem aplicações em reações de importância comercial. Esse potencial vem da possibilidade de ajuste de suas propriedades catalíticas, seletividades e estabilidade através do controle da sua composição química por tratamentos químicos (MARTINS, 2006).

Atualmente, a principal rota de síntese de materiais zeolíticos é pelo método hidrotérmico, onde consiste em promover reações de precipitação acima da temperatura e pressão ambiente. Porém a rota envolve possíveis incompatibilidades entre água e organossilanos. O método de síntese livre de solventes pode impedir reações colaterais entre os organossilanos, devido a ausência de água, o solvente mais usado nas sínteses. Zeólitas hidrofóbicas mostraram maior estabilidade na água e interação seletiva com o substrato.

A primeira síntese de zeólita sem solvente bem sucedida foi relatada por Ren et al., em 2012, onde foi obtido a zeólita do tipo ZSM5. No procedimento foi macerado $\text{NaSiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (SiO_2 , 20% do peso), sílica pirogênica Aerosil®, brometo de tetrapropilamônio e NH_4Cl . A massa foi misturada por 20 minutos e após, levada a estufa a 180 °C para a cristalização do sólido. A ZSM-5 resultou em um tamanho de partícula maior do que o produto obtido pelo método hidrotérmico (REN, ET AL., 2012).

O método de encapsulação do tipo barco-na-garrafa é realizado por meio da encapsulação de metais de transição ou compostos organometálicos nas cavidades da zeólita. Ele tem sido feito preferencialmente com a zeólita Y devido à sua supercavidade de 13 Å formadas por anéis de 12 membros cujo diâmetro é 7,4 Å, porém, para muitos precursores catalíticos empregados em reações homogêneas, o espaço ainda assim é pequeno e a busca por materiais hierarquicamente estruturados que apresentam tamanhos de poros diferentes continua constante.

Para a síntese das zeólitas, foram utilizados diferentes líquidos iônicos, os quais atuaram como direcionadores de estrutura, não sendo usados solventes na síntese. Na literatura, podem ser encontrados diversos trabalhos com o uso de solventes, sendo água o mais usado. Mignoni, (MIGNONI, 2012a) descreve uma síntese utilizando fontes de Silício e de Alumínio, Hidróxido de Sódio e água para formação de zeólitas, onde foram obtidas diversas fases zeolíticas, como ZSM-5, ZSM-35, beta e a fase A. Barrer usou macromoléculas orgânicas como TPA e TBA (tetrapropilamônio e tetrabutilamônio) como direcionadores de estrutura (BRÍGIDA, ET AL., 2008). A síntese é realizada em autoclaves com aquecimento e a cristalização da fase zeolítica leva de uma a duas semanas. Uma vez conseguida a cristalização, eliminam-se as moléculas orgânicas através da calcinação.

Na literatura, pode-se encontrar um recente estudo sobre a síntese de zeólitas híbridas usando um método livre de solvente na presença de diferentes organossilanos, nos quais as zeólitas híbridas foram produzidas por moagem, homogeneização e aquecimento dos reagentes, incluindo diferentes organossilanos e tendo um resultado satisfatório com boa cristalinidade e hidrofobicidade (PETKOWICZ, 2017).

Cooper descreve a síntese de materiais análogos a zeólita, empregando brometo de etilmetilimidazol (líquido nas condições de síntese dos materiais), onde o líquido iônico atua como solvente e molde (BARBOSA, 2014), sendo dispensável o uso de solventes como a água, por exemplo. Os autores sintetizaram quatro aluminofosfatos análogos a zeólitas. Os diferentes materiais foram obtidos variando as condições de síntese. Recentemente, Xing (BASSEGODA, 2012) demonstrou que metilimidazol (MI) adicionado a C_2MIBr apresenta um efeito de codirecionador de estrutura, sendo que tanto o MI como o C_2MIBr estão direcionando o crescimento do mesmo sólido. A característica intrigante desse sólido é que o material é constituído de duas camadas distintas. Até 2009 havia somente uma publicação referente à síntese de materiais de sílica pura utilizando LIs. O material obtido é a zeólita Sodalita (BON, AT AL., 2008).

O objetivo do projeto é a formação de zeólitas sem uso de solventes, fazendo com que aconteça dessa forma uma “síntese verde”. Ao invés de tratar o efluente pode-se evitar o mesmo, ou ao menos diminuir a quantidade produzida contribuindo assim com o meio ambiente. O solvente é substituído pelo líquido iônico em sínteses a seco, pois ele é capaz de moldar a construção da estrutura, aumentar os limites de espaço dos microporos, contribuir através da ligação que são criadas, para a estabilidade do material e tornar sua cristalização termodinamicamente possível. O projeto tem potencial para aplicação na indústria petroquímica.

2 | PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

2.1 SÍNTESES DOS LÍQUIDOS IÔNICOS

Foram sintetizados dois líquidos iônicos, seguindo rotas clássicas de literatura (MIGNONI, 2012c)

2.1.1 Cloreto de 1-butil-3-metilimidazólio [C_4MI]Cl

Para a síntese do Cloreto de 1-butil-3-metilimidazólio foram utilizados 135 mL de 1-metilimidazol (139 g; 1,69 mol) e 260 mL de 1-clorobutano (228,8 g; 2,47 mol) dissolvidos em 100 mL de Acetonitrila. A representação da síntese pode ser visualizada na Figura 1.

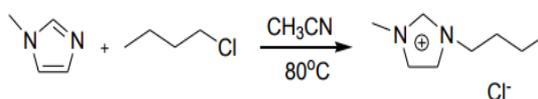


Figura 1. Representação da síntese do Cloreto de 1-butil-3-metilimidazólio.

2.1.2 Cloreto de 1-octil-3-metilimidazólio [C_8MI]Cl

O Cloreto de 1-octil-3-metilimidazólio foi sintetizado utilizando 8,5 mL de 1-metilimidazol (8,76 g; 100 mmol) e 16,9 mL de 1-cloro-octano (14,87 g; 100 mmol). A Figura 2 representa a síntese deste líquido iônico.

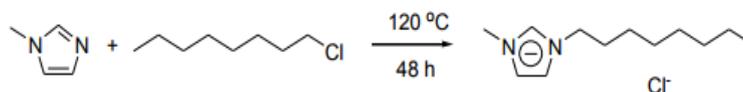


Figura 2. Representação da síntese do líquido iônico Cloreto de 1-octil-3-metilimidazólio.

Os líquidos iônicos sintetizados ficaram sob agitação magnética com aquecimento a 120°C por 48 h, sob refluxo em um balão de 500 mL. Após o término da reação, o balão foi resfriado até a temperatura ambiente. A precipitação de cada líquido iônico ocorreu adicionando lentamente 100 mL de acetato de etila, após feito isso, o balão foi levado ao freezer por 24 h para ocorrer a total precipitação do sólido/líquido iônico. Ao final do processo, o sólido iônico foi seco sob pressão reduzida até massa constante ou realizou-se a extração, com auxílio de uma pera de sucção, com acetato de etila e o líquido viscoso obtido foi seco sob pressão reduzida.

3 | SÍNTESES DAS ZEÓLITAS VIA ROTA CLÁSSICA DA LITERATURA

3.1.1 Síntese da zeólita com o Líquido Iônico [C_4MI]Cl, com diferentes relações Si/Al

Para a síntese de Si/Al = 1, foi pesado: 16,4 g de NaAlO₂ (200,073 mmol) e 12 g de SiO₂ (200,0 mmol). Na relação Si/Al = 8: 2,05 g de NaAlO₂ (25,0 mmol) e 12 g de SiO₂ (200,0 mmol) e para a relação Si/Al = 100: 0,2323 g de NaAlO₂ (2,834 mmol) e 17 g de SiO₂ (282,95 mmol).

As sínteses dos materiais zeolíticos com diferentes relações foram realizadas da seguinte maneira: i) inicialmente, com a utilização de grau e pistilo foi macerada a fonte de Alumínio, 4 g de NaOH e, após, a fonte de Silício por 15 minutos; ii) posteriormente foram acrescentados 5,23 g de líquido iônico [C_4MI]Cl na mistura; iii) a mistura ficou sob maceração por mais 20 minutos até se obter uma formação homogênea e sólida. A massa sólida foi então dividida em autoclaves numeradas de 1 a 6, sendo que na relação Si/Al = 1 se obteve uma quantidade de massa de 6,27 g por autoclave, a relação Si/Al = 8 3,88 g e a relação Si/Al = 100 4,53 g, que foram seladas e todas aquecidas a 120°C em uma estufa. As autoclaves foram divididas para coleta de alíquotas em 24 horas, 72 horas e 144 horas, sendo que três delas foram submetidas em um sistema de agitação, onde os reatores giram verticalmente (100 rpm) e as outras três, ficaram em modo estático na estufa. Após a coleta dos sólidos obtidos, os

mesmos foram lavados com água deionizada até pH 9 e secos em estufa a 90°C por 12 h. As quantidades de NaOH e do Líquido iônico utilizadas não foram alteradas para as diversas relações.

As alíquotas 1, 2 e 3 ficaram em modo estático e 4, 5 e 6 sob agitação em todas as sínteses realizadas, sendo que, na relação Si/Al = 1 em 24 h foram retiradas da estufa as alíquotas 1 e 5, em 72 h 2 e 6 e em 144 h 3 e 4. Na relação Si/Al = 8, as alíquotas 3 e 6 foram retiradas da estufa em 24 h, 2 e 4 em 72 h e 1 e 5 em 144 h. Para a relação Si/Al = 100, as alíquotas 2 e 4 foram retiradas em 24 h, 3 e 6 em 72 h e 1 e 5 em 144 h.

3.1.2 Síntese da zeólita com o Líquido iônico $[C_8MI]Cl$, com diferentes relações Si/Al

As sínteses foram feitas variando a relação Silício/Alumínio. Primeiramente foi realizada a síntese com a relação Si/Al = 1, utilizando 8,5 g de $NaAlO_2$ (103,696 mmol), como fonte de Alumínio e 6,20 g de SiO_2 (103,362 mmol) como fonte de Silício, sendo que as alíquotas 1 e 5 foram retiradas em 24 h, 2 e 4 em 72 h e finalmente, 3 e 6 em 144 h. E para a síntese Si/Al = 100 foram utilizados 0,2323 g de $NaAlO_2$ (2,834 mmol) e 17 g de SiO_2 (282,956 mmol). As alíquotas 3 e 4 foram retiradas em 24 h, 1 e 6 em 72 h e 2 e 5 em 144 h.

A rota de síntese é igual a descrita anteriormente, porém com diferentes quantidades, em gramas, da fonte de Alumínio e de Silício. Também foi alterado o Líquido iônico utilizado, que passou a ser o $[C_8MI]Cl$. A massa sólida foi então dividida em autoclaves numeradas de 1 a 6, sendo que na relação Si/Al = 1 se obteve uma quantidade de massa de 4 g por autoclave e Si/Al = 100 4,53 g por autoclave. O tempo de retirada das amostras foi mantido em 24, 72 e 144 h.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de difração de raios X

Os sólidos obtidos foram analisados por DRX (Rigaku X-ray diffractometer) e os resultados obtidos foram comparados com a literatura. Para a relação Si/Al = 1 usando líquido iônico $[C_4MI]Cl$ os resultados estão representados na Figura 3(A) onde é as amostras estavam em modo estático. A Figura 3(B) apresenta as amostras em agitação. Podem-se observar picos característicos da zeólita Sodalita, juntamente com Quartzo. A Figura 4 é referente a amostra utilizando o líquido iônico $[C_4MI]Cl$, sendo (a) a relação Si/Al = 8 e (b) Si/Al = 100. Está sendo apresentado apenas duas amostras em tempo de retirada: 144 h, pois todas as amostras retiradas das diferentes autoclaves apresentaram picos característicos de Quartzo. E na Figura 5 os difratogramas de raios X da relação Si/Al = 1 com o líquido iônico $[C_8MI]Cl$.

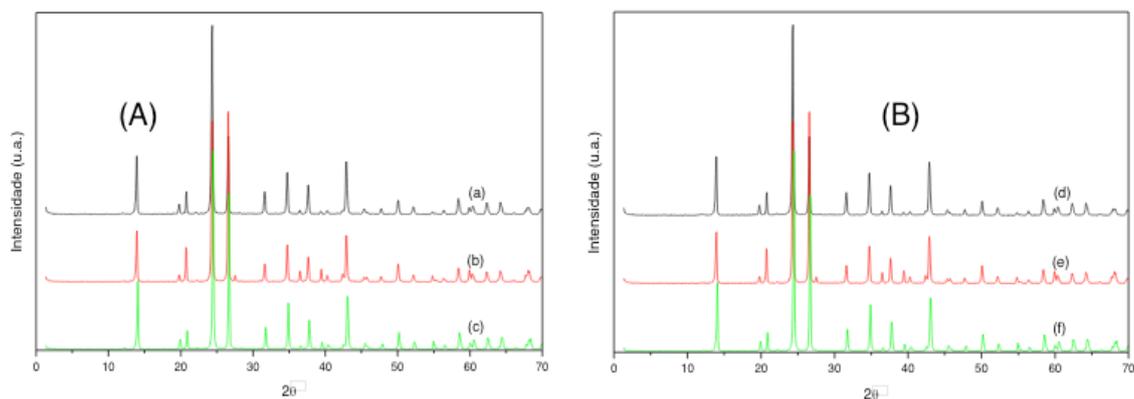


Figura 3(A). Difratoograma de raio X com diferentes tempos de síntese com o líquido iônico [C4MI]Cl em modo estático: (a) 24 h (b) 72 h (c) 144 h. Figura 3(B). Alíquotas sob agitação, sendo retiradas (d) 144 h (e) 24 h e (f) 72 h.

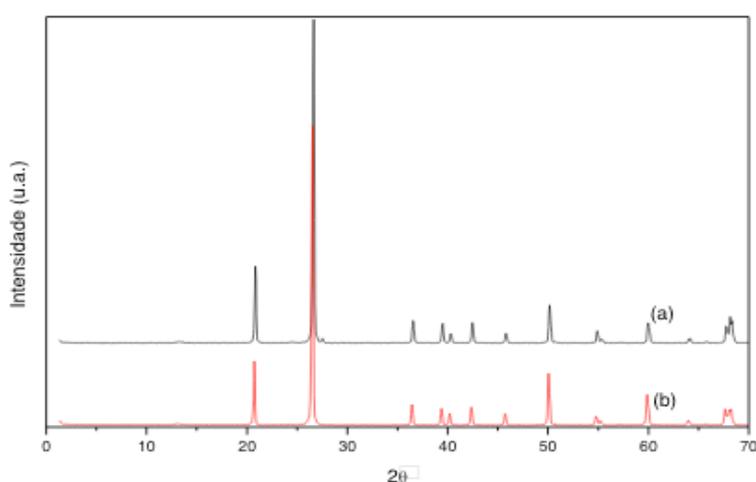


Figura 4. Difractogramas de raios X referentes a relação em (a) Si/Al = 8 e (b) Si/Al = 100 utilizando o LI [C₄MI]Cl.

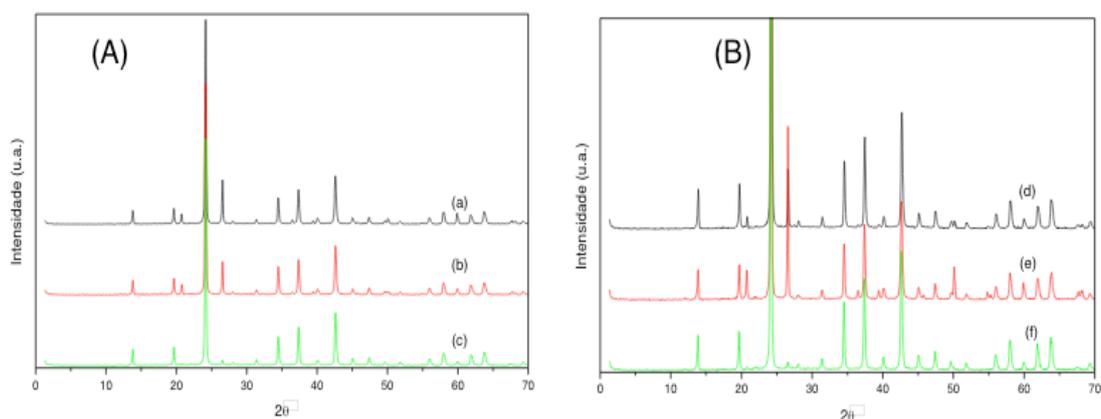


Figura 5(A). Difractogramas de raios X referentes à relação Si/Al = 1 utilizando o LI [C₈MI]Cl (a) 24 h, (b) 72 h, (c) 144 h em modo estático. 5(B) (d) 72 h, (e) 24 h, (f) 144 h, alíquotas submetidas a agitação.

A síntese com a relação Si/Al = 100 com o líquido iônico [C₈MI]Cl apresentou picos característicos de Quartzo, sendo representada na Figura 6.

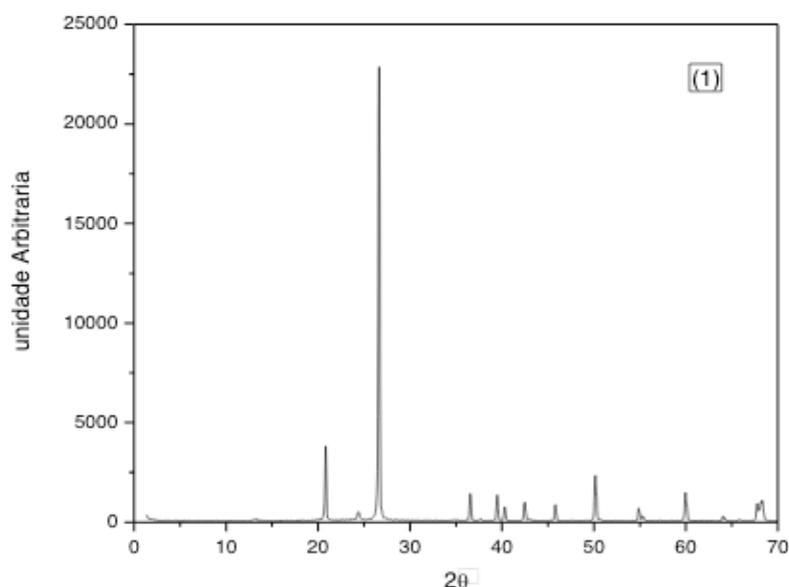


Figura 6. Difratoograma de raios X referente à síntese com LI $[C_8MI]Cl$, relação Si/Al = 100.

5 | CONCLUSÃO

Na Relação Si/Al = 1 com o Líquido iônico $[C_4MI]Cl$, assim como, na relação Si/Al = 1 com $[C_8MI]Cl$, pode ser verificado através dos difratogramas de raios X que obteve-se picos característicos da Zeólita Sodalita, juntamente com quartzo. Quando a quantidade de $NaAlO_2$ foi diminuída, na relação Si/Al = 8 e 100, obteve-se somente Quartzo. Sendo assim, pode-se observar que a relação Si/Al influi diretamente na formação do material, sendo que, ao se diminuir a quantidade de $NaAlO_2$, tem-se uma tendência maior à formação de picos característicos do Quartzo.

6 | AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPERGS, CNPq e a URI-Erechim.

7 | AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

Ao submeter o trabalho, os autores tornam-se responsáveis por todo o conteúdo da obra.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, OVEIMAR, et al. **Glutaraldehyde in bio-catalysts design: a useful crosslinker and a versatile tool in enzyme immobilization.** Rsc Advances, v. 4, n. 4, p. 1583-1600, 2014.

BASSEGODA, A.; CESARINI, S.; DIAZ, P. **Lipase improvement: goals and strategies.** Computational and Structural Biotechnology Journal, v. 2, p. 905, 2012.

BON, E. P. S.; MARIA, A.; FERRERA, M. A.; CORVO, M. L.; VERMELHO, A.B.; PAIVA, C. L. A.;

ALENCASTRO, R. B.; COELHO, R. R. R. **Enzimas em Biotecnologia: Produção, Aplicação e Mercado**. Ed Interciência, Rio de Janeiro, 2008

BRÍGIDA, A.; PINHEIRO, A.; FERREIRA GONÇALVES. **Immobilization of *Candida antarctica* lipase by adsorption to green coconut fiber**. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v.146, p. 173-187, 2008.

FELICZAK-GUZYK, A., 2017.; **Hierarchical zeolites: Synthesis and catalytic properties**. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2017.

GRECCO, S. T. F.; RANGEL, M. C; URQUIETA-GONZÁLEZ, E. A. **Zeólitas hierarquicamente estruturadas**. *Quim. Nova*, v. 36, n. 1, p. 131-142, 2013.

MARTINS, L.; CARDOSO, D.; 2006. Aplicação catalítica de peneiras moleculares básicas micro e mesoporosas. *Química Nova*, v. 29, n. 2, p. 358, 2006.

MEIER, W. M.; OLSON, D. H. **Atlas of Zeolite Structure Types**, 3a. ed., Butterworth-Heinemann, Londres, 1992.

MIGNONI, M.L. Zeólitas obtidas com líquidos iônicos como direcionadores de estrutura: síntese e reatividade. *Tese (doutorado em Química)* - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

PETKOWICZ, D. I., CANAL, S., FINGER, P. H., MIGNONI, M. L., & DOS SANTOS, J. H. Z. **Synthesis of hybrid zeolites using a solvent-free method in the presence of different organosilanes**. *Microporous and Mesoporous Materials*, 241, 98-106, 2017.

SHELDON, ROGER A.; DAKKA, JIHAD. **Heterogeneous catalytic oxidations in the manufacture of fine chemicals**. *Catalysis today*, v. 19, n. 2, p. 215-245, 1994.

L. REN, Q. WU, C. YANG, L. ZHU, C. LI, P. ZHANG, H. ZHANG, X. MENG, F. XIAO, J. AM. **Chem. Soc.** 134 15173e15176, 2012.

GEOPROCESSAMENTO PARA DELIMITAÇÃO DE APPS E ESTUDO DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL NAS MARGENS DO BEIJA-FLOR, MUNICÍPIO DE MAZAGÃO-AP

Kerlency Maria Farias Santos

Universidade do Estado do Amapá
Macapá-Amapá

Rudney Lobato Furtado

Universidade do Estado do Amapá
Macapá-Amapá

Mariano Araújo Bernadino Rocha

Universidade do Estado do Amapá
Macapá-Amapá

Olavo Bilac Quaresma de Oliveira Filho

Universidade do Estado do Amapá
Macapá-Amapá

RESUMO: O crescimento populacional e a ausência de infraestrutura urbana que atenda a demanda de forma adequada pode causar transtornos e danos ao meio ambiente, principalmente em grandes centros urbanos, mas que também mostra notoriedade em municípios com baixa densidade populacional como Mazagão Novo. Este crescimento desencadeia a construção de habitações, e em muitos casos, nas margens de rio que são Áreas de Preservação Permanente (APP) e têm importância significativa para a qualidade da água do rio e equilíbrio deste meio. O presente trabalho buscou fazer um estudo social baseado em questionários aplicados aos moradores para avaliar a percepção ambiental destes,

e utilizar ferramentas de geoprocessamento para a delimitação das APPs. Esses métodos mostraram que a localização espacial das moradias dos entrevistados na APP estava diretamente ligada a determinado tipo de resposta relacionada ao meio ambiente e nas mudanças percebidas sobre características ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, APP, Percepção ambiental.

ABSTRACT: Population growth and the absence of urban infrastructure that meet the demand for disasters and damage to the environment, especially in large urban centers, but also shows the notoriety in low population density municipalities such as Mazagão Novo. Growth is a housing construction, and in many cases, on the world's shores are Areas of Permanent Preservation (APP) and are responsible for the quality of water and the present. The present work sought to make a social study based on questionnaires for the students to verify the perception of the environment, and used geoprocessing tools for the delimitation of the APPs. These methods were related to a spatial location of searches in APP applications, and changes in the perceived configurations of environmental characteristics.

KEYWORDS: Geoprocessing, APP, Environmental perception.

1 | INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional na atualidade também há o aumento no número de residências, entretanto, a falta de planejamento urbano e o grande número de construções em áreas indevidas tornou-se uma preocupação não só em grandes centros urbanos, mas principalmente em cidades menores em que a fragilidade na infraestrutura é ainda mais acentuada. No município de Mazagão uma prática comum é a construção de residências às margens do rio, isto acontece principalmente no caso de famílias mais pobres e em moradias simples. Entretanto, áreas às margens de rio são áreas de preservação permanente (APPs) e são reconhecidas segundo o Código Florestal, conforme a lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 como áreas que devem ser preservadas pois são fundamentais no equilíbrio deste meio. A qual está conceituada como:

“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” (art. 3.º, II, da lei 12.651/2012)

As APPs possuem as matas ciliares, que é a vegetação em torno do rio e que o protege da poluição servindo como um filtro, além de serem suporte para o solo de forma que ele não ceda e não ocorra o assoreamento do rio, que é quando o solo é levado ao fundo do rio fazendo com que seu nível freático aumente nos períodos de cheia. Ao remover as matas ciliares o solo e a qualidade da água do rio ficam vulneráveis a todos estes tipos de intempéries.

Por haver em muitos casos um contato direto dessas pessoas com a natureza, o presente trabalho selecionou a área em torno do rio beija-flor na cidade de Mazagão como objeto de estudo, foi escolhida a percepção ambiental para analisar a relação homem/ambiente nessa área. Faggionato (2009) define percepção ambiental como sendo uma tomada de consciência humana de seu próprio ambiente, ou seja, o ato de perceber o ambiente que se está inserido, aprendendo a proteger e a cuidar do mesmo. A percepção ambiental colabora para a tomada de decisão em diversos campos como na questão de riscos ambientais, avaliação de impactos ambientais e na elaboração de políticas públicas (BURTON, 1978).

Outro importante meio para se obter uma análise ambiental é utilizando ferramentas de geoprocessamento. O Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias que são capazes de fazer a coleta e o processamento de informações gráficas, segundo Rodrigues (1987), compreende uma variedade de metodologias associadas aos equipamentos utilizados nas mais diversas aplicações geográficas. Essas tecnologias englobam sistemas, como o sistema de informações

gráficas (SIG), que possui uma ferramenta computacional de processamento, e que segundo Alves (1990) são sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente. Esses sistemas manipulam dados de diversas fontes permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados. O desenvolvimento do trabalho ocorreu na margem do rio Beija-Flor na porção próxima a sede do município de Mazagão, no estado do Amapá, a partir da aplicação de questionários aos residentes da APP nesta porção do rio, tendo utilizado técnicas de geoprocessamento para a delimitação da APP e a relação das respostas dos pontos de entrevistas com o uso do solo nestes locais objetivando-se investigar, sobre residentes nas margens do rio Beija-Flor a percepção ambiental acerca da APP deste rio.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado o método quali-quantitativo para a criação e aplicação de questionários. O número de questionários a ser aplicado foi baseado no cálculo para identificação das unidades de amostra segundo Tagliacarne (1978), o número de entrevistados deve ser representativo para a população que reside na APP levando em consideração o número de residências nas margens do rio beija-flor em Mazagão – AP.

Segundo dados do IBGE (2017), o município de Mazagão possui uma população de aproximadamente 20.387 habitantes. Por meio de imagem de sensoriamento remoto, gerada pelo projeto Base cartográfica do Estado do Amapá em parceria do Exército Brasileiro e o Governo do Amapá, foi possível verificar a existência de 118 casas nas margens do rio Beija-Flor, área de interesse deste trabalho.

Realizou-se três etapas para encontrar o número de entrevistas: a 1ª etapa foi encontrar o número de 4.224 residências estimadas para o ano de 2017 utilizando dados segundo a tabela 1.

Nº de residências	População	Ano
3529*	17.032*	2010*
X	20.387**	2017**

Tabela 1 – Dados de população e residências em Mazagão – AP.

Fonte: *Dados do censo de 2010 do IBGE; **Estimativas do IBGE para 2017

A 2ª etapa, sabendo-se que a densidade populacional neste município é de 4,83 segundo o IBGE (2017), encontrou-se o número de 506 habitantes na faixa da APP de estudo, a qual possui 105 residências e foi o foco do estudo. Para tanto, utilizou-se a equação 1.

$$\text{densidade} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de habitantes na app}}{\text{n}^\circ \text{ de casas na app}} \quad (\text{eq. 1})$$

Na 3ª etapa foi utilizado o método de Tagliacarne (1978) para obtenção do número de 59 entrevistados na margem em estudo do rio Beija-Flor, segundo a equação 2.

$$n' = \frac{n.z^2.p'.q'}{(n-1).e^2+z^2.p'.q'} \quad (\text{eq. 2})$$

n= amostra= parte representativa do universo= número de habitantes na margem esquerda do rio Beija-Flor;

n´= tamanho da amostra procurada= quantidade de pessoas a serem entrevistadas;

z= grande certeza ou confiança (probabilidade de ocorrência do resultado);

z= (adotado para trabalhos acadêmicos) 90% = 1,64

e= erro máximo= 10% = 0,1 (adotado para trabalhos acadêmicos);

p´ e q´ = 50%= 0,5 (proporção que o fenômeno é esperado);

O questionário foi elaborado com 14 perguntas fechadas de forma a ser possível a tabulação das respostas e criação de gráficos, estas perguntas foram criadas baseadas em estudos bibliográficos em que buscou-se obter respostas quanto ao solo, flora e demais aspectos ambientais. O questionário foi realizado com pessoas maiores de 14 anos, moradores mais antigos (acima de 15 anos de residência no local) e recentes (até 5 anos de residência no local) para que houvesse ampla visão dos aspectos e mudanças ambientais. A aplicação foi realizada em 4 dias de forma a abranger a maior área possível em torno da margem estudada do rio.

Para a delimitação das áreas de preservação permanentes foi usada a ferramenta de geoprocessamento ArcGIS 10.1 e o Novo Código Florestal (valores para APP de acordo com a largura do rio), criando-se um *buffer* desta área, em seguida foi sobreposta a camada com as coordenadas dos pontos nos locais em que foram realizadas as entrevistas e a divisão da área de estudo em 3 zonas, pois foi verificado *in loco* a predominância de usos do solo diferentes nestas zonas. Assim, posteriormente foram analisadas as respostas das entrevistas juntamente com a distribuição espacial dos entrevistados e a predominância do uso do solo (residências, áreas de lazer, comércio e pequeno porto) nos locais de entrevista.

Por fim, com a ferramenta SIG foi gerado um mapa de Kernel (mapa de calor), devido a distribuição dos entrevistados serem aleatórias e estarem de forma irregular na área de estudo, pois a própria margem do rio não permite a distribuição homogênea dos residentes ao longo da área de estudo. Assim foi gerado o mapa com a ferramenta *kernel interpolation with barriers*, utilizando-se a quantidade de entrevistas em um local como valor de ponderação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o Novo Código Florestal (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012) o tamanho da área de preservação permanente deve ser mantida de acordo com a largura do rio, conforme a tabela 2.

Largura da APP (m)	Largura do rio (m)
30	Com menos de 10
50	De 10 a 50
100	De 50 a 200
200	De 200 a 600
500	Com mais de 600

Tabela 2- APP conforme a largura do rio

Fonte: Lei 12.651, de 25 de maio de 2012

O rio Beija-Flor, na porção de estudo, possui largura variada, entre 50 e 200 m, portanto, deveria ter 100 m de APP. Entretanto, em toda esta área há construções mais antigas que a legislação ambiental citada, a qual determina esta área como faixa especial de proteção.

Na figura 1, pode-se visualizar os locais de entrevista e a APP do rio Beija-Flor na área estudada.

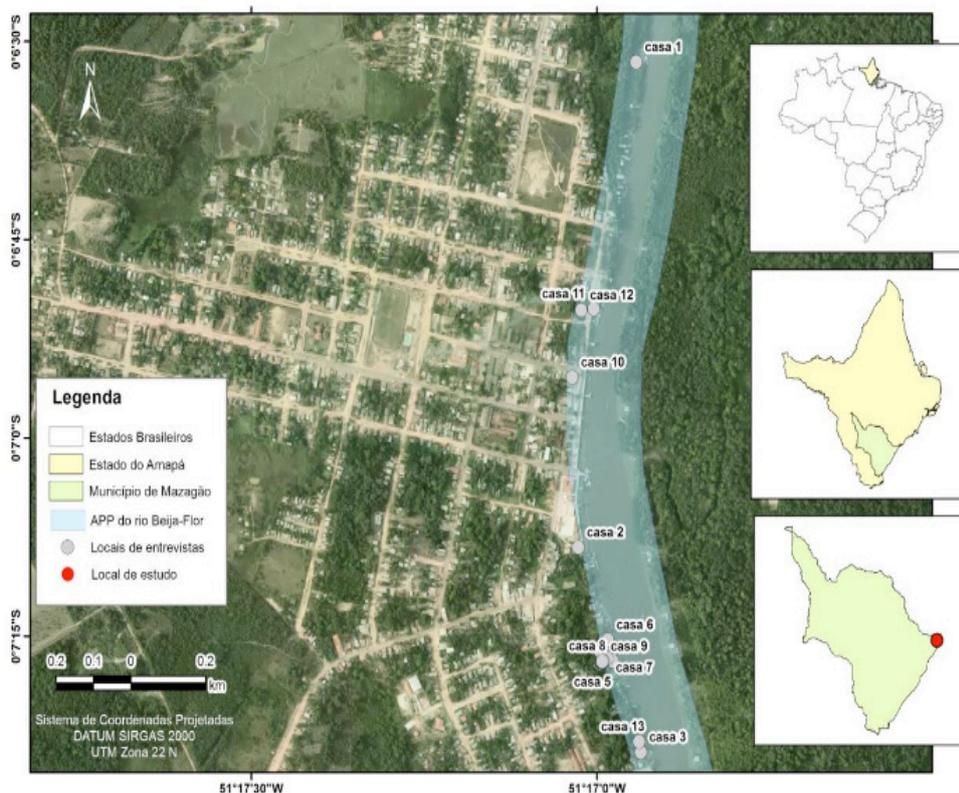


Figura 1- Delimitação da APP e aplicação de questionários nas margens do rio Beija-Flor.

Fonte: o autor. Utilizando os dados raster do projeto base cartográfica continua do Amapá (2015).

Pela pesquisa *in loco*, foi percebida a necessidade de divisão da área de estudo em 3 zonas de uso diferente do solo. De um total de 13 locais de entrevistas, localizada ao longo do rio, como pode ser observado na figura 2, a predominância é o uso residencial. A primeira zona com predominância de uso do solo residencial, mais ao sul abrange 9 casas (locais de entrevista) e um total de 34 entrevistados; a segunda área ao centro, com uso do solo predominantemente comercial e de áreas de lazer, abrange 3 casas (locais de entrevista) em um total de 19 entrevistados; a terceira, com predominância de um pequeno porto para desembarque de peixes, área mais ao norte do mapa (figura 2) abrange 1 casa (local de entrevista) em um total de 6 entrevistados.

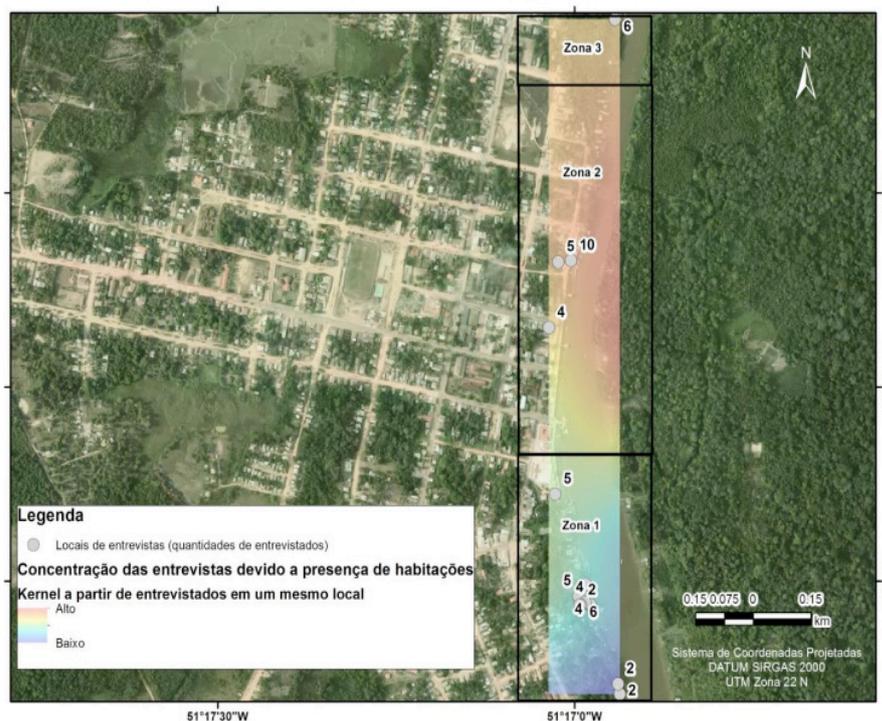


Figura 2- Mapa de Kernel concentração de entrevistas na APP do rio Beija-Flor.

Fonte: o autor. Utilizando os dados raster do projeto base cartográfica contínua do Amapá (2015).

Na primeira questão da entrevista buscou-se compreender o quanto os entrevistados tratam do tema meio ambiente no dia-a-dia. Tendo em vista as zonas 1 (residências do tipo ribeirinha), 2 (residências, áreas de lazer e comércio) e 3 (pequeno porto) sequencialmente como pode ser observado na figura 3 as respostas obtidas nas áreas extremas (zonas 1 e 2) são as que mais se diferenciam, demonstrando que na zona 1 há maior presença do tema meio ambiente nas conversas cotidianas.

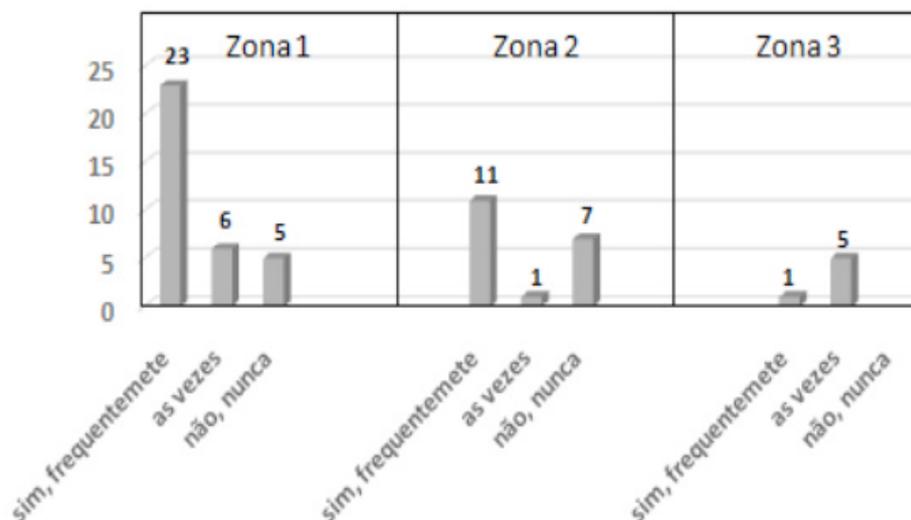


Figura 3 – Questão 1 (O tema meio ambiente é tratado no seu cotidiano?).

Fonte: o autor.

Em alguns poucos casos, também foi relatado que este tema foi introduzido e discutido rapidamente em séries iniciais do ensino fundamental. Segundo Dias (1992) “sabe-se que a maioria dos problemas ambientais tem suas raízes em fatores socioeconômicos, políticos e culturais, e que não podem ser previstos ou resolvidos por meios puramente tecnológicos”, com isto, destaca-se a grande importância da Educação Ambiental nas escolas com o objetivo de colaborar na conscientização e conhecimento a respeito do meio ambiente tornando os alunos cidadãos comprometidos com a conservação de seu meio.

Apesar da carência de estudos ambientais na educação básica, na cidade como um todo, o senso crítico de cada um alerta para a consciência de que as atividades cotidianas alteram o meio ambiente. Nas zonas 1 e 3 a maioria dos entrevistados percebe que causa danos ao local em que habitam segundo o gráfico da figura 4.

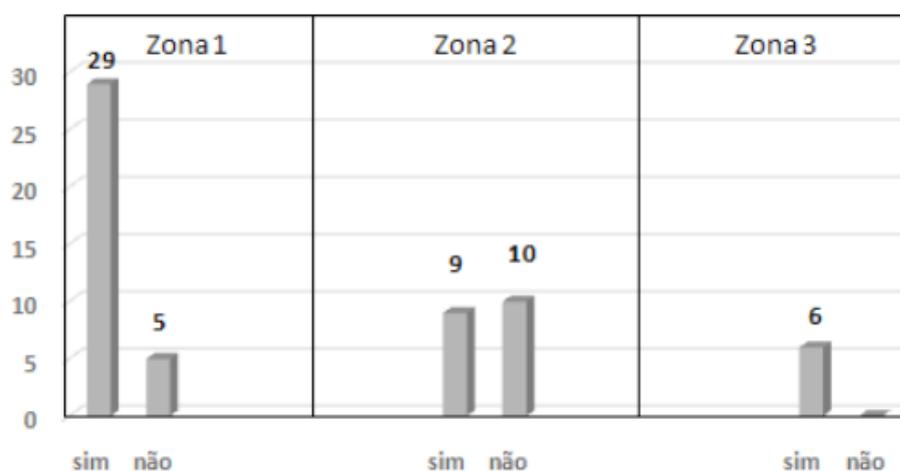


Figura 4- Questão 2 (No dia-a-dia você considera que causa algum dano ao meio ambiente?)

Fonte: o autor.

Apesar da percepção de que o espaço em que vivem está sendo alterado ao longo do tempo, o gráfico da figura 5 mostra que nas zonas 1 e 3 é expressiva a quantidade de moradores que não tem conhecimento algum sobre áreas de preservação permanente – APPs. O que acaba enfatizando a carência na área de educação ambiental.

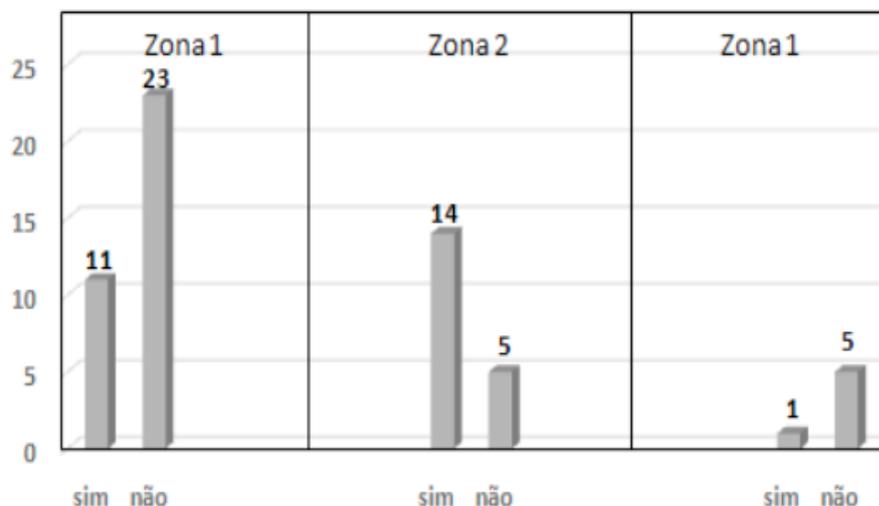


Figura 5- Questão 3 (Você tem algum conhecimento sobre área de preservação permanente – APP ?)

Fonte: o autor.

Além da maioria dos entrevistados não ter conhecimento sobre o conceito de APP e não saber que a instalação de residências nesta área pode causar efeitos negativos diretos à natureza, a figura 6 (Questão 4) aponta que as principais respostas ao destino do lixo domiciliar foram: coleta por órgão responsável e queima. Em zonas mais afastadas do centro da cidade, foi relatada dificuldade de recolhimento de lixo pelos caminhões coletores e, portanto, nos locais em que este serviço é precário ou não acontece, há queima do lixo.

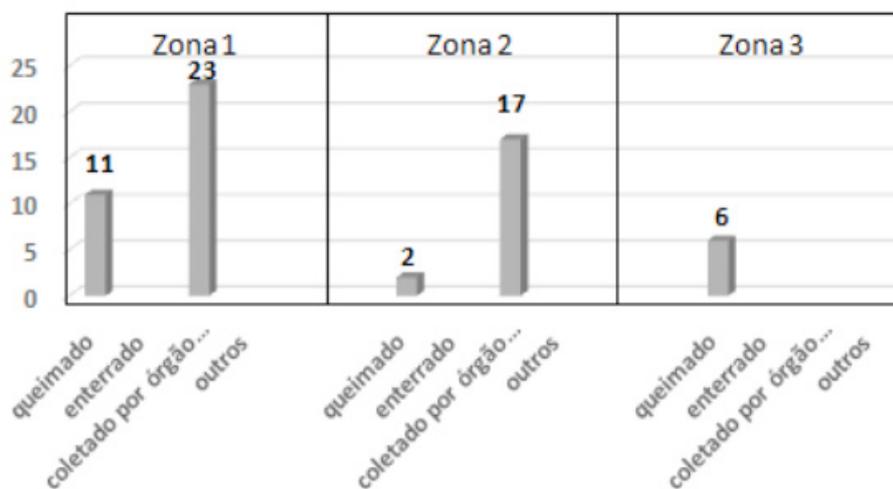


Figura 6- Questão 4 (Qual o destino dado ao lixo e outros resíduos domiciliares? O lixo é...)

Fonte: o autor.

As mudanças na natureza ocorreram e não passaram despercebidas pelos entrevistados como pode ser observado na figura 7, nesta questão foi muito importante a coleta de informações de pessoas que moram a pouco tempo e também daqueles que moram a mais de 20 anos porque possuem perspectivas e visões diferentes, tendo assim um bom panorama de mudanças e características ambientais na área.

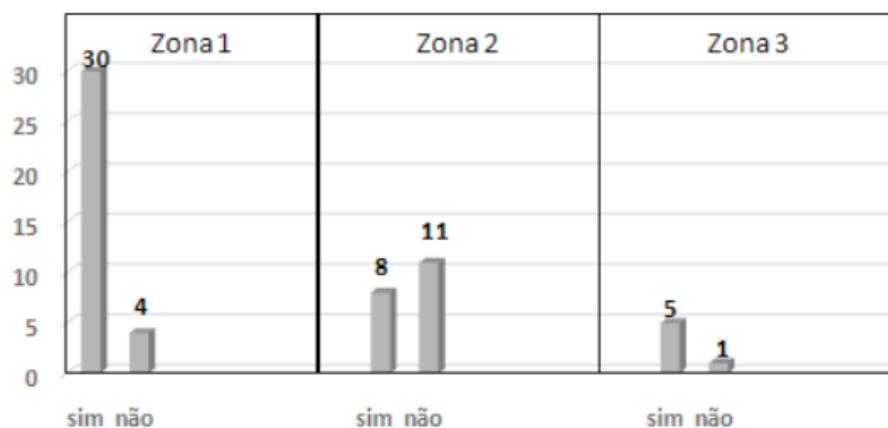


Figura 7- Questão 5 (Você percebeu alguma mudança aparente na paisagem da data em que começou a morar aqui até os dias atuais?)

Fonte: o autor.

Apesar das diferentes faixas etárias e de tempo de residência na cidade, as entrevistas da zona 1 revelaram os moradores mais insatisfeitos com aspectos que envolvem o meio ambiente conforme a figura 8.

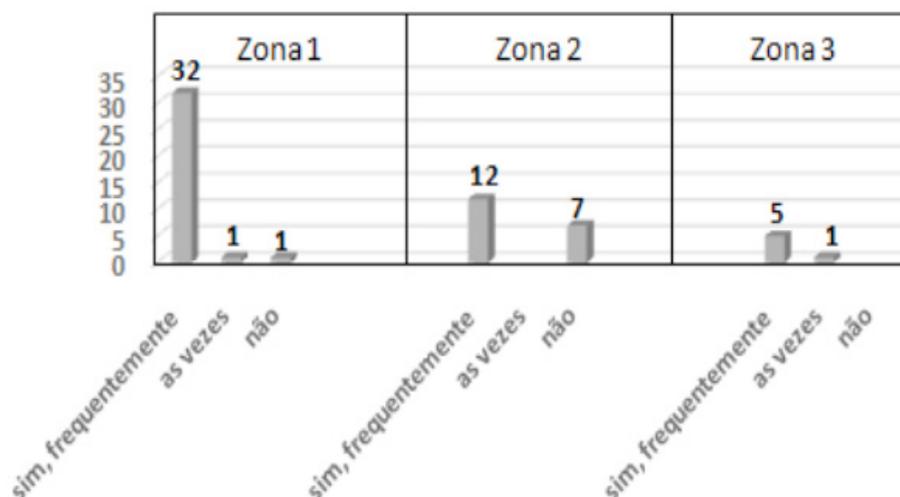


Figura 8- Questão 6 (Você se sente incomodado com algum aspecto relacionado ao meio ambiente (poluição, ruído, desmatamento...)?)

Fonte: o autor.

Estes incômodos são, em sua maioria, causados por ações do homem e sua

relação com o meio ambiente. O maior problema percebido pelos moradores foi quanto à poluição do rio. Cerca de 86,4% das respostas apontam a poluição do rio como principal incômodo conforme a figura 9 em todas as três zonas, e relatos dos moradores indicam o despejo de resíduos sólidos como maior problema enfrentado. A cidade não possui tratamento de esgoto e todos os resíduos são despejados no rio. Apesar de se tratar de uma cidade pequena, a pesquisa serve de alerta para o futuro agravamento de problemas ambientais. Segundo Gloagen et al (2007) a falta de políticas públicas é um agravante por culminar na falta de planejamento do uso dos recursos hídricos, do solo e das matas ciliares. O processo de degradação da mata ciliar resulta na perda quali-quantitativa da água, biodiversidade, controle da erosão, redução dos efeitos de enchentes, filtragem de resíduos químicos e sólidos. E ainda adverte Fellenberg (1980), a preservação ambiental das margens dos rios deverá nos preocupar bastante no futuro, pois em todas as regiões em que as reservas de água subterrâneas se esgotarem a solução para garantir o abastecimento de água potável será o aproveitamento da água de represa, lagos e rios. Se estas águas superficiais estiverem excessivamente contaminadas, o tratamento da água será muito dispendioso.

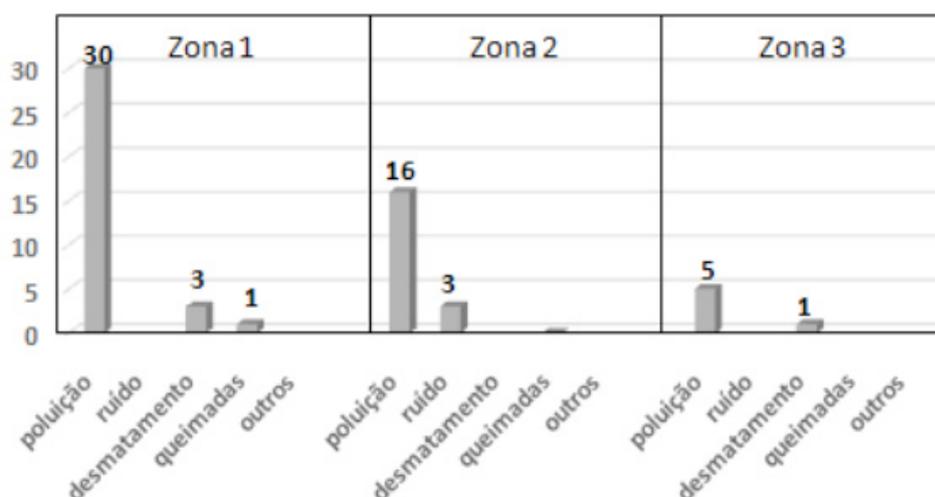


Figura 9- Questão 7 (Qual tipo de aspecto relacionado ao meio ambiente o incomoda?)

Fonte: o autor.

As dificuldades encontradas pela população quanto à poluição e o que poderia ser feito para amenizar a situação obteve maioria das respostas com posicionamento negativo a atitudes para mudar a realidade (figura 10). Entretanto, os moradores que tomam atitude fazem aquilo que está ao alcance, como recolher o lixo que se acumula nas margens do rio, mas em poucos casos foi relatado medidas quanto ao despejo de resíduos que poluem a água em grandes proporções, como o destino dado ao óleo de cozinha utilizado.

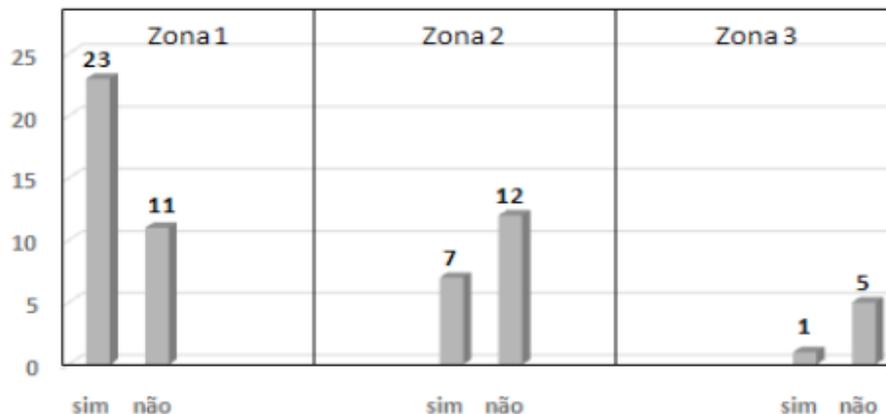


Figura 10- Questão 8 (Em relação ao incomodo você fez alguma coisa para mudar a situação?)

Fonte: o autor.

Quando questionados sobre o conhecimento de órgãos de proteção ao meio ambiente (Figura 11) 45% dos entrevistados não haviam conhecimento sobre a existência ou atuação destes órgãos, o qual ainda é um índice preocupante por se tratar de áreas diretamente ligadas a natureza. Isso aponta falha na atuação e fiscalização destes sobre áreas que margeiam rios e que deveriam ser preservadas, e quanto ao controle da construção de residências nestas áreas. É de fundamental importância que órgãos ambientais atuem na fiscalização dessas áreas pois a natureza coletiva do meio ambiente impõe ao Poder Público o dever de orientar o uso dos recursos naturais de forma que seja mantida a capacidade produtiva dos diferentes sistemas e compartimentos ambientais (MONTAÑO e SOUZA, 2008).

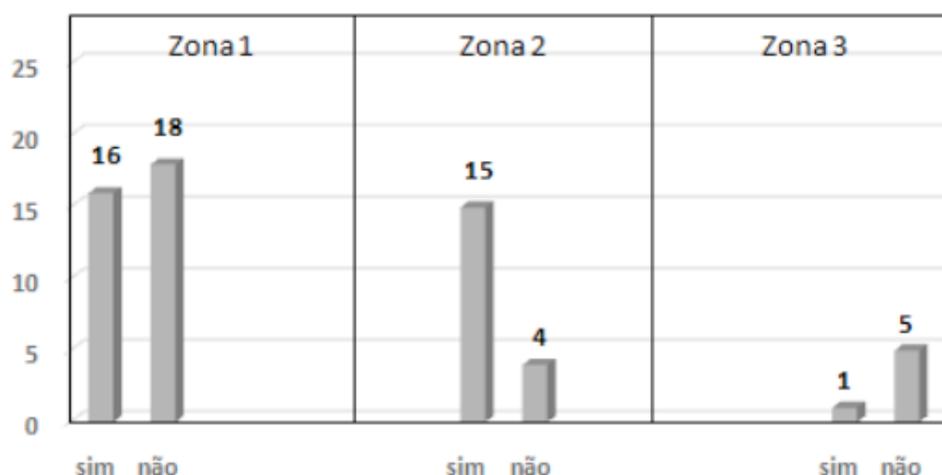


Figura 11- Questão 9 (Você conhece algum órgão que protege o meio ambiente?)

Fonte: o autor.

Em relação aos níveis de assoreamento dos rios, conforme pode ser observada na figura 12, houve prevalência no posicionamento de que houveram alterações relacionadas ao assoreamento do rio, mas com relatos de assoreamento em maiores

proporções na zona 1. Portanto, em alguns trechos não foram percebidos níveis de assoreamento (na zona 2), em outros houve pouco (zona 3).

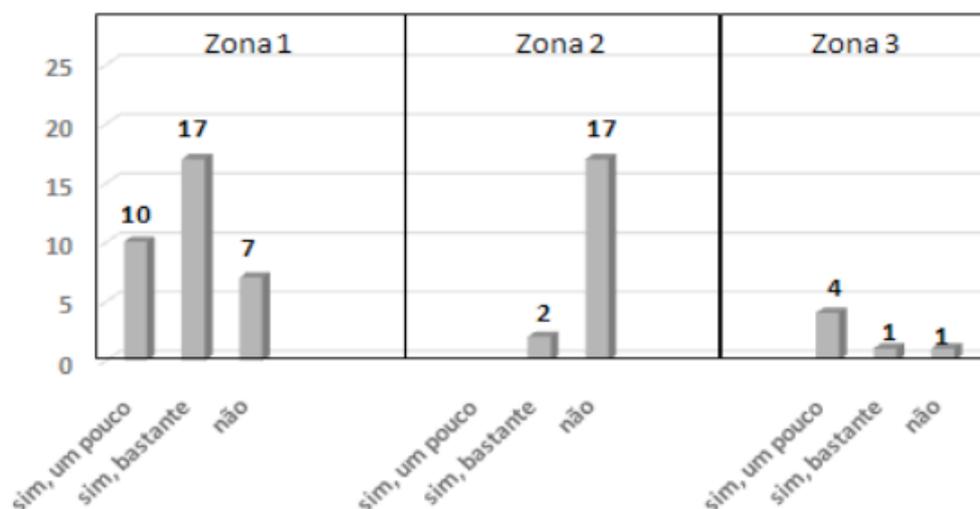


Figura 12- Questão 10(Há assoreamento do rio visível nesta área?)

Fonte: o autor.

A figura 13 mostra que em grande parte dos casos há utilização do solo nas margens do rio pelos moradores no âmbito da agricultura, e que isto perpassa por questões de necessidade já que grande parte destes moradores precisa usufruir do meio natural para sobrevivência. Pelo fato de a zona 2 está localizada em área com características mais urbanas que as demais, ela possui menor índice de uso da terra para agricultura.

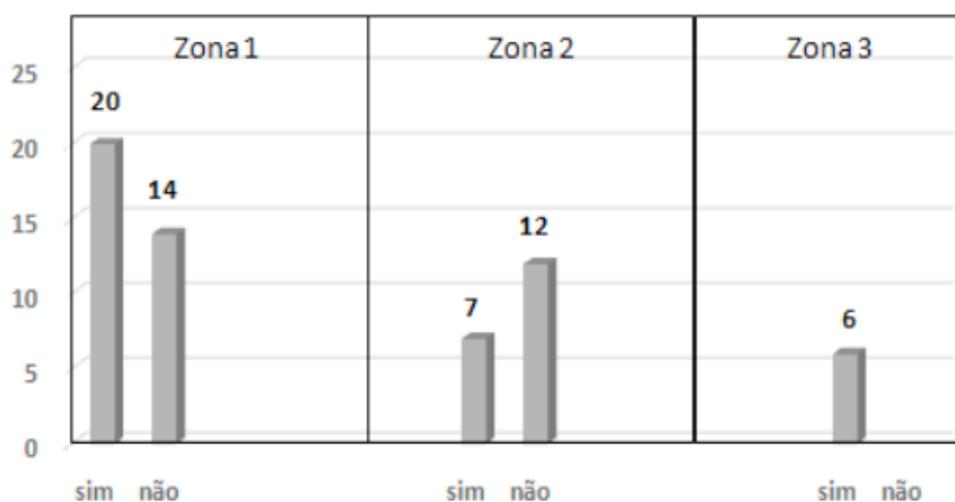


Figura 13- Questão 11(Há utilização do solo próximo ou distante das margens do rio para práticas agrícolas?)

Fonte: o autor.

Esta utilização do solo, quando há, é feita pelos próprios moradores para o sustento da família, como cultivo de árvores frutíferas de pequeno porte e hortaliças

(figura 14).

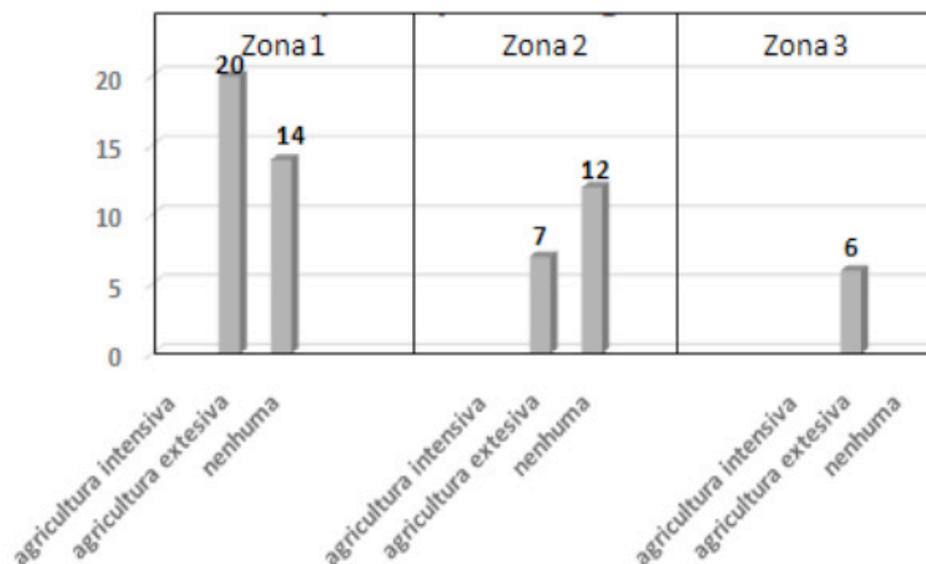


Figura 14- Questão 12 (Quais os tipos de práticas agrícolas na área?)

Fonte: o autor.

Em suma, as espécies nativas da área deram lugar a esta pequena produção agrícola, entretanto, a maioria dos entrevistados afirmaram que não houve remoção da flora da localidade para construção da residência (figura 15) principalmente pelo fato de o município possuir áreas de cerrado, o que possibilitou que as residências fossem construídas sem grandes índices de desmatamento, ainda que desmatamentos em pequena escala estejam presentes. Isto se restringe apenas a bairros mais afastados do centro da cidade, que possui uma orla de concreto e toda a mata ciliar removida.

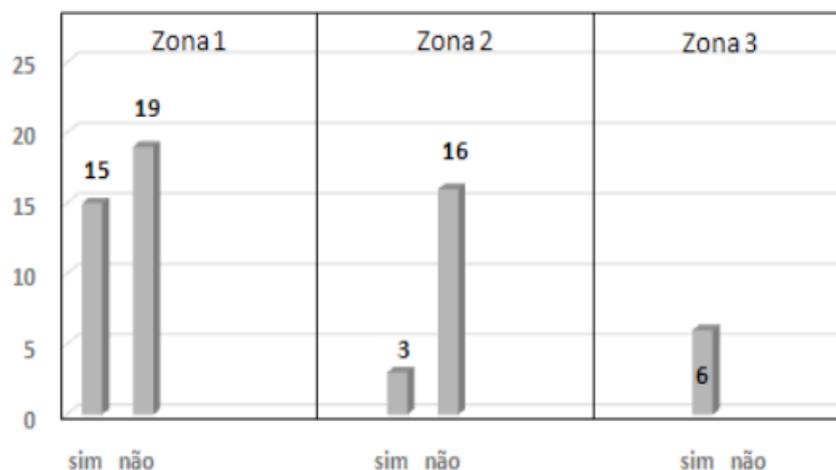


Figura 15- Questão 13 (Para construir a residência e/ou para a agricultura houve a remoção da flora?)

Fonte: o autor.

Conforme o passar do tempo, os moradores perceberam que quando houve

necessidade da retirada da flora, poucas espécies nativas voltaram a nascer na área (figura 16), e em alguns casos, após excessivas e frequentes retiradas, essas espécies não voltaram a nascer, deixando assim as margens do rio suscetíveis ao intemperismo e à erosão do solo e intensificando sua degradação. Segundo SOCO (2009) a capacidade de formação e reposição natural do solo é muito mais lenta do que o processo de eliminação através da erosão fazendo com que a fertilidade existente nesta primeira camada de terra seja rapidamente perdida, e o solo transportado pode contribuir para a contaminação de cursos d'água.

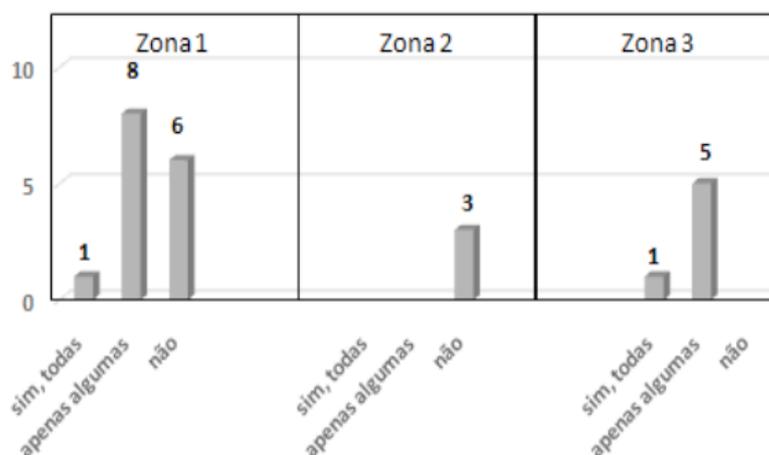


Figura 16- Questão 14 (Se sim, as espécies voltaram a nascer na área?)

Fonte: o autor.

4 | CONCLUSÃO

O estudo da percepção ambiental é um importante passo para o conhecimento sobre a realidade local, de que forma as pessoas enxergam o ambiente ao seu redor e qual a importância dada a natureza, em que neste caso há contato direto com os recursos naturais. De forma geral, a população que reside às margens do rio Beija-Flor, no município de Mazagão, não teve oportunidade de ter sido introduzida formalmente na educação ambiental e desta forma, ter maior conhecimento sobre o ambiente em que vive e sobre formas de conserva-lo.

Os registros mais alarmantes foram detectados na zona 1 em que os habitantes possuem residência mais simples e sobrevivem principalmente da obtenção de recursos naturais como extração da madeira e pesca e funcionalismo público. O estudo mostra também que há uma grande fragilidade na fiscalização por parte dos órgãos competentes aos quais cabe cuidar desta área e orientar os que nela residem. Somente houve um relato de apoio de órgãos fiscalizadores por um morador da zona 2.

Na zona 2 os habitantes possuíam realidade mais urbana, entretanto, enfrentam incômodos como poluição do rio por resíduos sólidos e ruídos (poluição sonora), mas não sabem como proceder nestes casos. Isto reflete na necessidade da implantação

de técnicas de educação ambiental principalmente nas séries iniciais do ensino fundamental, mas que deve ser estendida por todo o período escolar, formando assim cidadãos conscientes e preparados para cuidar de forma adequada do meio em que vivem.

O município de Mazagão como um todo enfrenta grandes dificuldades na área de saneamento ambiental, que é a realidade amazônica e uma das maiores dificuldades do estado do Amapá. Além de os moradores das margens do rio Beija-Flor notarem um assoreamento do rio crescente, também relataram de forma enfática aspectos incômodos quanto ao despejo de resíduos no rio. O tratamento e o destino dos resíduos, assim como o esgoto doméstico é um fator preocupante e que deve ter grande atenção por parte da administração pública, pois no futuro pode acarretar em problemas mais graves de saúde local e no comprometimento da qualidade dos de vida.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 12651, de 25 de maio de 2012: **Código Florestal Brasileiro**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil

BURTON, Ian; KATES, Robert W. & WHITE, Gilbert F. **The environmental as hazard**. New York: Oxford University, 1978. 240p

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Gaia, 1992. 224p.

FAGGIONATO, S. Percepção ambiental. Material de Apoio – Textos, 2009. Disponível em: < http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt4.html>. Acessado em: 08 mar 2015.

FELLENBERG, G. **Introdução aos Problemas da Poluição Ambiental**. Editora EPU, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1980.

GLOAGEN, R. A. B. G.; MELO FILHO, J. F.; SILVA, P. S. O.; DOURADO, C. S.; SILVA JÚNIOR, J. J.; SOUZA, D. L. A. **Diagnóstico preliminar de impactos ambientais na micro-bacia do ribeirão do Machado em Cruz das Almas – BA**. Revista Brasileira de Agroecologia. v. 2, n. 2, p. 1645-1648, 2007.

LVES, S. D. **Sistema de Informação Geográfica**. *Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, 1990*.

MONTAÑO, M.; SOUZA, M.P. de. **A viabilidade ambiental no licenciamento de empreendimentos perigosos no Estado de São Paulo**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 435-42. 2008.

RODRIGUES, M. Geoprocessamento. São Paulo, 1987. (Tese de Livre Docência) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.

SOCO. Agricultura sustentável e conservação dos solos: Processos de degradação do solo. Comunidades Europeias: Soco, n. 2,01 maio 2009. Biental. Erosão Hídrica e Compactação. Disponível em: <<http://soco.jrc.ec.europa.eu/documents/PTFactSheet-02.pdf>>.

TAGLIACARNE, G. **Pesquisa de Mercado: técnica e prática**. São Paulo: Atlas, 1978, pg. 173.

GEOQUÍMICA E QUALIDADE DE ÁGUAS NATURAIS DE NASCENTES DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS, SÃO PAULO

Rafael Bassetto Ferreira

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.
Campinas – São Paulo.

Wanilson Luiz Silva

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.
Campinas – São Paulo.

RESUMO: A região metropolitana de Campinas (RMC), assim como todo o Estado de São Paulo, passou por intensas crises hídricas nos últimos anos. Tais períodos contribuíram para o aumento do consumo de águas provenientes de fontes naturais. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar geoquímica e microbiologicamente a composição das águas naturais provenientes de 12 fontes distribuídas entre os municípios de Campinas, Jaguariúna e Paulínia. No estudo, foram determinados coliformes totais, parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica), concentrações de íons (e.g. Ca^{2+} , Na^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- , F^-), metais (e.g. Al, Mn, Ba), alcalinidade e carbono orgânico dissolvido. Os resultados mostraram que as fontes classificadas como bicarbonatadas cálcicas e sódicas mostraram-se influenciadas especialmente pela composição do aquífero, enquanto as fontes com águas cloretadas e sulfatadas indicaram maiores influências

antrópicas. Neste último caso, as águas também se mostraram, ocasionalmente, com maiores interações com o substrato rochoso. Dentre as fontes examinadas, pelo menos oito estavam de acordo com o padrão de potabilidade recomendado pelo CONAMA, e a presença de coliformes totais foi verificada apenas em duas fontes da região de Campinas. Este estudo mostrou, em geral, boa qualidade da água da grande maioria das fontes investigadas, e que concentrações muito baixas de constituintes químicos na água também devem levadas em consideração, a exemplo da fonte estudada de Paulínia que se destacou pela baixa condutividade elétrica, semelhante à da água destilada. O consumo humano desta água pode diluir os sais do organismo, se a alimentação com os íons necessários ao organismo não for controlada.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrogeologia urbana; Águas naturais; Potabilidade da água

GEOCHEMISTRY AND QUALITY OF NATURAL WATER SOURCES, METROPOLITAN REGION OF CAMPINAS, SÃO PAULO

ABSTRACT: The metropolitan region of Campinas (RMC), as well as the entire state of São Paulo, has experienced intense water crises in recent years. These periods contributed to the

increase in consumption of water from natural sources. In this context, the objective of this work was to analyze geochemically and microbiologically the composition of natural waters from 12 sources distributed among the cities of Campinas, Jaguariúna and Paulínia. In the study, total coliforms, physical-chemical parameters (pH, electrical conductivity), concentrations of anions (e.g. Ca^{2+} , Na^+ , PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- , F^-) and cations (e.g. Al, Mn, Ba), alkalinity and dissolved organic carbon were determined. The results showed that the sources classified as calcium and sodium bicarbonate were especially influenced by the composition of the aquifer, while the sources with chlorinated and sulfated water indicated greater anthropic influences. In the latter case, the waters also occasionally showed more interactions with the rocky substratum. Among the sources examined, at least eight were in agreement with the potability standard recommended by CONAMA, and the presence of total coliforms was only verified in two sources in the Campinas region. This study showed, in general, good water quality of the majority of the sources investigated, and that very low concentrations of chemical constituents in the water should also be taken into account, such as the studied source of Paulínia that was highlighted by the low electrical conductivity, similar distilled water. The human consumption of this water can dilute the salts of the organism if the feeding with the necessary ions to the organism is not controlled.

KEYWORDS: Urban hydrogeology; Natural Waters; Water Potability

1 | INTRODUÇÃO

O acesso à água potável é um direito de todos (UNESCO, 1992), e é dever do Estado proporcioná-lo, assim como realizar o monitoramento periódico dos parâmetros de qualidade (BRASIL, 2006). O acesso da população humana às fontes de águas naturais pode ser um problema, à medida que os órgãos públicos não possuem infraestrutura para monitorar a qualidade destas águas, cujo uso tem crescido, especialmente, em regiões com acelerado desenvolvimento populacional, como é o caso da Região Metropolitana de Campinas (RMC).

O aumento dos descartes inapropriados, muitas vezes por indústrias, mas também pela população, além de outros meios de contaminação – incinerações de lixo urbanos, aterros, construção civil, armazenamentos inadequados de matéria prima, vazamento de redes coletoras de esgoto, entre outros –, contribuem para o crescimento de contaminação por metais nas águas (tanto superficial quanto subterrânea) e solo (CETESB, 2019). Isso coloca cada vez mais em risco o uso deliberado de fontes naturais urbanas.

Segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS (OMS, 2016), a água contaminada pode transmitir inúmeras enfermidades, incluindo diarreia aguda, cólera, disenteria, febre tifoide e poliomielite. Ainda de acordo com a OMS, calcula-se que a contaminação da água provoca mais de 500 mil mortes ao ano em todo mundo. Kawai et al. (2016) complementam que as concentrações anômalas de metais na água podem ocasionar problemas cardíacos, neurológicos, renais, entre diversas

outras doenças. Deste modo, conforme CONAMA (2005), o consumo de água potável melhora a qualidade de vida e contribui para o controle e prevenção de doenças.

Todavia, os valores anômalos nem sempre estão ligados à contaminação antrópica, podendo muitas vezes serem de origem natural (geológico/ pedológico). Segundo Pathak et al. (1994), a composição química dos solos é um importante fator de causa de maiores concentrações de metais, particularmente em fontes de águas subterrâneas. Já Andrade et al. (2007) completam que a qualidade da água também pode ser influenciada por processos naturais, como por exemplo, a pluviosidade, o intemperismo e a cobertura vegetal.

Com os recentes episódios de crise hídrica ocorridos no Estado de São Paulo, principalmente a escassez de água em 2014/2015, e os longos períodos de racionamento – além do aumento das tarifas pelas distribuidoras –, levaram a população a buscar novas fontes de recursos hídricos, o que elevou o consumo de águas provenientes de fontes naturais (CEBALHO, 2014).

Este trabalho objetivou determinar a qualidade química e microbiológica (coliformes totais) das águas naturais procedentes de fontes que são consumidas pela população nos municípios de Campinas, Jaguariúna e Paulínia (SP), além de tentar compreender os efeitos dos processos naturais ou antrópicos sobre a composição destas águas.

Nestes municípios, fontes naturais são utilizadas para os mais variados fins, inclusive para consumo humano e animal. A falta de dados sobre estas fontes coloca em dúvida sua qualidade perante as normas de órgãos reguladores, reforçando assim, a necessidade de estudos sistemáticos sobre os aspectos físico-químicos (e.g. pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, alcalinidade, carbono orgânico dissolvido, nutrientes, metais traço e íons em geral) e microbiológicos (coliformes totais).

2 | ÁREA DE ESTUDO

A área estudada se localiza na RMC, São Paulo, especificamente nas cidades de Campinas (bairros: Alto do Taquaral/RBF-01, Vila Nogueira/RBF-02, Nossa Senhora Aparecida/RBF-03, Colina das Nascentes/RBF-04, Jardim Garcia/RBF-05, Jardim São José/RBF-06, São Bernardo/RBF-07, Jardim Estoril/RBF-08, Jardim Esmeraldina/RBF-09, Jardim Carlos Lourenço/RBF-10), Jaguariúna (RBF-11) e Paulínia (RBF-12) (**Fig.1**). Os três municípios compõem aproximadamente 50% dos habitantes da RMC (IBGE, 2016).

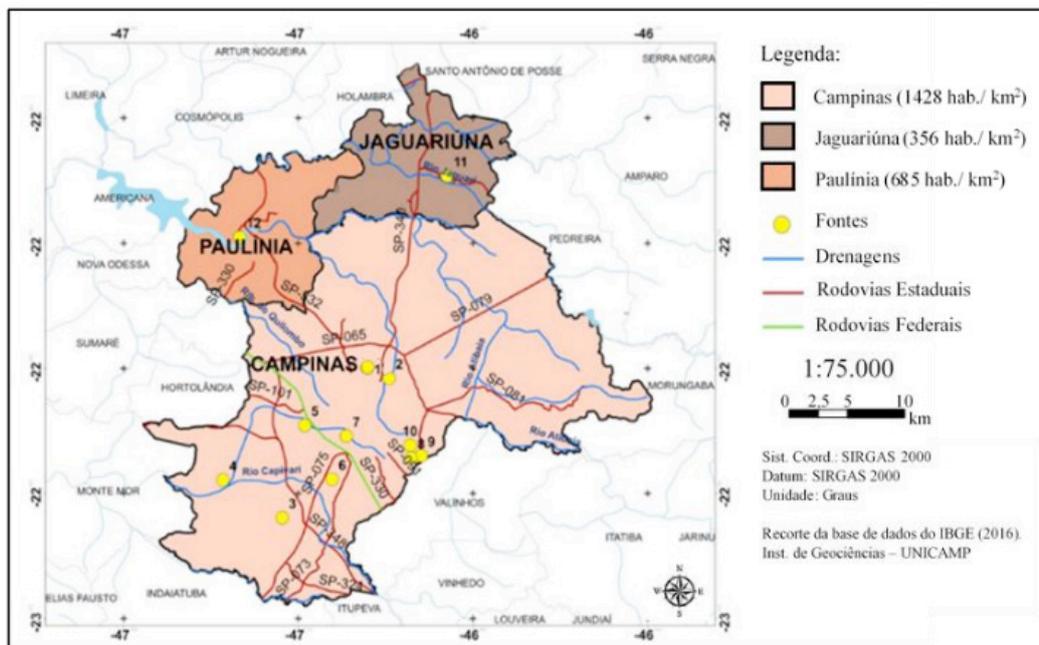


Figura 1: Mapa de distribuição das fontes (pontos amarelos) nos municípios de Campinas, Jaguariúna e Paulínia (Região Metropolitana de Campinas), com a densidade demográfica. Recorte da base de dados do IBGE (2016). Legenda das fontes: 1 – RBF-01/Alto do Taquaral; 2 – RBF-02/Vila Nogueira; 3 – RBF-03/Nossa Senhora Aparecida; 4 – RBF-04/Colina das nascentes; 5 – RBF-05/Jardim Garcia; 6 – RBF-06/Jardim São José; 7 – RBF-07/São Bernardo; 8 – RBF-08/Jardim Estoril; 9 – RBF-09/Jardim Esmeraldina; 10 – RBF-10/Jardim Carlos Lourenço; 11 – RBF-11/Jaguariúna; 12 – RBF-12/Paulínia.

De acordo com o CEPAGRI (2017), a classificação climática da região é Cwa (classificação de Köppen), ou seja, clima tropical de altitude, com verões quentes e úmidos (25 °C/ 275 mm – janeiro), e invernos frios e secos (20 °C/ 25 mm – agosto). Com precipitação média de 1400 mm/ano.

A paisagem geomorfológica da região pode ser dividida entre dois grandes compartimentos geomorfológicos: o Planalto Atlântico, a leste, e a Depressão Periférica, a oeste (ALMEIDA, 1964).

Geologicamente, a leste está o embasamento cristalino – Complexo Itapira (gnaisses), Suíte Jaguariúna (granitoides), Complexo Morungaba (granitos) e Complexo Varginha-Guaxupé (Orto/Paragnáissica migmatítica) –, além das zonas de Cisalhamento Campinas e Valinhos.

A oeste está a Bacia Sedimentar do Paraná – rochas sedimentares diversas do sub-grupo Itararé, intercaladas com diques/*sills* de diabásio da Formação Serra Geral (YOSHINAGA-PEREIRA, 1996; IG, 2009).

Os sistemas aquíferos Cristalino, Diabásio e Tubarão compõem a hidrogeologia da região (IG, 2009). O sistema Cristalino (rochas do embasamento), de acordo com Ezaki et al. (2014), apresenta predomínio de águas bicarbonatadas cálcicas e sódicas (Ca-Na-HCO₃). O sistema Diabásio (intrusivas da Formação Serra Geral) possui água com boa qualidade para o consumo humano (IRITANI; EZAKI, 2012). O sistema Tubarão (sedimentos arenosos do sub-grupo Itararé), segundo Vidal (2002), é composto por águas bicarbonatadas cálcicas na borda leste e bicarbonatadas sódicas

e mais salina a oeste. Neves et al. (2006) complementam que este sistema também está enriquecido em sulfato e fluoreto.

A distribuição pedológica na região é ampla e diversificada, reflexos da distribuição litológica diferenciada, contudo, destacam-se os Latossolos e Argissolos (VALLADARES et al., 2008).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A amostragem foi realizada em outubro/2016 em 12 fontes, das quais 10 foram em Campinas, uma em Jaguariúna e outra em Paulínia. Todo o procedimento manual de amostragem foi realizado com luvas nitrílica descartáveis sem amido. Em cada fonte foram coletados 3 L de água em recipientes previamente ambientados e determinado:

- Parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica – CE) com equipamento Orion Star A216 (Thermo);
- Alcalinidade (bicarbonato) via Titulador Automático Compacto G20S (METTLER TOLEDO).
- Com amostras filtradas (membrana Millipore de 0,22 μm de porosidade) foram determinados:
- Carbono orgânico dissolvido – COD (analisador de carbono Multi N/C 2100S da Analytik Jena, método NPOC);
- Fosfato via espectrofotômetro GENESYS 10S UV-Vis (Thermo);
- Cátions e ânions maiores foram analisados por cromatografia de íons (Dionex ICS 2500);
- Metais traço – com amostra acidificada com HNO_3 1 % (v/v) –, via ICP-MS XseriesII (Thermo).
- Coliformes totais (CT) – teste presuntivo com caldo de sulfato triptose (LST) e teste confirmativo caldo verde brilhante bile 2 % (VB), ambos com período de incubação de 48 h.

Para o controle de qualidade analítica, materiais de referência de água foram analisados e os resultados mostraram-se na faixa aceitável de variação de 10 % dos valores certificados. Análise de duplicata mostrou que mais de 80 % de todos os dados estavam com variação em torno de ± 5 %. Em geral, o balanço de cargas (cátions e ânions) foi satisfatório, dentro da faixa de ± 5 %.

Este trabalho utilizou condições e padrões de águas classificadas como de Classe I, as quais são destinadas ao abastecimento humano, após tratamento simplificado – clarificação por meio de filtração e desinfecção, e correção de pH quando necessário (CONAMA – Resolução 357/05).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros analisados – pH, CE, COD, alcalinidade, CT, íons e metais – estão agrupados na Tabela 1. Alguns resultados que não se enquadravam na faixa permitida pelos órgãos reguladores, como o CONAMA (Resolução nº 357/05), foram destacados.

O pH das águas naturais da região foi levemente ácido (4,77 a 6,66; em geral, abaixo da referência CONAMA), o que refletiu nos baixos valores de alcalinidade, especialmente nos pontos RBF-07 e 12 (ausência de bicarbonato).

Os níveis de flúor também foram baixos (inferiores à recomendação CONAMA), enquanto os níveis de CE variaram muito, sendo tão altos quanto $425 \mu\text{S cm}^{-1}$ (RBF-7) ou baixo quanto $5,2 \mu\text{S cm}^{-1}$ (RBF-12). Este último valor é semelhante aos encontrados em água destilada.

Os níveis de COD foram elevados especialmente nos pontos RBF-05, 07 e 11. Os níveis de fosfato superaram os valores recomendados pelo CONAMA nas fontes RBF-06 e 07.

Concentrações de nitrato acima do CONAMA foram identificadas em várias fontes (RBF-02, 07, 08, 10, 11), assim como Al (RBF-04, 07), Mn (RBF-04, 07) e Ba (RBF-04, 10). Os valores de CT foram mensuráveis em RBF-07 e 10.

A fonte RBF-05 foi a única a apresentar valor acima do limite de detecção (0,005 mg/L) de brometo. Já a fonte RBF-10 foi a única com concentração de nitrito acima do limite de detecção (0,005 mg/L).

Parâmetros	RBF 01	RBF 02	RBF 03	RBF 04	RBF 05	RBF 06	RBF 07	RBF 08	RBF 09	RBF 10	RBF 11	RBF 12	Média	Conama
pH	5,54	5,45	4,77	4,66	6,66	5,95	3,96	5,65	5,61	5,70	5,71	5,65	5,44	6-9
CE ($\mu\text{S/cm}$)	137	187	41	97	166	122	425	285	82	307	164	5	168	–
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	32,81	17,44	7,05	4,89	26	70,10	–	22,83	19,69	24,35	12,42	–	19,80	–
COD ($\mu\text{g/L}$)	713	493	486	574	3030	717	2100	594	758	880	1110	894	1029	–
CT *	<3	<3	<3	<3	<3	<3	4,6 x 10²	<3	<3	>1,1 x 10³	<3	<3	–	–
Cátions e ânions (mg/L)														
Ca ²⁺	6,38	10,50	1,33	2,08	15,20	12,10	16,90	15,30	4,38	22,10	6,43	–	9,39	–
Mg ²⁺	2,87	7,03	0,87	2,52	1,52	3,62	3,91	8,02	2,39	5,71	2,45	–	3,41	–
Na ⁺	13,10	10,80	1,80	5,46	11,00	7,66	44,20	24,10	5,53	23,10	15,60	0,48	13,57	–
K ⁺	6,00	3,89	3,77	7,52	4,75	2,36	9,93	5,89	3,41	7,38	10,6	–	5,95	–
PO ₄ ³⁻	0,001	0,048	0,003	0,001	0,005	0,128	0,118	0,024	0,019	0,024	0,06	0,011	0,037	0,1
NO ₃ ⁻	3,73	10,70	1,87	8,11	1,23	0,85	27,9	22	4,76	21,90	12,20	0,03	9,61	10
NO ₂ ⁻	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,05	–	–	–	1,0
SO ₄ ²⁻	1,44	0,25	0,37	0,18	1,69	0,93	2,07	0,90	0,05	0,73	0,49	–	0,76	250
Br ⁻	–	–	–	–	0,09	–	–	–	–	–	–	–	–	–
F ⁻	0,05	0,03	–	–	0,66	0,04	0,07	0,02	0,05	–	0,06	–	0,08	1,40
Cl ⁻	14,40	22,40	2,00	5,22	32,30	2,34	56,40	23,40	4,04	29,10	14,50	0,06	17,18	250
Metais (ng/mL)														
Al	–	10	3	160	14	3	1326	–	–	–	47	2	130	100
Mn	6	14	5	106	1	1	846	3	2	10	33	1	86	100

Ba	150	371	168	870	51	120	602	325	243	826	496	3	352	700
Li	0,19	4,40	0,78	0,61	0,33	2,71	2,49	1,14	2,48	9,93	5,18	0,28	2,54	2500
As	-	-	0,02	-	-	0,11	-	0,12	0,03	0,01	0,02	-	0,03	10
Rb	12,3	5,42	9,55	18,40	12,90	0,83	15,30	9,16	9,71	3,86	21,80	0,29	10,00	-
Sr	113	144	28	96	86	90	122	266	62	263	111	0,5	115	-
Ni	-	4,18	0,75	3,21	0,95	0,30	9,42	1,60	1,35	2,51	0,32	-	2,05	25
Pb	-	0,006	0,004	0,707	0,011	-	6,97	0,011	0,028	0,045	0,951	0,093	0,153	10
U	0,011	0,014	0,186	0,031	0,007	0,076	4,978	0,007	0,195	0,002	0,203	0,018	0,48	20
V	0,33	0,51	0,08	0,61	0,68	1,38	0,74	0,97	0,19	0,51	0,42	0,04	0,54	100
Cr	-	-	0,79	-	-	2,25	-	6,67	0,45	0,69	-	-	0,90	50

Tabela 1 – Parâmetros das amostras de água e valores reguladores do CONAMA. Dados em negrito estão acima destes valores.

* NMP/mL= Número Mais Provável por mililitro de produto analisado.

Para a classificação hidroquímica das amostras, os dados de concentração iônica foram plotados no diagrama de Piper (**Fig. 2**), com o auxílio do *software* Qualigraf (2017).

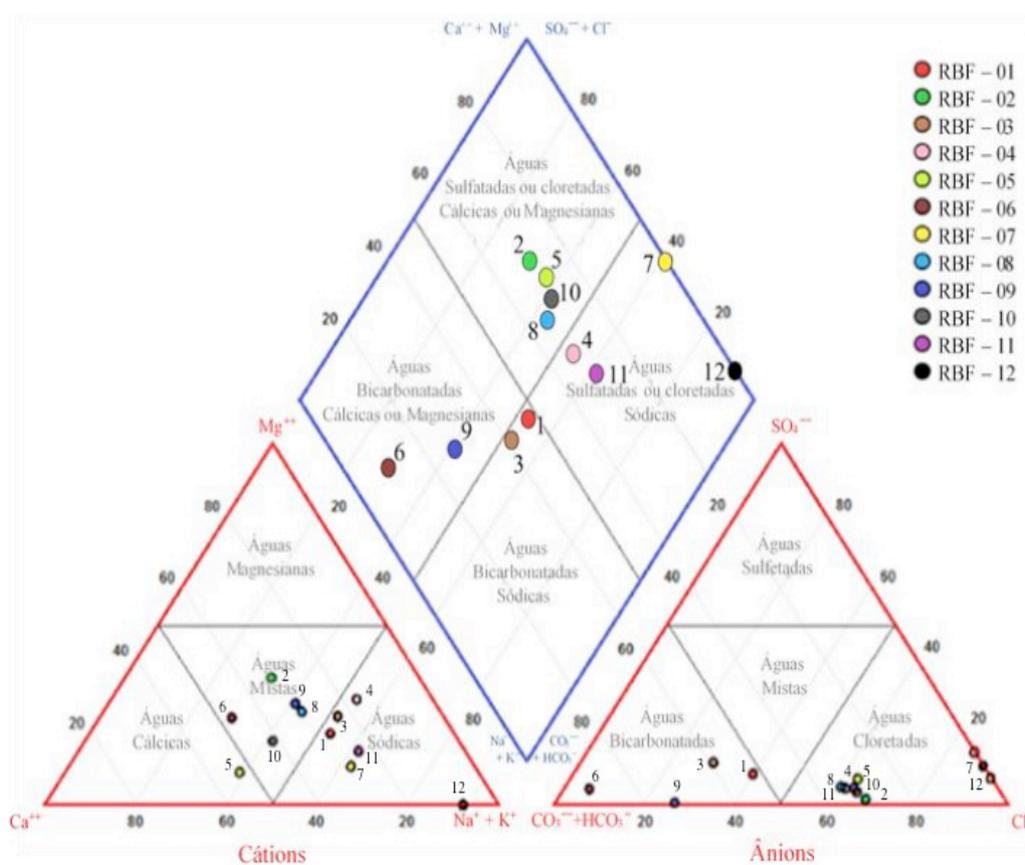


Figura 2: Diagrama de Piper com os tipos hidroquímicos e as fontes analisadas. 1 – RBF-01/ Alto do Taquaral; 2 – RBF-02/Vila Nogueira; 3 – RBF-03/Nossa Senhora Aparecida; 4 – RBF-04/ Colina das nascentes; 5 – RBF-05/Jardim Garcia; 6 – RBF-06/Jardim São José; 7 – RBF-07/ São Bernardo; 8 – RBF-08/Jardim Estoril; 9 – RBF-09/Jardim Esmeraldina; 10 – RBF-10/Jardim Carlos Lourenço; 11 – RBF-11/Jaguariúna; 12 – RBF-12/Paulínia.

4.1 Águas Bicarbonatadas Sódicas

As fontes RBF-01 e 03 foram classificadas como bicarbonatadas sódicas (**Fig. 2**). Embora os contextos hidrogeológicos sejam diferentes, aparentemente sofrem influência dos aquíferos Cristalino (RBF-01) e Tubarão (RBF-03), nos quais predominam este tipo composicional (VIDAL, 2002; EZAKI et al., 2014).

A fonte RBF-01 (**Fig. 3A**) está localizada no domínio da Suíte Jaguariúna, em Latossolo Vermelho. Por estar em uma zona de intenso urbanismo, com shopping center e condomínios, e ter leve tendência à água sulfatada/cloretada, é possível que esta amostra tenha recebido influência antrópica.

Por outro lado, a fonte RBF-03 (**Fig. 3C**) está no domínio do sub-grupo Itararé, em Latossolos Vermelho Amarelo – Neossolos. A água apresentou baixas concentrações de metais e os menores valores de COD e CE (**Tab.1**), podendo ser reflexo do solo pouco desenvolvido (IAC, 2016). Ademais, se localiza em uma região de baixa urbanização, sem grandes infraestruturas, mas com grande acúmulo de lixo urbano, o qual parece não exercer influência na composição da água.

4.2 Águas Sulfatadas ou Cloretadas Cálcicas/Magnesianas

As fontes RBF-02, 05, 08, 10 apresentaram águas sulfatadas ou cloretadas cálcicas/magnesianas (**Fig. 2**). As amostras RBF-02, 08, 10, estão no aquífero Cristalino (rochas do embasamento) e mostraram maior teor de Mg que a amostra RBF-05, sugerindo maior solubilidade dos minerais da rocha.

A fonte RBF-02 (**Fig. 3B**) está no domínio do Complexo Varginha-Guaxupé, em Argissolo Vermelho Amarelo, o qual é caracterizado pela baixa fertilidade química (IAC, 2016). As altas concentrações de metais (e.g. Mg, Ni, Li, Sr) indicam que esta fonte recebe mais influência do substrato rochoso do que do aquífero – bicarbonatado cálcico (EZAKI et al., 2014). Contudo, a concentração levemente acima do valor máximo permitido de nitrato (**Tab.1**), que ocorre naturalmente em concentrações baixas, induz a uma associação de contaminação com efluentes domésticos (MAGALHÕES-SILVA; BROTTTO, 2014), tornando-a imprópria para o consumo. O fato de a fonte amostrada estar localizada no centro urbano, corrobora esta hipótese.

A fonte RBF-05 (**Fig. 3D**), diferentemente das outras fontes, apresentou tendência mais cálcica, mas também se destacou pelos maiores valores de pH, COD e F^- (**Tab. 1**). Além de ser a única a ter valores detectados de Br^- (**Tab.1**). A fonte está sobre Latossolo Vermelho Amarelo e o sub-grupo Itararé, mas próximo às rochas intrusivas básicas. De acordo com Ezaki et al. (2014), o alto valor de flúor ($0,66 \text{ mg L}^{-1}$) está relacionado à alteração de argilominerais e micas de rochas sedimentares. Os autores ressaltam que o aquífero Tubarão apresenta maiores teores deste halogênio que o aquífero Cristalino. Desta forma, a fonte aparentemente recebe cargas tanto da rocha quanto do aquífero.

A fonte RBF-08 (**Fig. 3G**) está sobre o Complexo Varginha-Guaxupé, em

Argissolos Vermelho Amarelo. A água possui elevada concentração de Mg e Na, diferenciando-se, portanto, da composição química geral do aquífero, descrito por Ezaki et al. (2014), indicando forte relação com as rochas do embasamento. A concentração elevada de nitrato (acima do permitido) torna a água imprópria para o consumo de acordo com os órgãos reguladores. Maiores valores de V, Cr e Sr, provenientes possivelmente dos metassedimentos migmatíticos, já que esses metais não ocorrem em altas concentrações naturalmente em águas subterrâneas (VIDAL, 2002), contribuem para esta hipótese.

A fonte RBF-10 (**Fig. 3I**) está geologicamente sobre o Complexo Varginha-Guaxupé, em Argissolos Vermelho Amarelo. Elevados valores de nitrato, bário e coliformes, indicam grande influência antrópica, o que tornou a água imprópria para o consumo, conforme os órgãos reguladores. Vale ressaltar que foi a única que apresentou nitrito acima do limite de detecção instrumental ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$).

4.3 Águas Bicarbonatadas Cálcicas ou Magnesianas

As fontes RBF-06 e 09 estão sobre o Complexo Varginha-Guaxupé, no sistema aquífero Cristalino, em Argissolo Vermelho Amarelo. De acordo com o diagrama de Piper (**Fig. 2**), tratam-se de águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, indicando relação com o aquífero.

A fonte RBF-06 (**Fig. 3E**) se destaca pelo elevado valor de fosfato ($0,128 \text{ mg L}^{-1}$), acima do permitido pelo CONAMA (2005), a tornando imprópria ao consumo. Embora a textura e composição do solo sejam propícios ao acúmulo de fosfato, por ser argiloso (ESTEVES, 2011), elevados valores deste nutriente indicam origem antrópica, podendo ser de origem doméstica ou industrial (ESTEVES, 2011). A fonte está canalizada e aflora na margem de um riacho, em uma região de infraestrutura precária.

A fonte RBF-09 (**Fig. 3H**) mostrou baixo valor de CE, resultado da baixa concentração de diversos metais e pouca interação com a rocha do substrato.

4.4 Águas Cloretadas Sódicas

As fontes RBF-04, 07, 11 e 12 foram classificadas como cloretadas sódicas. As fontes RBF-04 e RBF-07 estão sobre o subgrupo Itararé, em Latossolo Vermelho-Amarelo, no sistema aquífero Tubarão. Já as fontes RBF-11 e 12 estão geologicamente sobre a Suíte Jaguariúna e o sub-grupo Itararé, respectivamente, mas ambas estão sobre o aquífero Cristalino e Argissolo.

A fonte RBF-04 (não ilustrada na Figura 3) se destacou pela elevada concentração de Al, Ba e Mn (**Tab.1**), com valores acima do permitido pelo CONAMA (2005). A baixa alcalinidade, assim como altas concentrações dos metais, são reflexo do pH ácido (4,66). Segundo Vidal (2002), em condições ácidas ocorre a substituição/dissolução dos minerais primários, como o feldspato. Deste modo, a fonte recebe grande influência do substrato rochoso.

A fonte RBF-07 (**Fig. 3F**) contém a água mais inadequada para o consumo humano, mostrando diversos parâmetros (**Tab.1**) acima do permitido pelo CONAMA (2005). Os maiores níveis de nitrato, CT e diversos metais (e.g. Al, Mn, Pb e U) deste estudo foram encontrados neste ponto (**Tab. 1**) e indicam forte influência antrópica em sua composição. Corrobora esta possibilidade o fato de a CETESB (2015) ter reportado uma fonte de contaminação industrial por metais, solventes halogenados e metano na área deste ponto, atualmente em processo de remediação. O elevado valor de CE é reflexo da alta concentração de metais na água, assim como a ausência de bicarbonato está relacionado ao pH muito ácido (3,96). A presença de CT reforça o alto teor de COD encontrado.

A fonte RBF-11 (**Fig. 3J**) mostrou elevada concentração de metais (e.g. K, Sr, Li, Rb) que indicam a forte influência da rocha granítica. A elevada concentração de nitrato (**Tab.1**), acima do valor máximo regulado, torna esta fonte imprópria para o consumo, além de contribuir para o alto teor de COD (segundo maior entre as amostras analisadas). A fonte está em uma praça de recreação no centro da cidade e, segundo os moradores, o consumo é elevado.

A fonte RBF-12 (**Fig. 3K**) é antagônica a fonte RBF-07, com concentrações muito inferiores de íons/metais que as outras fontes, muitas vezes abaixo do limite de detecção. É provável que este ponto no momento da amostragem tenha recebido forte influência de água meteórica, com pouco tempo de residência em subsuperfície. Tal hipótese está embasada no valor de CE muito baixo ($5,18 \mu\text{S}/\text{cm}$), o qual se assemelha a água de chuva (MATTHESS, 1982).

A Organização Mundial de Saúde investigou os efeitos da água desmineralizada (baixa condutividade elétrica) sobre a saúde, e os experimentos em humanos mostraram que este tipo de água aumentava a diurese (produção de urina pelo rim) e a eliminação de eletrólitos (íons dissolvidos), com diminuição da concentração sérica de potássio (KOZIEK, 2005).



Figura 3 – Fontes: (A) RBF-1/Alto do Taquaral; (B) RBF-2/Vila Nogueira; (C) RBF-3/Nossa Senhora Aparecida; (D) RBF-5/Jardim Garcia; (E) RBF-6/Jardim São José; (F) RBF-7/São Bernardo; (G) RBF-8/Jardim Estoril; (H) RBF-9/Jardim Esmeraldina; (I) RBF-10/Jardim Carlos Lourenço; (J) RBF-11/Jaguariúna; (K) RBF-12/Paulínia.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas da Região Metropolitana de Campinas estão dentro do padrão de potabilidade, mas com ressalvas. As fontes dos bairros Alta Taquaral (RBF-01), Nossa Senhora Aparecida (RBF-03), Jardim Garcia (RBF-05), Jardim Esmeraldina (RBF-09) e de Paulínia (RBF-12) estão de acordo com os padrões aceitos pelos órgãos reguladores. Entretanto, a água da fonte de Paulínia, com as baixas concentrações de metais e nutrientes dissolvidos, pode trazer sérios problemas a saúde (KOZIEK,

2005).

A fonte de Jaguariúna (RBF-11) e dos bairros Vila Nogueira (RBF-02) e Jardim Estoril (RBF-08) de Campinas apresentaram valores acima do permitido de nitrato, o que sugere contaminação por efluentes domésticos, segundo Magalhães-Silva e Brotto (2014).

Do mesmo modo, as fontes dos bairros Colina das Nascentes (RBF-04) e Jardim São José (RBF-06), em Campinas, apresentaram valores de metais (e.g. Al, Mn e Ba) e fosfato, respectivamente, acima do máximo permitido pelos órgãos reguladores, indicando influência antrópica na composição da água.

As fontes dos bairros São Bernardo (RBF-07) e do Jardim Carlos Lourenço (RBF-10) também são impróprias para o consumo, pois além dos elevados valores de nitrato e alguns metais, apresentaram coliformes totais. De acordo com a Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011) a ausência deste indicador seria o recomendado.

Em uma análise geral, as fontes mostraram alta associação com os seus respectivos aquíferos. As composições das águas variaram entre bicarbonatadas-cálcicas, sódicas e magnesianas, quando a relação com o aquífero era mais intensa, e cloretadas sódicas quando a interface rocha-água ou a influência antrópica era predominante.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista. Geologia do estado de São Paulo.** São Paulo, Instituto de Geografia e Geologia. Boletim 41, 96 p., 1964.

ANDRADE, E. M. et al. **Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1791-1797, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.** Brasília, DF. Ministério da Saúde, 212 p., 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** 2011.

CEBALHO, C. Em meio a estiagem, minas são potencial subestimado. Correio Popular, Campinas, 13 abr. 2014. Disponível em: http://correio.rac.com.br/_conteudo/167958.html. Acessado em 21 mar. 2019.

CEPAGRI – Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios paulistas.** Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br>. Acessado em: 06 fev. 2017.

CETESB - Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. **Áreas contaminadas e reabilitadas do estado de São Paulo.** 2015.

CETESB - Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. **Poluição das águas subterrâneas.** 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas/>. Acessado em 14 mar. 2019.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). **Dispõe sobre a classificação dos corpos**

de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. (Resolução nº 357) Ministério do Meio Ambiente. Brasília, n. 053, p. 58-63, 2005.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** Interciência/Finep. 3ª ed., Rio de Janeiro, 2011.

EZAKI S. et al. **Hidroquímica dos aquíferos Tubarão e Cristalino na região de Indaiatuba-Rafard, Estado de São Paulo.** Pesquisas em Geociências, v. 41, p. 65-79, 2014.

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas. **Solos do estado de São Paulo.** Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solossp>. Acessado em 28 nov. 2016.

IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Cidades.** Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br>. Acessado em 05 nov. 2016.

IG – Instituto Geológico. **Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do município de Campinas (SP).** São Paulo. Relatório Técnico, v. 2, 2009.

IRITANI, M.A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do estado de São Paulo.** Secretaria do meio ambiente, Instituto Geológico. 3ª ed. São Paulo. 104 p., 2012.

KAWAI, B. et al. **Poluição ambiental por metais.** Disponível em: <http://www.fernandosantiago.com.br>. Acessado em: 19 out. 2016.

KOZISEK, F. **Health risks from drinking demineralied water. Nutrients in drinking water. World health organization.** ISBN 92-4-159398-9, p. 148-159, 2005.

MAGALHÃES-SILVA, L. C.; BROTTTO, M. E. **Nitrato em água: ocorrência e consequências. Escola superior de química.** Faculdade Oswaldo Cruz. 2014.

MATTHESS, G. **The properties of groundwater.** 1982. In. SZIKSZAY, M. Geoquímica das águas. Universidade de São Paulo, 1994.

NEVES, M. A.; MORALES, N.; PEREIRA, S. Y. **Caracterização hidrogeológica dos sistemas aquíferos Cristalino e Tubarão na bacia do rio Jundiá (SP).** Águas Subterrâneas, v. 20, n. 1, p. 47-66, 2006.

OMS – Organização mundial da saúde. **Água.** Nota descritiva nº 391, 2015. Disponível em: <http://www.who.int>. Acessado em: 19 out. 2016.

PATHAK, S. P. et al. **Potability of water sources in relation to metal and bacteri al contamination in Some Northern and North-Eastern Districts of India.** Environmental Monitoring and Assessment, v. 33, p.151-160, 1994.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Declaração Universal dos Direitos da Água.** Paris, 1992. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br>. Acessado em 15 out. 2016.

VALLADARES, G.S.; COELHO, R.M.; CHIBA, M.K. **Mapa pedológico semidetalhado do município de Campinas, SP.** Legenda Expandida, n. 24. Campinas, SP, 2008.

VIDAL, A.C. **Estudo Hidrogeológico do Aquífero Tubarão na Área de Afloramento da Porção Central do Estado de São Paulo.** Rio Claro, 2002. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP. 2002.

YOSHINAGA-PEREIRA S. **Proposta de representação cartográfica na avaliação hidrogeológica**

para o estudo de planejamento e meio ambiente, exemplo da região metropolitana de Campinas-SP. Campinas, 1996, 190 p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1996.

Yoshinaga-Pereira, S.; Silva, A. A. K. **Condições de ocorrência das águas subterrâneas e do potencial produtivo dos sistemas aquíferos na região metropolitana de Campinas – SP.** Rev. IG São Paulo, p. 23-40, 1997.

IMPACTOS POTENCIAIS DOS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS NÃO-SEGURAS NO USO DA ÁGUA NA BACIA DO PARAOPEBA, MINAS GERAIS

Luciana Eler França

Fernando Figueiredo Goulart

Carlos Bernardo Mascarenhas Alves

RESUMO: Os impactos provenientes do rompimento de barragens na conservação e utilização de recursos hídricos são desastrosos, evidenciados com os casos de rompimento da barragem de Fundão, em Mariana e Barragem I, em Brumadinho. Este artigo analisa os impactos de potenciais rompimentos de barragens não-seguras nas outorgas da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG). O propósito deste artigo, foi mensurar os impactos potenciais no uso dos recursos hídricos ao longo da bacia, a partir de 18 cenários de rompimentos de barragens de rejeitos. Os resultados indicam como sendo o maior impacto no consumo de água pela atividade de mineração, chegando a 793,68 m³/hora nas áreas com maior consumo. Os rompimentos também irão afetar a irrigação e agropecuária na região, como mostrado pelos altos volumes de água afetados pelos cenários de rompimentos. O rompimento da barragem Bacias de Contenção de Sedimentos 1, 2 e 3, em Conselheiro Lafaiete, foi o que apresentou o maior impacto no volume total de água outorgada, com 2.558,88 m³/h. Considerando os resultados, é possível afirmar que todos os 18 cenários impactarão as áreas sociais e econômicas, além de afetar diretamente na

qualidade da água e o consumo por parte da população da Bacia do Rio Paraopeba e seus afluentes. A inclusão da análise de risco de rompimento de estruturas geotécnicas de empreendimentos no licenciamento é fundamental para evitar que desastres sócio-ambientais de rompimento ocorram novamente. **PALAVRAS-CHAVE:** licenciamento ambiental; impacto ambiental; barragem de rejeito; recurso hídrico

ABSTRACT: Dam failures are known to cause disastrous impacts on human well-being and water-use as highlighted by the failures of the “Fundão” dam, in Mariana and the “Barragem I” dam, in Brumadinho, Minas Gerais State, Brazil. This paper analyses the impacts of the rupture of insecure tailing dams on declared water catchment downstream of those dams, along the Paraopeba River Basin, resulting from 18 dam rupture scenarios. The results indicate the most of them being used by mining activities, impacting 793,68 m³/hour in areas with higher consumption. Irrigation and agriculture will be also affected in any of the scenarios. The failure of the “Bacias de Contenção de Sedimentos 1, 2, & 3” dam, in Conselheiro Lafaiete, resulted in the largest impact on water supply, affecting 2.260 m³/h of water catchment. Therefore, the collapse of any of the selected tailing dams will cause major impact in water supply for

human-use, deeply affecting the wellbeing and economy of those communities in the region. These results call for the need of stricter regulation and more robust failing risk assessment in order to avoid the occurrence of these type of disasters.

KEYWORDS: Environmental impact; Environmental Licensing; Tailings Dam; Water Resources

1 | INTRODUÇÃO

O rompimento de barragens de rejeito de minério apresenta grandes riscos para a biodiversidade e utilização de recursos hídricos. Evidencia-se com dois casos de rompimento de barragens: Fundão, em Mariana (MG) e Barragem I, em Brumadinho (MG). Na barragem de Fundão o dano referente aos recursos hídricos impactou diretamente no abastecimento público, cerca de 1,2 milhões de pessoas ficaram sem água (LACAZ; PORTO; PINHEIRO, 2016). As alterações de parâmetros físico-químico da água prejudicaram o consumo humano, a irrigação de lavouras, bem como levou e dessedentação de animais (CORREIA; MAGALHÃES, 2016).

Recentemente, o rompimento da Barragem I, no dia 25 de janeiro de 2019, em Brumadinho, impactou diretamente nas alterações de parâmetros físico-químico da água da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, apresentando riscos à saúde humana e animais. O rompimento também impactou diretamente o abastecimento público dos municípios abastecidos pelas prefeituras e COPASA, que tiveram que traçar alternativas para abastecer seus habitantes (SEAPA, 2019; COPASA, 2019; CORREIO BRASILIENSE, 2019). Adicionalmente, criando uma preocupação das prefeituras com relação a essa falta de água a época da estiagem, principalmente tendo em vista a crise hídrica atual. A população que depende da captação direta da água bruta do rio Paraopeba, também foi afetada, uma vez que a utilização da água foi suspender por tempo indeterminado, até os parâmetros voltarem ao normal, (SEMAD, 2019a; SEMAD, 2019b).

Frente a alta frequência de rompimentos de barragens em Minas Gerais e as consequências desastrosas que tais eventos possuem para a utilização dos recursos hídricos, este artigo analisa os impactos de potenciais rompimentos de barragens não-seguras no uso dos recursos hídricos, como abastecimento público, consumo humano, agricultura, pecuária, industrial, mineração e construção civil, da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG).

O objetivo principal deste trabalho foi mensurar os impactos potenciais no uso dos recursos hídricos de eventuais cenários de rompimentos de barragens de rejeito de empreendimento minerários não-seguras na bacia hidrográfica do rio Paraopeba, Minas Gerais.

Os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos: (1) construir os cenários de possíveis rompimentos das barragens não-seguras na bacia hidrográfica do Paraopeba; (2) Analisar os impactos de potenciais rompimentos de barragens

de rejeito não-seguras nos usos de diversas finalidades (abastecimento público, consumo humano, agricultura, pecuária, industrial, mineração e construção civil) da bacia hidrográfica do rio Paraopeba (MG), (3) Analisar os impactos de potenciais rompimentos nas faixas de vulnerabilidade dos usos dos recursos hídricos.

2 | MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba possui 510 km aproximadamente de extensão. Nasce no município Cristiano Ottoni e percorre até sua foz, represa de Três Marias, no município de Felixlândia. A bacia hidrográfica está inserida a sudoeste do Estado de Minas Gerais, na bacia hidrográfica do rio São Francisco (MATOS; DIAS, 2011).

A partir do Inventário de Barragens foram levantados os dados de barragens de rejeito de empreendimento minerário na bacia hidrográfica do rio Paraopeba (FEAM, 2017). Desses dados foram selecionadas as barragens não-seguras, ou seja, essas barragens são caracterizadas pelo relatório como: “o auditor não garantir estabilidade” e “Auditor não conclui sobre a situação de estabilidade, por falta de dados ou documentos técnicos”. Essa última categoria se refere ao fato do auditor não ter classificado a barragem como estável devido à falta de estudos geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos ou então não tinha histórico e pode ser constatado alguma incoerência nos documentos apresentados (FEAM, 2017).

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba possui 130 barragens de rejeito com uma representatividade de 61% do total de todas as barragens inseridas na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Além disso, essa bacia possui o maior risco de ser impactada por algum tipo de colapso ou ruptura de barragem de rejeito de empreendimentos minerários, uma vez que das barragens registradas, 33% não foram conclusivas ou não possuem garantia de estabilidade pelo auditor.

Com o uso de geotecnologia foram selecionadas 17 barragens não-seguras (Tabela 1) e mapeados 18 cenários de rompimento e manchas mínimas de inundação dos rejeitos. Dois deles são cumulativos considerando rompimentos consecutivos, sendo os outros 16 considerando rompimentos únicos. Cabe pontuar que ambos rompimentos recentes, ocorrido em Mariana (2015) e em Brumadinho (2019), envolveram barragens consideradas “estáveis” pelo relatório (FEAM, 2015;2017), o que aponta para o fato de que mesmo as barragens consideradas pelos órgãos fiscalizadores como seguras possuem, na verdade, significativo risco de rompimento.

Considerou-se como manchas mínimas de inundação do rejeito, um buffer de 60 m, a partir do eixo principal do curso de água ao longo do percurso do rejeito desde a localização da barragem até o final da bacia na barragem de Três Marias. O percurso incluiu os reservatórios Serra Azul e Rio Manso e a barragem Retiro de Baixo (Figura 1 e Tabela 1).

Identificação*	Cenários/Barragens	Classe	Município
1	Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	II	Conselheiro Lafaeite
2	Barragem Quéias	II	Brumadinho
3	Dique Leste I	II	Matheus Leme
4	Dique da Oficina	I	Itatiaiuçu
5	Dique da Oficina II	I	Itatiaiuçu
6	Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 1	I	Matheus Leme
7	Dique Flotação	I	Itatiaiuçu
8	Dique da Divisa	I	Itatiaiuçu
9	Dique Manzano II	I	Itatiaiuçu
10	Dique Mineira	I	Itatiaiuçu
11	Dique Couves (Musa)	II	Itatiaiuçu
12	Dique Intermediário	I	Itatiaiuçu
13	Dique 14	II	Itatiaiuçu
14	Dique Asfalto	I	Itatiaiuçu
15	Barragem de Captação de Água	I	Itatiaiuçu
16	Barragem 1	III	Brumadinho
17	Dique Intermediário + Dique 14	-	Itatiaiuçu
18	Dique Asfalto + Barragem Captação de água	-	Itatiaiuçu

Tabela 1 – Tabela de Barragens de rejeito mineral não-seguras, na bacia do rio Paraopeba

Fonte: Autores, 2018 Nota (*): Identificação das barragens nas Figuras

A partir desses cenários foram analisados os potenciais impactos ocasionados pelo rompimento dessas barragens não-seguras nas outorgas, ou seja, no uso disponibilizado na bacia. Foram consideradas todas as outorgas sobrepostas as áreas de manchas mínimas de inundação do rejeito, o volume outorgado e a finalidade do uso da água. A política estadual de recursos hídricos constitui a outorga como um instrumento do direito de uso dos recursos hídricos, ou seja, direito ao acesso a água (IGAM, 2010). Esse instrumento tem a funcionalidade de, além de regularizar o uso, disciplinar a demanda crescente da água e o potencial de retirada (volume outorgável) de cada bacia.

Segundo dados fornecidos Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), a bacia do Paraopeba possui 11.470 outorgas cadastradas junto ao Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM). Dessas outorgas foram selecionadas algumas para compor este estudo com as seguintes premissas:

- O prazo de validade vigente;
- Status do processo: Cadastro Efetivado, Outorga Deferida, Outorga Renovada; Outorga Retificada; Processo Formalizado;
- Tipo de Outorga: Superficial;
- Status do Uso: Significante e Insignificante.

Foi realizado o cruzamento dessas outorgas com os cenários, possibilitando extrair as informações das outorgas superficiais que serão impactadas (sobrepostas a mancha mínima de inundação), com relação ao uso, volume e quantitativo caso ocorra o rompimento de alguma barragem de rejeito mineral não-segura (Figura 1).

A partir da seleção do uso dos recursos hídricos, foram analisadas regiões de vulnerabilidade hídrica. Essas regiões foram mapeadas pelo uso e volume de água utilizada e método de densidade de Kernel. O método de Kernel analisa densidade de eventos espaciais no qual os pontos de ocorrência de determinados eventos são ponderados, sendo que pesos mais altos indicam áreas mais densas e mais próximos dos pontos (SOUZA, 2015).

O mapeamento de regiões de vulnerabilidade dos recursos hídricos foram elaborados com objetivo de analisar as regiões de sensibilidade para os usos possibilitando mensurar as áreas de maior impacto caso ocorra algum cenário de rompimento da barragem.

No presente estudo identificou regiões de vulnerabilidade hídrica tendo em vista a densidade de outorgas e o volume de água outorgado. A partir da densidade, foram classificadas faixas de vulnerabilidade hídrica, que se referem a áreas de maior densidade de outorgas e maior volume outorgado, considerando áreas englobando 50%, 70%, 80% e 90% dos pontos e volume outorgado.

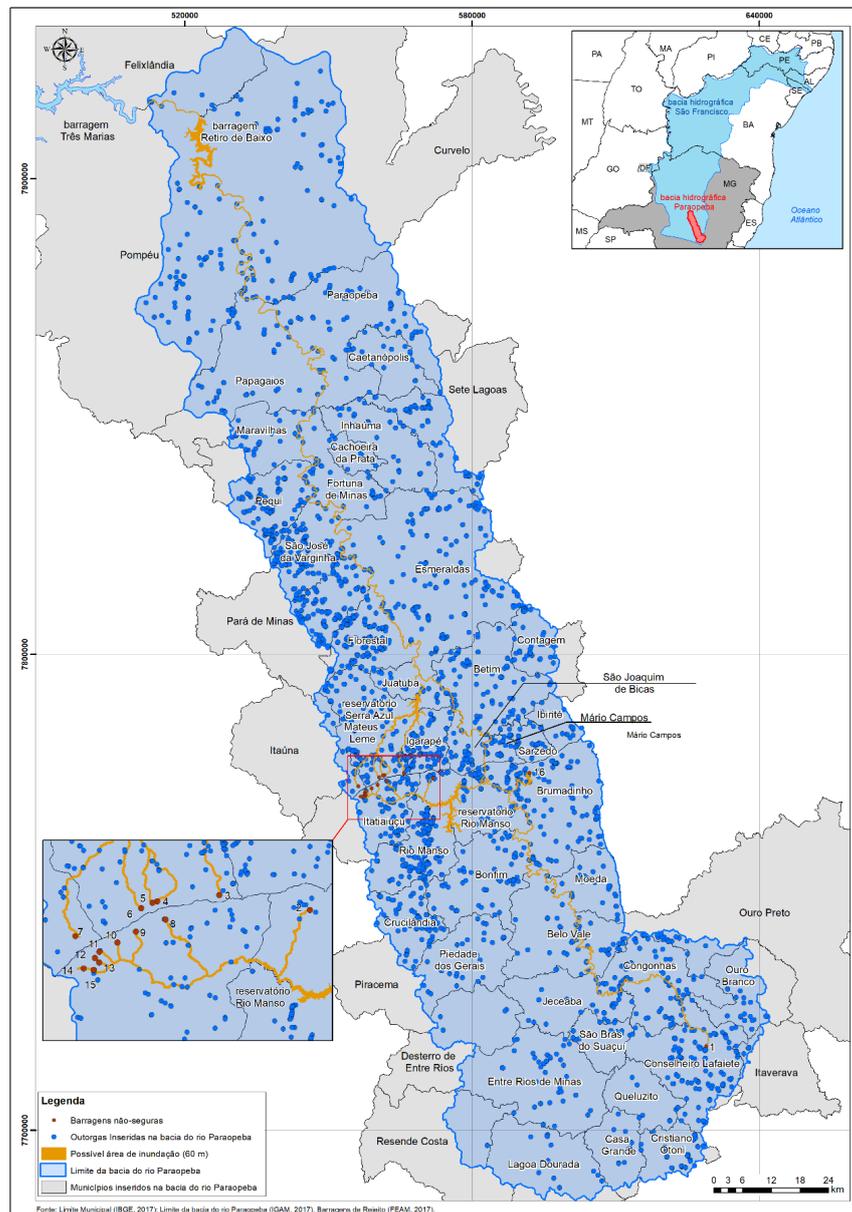


Figura 1 – Cenários e Outorgas existentes na bacia hidrográfica do rio Paraopeba

Fonte: Autores, 2018

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cenário de maior impacto é o da Barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3 em Conselheiro Lafaiete, pois esse possui a maior extensão percorrida pelo rejeito, com 474,98 km e maior área de mancha mínima de inundação do rejeito, com 7.635,57 ha. O maior impacto desse cenário será nas atividades de mineração, com 22 (25%) outorgas impactadas, chegando a 793,68 m³/h (31%) e irrigação, com 24 (27,27%), chegando a 546,4 m³/h (Figura 2, Figura 3 e Tabela 2). Esse cenário foi o que apresentou o maior impacto no volume total de água outorgada, com 2.558,88m³/h (8%).

Vale ressaltar que seguido dessas finalidades, a terceira maior impactada será a

que não possui informação de finalidade de uso, com 21 (23,86%), ou seja, não tem como saber qual atividade econômica e/ou social sofrerá impacto.

Foram analisadas 3.152 outorgas (27,48%) a partir das premissas e 50 (1,60%) dessas, poderão ser impactadas pelos cenários são de uso insignificante e 69 (2,19%) dessas são uso significativo. As outorgas de uso significativo apresentam a maior concentração de volume, entretanto 47 (96%) dessas outorgas não possuem informação de volume total utilizado.

O percurso do rejeito e as manchas mínimas de inundação depois do município de Juatuba é coincidente para todos os cenários, no médio e baixo Paraopeba e impactarão 57 outorgas (Figura 2 e Figura 3).

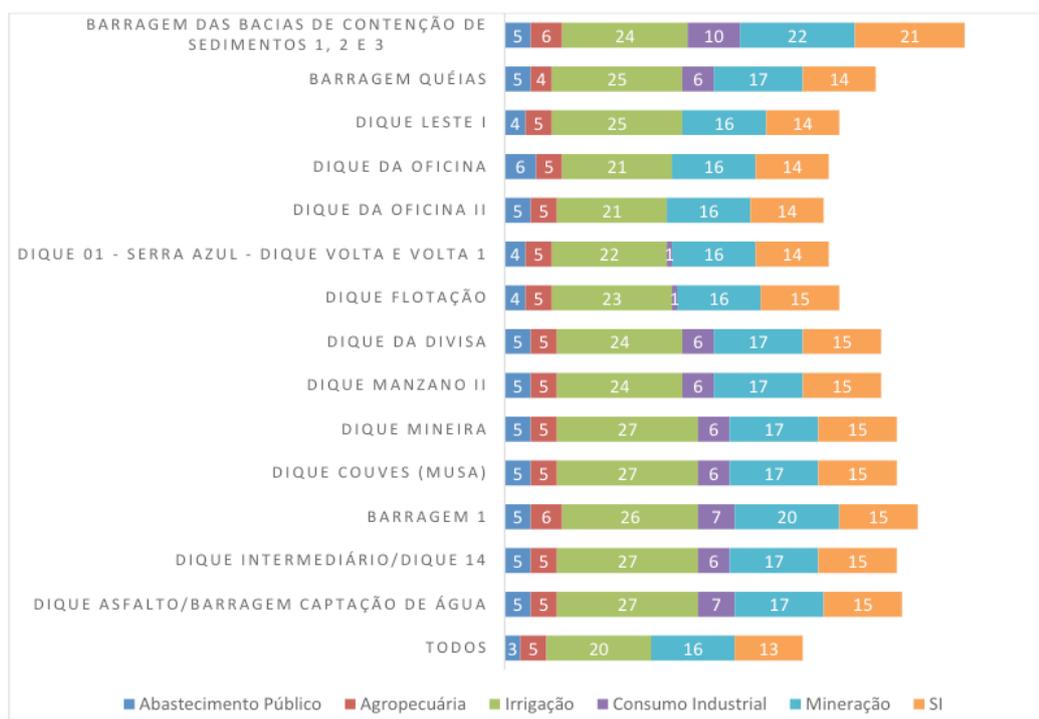


Figura 2 – Outorgas impactadas x Cenários x Finalidade de uso

Fonte: Autores, 2018

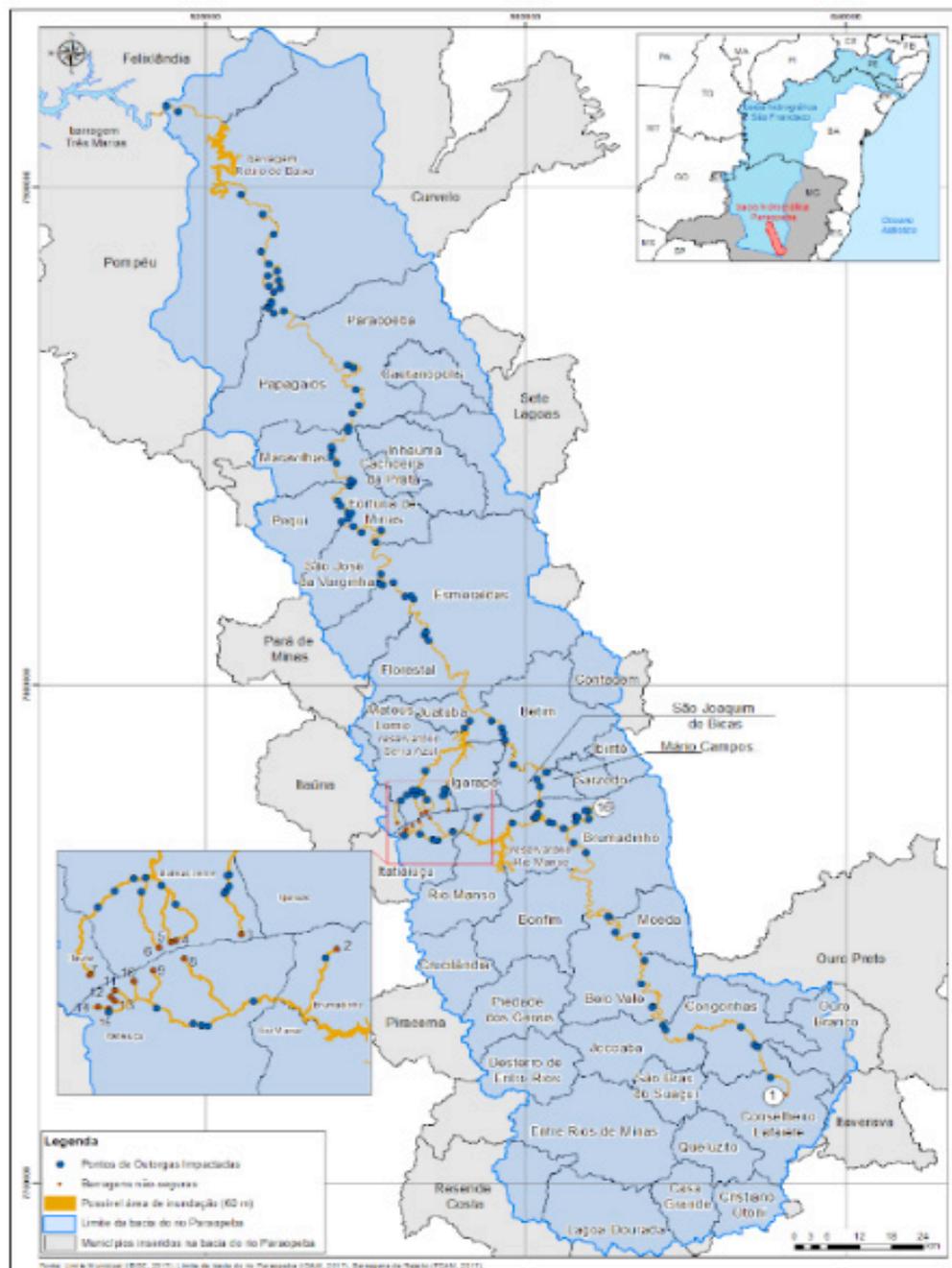


Figura 3 – Outorgas impactadas por todos os Cenários

Fonte: Autores, 2018

A maior parte do volume de água das outorgas impactadas pelos cenários se destina a finalidade de irrigação, chegando a 758,4 m³/h (42,73%), no cenário de rompimento da Barragem I, seguido dos cenários das barragens Quéias, Dique Divisa, Dique Manzano II, Dique Mineira, Dique Couves (Musa), Intermediário, Dique 14, Dique Asfalto, Captação de água, chegando a 650,8 m³/h (Figura 4 e Tabela 2). O segundo maior volume de água impactado pelos rompimentos é o consumo destinado a agropecuária, chegando a quase 586,6 m³/h (19%), no cenário barragem bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3 (Figura 4 e Tabela 2).

A finalidade de uso destinada para irrigação e agropecuária possui destaque para horticultura, no alto e principalmente no médio curso da bacia, uma vez que a

produção agrícola da região é destinada para o fornecimento da região metropolitana de Belo Horizonte e Betim. No baixo curso possui destaque na atividade desenvolvida para pecuária extensiva, bem como concentram-se as monoculturas de eucaliptos provimento das siderúrgicas presentes na região (IGAM, 2013). As atividades de pecuária e agricultura são desenvolvidas ao longo de toda a bacia (MATOS; DIAS, 2012), e, portanto, poderão ser impactadas pelos rompimentos.

A finalidade industrial possui o maior consumo de água no cenário barragem das bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3 com 496,8 m³/h (19,41%). Os cenários barragem Quéias, barragem de Captação de Água, Dique Asfalto, Dique Intermediário, Dique 14, Dique Couves (Musa), Dique Mineira, Dique Manzano II e Dique Divisa impactarão 374,4m³/h de água outorgada (Figura 4 e Tabela 2). Já os cenários Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 2, Dique Oficina II, Dique Oficina, Dique Leste I e Dique Flotação possuem o consumo bem menor, entre 43,2 m³/h e 72 m³/h (Figura 4 e Tabela 2).

As atividades industriais possuem destaque nos municípios de Conselheiro Lafaiete, Ouro Branco, Congonhas, Ibirité, Sarzedo, principalmente em Betim e Contagem, Sete Lagoas, Cachoeira da Prata e Paraopeba. Apesar dessas atividades serem encontradas em outros municípios da bacia (IGAM, 2013; MATOS; DIAS, 2012).

As outorgas com finalidade de abastecimento público a serem impactadas são dos municípios de Pará de Minas e a região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Desta finalidade, dois reservatórios de abastecimento público poderão ser impactados, o reservatório de Serra Azul e Rio Manso. Todos os cenários, exceto o cenário de rompimento da barragem Bacias de Contenção de Sedimentos 1, 2 e 3, impactarão esses reservatórios. Percebe-se que o impacto ocorrerá diretamente na população que depende dessa finalidade de uso da água. O abastecimento público sofrerá maior impacto nos cenários de rompimento das barragens Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 2, Dique Oficina, Dique Oficina II, Dique Leste I e Dique Flotação, com 172,8 m³/h (Figura 4 e Tabela 2).

O cenário Dique Leste I impactará o menor volume da finalidade de mineração, chegando a 81,08m³/h (6,23%) (Figura 4 e Tabela 2). A atividade minerária é desenvolvida e toda a bacia, principalmente, no alto e médio curso de água, dada a exploração de minério de ferro e manganês na região. A extração de areia e argila possui destaque, principalmente nos municípios de Cachoeira da Prata, Esmeraldas, Inhaúma, Felixlândia e Fortuna de Minas, com objetivo de fornecimento para construção civil (IGAM, 2013; MATOS; DIAS, 2012).

As outorgas sem informação de finalidade, em relação ao seu uso, representam entre 2% e 8%. Vale ressaltar que a falta dessa informação, da finalidade de uso, caso ocorra um rompimento, pode prejudicar a dimensão do impacto a ser gerado (Figura 4 e Tabela 2).

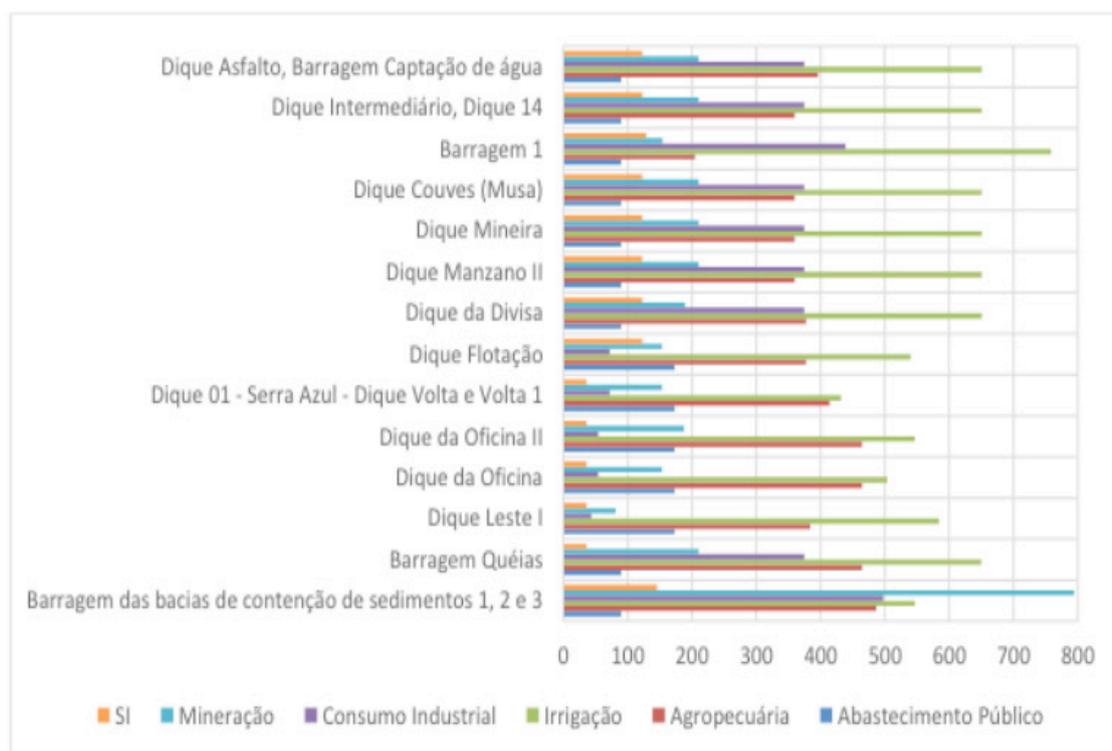


Figura 4 – Volume de outorgas impactadas (m³/h) x Cenários x Finalidade de uso na bacia hidrográfica do rio Paraopeba

Fonte: Autores, 2019

Finalidade de uso	Abastecimento Público (m³/h)	Agropecuária (m³/h)	Consumo industrial (m³/h)	Irrigação (m³/h)	Mineração (m³/h)	SI (Sem Informação) (m³/h)
Cenários						
Barragem bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3	90	486,6	496,8	546,4	793,68	145,4
Barragem Quéias	90	464	374,4	650	210,68	36
Barragem de Captação de Água; Dique Asfalto; Dique Captação de Água/Dique Asfalto	90	395,6	374,4	650,8	210,68	122,4
Dique Intermediário; Dique 14; Dique Intermediário/Dique 14	90	359,64	374,4	650,8	210,68	122,4
Dique Couves (Musa)	90	359,64	374,4	650,8	210,68	122,4
Dique Mineira	90	359,64	374,4	650,8	210,68	122,4
Dique Manzano II	90	359,64	374,4	650,8	210,68	122,4
Dique da Divisa	90	377,6	374,4	650,8	188,68	122,4
Dique 01 - Serra Azul - Dique Volta e Volta 2	172,8	413,6	72	431,6	153,08	36
Dique Oficina II	172,8	464	54	546,6	187,88	36
Dique Oficina	172,8	464	54	503,6	153,08	36
Dique Leste I	172,8	383,6	43,2	584	81,08	36
Dique Flotação	172,8	377,6	72	539,6	153,08	122,4
Barragem I	90	204,8	439,2	758,4	154	128,64

O mapeamento das faixas de vulnerabilidade dos recursos hídricos foi elaborado pelo método de Kernel e este foi determinado na hierarquização de uma escala que varia entre Muito Baixa (0 - 5,07) - 90%, Baixa (5,07 - 10,13) - 80%, Alta (10,13 - 15,20) - 70%, Muito Alta (15,20 - 25,33) - 50%, sendo esse índice tanto maior quanto maior o grau de vulnerabilidade, ou seja densidade de outorgas e volume outorgado (Figura 6).

O método de Kernel se mostrou apropriado para objetivo do estudo apontando para fato de 48% municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Paraopeba abrangem as regiões de maior vulnerabilidade hídrica (Figura 7). Vale ressaltar que a concentração de barragens não-seguras está localizada nas regiões mais vulneráveis.

As faixas de vulnerabilidade hídrica mais afetadas pelos rompimentos são a Muito Baixa, com 49% e Baixa, com 28% (Figura 5). Vale ressaltar a importância extrema da vulnerabilidade hídrica em relação ao abastecimento público, principalmente o sistema de abastecimento integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte, composto pelos reservatórios Serra Azul e Rio Manso, que atende 8 milhões e 600 mil habitantes (OLIVEIRA, 2018). Existem 17 cenários que impactarão diretamente esse sistema de abastecimento da metrópole (Figura 3).

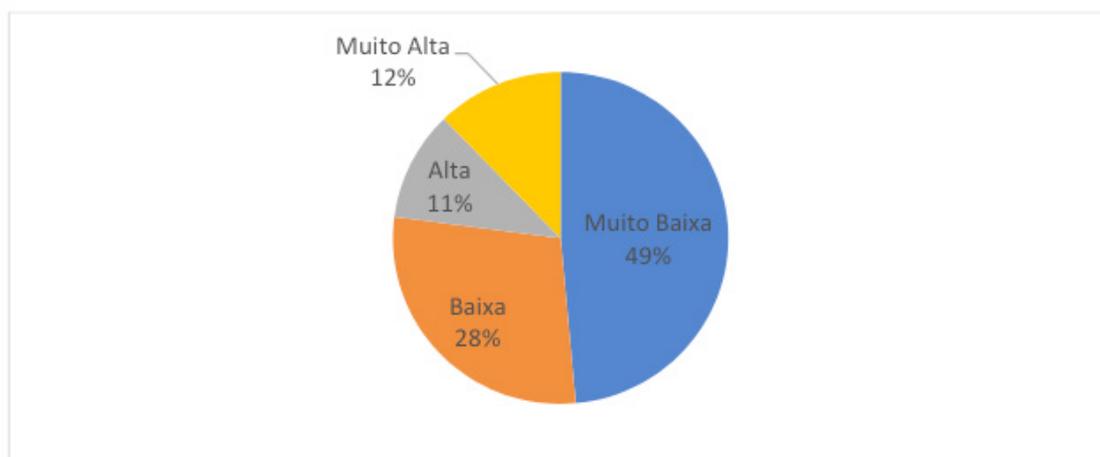


Figura 5 – Faixas de Vulnerabilidade x Cenários

Fonte: Autores, 2019

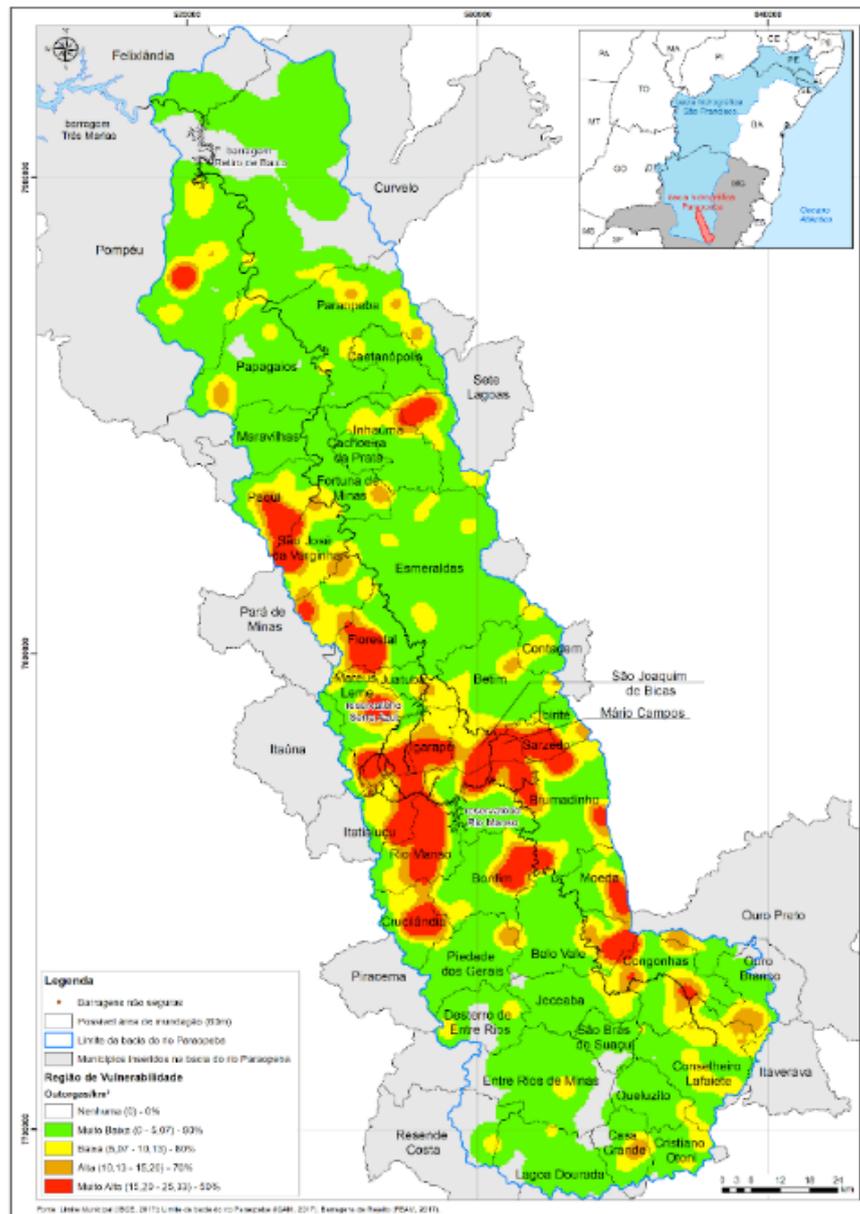


Figura 6 – Mapeamento das regiões de vulnerabilidade de uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Paraopeba

Fonte: Autores, 2019



Figura 7 – Mapeamento das faixas de vulnerabilidade x cenários de potenciais rompimentos de barragens

Fonte: Autores, 2019

4 | CONCLUSÃO

É possível afirmar que qualquer desses 18 cenários impactarão profundamente na qualidade da água para a população do rio Paraopeba e seus afluentes. Esse tipo de análise é fundamental para a evolução da discussão do licenciamento ambiental, visto que, atualmente, somente são analisados os impactos ambientais referentes as fases prévia de instalação e operação. A inclusão da análise de risco de rompimento de estruturas geotécnicas de empreendimentos de maneira mais profunda no licenciamento é essencial para evitar que desastres ambientais desse tipo ocorram.

O cenário de rompimento que mais impactará o volume de água destinado a finalidade de irrigação será o da barragem I, em Brumadinho, chegando a 758,4 m³/h. Cabe pontuar que tal barragem se rompeu durante o estudo, mostrando o quão

reais, frequentes e prováveis são os rompimentos desse tipo de estrutura. O cenário barragem bacias de contenção de sedimentos 1, 2 e 3, em Conselheiro Lafaiete, impactará o maior volume de água destinado a finalidade de mineração, chegando a 793,68 m³/h. Dessa forma, o rompimento de barragens de rejeitos é um problema econômico enorme, inclusive para a atividade minerária.

Caso algum desses cenários venham a ocorrer, o impacto econômico vai ser enorme, uma vez que a bacia hidrografia do rio Paraopeba possui diversas atividades econômica relacionadas à irrigação, agropecuária e mineração. Outro impacto de extrema importância é no contexto social, como mostrado pelo número fatalidades humanas. Em Mariana foram 19 óbitos e em Brumadinho foram 171 mortes confirmadas e 139 desaparecimentos, apontando para o potencial genocida do rompimento de tais estruturas.

É importante destacar que algumas outorgas não possuem informações sobre a finalidade do uso, ou seja, possuem uso definido. Essa falta de informação, representa entre 2% e 8%, aproximadamente, das outorgas a serem impactadas, com isso prejudica, caso ocorra um rompimento, a análise do impacto a ser gerado. O mesmo ocorre com a falta de informação de volume captado por outorgas de uso significativo que possui a representatividade de 39%. Conclui-se que a necessidade de fortalecimento de fiscalização e melhoria do sistema de informação por parte do órgão competente, visto que o processo de outorgas é auto declaratório.

Finalmente, percebe-se suscetibilidade das regiões que apresentam a maior vulnerabilidade em relação aos cenários mapeados visto que há uma concentração maior de barragens de rejeito nas regiões e faixas de vulnerabilidade hídrica.

REFERÊNCIAS

COPASA, 2019, 27 jan. **Abastecimento de água na região do Rio Paraopeba**. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/releases/2019rel/janeiro19rel/abastecimento-de-agua-na-regiao-do-rio-paraopeba-ie14324!/ut/p/a1/zZJPTwIxEMU_CweOTWdhI90eV1T-i8GDy17MsB2WEmhLtxj99haDiRckerKXzpu8ZCa_N7zkBS81vqoavTladyd d9l6mMMmHkwmM54vRPeSTxXwwH90sHmYpf-YILyvtrd_wZaM8scpYbDB82tNRmqYNKIROk2-DJbdWu9DZW0e6wTZo41WIMLgc7QgbCIUHIhFUG7aoSTIzVrjCxlOI9qS9YZIY1kdkGpmj WmHoGOaUYRYdGksrZlqiuNuJTxtarEISo2r9qSol-VIQdpKoJ5iopGRxBZIJSYIlaVdUJJMk E1EAsAwA4MLL4Rqf8TVDGNBxs_6sPi3pN0zpteHFFxZefGHhxRkLL75j4cWfsYTJans4IH kl8BTWm-fFP03w88oCx0cY9aN4AONsCBnkWRqJYR-6SRydDT8EtQxJpheTuEv50y9Pw-732XY9TXb17XsXtomtW60PG1nlnQ!!/dl5/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/> Acessado em: 04/02/2019

CORREIA, R.; MAGALHÃES, J. Assembleia Legislativa do estado de Minas Gerais. **Comissão Extraordinária com a finalidade de realizar estudos, promover debates e propor medidas de acompanhamento das consequências sociais, ambientais e econômicas da atividade mineradora no Estado, notadamente no que tange ao rompimento das barragens ocorrido em Mariana, seus desdobramentos e ações de recuperação dos danos causados, bem como discutir a situação de outras barragens existentes no Estado**: Comissão Extraordinária das Barragens. Relatório Final. Belo Horizonte: [s.n.], 2016. 249 p.

CORREIO BRASILIENSE, 01 FEV. **Brumadinho: rejeitos avançam e afetam cidades banhadas pelo Rio Paraopeba**. Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/02/01/interna-brasil,734614/brumadinho-rejeitos-avancam-e-afetam-cidades-banhadas-pelo-rio-paraop.shtml>>. Acessado em: 04/02/2019

FEAM. **Inventário de barragem do Estado de Minas Gerais - ano 2016**. Belo Horizonte, 2017.

IGAM, INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Manual técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: [s.n.], 2010. 113 p. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/outorga/manual/manual-de-outorga.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

IGAM, IGAM, INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade de água na bacia do rio Paraopeba**. Belo Horizonte. 2013. 41p.

LACAZ, F. A. C.; PORTO, M. F. S.; PINHEIRO, T. M. M. **Tragédias brasileiras contemporâneas: o caso do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão/Samarco**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 42, n. 0, p. 1–12, 2017.

MATOS, F.; DIAS, R. **Consórcios Intermunicipais e a bacia hidrográfica do rio Paraopeba**. ResearchGate, Minas Gerais, p. 1-15, jan. 2015. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/publication/277203841>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

OLIVEIRA, R. S. **Experiência e desafios da COPASA MG para a sustentabilidade das bacias de captação de água para o abastecimento humano**. Belo Horizonte: III Simpósio de Modelagem de Sistemas Ambientais e Gestão da Paisagem (27/11/2018), 2018.

SEAPA, 2019, 31 jan. A água do rio Paraopeba apresenta riscos à saúde humana e animal e não deve ser utilizada para qualquer finalidade. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/component/gmg/story/3306-comunicado>>. Acessado em: 04 fev. 2019.

SEMAD, 2019a, 06 fev. **Nota de Esclarecimento 13 – Desastre Barragem B1**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1/3757-nota-de-esclarecimento-13-desastre-barragem-b1>> Acessado em: 12/02/2019.

SEMAD, 2019b, 07 fev. **Nota de Esclarecimento 14 – Desastre Barragem B1**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1/3758-nota-de-esclarecimento-14-desastre-barragem-b1>> Acessado em: 12/02/2019.

SOUZA, F.C.M. **Implementação de SIG e Mapas de Kernel visando Acessibilidade na Educação Superior**. 84 f. Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

MODELAGEM DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SOLO REFORÇADO NO SISTEMA TERRAMESH

Taila Ester dos Santos de Souza

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ
Ijuí - RS

Carlos Alberto Simões Pires Wayhs

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ Ijuí - RS

Alan Donassollo

Maccaferri do Brasil
Novo Hamburgo – RS

RESUMO: A aplicação de reforços é uma técnica muito antiga para aumentar a estabilidade de taludes, sendo uma delas as estruturas de solo reforçado com uso de telas de gabião com prolongamento para dentro do talude, ainda muito pouco utilizadas. Este trabalho objetiva relatar pesquisa onde foram dimensionadas estruturas otimizadas de contenção de 8 a 12 metros no sistema Terramesh sem reforço adicional com geogrelha, analisando-se estabilidade global, estabilidade interna e verificação como muro. A pesquisa serviu de tema para trabalho de conclusão de curso da primeira autora e é produto da parceria existente entre a universidade e empresa global fornecedora de soluções de engenharia. A metodologia adotada na pesquisa compôs-se pesquisa experimental, modelagem das estruturas em software, apresentação

e análise dos resultados e arazoamento de conclusões. As análises das estruturas de contenção buscaram otimizar os parâmetros de projeto visando atender no limite os fatores de segurança da NBR11682/2009. Verificou-se que a eficácia das estruturas de contenção aconteceu quando o comprimento do reforço equivalia a sua altura menos dois metros.

PALAVRAS-CHAVE: Solo Reforçado. Sistema Terramesh. Muros em Solo Reforçado.

ABSTRACT: The application of reinforcements is a very old technique to increase slope stability, one of which is the reinforced soil structures with gabion screens extending into the slope, still very little used. This work aims to report a survey where optimized containment structures of 8 to 12 meters in the Terramesh system without additional geogrid reinforcement were analysed, analysing overall stability, internal stability and verification as a wall. The research served as the theme for the first author's course work and is a product of the existing partnership between the university and the global engineering solutions provider. The methodology adopted in the research was experimental research, modelling of structures in software, presentation and analysis of results and reasoning of conclusions. The analysis of the containment structures sought to optimize the design parameters in order to meet the

safety factors of NBR11682/2009. It was found that the effectiveness of the containment structures occurred when the length of the reinforcement was equal to its height less than two meters.

KEYWORDS: Reinforced Soil, Terramesh System, Reinforced Soil Walls.

1 | INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas que atingem a população brasileira é a instabilidade de encostas, que tem provocado acidentes de grandes proporções colocando vidas em risco. Em estações chuvosas com elevado índice pluviométrico as encostas ficam mais suscetíveis a escorregamentos, devido ao aumento do excesso de poro-pressão que reduz a resistência do solo ao cisalhamento (DUTRA, 2013).

De acordo com Massad (2010), um dos processos de estabilização de encostas mais utilizados atualmente é a execução de aterros compactados que para a garantia de estabilidade devem ser reforçados, um destes tipos é a estrutura de solo reforçado.

Existem diversas técnicas de reforço eficientes para a estabilização dessas estruturas, possibilitando obras de contenção em regiões com solos de baixa capacidade mecânica, bem como em locais de difícil acesso. Dentre algumas técnicas pode-se citar a utilização de elementos de reforço, como os paramentos frontais anexos a reforços de malhas hexagonais, entre outros (MASSAD, 2010).

De acordo com Palmeira (1992), o conjunto solo mais reforço, apresenta material menos deformável e mais resistente que o solo natural, melhorando a resistência e reduzindo as deformações de obras como taludes íngremes, estruturas de contenção, entre outros.

O crescimento na construção de estruturas de contenção e a necessidade de se ter estruturas cada vez mais altas e resistentes, fez com que se abrissem caminhos para pesquisas em tecnologias que tornassem essas estruturas cada vez mais eficientes. A partir de então, surgiu a ideia de utilizar como tema do trabalho de conclusão de curso da primeira autora a modelagem de estruturas de contenção, com alturas variando de 8 a 12 metros, no sistema Terramesh, tecnologia desenvolvida pela empresa Maccaferri do Brasil, a qual é parceira deste estudo em conjunto com a UNIJUÍ (Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul).

Este sistema oferece boa resistência a tração devido a malha hexagonal que é inserida no maciço de solo, e flexibilidade, além de facilidade construtiva. Para Lopes (2001), o reforço de solos funciona como um melhoramento mecânico do solo. O reforço permite que o solo suporte esforços de corte superiores aos que suportaria de outra forma (LOPES, 2001). Assim, pode-se construir estruturas de contenção com maiores alturas, maior verticalidade, superior resistência, em pouco tempo e com menor custo, visto que pode ser utilizado o solo local, mesmo que este seja de qualidade inferior, não apropriado a tal estrutura (LOPES, 2001).

Assim, este trabalho objetiva relatar pesquisa onde foram dimensionadas

estruturas de contenção de 8 a 12 metros de altura no sistema Terramesh sem reforço adicional, analisando-se estabilidade global, estabilidade interna e verificação como muro. A modelagem das estruturas foi executada utilizando comprimento otimizado de reforço, objetivando analisar a variação do comprimento de acordo com a altura de cada estrutura, além de verificar seu desempenho.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em quatro etapas. Iniciou-se pela análise de resultados de ensaios laboratoriais de pesquisas anteriores, realizados no Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UNIJUÍ (Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul), especialmente nos ensaios de caracterização e de cisalhamento direto.

Na sequência, escolheram-se os dados referentes às características do solo e parâmetros de resistência, que foram utilizados para modelagem da estrutura de contenção no sistema Terramesh em software criado pela empresa Maccaferri, o MACSTARS. Os dados usados na modelagem foram os parâmetros de resistência do solo coesão, ângulo de atrito do solo e os pesos específicos natural e saturado.

Foi analisado então o comportamento da estrutura quando submetido a variação da altura de 8 a 12 m, buscando o menor comprimento da base possível, bem como da malha hexagonal que avança para dentro do solo do aterro, funcionando como um reforço, visando obter uma estrutura que tivesse estabilidade externa e interna e atendesse as verificações como muro de contenção, que são tombamento, deslizamento e capacidade de carga nas fundações.

A metodologia completa-se com as duas últimas etapas, com a análise dos dados obtidos na modelagem e apresentação de resultados, finalizando com as conclusões.

3 | RESULTADOS

Este capítulo, para melhor entendimento, dividiu-se em apresentação do sistema Terramesh e do método de análise da estabilidade de taludes utilizado. Na sequência destacam-se a caracterização geotécnica do solo a partir dos resultados de ensaios. Conclui-se com a análise das estruturas modeladas.

3.1 O sistema Terramesh

O Sistema Terramesh, é baseado no princípio do solo reforçado e na tecnologia desenvolvida no início dos anos 60 por Henri Vidal, conhecida como “terre armé” (terra armada). Esse princípio pode ser encontrado na natureza, observando como o solo adquire resistência pela presença de raízes inseridas ao longo de sua estrutura, agindo como tensores (SAYÃO; SIEIRA, 2005).

Segundo Ananias et al. (2013), o sistema Terramesh é composto por reforços em malha hexagonal de dupla torção 8x10 cm, em arame com 2,7 mm de diâmetro

revestido em PVC, anexos a um paramento frontal formado pela mesma malha, e pedras no formato de caixas similares aos gabiões. Os elementos do sistema Terramesh não necessitam de acabamento complementar e os elementos de reforço compõem o maciço de solo, de forma contínua e sem qualquer tipo de emenda ou costura, além de o pano de reforço e a base ficar paralelo a face da tampa do paramento frontal, conforme visualiza-se no modelo da Figura 1 de autoria de Maccaferri (2008).

De acordo com o dissertado por Sayão e Sieira (2005), a capacidade de ancoragem desenvolvida pela malha hexagonal é devido à ação combinada do atrito, corte e travamento mecânico das partículas. Já a resistência à tração na direção das torções é maior do que na direção oposta, por isso os painéis de malha devem ser sempre colocados de forma que a direção das torções forme um ângulo reto com a face frontal da estrutura. E arrematam que quando a capacidade de ancoragem supera a resistência à tração da malha, a falha por ruptura tem lugar sem deformações significativas do painel de reforço.

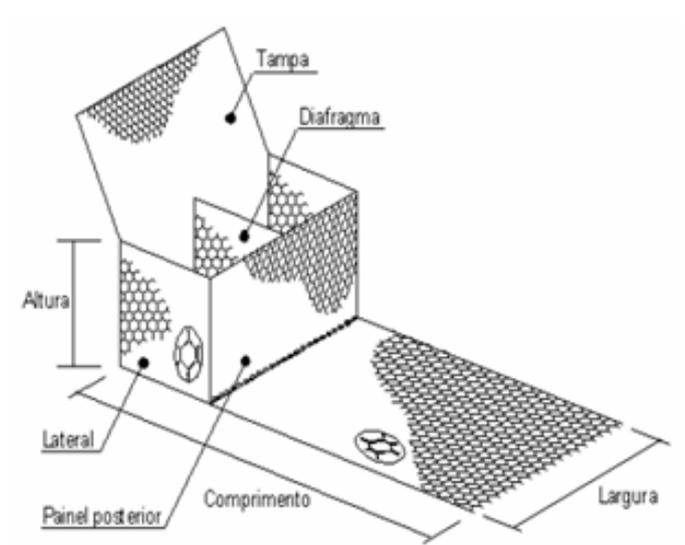


Figura 1. Modelo do Sistema Terramesh.

3.2 Método de estabilização de taludes

A escolha do método adequado para verificação da estabilidade de uma estrutura é fundamental, tanto para fase de execução como também para a confiabilidade dos resultados obtidos a partir do seu dimensionamento. As análises das estruturas modeladas foram realizadas utilizando o método analítico baseado no princípio do equilíbrio limite pelo método de Bishop Simplificado que é utilizado no software Macstars.

De acordo com Morgenstern e Sangrey (1978), no método do equilíbrio limite assume-se a existência de certa superfície de ruptura bem definida, considerando que a massa de solo está em risco de sofrer uma ruptura iminente, abordado pelo critério de ruptura, determinado por Mohr-Coulomb ao longo da superfície.

Um dos principais métodos de análise por equilíbrio limite, conforme o referido

autor, é o método das fatias, no qual a superfície potencial de ruptura é dividida em fatias verticais, podendo esta superfície ser circular ou poligonal. Este método de análise é utilizado por Bishop, que considera a superfície de ruptura circular, entendendo-se que há um equilíbrio de forças e momentos entre as fatias e que é nula a resultante das forças entre elas.

O método de Bishop pode ser aplicado somente para superfícies circulares, que são consideradas superfícies de ruptura adotando um centro de rotação fictício. As forças entre as fatias têm direção apenas horizontal e o coeficiente de segurança é calculado pelo equilíbrio contra rotação em torno do centro da circunferência (SAYÃO e SIEIRA, 2005). Este método é muito usado na prática e recomendado para projetos simples.

Para a análise da estabilidade, o valor do fator de segurança é muito importante, pois é através dele que se analisa a estabilidade do talude. Por exemplo, se ele for menor que 1, teoricamente encontra-se na iminência de romper-se, por outro lado se for maior ou igual, o talude está sem risco teórico e de ruptura. Adotou-se como limites os fatores de segurança recomendados na NBR-11682/2009, o valor de 1,5 para a verificação a estabilidade global. Já na verificação como muro respectivamente 2 para tombamento, 1,5 para deslizamento e 3 para verificação na fundação (ABNT, 2009).

3.3 Caracterização geotécnica do solo

Todo projeto geotécnico que visa dimensionar uma obra de infraestrutura que envolva diretamente o solo é mandatório primeiramente conhecer este solo. Isto pode ser feito a partir de ensaios de caracterização geotécnica. A partir disso é possível classificar o solo. Já para a modelagem de estrutura de contenção precisa-se dos parâmetros de resistência do solo e uma das formas de obtê-los é através da realização de ensaios de cisalhamento direto. Tanto a caracterização geotécnica como a obtenção dos parâmetros de resistência a partir do cisalhamento direto são etapas obrigatórias previstas na NBR 11682, intitulada de Estabilidade de Encostas.

Os resultados dos ensaios de caracterização e de cisalhamento direto do solo foram obtidos a partir de pesquisa realizada por Cristiano Viecili no ano de 2003. Utilizaram-se estes resultados especialmente porque se trata de solo residual típico da região noroeste do Rio Grande do Sul, e por ter sido analisada a pior situação, resistência residual, amostra natural, inundada. As amostras do solo foram retiradas de talude situado no campus da UNIJUÍ, próximo ao LEC. Segundo Viecili (2003), oito amostras indeformadas do solo foram retiradas a dois metros de profundidade com relação à superfície, para execução de dois programas de ensaios de cisalhamento direto, um para amostra indeformada na umidade natural e outra para amostra indeformada inundada.

Conforme Viecili (2003), o material é composto por 85% de argila (<0,005 mm), 10% de silte (0,005 a 0,074 mm), 4,12% de areia fina (0,074 a 0,42 mm), 0,72% de

areia média (0,42 a 2,0 mm), 0,16% de areia grossa (2,0 a 4,8mm) e não possui fração de pedregulho. Na Tabela 1, apresenta-se as propriedades físicas médias do solo.

PROPRIEDADES	Valores Médios
Limite de liquidez (LL)	59,00%
Limite de plasticidade (LP)	47,03%
Índice de plasticidade (IP)	11,97%
Peso específico real dos grãos (G)	28,52 kN/m ³
Umidade média de campo (H)	34,53%
Peso específico natural (γ_n)	13,74 kN/m ³
Peso específico aparente seco (γ_d)	10,21 kN/m ³
Índice de vazios médio (e)	1,79
Porosidade média (n)	0,64
Índice de Atividade (Ia)	0,14
Índice de Consistência (IC)	2,04

Tabela 1. Propriedades físicas do solo.

De acordo com Vecili (2003), executaram-se ensaios de cisalhamento direto com tensões normais de 30, 60, 100 e 200 kPa, com velocidade constante de deslocamento de 0,031 mm/min, na situação inundada. Com base no ensaio, é possível analisar que conforme aumenta a tensão aplicada sobre o solo, a tensão cisalhante e o deslocamento horizontal respectivamente aumentam de maneira gradativa. Comportamento semelhante ocorre com a deformação vertical e o deslocamento horizontal, onde a cada tensão maior aplicada, seus valores crescem.

Vale ressaltar que o solo utilizado estava na umidade natural, inundado, obtendo-se para a coesão o valor de 15,8 kPa. Para dimensionamento das estruturas, reduziu-se em 2/3 a coesão, adotando-se 10,53 kPa. Indica-se na Tabela 2 os parâmetros do solo utilizados na modelagem das estruturas.

PROPRIEDADES DO SOLO	
Ângulo de atrito	24,14°
Coesão	10,53 kPa
Peso específico natural	13,748 kN/m ³
Peso específico saturado	16,638 kN/m ³

Tabela 2. Parâmetros do Solo Adotados na Modelagem.

Importante ressaltar que foram utilizados parâmetros da envoltória de Mohr de resistência residual, com deslocamento horizontal de 2 mm, considerada ruptura técnica, pois é a situação mais desfavorável do ponto de vista da resistência.

Vecili (2003) percebeu que o solo apresentou aumento da resistência ao cisalhamento após a ruptura na aplicação da tensão de 200 kPa. Considerando que o solo estava inundado e sabendo que este fato reduz consideravelmente a sua

capacidade de carga, pode-se dizer que se tratava de um solo normalmente adensado. Lambe e Whitman (1974), explicam que o aumento da resistência ao cisalhamento após a ruptura do solo é típico de argila normalmente adensada.

3.4 Apresentação e análise da modelagem

As estruturas de contenção são formadas pelo maciço de solo com paramento frontal, de caixas de gabião de 1 m de altura, onde em sua base prolonga-se a malha hexagonal para dentro do talude, funcionando como reforço, pois resistem aos esforços de tração sofridos pelo maciço. O paramento frontal das estruturas analisadas é escalonado, respeitando o afastamento de 10 centímetros da face frontal da caixa inferior com relação a superior, equivalendo a uma inclinação com ângulo de seis graus com a vertical, como se mostra na Figura 2, de autoria de Maccaferri (2008).

As estruturas de contenção dimensionadas, não necessitam de fundação específica, também não é necessário executar base de concreto magro para colocação das caixas, que formam o paramento. Todas as estruturas foram dimensionadas com caixas de 1 metro de altura, inclusive as inferiores do paramento frontal, visando facilitar a modelagem de forma a se inserir no tema, além de proporcionar maior conhecimento operacional do software. Importante salientar, que a medida adotada não prejudicou a resistência, a estabilidade e bom desempenho da estrutura.

As estruturas de contenção analisadas têm tendência de ruptura de base, na qual o círculo de ruptura, de acordo com Das (2007), é de ponto intermediário.

As análises foram realizadas pelo software Macstars, utilizando o método das fatias de Bishop simplificado. De acordo com Das (2007), Bishop propôs uma solução mais refinada, de forma que o efeito das forças nas faces de cada fatia é levado em conta somente até certo ponto.

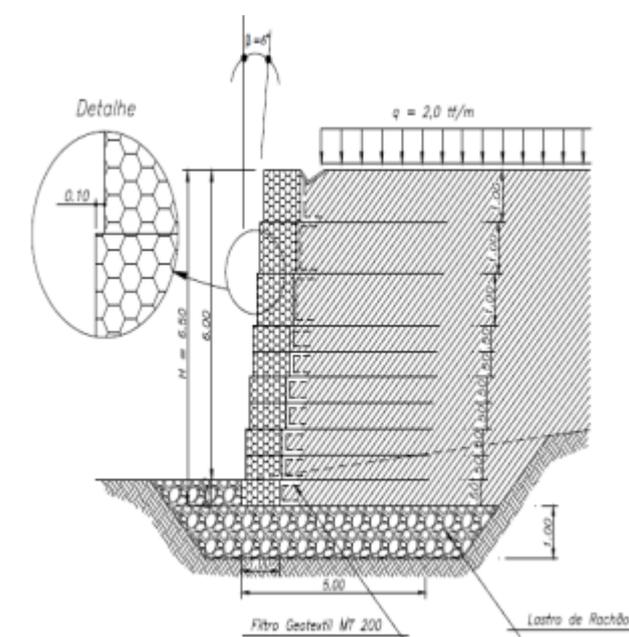


Figura 2. Exemplo de Escalonamento do Paramento.

Nas análises dos taludes, foram investigadas 1010 superfícies de ruptura, visando encontrar a superfície crítica que fornecesse o fator de segurança mínimo. Durante as análises foi possível observar que o fator de segurança vai reduzindo conforme aumenta o número de superfícies analisadas. Isto se dá devido à proximidade da superfície crítica. Na Tabela 3 apresentam-se os fatores de segurança mínimos de cada análise para as estruturas otimizadas de 8 a 12 m de altura.

A análise da estabilidade global abrange todo o maciço reforçado, pois se refere a estabilidade do bloco como um todo. Já nas análises de estabilidade interna foram verificadas as solicitações internas, impostas aos reforços, que quando superiores àquelas que o reforço pode suportar, ocasionam a ruptura/arrancamento da massa de solo.

No que se refere à análise da estrutura como muro foram analisadas a tendência ao deslizamento, tombamento e pressão na fundação.

A análise de tombamento avalia a tendência do bloco reforçado de rotacionar em relação ao ponto frontal inferior do bloco, devido ao momento do empuxo ativo ser superior ao somatório do momento do empuxo passivo com o momento do peso próprio da estrutura. Esta análise considera de acordo com a Maccaferri (2004), como se a fundação não se deformasse no momento de giro. No entanto, isso não ocorre porque é necessário que a fundação entre em colapso devido às cargas aplicadas, para que haja rotação do bloco.

Conforme Sayão e Sieira (2005), as estruturas tendem a deslizar em relação a base sobre a qual estão apoiadas, devido a aplicação do empuxo ativo, no sentido de dentro para fora da parte frontal do talude. No entanto há uma componente do empuxo passivo, a fim de contrapor o deslizamento.

E na análise das fundações, verificam-se as pressões aplicadas na fundação pela estrutura de contenção. Importante salientar que as pressões não devem ultrapassar a capacidade de carga da fundação, para evitar seu colapso.

Análises das estruturas - fatores de segurança					
Estruturas Contenção	Est. Global	Est. Interna	Verificação c/ Muro		
	FS	FS	FSde	FSto	FSpf
Talude de h= 8 m	1,531	2,661	3,84	8,375	3,5
Talude de h= 9 m	1,521	2,55	3,693	8,754	3,5
Talude de h= 10 m	1,51	2,534	3,635	9,791	3,188
Talude de h= 11 m	1,519	2,402	3,861	10,963	3,219
Talude de h= 12 m	1,527	2,327	3,891	12,474	3,375

Tabela 3. Fatores de Segurança por Estrutura Otimizada.

Analisando os valores da Tabela 3, percebe-se que os fatores de segurança de todas as análises atenderam os limites da NBR 11682 (ABNT, 2009) e citados no item 3.2.

Na Tabela 4 são apresentados os valores da força normal e horizontal, bem como os momentos de tombamento e a pressão máxima da fundação, obtidos através da análise das estruturas de contenção como muro.

Análises das estruturas – forças atuantes				
Estruturas Contenção	Força horiz. (kN)	Força normal (kN/m)	Momento tomb. (kN.m)	Pressão máx. fundação (kPa)
Talude de h= 8 m	134,21	1.008,900	396,33	175,66
Talude de h= 9 m	179,54	1295,9	571,55	193
Talude de h= 10 m	222,55	1617	722,43	207,8
Talude de h= 11 m	253,48	1972,2	885,32	222,32
Talude de h= 12 m	299,1	2361,6	1035,3	238,05

Tabela 4. Esforços Resultantes da Análise como Muro.

Pode-se verificar que o momento de tombamento cresce conforme aumenta a altura das estruturas, pois quanto mais alta a estrutura, maior é a tendência de tombamento por rotação da base.

Além dessas análises também foi realizada uma verificação da variação do comprimento do reforço e do bloco de acordo com as alturas de cada estrutura. No gráfico da Figura 3 representam-se os valores mínimos de comprimento para o reforço, que garantam a estabilidade da estrutura, resistência e bom desempenho como um todo.



Figura 3. Comprimento do Reforço x Altura.

Importante salientar que o reforço deve ter comprimento igual ao da base. É possível perceber facilmente a relação crescente do comprimento do reforço com relação à altura. Porém a diferença entre o comprimento do reforço e a altura se manteve sempre de dois metros. Para o caso da altura de 8 metros temos que o comprimento do reforço de 6 m equivale a 75% da altura, considerando esta como 100%. Já para a altura de 12 m temos o comprimento de reforço de 10 m equivalendo a 83,33%.

Assim, podemos dizer que para a variação das alturas de 8 a 12 metros, o comprimento do reforço é igual a altura menos dois, pois a análise apresenta-se com aumento do reforço gradativo e uniforme, conforme aumenta a altura da estrutura, ou seja, ambos são diretamente proporcionais aritmeticamente.

Para exemplificação, reproduzem-se nas Figuras 4 a 6, os gráficos de resultados da modelagem da estrutura de contenção de 12 metros de altura, realizada no software Macstars, apresentando os fatores de segurança de cada análise. Visualiza-se também o diagrama de projeto com as superfícies de ruptura, destacando-se a linha tracejada como sendo a superfície de ruptura crítica da estrutura para análise das estabilidades global, interna, e como muro. Na Figura 7 ilustra-se o projeto da estrutura de solo reforçado para altura de 12 m.

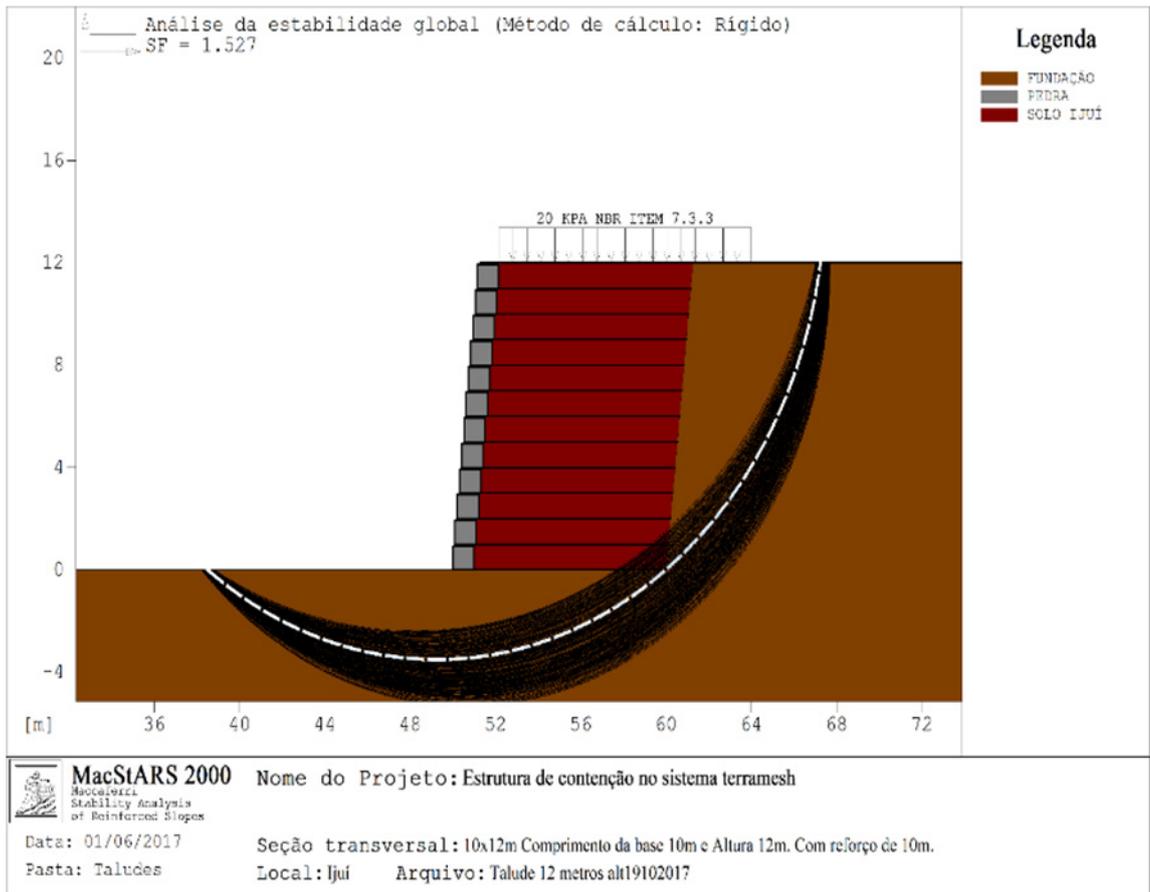


Figura 4. Análise da Estabilidade Global.

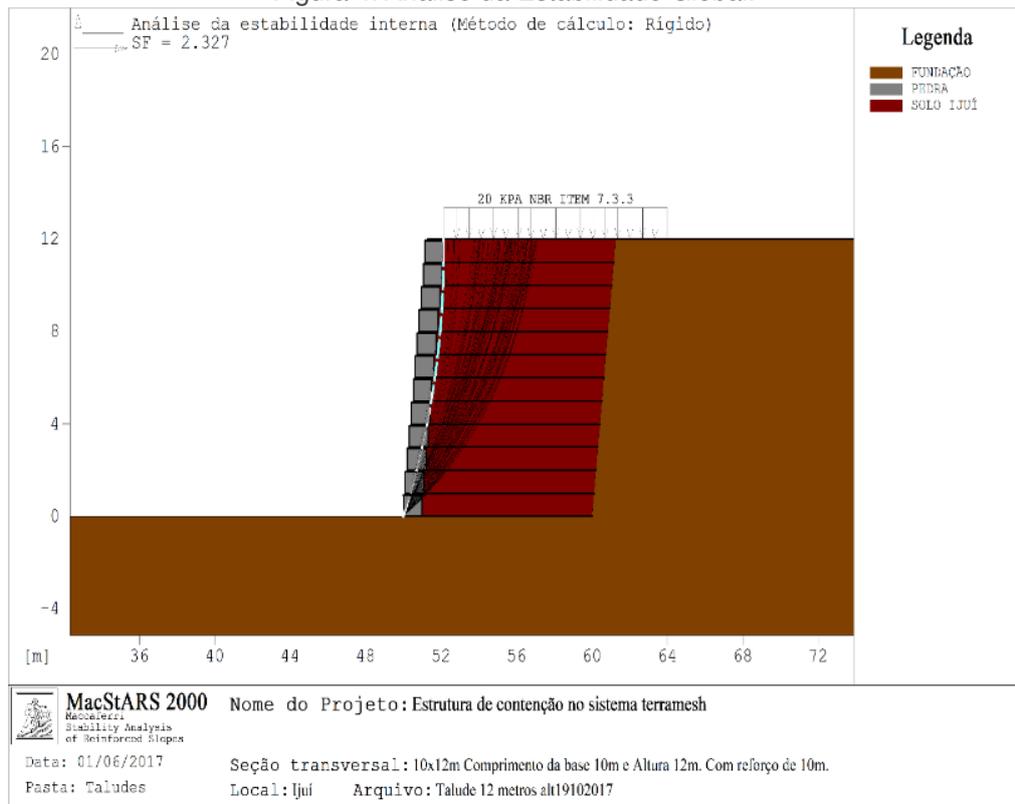


Figura 5. Análise da Estabilidade Interna.

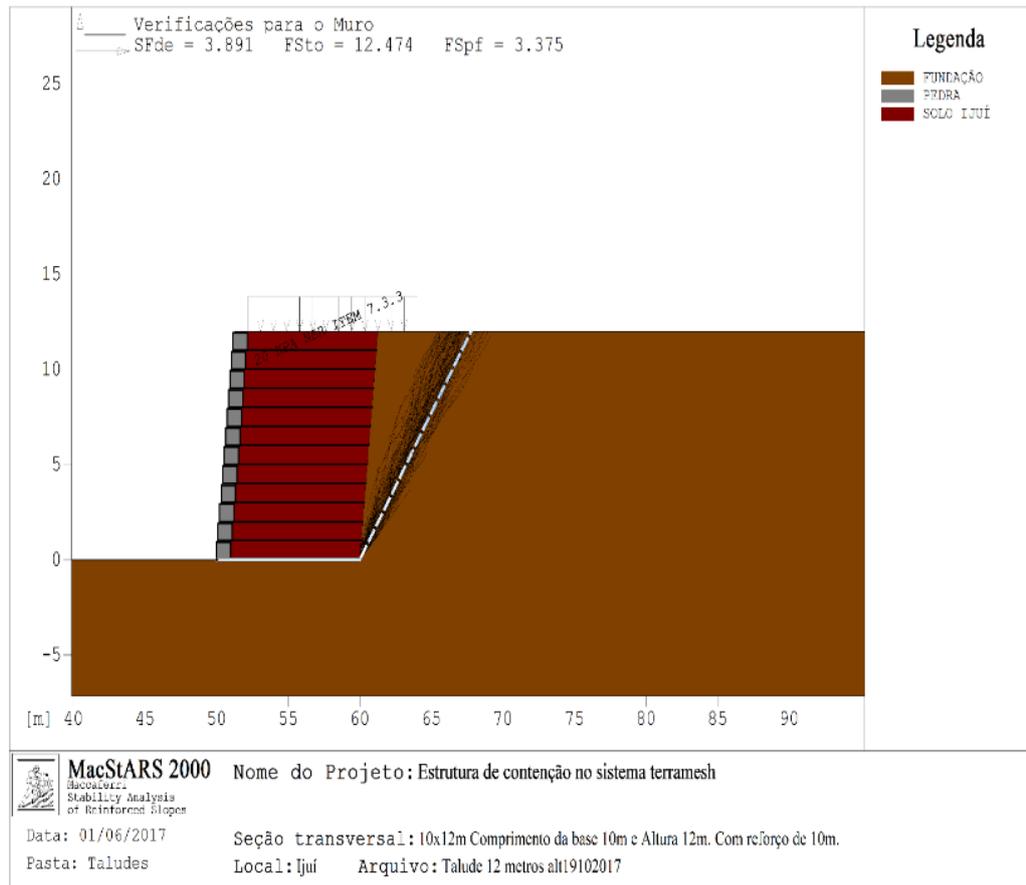


Figura 6. Análise da Estabilidade como Muro.

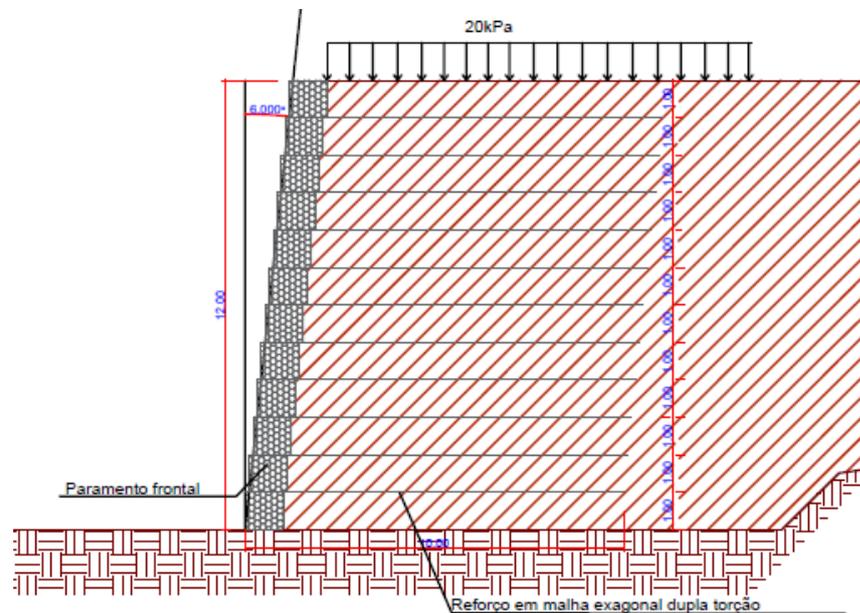


Figura 7. Estrutura de Solo Reforçado de 12 metros.

4 | CONCLUSÃO

A partir dos ensaios de caracterização e cisalhamento direto do solo, foi possível concluir que a sua coesão aparente proporciona um aumento da resistência ao cisalhamento proporcional a redução do teor de umidade, e por consequência ocasiona a redução da resistência quando o solo se encontra inundado. Por outro

lado, é possível analisar que a resistência de cisalhamento do solo tem tendência a aumentar após a ruptura da amostra, quando atinge a tensão máxima admissível.

Por este motivo que as análises das estruturas de contenção foram dimensionadas com os dados da amostra de solo natural inundado para uma ruptura técnica considerada para um deslocamento horizontal de 2 mm.

As estruturas de contenção foram dimensionadas buscando utilizar o mínimo de comprimento para o reforço e para a base, e não utilizar reforço adicional de geogrelha. Para as estruturas com alturas de 8 a 12 metros, foram executadas análises da estabilidade global, que avaliam a estrutura em geral; estabilidade interna, que avalia a condição de resistência dos reforços; e a verificação como muro, que analisa as estabilidades contra deslizamento, tombamento, e pressão na fundação. Todas as análises apresentaram os fatores de segurança acima dos limites mínimos indicados na NBR 11682/2009. A verificação da estabilidade global foi o critério que norteou o dimensionamento, por ter valores praticamente iguais ao limite da NBR 11682 de 1,5. Em segundo plano, a verificação mais próxima do limite mínimo da norma foi a verificação da pressão na fundação, especialmente para a altura de 10 m.

Por fim, o comprimento do reforço aumenta de acordo com o aumento da altura, evidentemente em face do maior risco de tombamento, deslizamento e ruptura por pressão na fundação. No entanto este aumento é da mesma magnitude do aumento da altura de forma aritmética, ou seja, aumentando 1 metro na altura faz com que o reforço aumente 1 m. Desta forma, para a amplitude estudada com alturas de 8 a 12 metros, verificou-se que o comprimento do reforço equivale ao valor da altura menos dois metros, o que torna a estrutura de solo reforçado otimizada, atendendo a todos os requisitos de segurança.

REFERÊNCIAS

Ananias, E. J.; Teixeira, A.M.; Duran, J. S. (2013). **O uso crescente de solos reforçados para contenções em áreas urbanas: uma ênfase aos 20 anos da solução Terramesh no Brasil**, Artigo Científico, São Paulo, Jundiaí.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 11682 (2009). **Estabilidade de encostas**, Rio de Janeiro.

Das, M. Braja. (2007). **Fundamentos de engenharia geotécnica**, Tradução da 6ª ed. Norte-americana, São Paulo.

Dutra, V.A.S. (2013). **Projeto de estabilização de taludes e estruturas de contenção englobando dimensionamento geotécnico e estrutural**, Trabalho de conclusão de curso, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Gil, A.C. (2002). **Como elaborar projetos de pesquisa**, 4ª ed, São Paulo.

Lambe, T.W.; Whitman, R.V. (1974). **Mecânica de solos**, Editorial Limusa S.A, México.

Lopes, C.P.F.C. (2001). **Estudo da interação solo-geossintético através de ensaios de corte em**

plano inclinado, Dissertação de Mestrado - F.E.U.P., Porto.

Maccaferri. (2004). **Estruturas de solo reforçado com o sistema Terramesh**, Encarte Técnico, São Paulo.

Maccaferri. (2008). **Reforço de solos**, Manual Técnico, São Paulo.

Massad, F. (2010). **Obras de terra: curso básico de geotecnia**, 2ªed, São Paulo, Editora Oficina de Textos.

Morgenstern, N.R.; Sangrey, D.A. (1978). **Methods of stability analysis**, National Academy of Sciences.

Palmeira, E.M. (1992). **Estabilização e reforço de aterros sobre solos moles utilizando geotêxteis**, Publicação no GRE – Programa de Pós-graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília.

Sayão, A.; Sieira, A.C.F. (2005). **Manual técnico sobre reforço de solos**, Maccaferri do Brasil Ltda., São Paulo.

Viecili, C. (2003). **Determinação dos parâmetros de resistência do solo de Ijuí a partir do ensaio de cisalhamento direto**, Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Civil, UNIJUÍ, Ijuí.

POTENCIALIDADES DOS AQUÍFEROS DA BACIA DO RIO VERDE GRANDE E SUAS RELAÇÕES COM OS DOMÍNIOS CLIMÁTICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Estefânia Fernandes dos Santos

UNIFEI, Instituto de Recursos Naturais
Itajubá - MG

Leila Nunes Menegasse Velasquez

UFMG, Instituto de Geociências
Belo Horizonte - MG

RESUMO: Os recursos hídricos subterrâneos da Bacia do rio Verde Grande são de grande importância para a subsistência e desenvolvimento da região, devido à intermitência das drenagens superficiais e em grande parte a má distribuição e intensidade das chuvas na bacia. A análise das potencialidades dos aquíferos foi desenvolvida na área da Bacia do rio Verde Grande, com a pretensão de aumentar o conhecimento dos dados existentes da bacia, de fazer uma análise estatística dos dados, obter valores de Transmissividade dos aquíferos presentes nos Domínios hidrogeológicos da Bacia e compará-los com os ambientes climáticos existentes nessa região. É observado que os Domínios Hidrogeológicos detêm uma capacidade e transmissividade condizentes com os ambientes climáticos. Isso favorece a perenidade de águas subterrâneas ao longo da área semiárida possibilitando o desenvolvimento da região.

PALAVRAS-CHAVE: Aquíferos; Potencialidades; Bacia do Rio Verde Grande

ABSTRACT: The groundwater resources of the Verde Grande river basin are of great importance for subsistence and development of the region, due to the intermittent surface drainage and to a large extent the poor distribution and intensity of the rains in the basin. The analysis of aquifer potentials was developed in the area of the Verde Grande River basin, with the aim of increasing the knowledge of the basin's existing data, to make a statistical analysis of the data, to obtain values of Transmissivity of the aquifers present in the Hydrogeological Domains of the Basin and to compare them with the climatic environments existing in that region. It is observed that the Hydrogeological Domains have a capacity and transmissivity compatible with the climatic environments. This favors the perennality of groundwater throughout the semi-arid area, allowing the development of the region.

KEYWORDS: Aquifers, Potentials; Green River Basin

1 | INTRODUÇÃO

A análise das potencialidades dos aquíferos foi desenvolvida na área da Bacia do rio Verde Grande, afluyente da margem direita do rio São Francisco, com superfície aproximada de 27.000 km² no estado de Minas Gerais. Insere-se na sua maior parte, em uma zona rebaixada

denominada de “Depressão Sanfranciscana”, com altitudes médias entre 500 e 600 metros. Nessa Bacia, de acordo com ANA (2002), ocorrem importantes mananciais de água subterrânea que vêm sendo intensivamente utilizados para abastecimento público, irrigação e consumo animal.

De acordo com ANA (2002), ocorrem importantes mananciais de água subterrânea que vêm sendo intensivamente utilizados para abastecimento público, irrigação e consumo animal. Nos últimos anos, tem-se verificado um aumento substancial do número de perfurações de poços de grande vazão para utilização agrícola. Em algumas áreas, já se registram conflitos de uso e superexploração, com interferências entre poços e rebaixamentos acentuados dos níveis de água. Segundo ANA (2009), os primeiros registros de conflito entre usuários de água na região surgiram em fins de 1988, e a partir da crescente demanda e, conseqüentemente, redução da disponibilidade hídrica, criou um quadro de dificuldades de compatibilização dos vários usos.

A individualização das unidades hidrogeológicas para esse estudo foi feita com base na sua natureza litológica, permeabilidade e compartimentação geomorfológica. Foi utilizado como referências as descrições dos sistemas aquíferos em Minas Gerais segundo Souza (1995) na escala 1:3.500.000, (Figura 1) utilizando também a compilação das descrições destes sistemas nos trabalhos de CETEC (1981 e 1995) e Mourão et al. (2001):

- i) Domínio Cárstico - composto por calcários com termos pelíticos subordinados, encontrados ao sul da parte oriental da bacia;
- ii) Domínio Fissurado-cárstico - de natureza pelito-carbonatada, ocorre em toda a porção ocidental ao norte da área da bacia;
- iii) Domínio Fissurado – ocorre na parte extrema oriental da bacia, de norte a sul, onde estão as rochas do embasamento, corpos granitóides, sequências metavulcanossedimentares e litotipos do Grupo Macaúbas e Supergrupo Espinhaço;
- iv) Domínio Granular – esse Domínio é constituído pelos arenitos do Grupo Urucuia e os sedimentos detríticos de cobertura.

A análise hidroclimatológica da bacia pôde definir dois grandes Domínios climáticos, um sub-úmido que abrange o alto e médio Verde Grande, e um semiárido, que compreende o baixo curso até a divisa do estado.

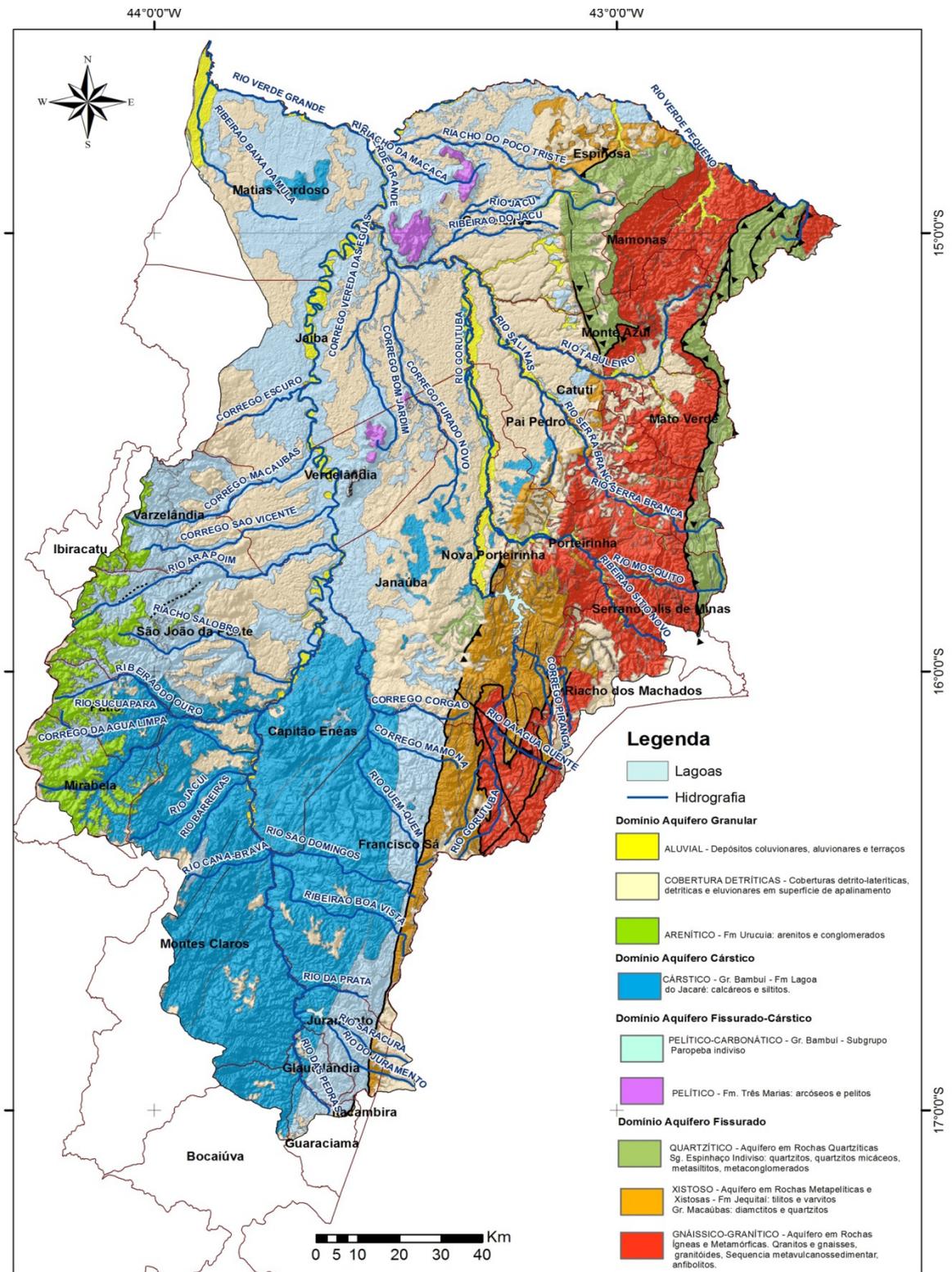


Figura 1. Mapas de Domínios Hidrogeológicos da Bacia do Rio Verde Grande – MG (Modificado de CPRM, 2007)

2 | POTENCIALIDADES DOS AQUÍFEROS

Os dados do cadastro de usos de águas subterrâneas, realizado pela CPRM, e armazenados em forma de consulta livre pelo SIAGAS (consultados em dezembro de 2011), foram utilizados como base para a determinação das potencialidades dos sistemas aquíferos definidos para a bacia do rio Verde Grande, por apresentarem uma

maior distribuição na bacia. Os dados existentes de uso das águas subterrâneas na bacia registrou a presença de 4.227 pontos d'água, sendo 21 fontes naturais, 29 poços escavados (cacimba ou cisterna) e 4.176 poços tubulares. Como os poços tubulares representam a grande maioria dos pontos d'água cadastrados, esse diagnóstico foi restrito a esta categoria. O conjunto dos dados levantados dos poços tubulares apresentou a seguinte distribuição: 68% apresentam valores de profundidade, 54% têm dados de vazão, 54% contêm informações de nível estático e 44% de nível dinâmico. Sobre a locação dos poços, 68% possuem informações sobre formação geológica. Na Tabela 1 é mostrada a situação dos poços tubulares selecionados para estudo dos parâmetros, contendo uma estatística geral. Objetivando verificar a forma de distribuição dos parâmetros hidráulicos por Domínios hidrogeológicos e climatológicos da bacia, os dados dos poços tubulares foram caracterizados de acordo com a localização analisando a correlação entre os parâmetros e Domínios.

Estatística dos poços tubulares	Profundidade final (m)	Nível dinâmico (m)	Nível estático (m)	Capacidade específica m³/h. m	Vazão de estabilização (m³/h)	Condutividade elétrica (mS /cm)
Média	83,20	37,92	17,79	5,76	15,81	947,45
Desvio padrão	11,57	17,85	14,71	25,78	26,76	591,89
Coefficiente de Variação %	14%	47%	83%	447%	169%	62%
Máximo	101,00	52,30	50,00	600	360	8350
Mínimo	70,00	20,00	8,20	0,01	0,04	10
Nº de poços com dados	2876	1858	2292	1855	2295	2424

Tab.1. Estatística dos parâmetros dos poços selecionados

Objetivando verificar a forma de distribuição dos parâmetros hidráulicos por Domínios hidrogeológicos e climatológicos definidos, os dados dos poços tubulares foram caracterizados de acordo com a localização analisando a correlação entre os parâmetros e Domínios.

Para a determinação dos parâmetros hidráulicos dos aquíferos da bacia do rio Verde Grande, foram utilizados dados provenientes dos bancos de dados:

- Dados de poços tubulares obtidos através do SIAGAS/CPRM até 2011 e;
- Banco de dados de Outorga do IGAM até 2009.

Os dados existentes obtidos de poços tubulares foram utilizados para determinação de parâmetros hidráulicos do aquífero, como capacidade específica, vazão média explotada, profundidade do poço, tipos de aquíferos dentre outros. Todos os dados existentes foram filtrados, excluindo-se os poços que não obtinham os dados, na seguinte ordem de relevância:

- Tipo: Poço tubular
- Bacia: São Francisco/Bacia: Verde Grande
- Tipo de Formação: Existente
- Vazão estabilização: Existente
- Nível estático: Existente

A partir da ordenação dos dados dos poços, foi realizada a estatística como médias, mediana, máximos, mínimos e desvio padrão utilizando planilhas em Excel.

Quanto à transmissividade dos aquíferos, uma estimativa aproximada pode ser efetuada a partir dos dados de capacidade específica, segundo Galofré (1966, *in* CUSTODIO & LLAMAS, 1983). A equação 1 (Eq.1) é dada como:

$$T \text{ (m}^2\text{/dia)} = \frac{100 * Q \text{ (l/seg)}}{s \text{ (m)}} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Onde T é a transmissividade equivalente; Q é a vazão bombeada; s é o rebaixamento (ou ND-NE). A razão entre a transmissividade estimada e a real por esse método é de 1,16.

2.1 VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS POR DOMÍNIO CLIMÁTICO

A plotagem dos 1.668 poços tubulares selecionados no mapa de Domínios climáticos resultou em 326 poços no Domínio semiárido, e 1342 poços no Domínio sub-úmido. As Tabelas 2 e 3 mostram a variação dos parâmetros de profundidade do poço, níveis d'água estático e dinâmico, vazão de estabilização durante o teste de bombeamento, e capacidade específica do aquífero. A transmissividade foi calculada de acordo com dados existentes, através da Equação 1.

No geral, os poços locados na zona do Domínio Sub-úmido apresentam valores mais elevados dos parâmetros para produção de água subterrânea, confirmando para região a importância da influência climática na produtividade dos poços.

		Profundidade final (m)	Nível estático (m)	Nível dinâmico (m)	Vazão estabilização m³/h	Capacidade específica m³/h.m	Transmissividade m²/dia
semiárido	mín.	35,00	0,00	3,60	0,00	0,14	0,05
	máx.	231,00	75,87	132,00	48,65	264,00	1351,35
	mediana	85,00	14,00	40,00	0,40	6,68	11,00
	moda	100,00	10,00	40,00	0,01	8,00	90,28
	média	90,85	17,07	43,82	2,31	11,11	64,24

Tab.2. Estatística dos parâmetros dos poços no Domínio Semiárido

		Profundidade final (m)	Nível estático (m)	Nível dinâmico (m)	Vazão estabilização m ³ /h	Capacidade específica m ³ /h.m	Transmissividade m ² /dia
sub-úmido	mín.	21,70	0,00	1,80	0,00	0,04	0,01
	máx.	252,00	96,00	123,00	52,80	198,00	1466,67
	mediana	80,00	12,79	29,08	1,32	10,00	36,67
	moda	100,00	6,00	20,00	2,64	6,00	55,56
	média	83,37	17,26	33,59	3,88	16,78	107,82

Tab.3. Estatística dos parâmetros dos poços no Domínio Sub-úmido

2.2 VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS POR DOMÍNIO HIDROGEOLÓGICO

Os 1.668 poços selecionados do banco de dados do SIAGAS com unidades litológicas foram associados aos Domínios hidrogeológicos (CPRM, 2010) A relação das vazões de estabilização, capacidade específica dos poços por Domínio aquífero é observada na Tabela 4.

Os valores estatísticos dos dados dos poços tubulares permitem observar o comportamento hidrodinâmico em cada Domínio hidrogeológico. Os valores de moda para cada Domínio são os que representam melhor a faixa de frequência dos valores para aquele aquífero, com exceção do Domínio Granular, que obteve somente valor de moda para o nível estático dos poços.

Dentre os parâmetros hidrodinâmicos dos poços Capacidade específica, Vazão de estabilização e Transmissividade, o Domínio Cárstico obteve os maiores valores modais comparado aos Domínios Fissurado-cárstico e Fissurado (Figura 2).

Em outra direção, os valores de Nível Estático e Nível Dinâmico para o Domínio Cárstico foram menores, ou seja, de menor profundidade.

Os Domínios aquíferos Granular e Cárstico apresentaram maiores valores de capacidades específicas, o que demonstra a mais alta capacidade de produção dentre os demais Domínios. No Domínio Granular, a maioria dos poços se encontra no Grupo Urucua. Os Domínios aquíferos Fissurado e Fissurado-cárstico apresentaram ambos os valores de vazões bem menores que os demais sistemas, condizente com a sua mais baixa capacidade de armazenamento.

Domínio hidrogeológico		Profundidade final (m)	Nível estático (m)	Nível dinâmico (m)	Capacidade específica m ³ /h.m	Vazão estabilização m ³ /h	Transmissividade m ² /dia
Cárstico (911 poços)	min.	27.00	0.00	1.80	0.00	0.20	0.06
	máx.	183.00	96.00	123.00	52.80	198.00	55.00
	mediana	80.00	11.00	25.00	1.76	13.20	3.67
	moda	100.00	6.00	15.00	4.40	17.60	4.89
	média	81.27	15.12	29.74	4.73	20.04	5.57

Fissurado-cárstico (542 poços)	min.	38.00	0.00	3.60	0.01	0.40	0.11
	máx.	252.00	94.00	132.00	48.65	264.00	73.33
	mediana	88.78	19.50	38.00	0.73	6.58	1.83
	moda	100.00	20.00	40.00	0.05	6.00	1.67
	média	91.94	22.84	41.65	2.73	11.43	3.18
Fissurado (190 poços)	min.	21.70	0.00	5.25	0.00	0.04	0.01
	máx.	150.00	80.00	101.00	6.00	41.08	11.41
	mediana	80.00	6.95	46.34	0.15	4.07	1.13
	moda	60.00	10.00	28.00	0.02	6.00	1.67
	média	81.21	12.14	46.48	0.47	6.32	1.76
Granular (25 poços)	min.	48.00	0.00	4.88	0.02	1.40	0.39
	máx.	178.00	50.00	82.50	13.47	72.00	20.00
	mediana	84.00	7.25	21.85	0.86	8.64	2.40
	moda	84.00	14.00	N/D	N/D	N/D	N/D
	média	88.08	10.69	34.60	3.35	19.41	5.39

Tab.4. Estatística dos parâmetros dos poços por Domínio aquífero na bacia do rio Verde Grande.

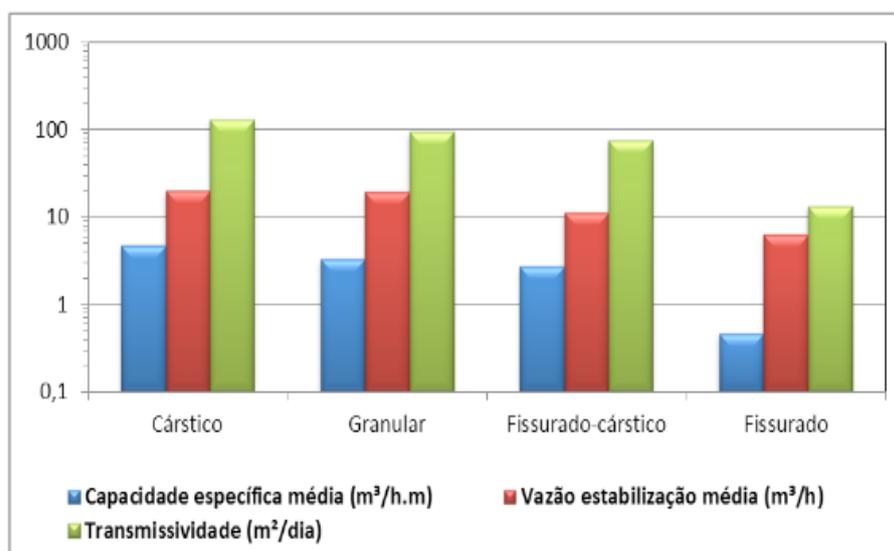


Fig.2. Valores médios dos Parâmetros hidráulicos por Domínio hidrogeológico

Os valores estatísticos refletiram o esperado, justificando o sucesso de aplicação do método estimativo de transmissividade. Os maiores valores médios de transmissividade estão no Domínio aquífero Cárstico, seguido do Domínio Granular, Fissurado-cárstico e por último o Fissurado.

A seguir, são mostrados os valores dos parâmetros hidrodinâmicos de Capacidade Específica e de vazão de estabilização dos poços por Domínios climáticos e separados por aquíferos (Figuras 3, 4 e 5). Os valores representados em gráfico Box-plot são os valores de máximo, 3º quartil (75%), Moda, Mediana, 1º quartil (25%) e mínimo. Nota-se que, pela não existência de valores repetidos, o Domínio aquífero Granular não foi demonstrado em moda no gráfico.

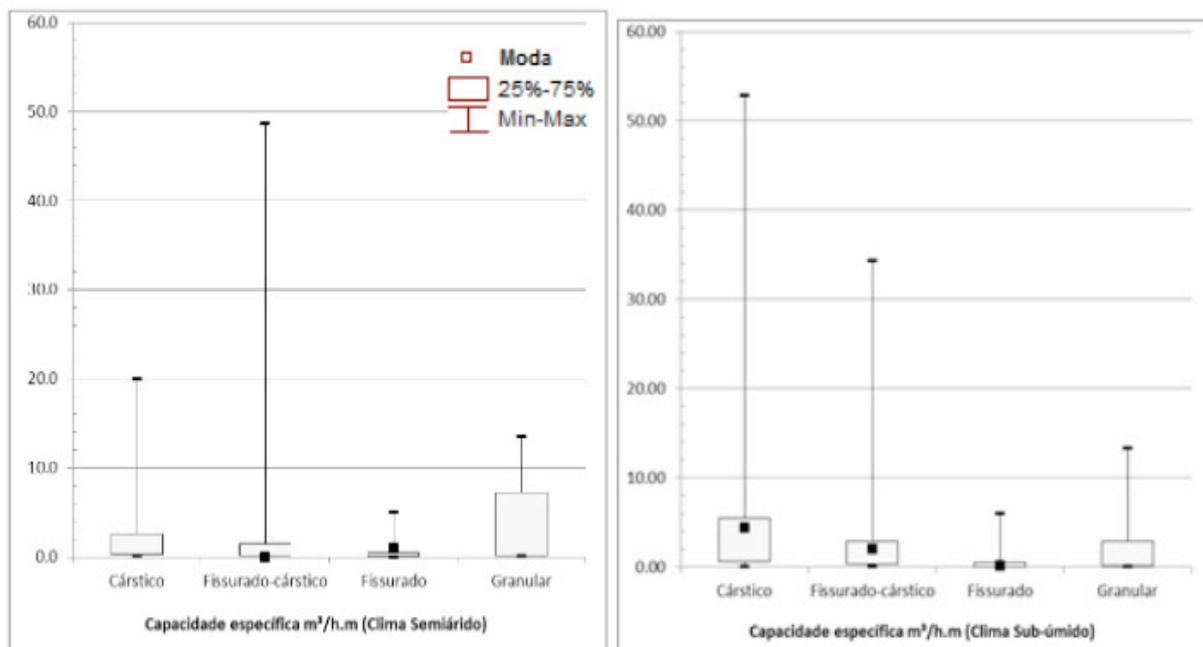


Fig.3. Gráfico Box-plot para Capacidade específica dos poços em cada Domínio climático

Os valores médios e de moda de capacidade específica dos poços analisados são maiores no clima sub-úmido para os Domínios Cársticos, Fissurados e Fissurado-cárstico. No Domínio Granular observa-se que os únicos dois poços localizados em depósitos detríticos/lateríticos se encontram em Domínio semiárido e possuem vazões altas (por se localizarem nas margens dos rios), o que ocasionou elevação das médias para esse grupo.

A transmissividade média para o Domínio Cárstico mostrou-se mais elevada para o Domínio sub-úmido, o que era esperado. O Domínio aquífero Fissurado-cárstico possui média de valores de transmissividade maiores no clima sub-úmido, porém alguns valores maiores foram observados no clima semiárido que são representados pela moda, e esses valores são relacionados a poços de maiores profundidades e de espessura. O valor máximo representado no gráfico Boxplot para esse Domínio no clima semiárido é referente a um poço com vazão de 269 m³/h, ou seja, um poço perfurado em uma cavidade cárstica de grande transmissividade.

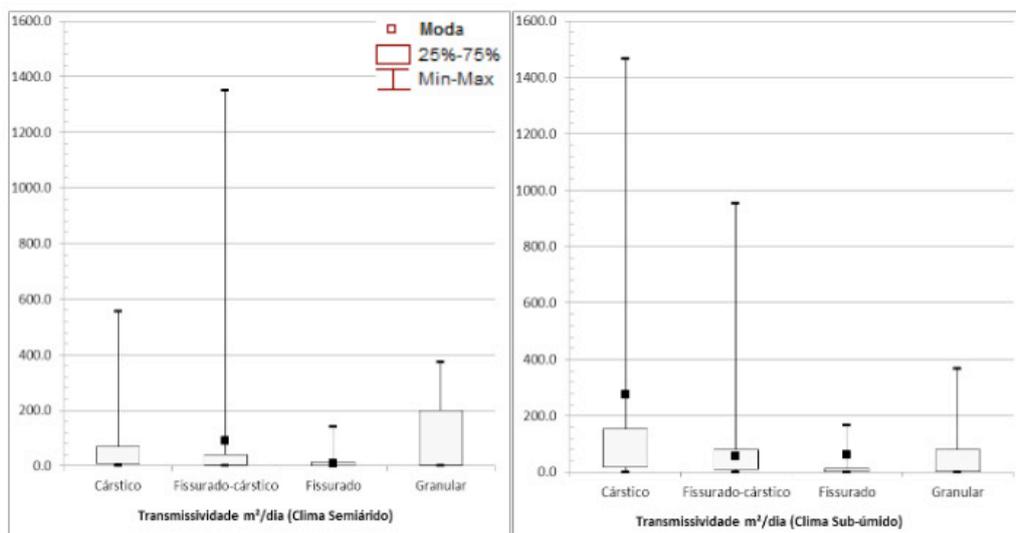


Fig.4. Gráfico Box-plot para Transmissividade dos poços em cada Domínio climático

Para o Fissurado, os valores médios foram muito próximos nos dois Domínios climáticos, porém a moda está mais representativa no clima sub-úmido, condizendo com a influência do clima sob esse Domínio aquífero.

As vazões de estabilização em ambos os gráficos acima mostram médias próximas entre os aquíferos nos dois Domínios climáticos. No clima sub-úmido os poços do Domínio Cárstico apresentam os maiores valores médios e de moda que no clima semi-árido. Para os Domínios Fissurado e Fissurado-cárstico, as médias dos valores de vazão foram muito próximas, com um valor máximo muito alto para o Domínio Fissurado-cárstico no semi-árido, representado pelo poço de vazão de 269 m³/h, já mencionado anteriormente. O aquífero Granular também possui a particularidade já mencionada anteriormente, dos poços em depósitos detríticos/lateríticos próximos de rios, que aumentam os valores médios de vazões de estabilização no Domínio semi-árido.

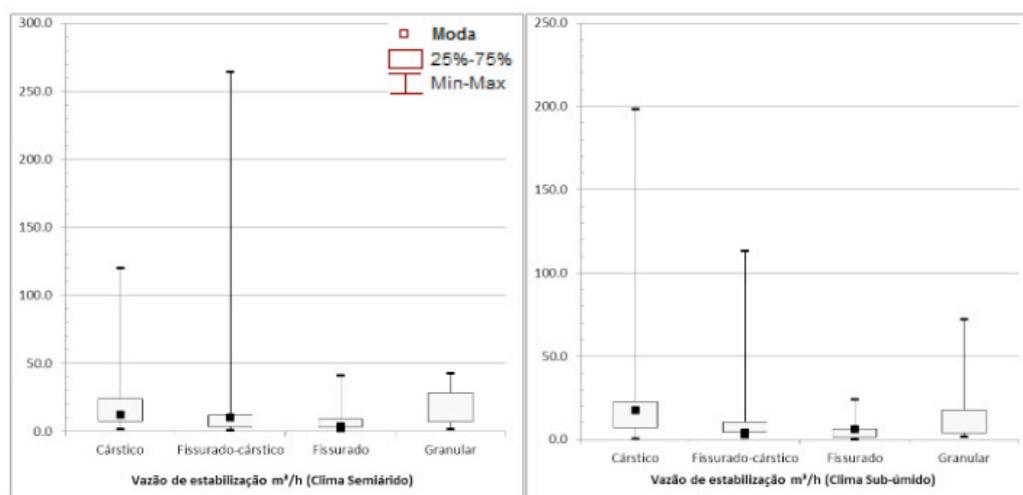


Fig.5. Gráfico Box-plot para Vazão de estabilização dos poços em cada Domínio climático

Nos gráficos a seguir puderam-se identificar possíveis correlações existentes

entre a vazão e parâmetros como profundidade de nível estático (NE) e nível dinâmico (ND) dentro dos Domínios hidrogeológicos.

Para o Domínio Cárstico (Figura 6), a profundidade dos níveis d'água estáticos e dinâmicos são maiores nos intervalos de 0-40,00 m³/h para o semiárido e de 0-80,00 m³/h no Domínio sub-úmido. As vazões são maiores nos Domínio sub-úmido para os aquíferos Cársticos da bacia, além de concentrar a maioria dos poços tubulares nesse Domínio climático. A relação de vazão pelo rebaixamento dos níveis d'água dos poços no Domínio Cárstico é maior e bem mais distribuída no clima sub-úmido, observando-se os maiores rebaixamentos em vazões de até 40m³/h. No clima semiárido, os poços possuem maiores rebaixamentos entre o intervalo de 0-20 m³/h. Em ambos os climas, os poços com vazões superiores a 100 m³/h apresentam rebaixamentos inferiores a 40 m. No caso do clima sub-úmido, onde se concentram a maioria dos poços em aquífero Cárstico, não é observado confinamento. A relação de maiores rebaixamentos de níveis d'água em vazões menores se deve a presença de carstificação no local dos poços, pois quando maior e mais conectada é a carstificação, maior será a vazão e menor será seu rebaixamento devido a maior transmissividade.

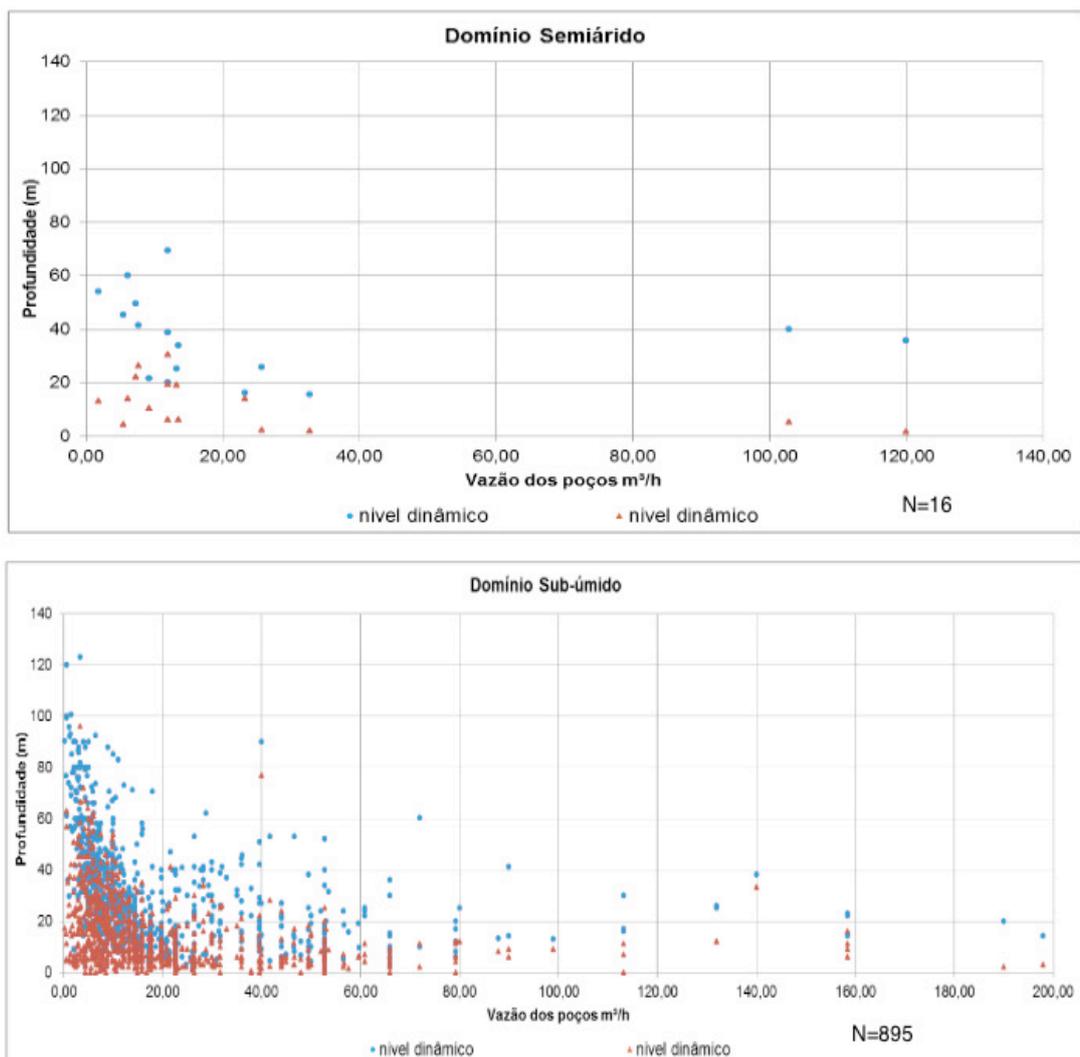


Fig. 6. Relação da Vazão com os Níveis Hidráulicos (NE e ND) para Domínio Cárstico.

No Domínio Fissurado-cárstico (Figura 7), observa-se um grande número de poços com rebaixamentos de níveis d'água grandes até o intervalo de vazões de 20m³/h em ambos os climas abaixo apresentados. Vazões entre 40-80 m³/h são mais frequentemente observadas no Domínio climático sub-úmido, enquanto que valores muito altos e isolados são observados no clima semiárido. Isso indica alguns poços bem locados em falhas ou carstificações bem evoluídas no norte da bacia, onde o clima é semiárido. O rebaixamento do nível d'água também é mais acentuado no clima semiárido, indicando a necessidade de poços mais profundos, ou até mesmo de uma recarga mais lenta nessa região. Mais de 80% dos poços totais no Domínio Fissurado-cárstico concentram-se abaixo de 40,00 m³/h.

Pela hidrogeologia descrita do Domínio Fissurado-cárstico, a elevada frequência de intercalações carbonáticas nos pelitos é presente em toda a vertente ocidental do vale do rio Verde Grande, local onde os poços de vazões maiores se encontram (nos municípios de Varzelândia e Verdelandia, dentro do clima semiárido).

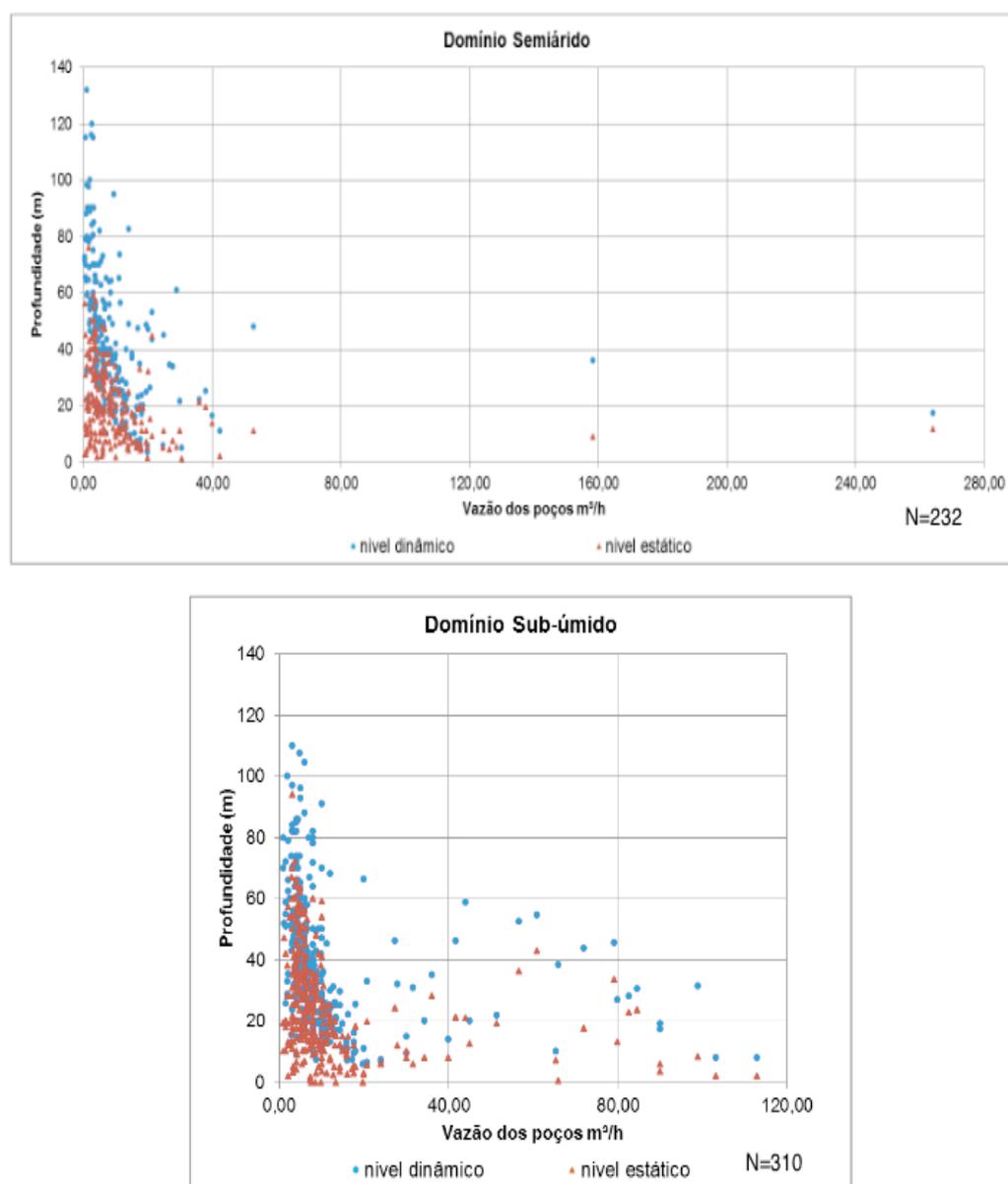


Fig. 7. Relação da Vazão com os Níveis Hidráulicos (NE e ND) para Domínio Fissurado-cárstico.

Para o Domínio Fissurado, as vazões concentram-se na faixa dos 0-20,00 m³/h para ambos os Domínios climáticos, sendo considerado um Domínio de baixas vazões médias. Observa-se que para esse Domínio hidrogeológico a variação climática na correlação com as vazões e níveis d'água não se mostrou influente (Figura 8). Essa grande variação se mostra esperada num Domínio Fissurado, visto constituir um meio totalmente anisotrópico. Nota-se bem a influência do Domínio aquífero Fissurado nos níveis d'água, onde os níveis estáticos dos poços são bem rasos (entre 5-10 m) e no momento de exploração os níveis caem drasticamente, atingindo 40 a 80 m de profundidade, mostrando que a permeabilidade é menor, conseqüentemente sua transmissividade.

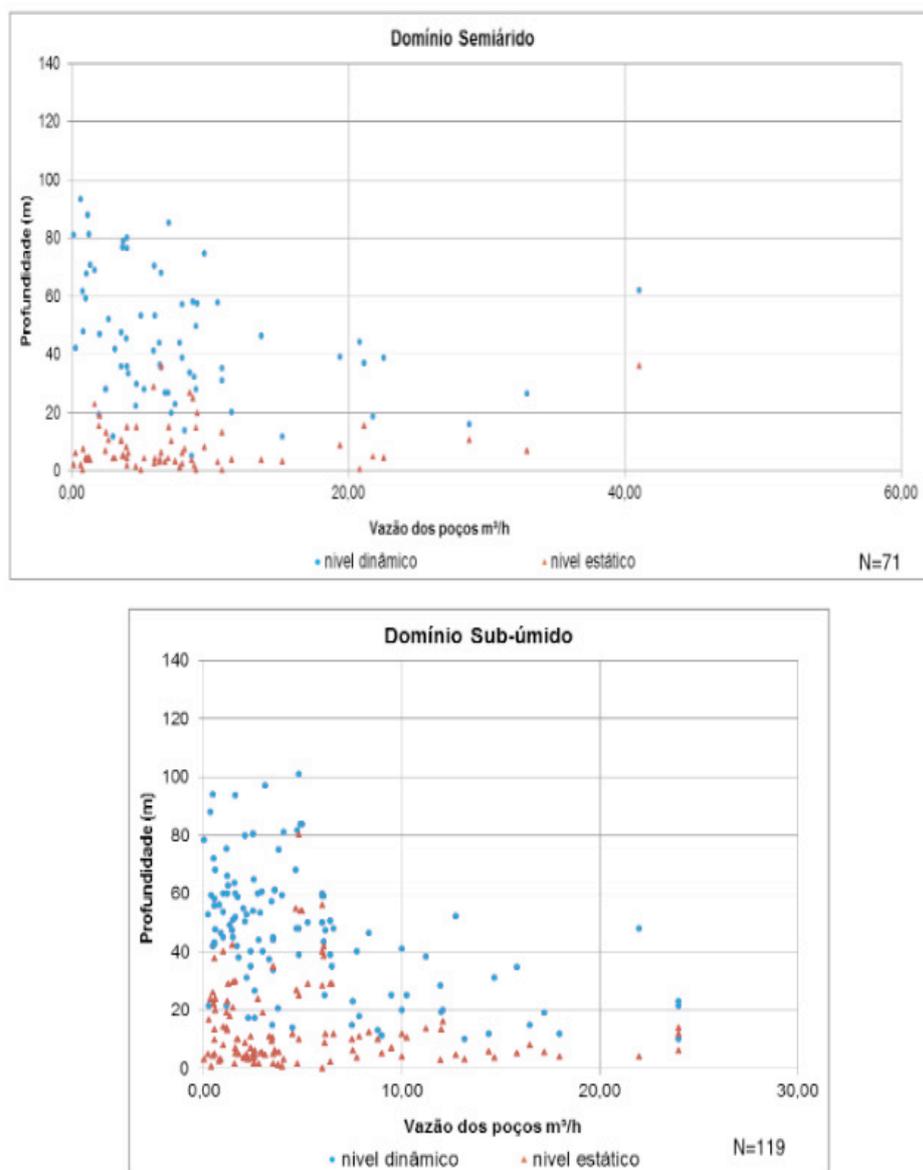


Fig.8. Relação da Vazão com os Níveis Hidráulicos (NE e ND) para Domínio Fissurado

O Domínio Granular apresenta o menor número de poços perfurados, pois a característica desses aquíferos é de serem camadas que auxiliam na recarga dos aquíferos subjacentes, apresentando pouco armazenamento. Alguns desses poços se encontram em terrenos de beira de rios, em depósitos detrítico/lateríticos. Dentre os

níveis d'água estáticos, as maiores profundidades concentram-se no clima sub-úmido da bacia, assim como as maiores vazões. Isso indica que a recarga direta beneficiada pelo clima mais úmido sobre esses aquíferos permitem poços mais produtivos. Os níveis estáticos dos aquíferos Granulares no semiárido não ultrapassam a profundidade de 20 m, e ao serem rebaixados, os níveis dinâmicos não ultrapassam a profundidade de 60 m (Figura 9).

Foram comparados os dados de capacidade específica média e transmissividade média dos Domínios hidrogeológicos em cada zona climática (Tabela 5).

Analisando os resultados acima, as capacidades específicas médias no Domínio Cárstico são maiores no Domínio sub-úmido, assim como a transmissividade média, que além de ser maior nesse Domínio climático é a maior dentre todos os Domínios aquíferos (132,39 m²/dia). Justifica-se esses altos valores aos processos de carstificação mais intensos nesse Domínio hidrogeológico devido à presença maior das rochas da Formação Lagoa do Jacaré e a contribuição do clima sub-úmido na recarga desses aquíferos.

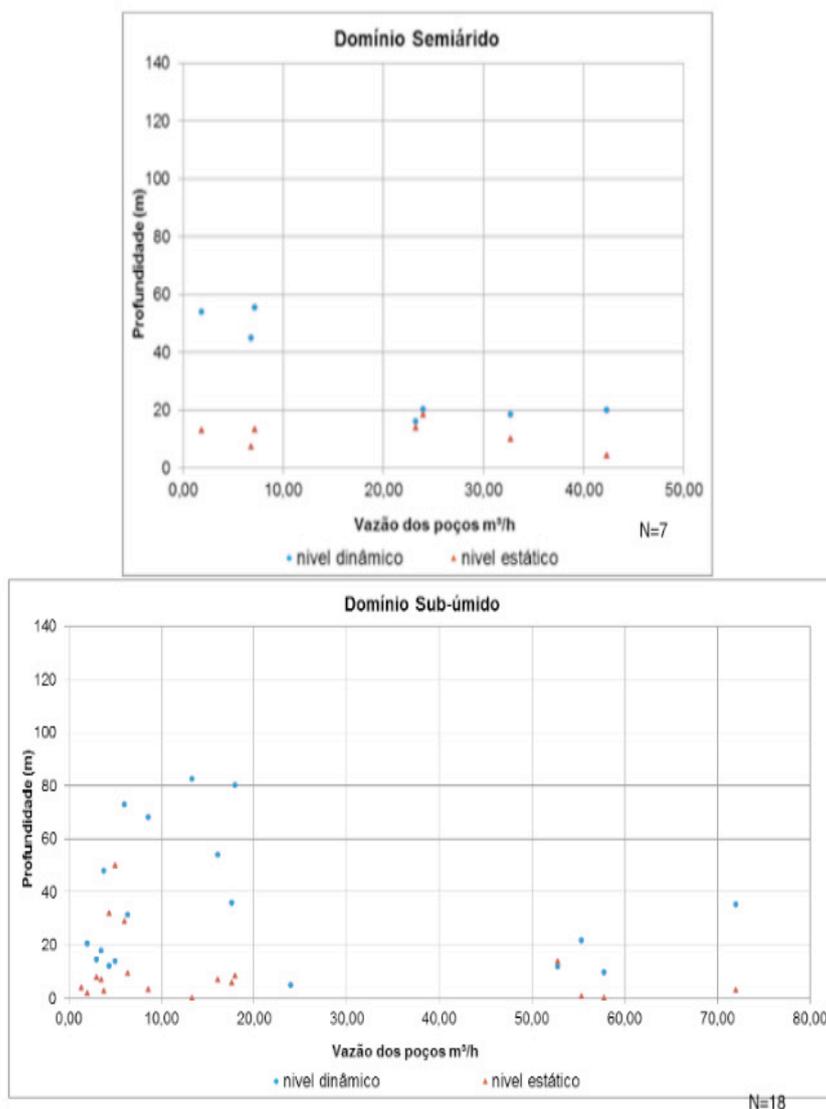


Fig. 9. Relação da Vazão com os Níveis Hidráulicos (NE e ND) para Domínio Granular

	Cárstico Semiárido	Cárstico Sub-úmido	Fiss.-Cárstico Semiárido	Fiss.-Cárstico Sub-úmido	Fissurado Semiárido	Fissurado Sub-úmido	Granular Semiárido	Granular Sub-úmido
Capacidade específica média (m ³ /h.m)	4,73	4,76	2,77	2,69	0,47	0,47	2,94	4,42
Transmissividade média (m ² /dia)	79,60	132,39	77,06	74,71	13,08	13,23	122,91	81,60
Número de poços N	16	895	232	310	71	119	7	18

Tab. 5. Valores médios de capacidade específica e transmissividade para os Domínios combinados

No Domínio Fissurado-cárstico os valores médios para a capacidade específica e transmissividade desses aquíferos são ligeiramente mais altos no semiárido que no sub-úmido, sendo justificado pela predominância de grandes intercalações cársticas nos pelitos mais presentes na área ocidental da bacia do rio Verde Grande que está sob o Domínio semiárido.

Os valores calculados para o Domínio Fissurado tanto no semiárido quanto no sub-úmido são semelhantes, com pouquíssima variação positiva na transmissividade no Domínio sub-úmido, representando o caráter anisotrópico e de baixa transmissividade dos aquíferos Fissurados na bacia.

Os aquíferos do Domínio Granular apresentaram valores altos de capacidade específica média no semiárido. A transmissividade média também é maior no clima semiárido para esse Domínio (122,91 m²/dia) devido a existência de dois poços em depósitos sedimentares detríticos/lateríticos (aluviões) próximos das calhas de rios perenes na bacia, o que aumenta a média para a transmissividade desse aquífero na região semiárida.

REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco, Subprojeto 4.2A – Avaliação de mecanismos financeiros para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos da sub-bacia do rio Verde Grande. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/ OEA. 2002. 81p.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Relatório do Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. ECOPLAN Engenharia. Brasília: Ed. Revisada, Outubro, 2009. 530 p. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. SIAGAS - Banco de Dados do Sistema de informações das Águas Subterrâneas/ Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Brasília: CPRM, 2010. siagasweb.cprm.gov.br .

CETEC. FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. 2º Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro, Recursos Naturais. Belo Horizonte: Série de Publicações Técnicas, 1981, v. 2.

CETEC. FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Desenvolvimento metodológico para modelo de gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas. Estudo de caso: Bacia do rio Verde Grande. Belo Horizonte: Relatório Final, Setembro, 1995. v.3.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R.. Hidrologia Subterrânea. Barcelona: Omega. 2ed. v.1, 2. 2350 p. 1983.

CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil em Ambiente SIG em escala 1:1.000.000. Brasília: CPRM, 2007. DVD.

MOURÃO M.A.A., CRUZ W.B., GONÇALVES R.L.F. Caracterização hidrogeológica da porção mineira da Bacia Hidrográfica do São Francisco. 2001. In: Pinto C.P. e Martins-Neto M.A. (eds.) Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais. Belo Horizonte: SBG-MG, 2001. p.327-350.

SANTOS, ESTEFÂNIA F.. Caracterização hidrogeológica e hidroquímica da Bacia do Rio Verde Grande em Minas Gerais. 217 p. 2013.

SOUZA, SERGIO MENIN TEIXEIRA DE. Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Hidrossistemas. 1995. 525 p.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL

Janete Facco

Geógrafa, pesquisadora Projeto Rede Guarani/Serra Geral, Pós-Doutoranda em Geografia Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC)

Fabio Luiz Carasek

Biólogo, pesquisador Projeto Rede Guarani/Serra Geral, Mestre Unochapecó, Chapecó (SC)

Sival Francisco de Oliveira Junior

Acadêmico Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul – Chapecó (SC)

Luiz Fernando Scheibe

Geólogo, Coordenador Projeto Rede Guarani/Serra Geral, Professor Emérito Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC)

Manuela Gazzoni dos Passos

Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina-PR, professora da Unoesc, –Chapecó (SC)

Mariana Muniz Blank

Geóloga, Mestranda pesquisadora Projeto Rede Guarani/Serra Geral, Universidade Federal de Santa Maria (RS)

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em uma região situada no oeste do estado de Santa Catarina. Foram selecionados 105 poços dos quais 5 exploram água do Aquífero

Guarani e 100 do Aquífero Serra Geral. Coletada uma amostra de cada poço, as mesmas foram submetidas a análises microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*) e físico-químicas (oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, cloretos, flúor, sulfatos, potássio, sódio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, nitrato). Para possíveis pontos de contaminação por hidrocarbonetos BTEX (benzeno, tolueno, etil-benzeno, xilenos) analisou-se a água de 25 poços no meio urbano, em pontos estratégicos próximos a possíveis agentes de risco de contaminação. Em outros 25 poços do meio rural a água foi coletada para análise de presença de glifosato. Nas águas subterrâneas constatou-se amostras de alguns poços com parâmetros de turbidez, pH, ferro, manganês, coliformes totais e termotolerantes em desconformidade com a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Não foi detectada em nenhum dos poços contaminação por BTEX e glifosato.

PALAVRAS-CHAVE: Aquífero Guarani; Aquífero Serra Geral; Águas subterrâneas; Potabilidade.

UNDERGROUND WATER QUALITY IN THE WEST OF SANTA CATARINA STATE, SOUTHERN BRAZIL

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the groundwater quality of the Guarani/Serra Geral Integrated Aquifer System (SAIG/SG) in the western part of the state of Santa Catarina. A total of 105 wells were selected, of which 5 exploit water resources of the Guarani Aquifer and 100 of the Serra Geral Aquifer. A sample of each well was submitted to microbiological (total coliforms and *Escherichia coli*) and physicochemical analyzes (dissolved oxygen, pH, turbidity, electrical conductivity, alkalinity, chlorides, fluorine, sulfates, potassium, sodium, calcium, magnesium, iron, manganese, nitrate). For possible points of contamination by BTEX hydrocarbons (benzene, toluene, ethyl benzene, xylenes) the water of 25 wells in the urban environment was analyzed.. 25 water samples of wells in the rural área were analyzed for glyphosate. In the groundwater samples of some wells the turbidity, pH, iron, manganese, total coliforms and thermotolerant parameters were found in disagreement with Ministry of Health Ordinance 2914/2011. No contamination was detected in any of the wells by BTEX and glyphosate.

KEYWORDS: Guarani Aquifer; Serra Geral Aquifer; Groundwater; Potability.

1 | INTRODUÇÃO

A água é um recurso necessário para todas as formas de vida, bem como para o desenvolvimento das mais diversas atividades humanas. O constante aumento do uso da água para abastecimento e nos diversos setores econômicos do Brasil demanda investimentos em pesquisas para desenvolver políticas públicas efetivas através de modelos de gestão eficientes, com base em um olhar sistêmico e integrado sobre os recursos hídricos. Existe necessidade de investir no conhecimento dos aquíferos e das águas subterrâneas para o desenvolvimento da gestão integrada dos recursos hídricos se tornar possível. Atualmente, no Estado de Santa Catarina, o controle na perfuração de poços não é efetivo, o que pode favorecer a poluição das águas subterrâneas via poços perfurados inapropriadamente e/ou funcionando em condições inadequadas, além de provocar riscos à saúde humana e do ambiente. Isso, porque ocorrem muitas perfurações clandestinas, sem o acompanhamento de profissionais da área da hidrogeologia, especialmente no Oeste do estado (Regiões Hidrográficas 1 e 2).

O objetivo deste estudo foi obter novos dados sobre a qualidade das águas subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Serra Geral (SASG) e Guarani (SAG) para propiciar a gestão mais eficiente dos mesmos. Para REBOUÇAS (2015, p 33) “as águas subterrâneas, notável patrimônio nacional, vêm sendo rapidamente apropriadas pelos setores econômicos dominantes, e ainda estão desprotegidas jurídica e institucionalmente, tanto em nível federal, estadual e municipal.”

Chapecó exerce forte influência sobre a mesorregião Oeste Catarinense, destacando-se nas atividades comerciais e na oferta de equipamentos e serviços. Esta é a maior cidade da região Oeste Catarinense, tanto em termos populacionais

quanto de influência, possuindo indústrias de grande porte instaladas em seu território, (FACCO, ENGLER, 2017).

Uma vez que a exploração das águas subterrâneas é fonte essencial para manutenção dos setores econômicos sejam eles primário (criação de animais para abate e gado leiteiro, irrigação de hortifruti), setor de transformação de matéria-prima (agroindústrias de transformação de carnes, principalmente) e terceiro setor (comércio, abastecimento público e serviços).

Destacam-se os registros de alto percentual de contaminação dos recursos hídricos, (por falta de esgotamento sanitário, por dejetos de animais, resíduos de agrotóxicos e das agroindústrias, dentre outros), conforme diversos estudos no oeste de Santa Catarina, onde se localizam as Regiões Hidrográficas 1 e 2 (DAL PISSOL; SOUZA-FRANCO, (2003); BAVARESCO, (2006); SANTA CATARINA, 2009; FACCO, (2011); FILIPINI, (2013); BALDISSERA; REIS, (2014); FACCO et al, (2014); FACCO; ENGLER, (2017).

Existe necessidade de investir no conhecimento dos aquíferos e das águas subterrâneas para o desenvolvimento da gestão integrada dos recursos hídricos se tornar possível. Conhecedores da realidade regional e cientes de suas responsabilidades perante a mesma, pesquisadores de universidades e instituições de pesquisa de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul e do Paraná propuseram a formação da Rede Guarani/Serra Geral, com o objetivo de gerar conhecimento para a gestão integrada das águas superficiais e das águas subterrâneas, visando o aproveitamento e a conservação das águas do SAIG/SG, no ano de 2004 (REDE GUARANI/SERRA GERAL, 2015, p. 13).

O principal fato que justifica esta pesquisa é a falta de informações sobre a qualidade das águas subterrânea existentes no cenário que se contextualiza em todo Oeste Catarinense, pertencente às Regiões Hidrográficas 1 e 2. Conforme constata Trindade (2016), os Comitês de Bacias não conseguem fazer a gestão integrada dos recursos hídricos em Santa Catarina, isto porque, o Estado não implementou seu Plano Estadual de Recursos Hídricos (está pronto e aguarda oficialização), que é o que vai nortear todo trabalho de gestão a ser realizado pelos comitês.

O objetivo desse trabalho é fornecer subsídios sobre a qualidade das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) no Oeste de Santa Catarina, Brasil.

2 | METODOLOGIA

Foram coletadas águas de 105 poços (100 poços SASG e 5 poços SAG) nas Regiões Hidrográficas 2 e 1 (Figura 1), correspondentes ao Oeste Catarinense, localizado na região sul do Brasil.



Figura 1: Localização área de estudo, nas RH 1 e 2 em SC

Realizou-se análises microbiológicas (coliformes totais e coliformes fecais *Escherichia coli*) e físico-químicas (oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, nitrato, cloretos, sulfato, potássio, sódio, cálcio, magnésio, manganês, ferro). As análises foram realizadas pelo Laboratório de Águas da Epagri Chapecó-SC. A metodologia analítica adotada para análise das amostras é a descrita no *Standard Methods* (APHA, 1998).

Para as análises de Glifosato foi utilizado o equipamento Cromatógrafo Iônico Dionex ICS-3000 com coluna Ion Pac AS19 (2x250mm) com pré-coluna AG19. Todas as amostras para a curva de calibração foram filtradas em membrana 0,45µL (Laboratório do Departamento de Bioquímica – Centro de Ciências Biológicas – UFSC, Dr. Carlos Soares).

Para as análises dos hidrocarbonetos (BTEX) Benzeno, Tolueno, Etil-benzeno e Xilenos realizamos as análises no equipamento (Cromatógrafo Gasoso com massas acoplado) da marca Agilent, modelo CG/MS 5977A Série GC / MSD System através do método HS GC-MS/MS em água (Laboratório de Tecnologia Unochapecó).

Para análise dos dados recorreu-se ao programa QualiGraf, que é uma ferramenta para auxiliar na parte gráfica das análises mais usuais de qualidade de amostras d'água. Foi desenvolvido em 2001 como ferramenta de uso interno no Departamento de Recursos Hídricos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, do Ceará, (FUNCEME, 2015).

3 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

O ano de perfuração desses poços varia de 1978 até 2017; para os 100 poços pesquisados do aquífero Serra Geral, 50 localizam-se em área rural e sua profundidade média é 150,11 metros, a mínima 80 metros e a máxima 320 metros; os 50 poços desse

aquífero situados em área urbana possuem profundidade média de 162,25 metros, a mínima de 83 metros e a máxima 408 metros.

A média de profundidade dos 100 poços do aquífero Serra Geral analisados ficou em 156,47 metros, a mínima é 80 metros e a máxima 408 metros. Observou-se que, com o decorrer das décadas, a profundidade das novas perfurações aumentou.

Os 5 poços analisados do aquífero Guarani possuem profundidade média de 742 metros, sendo o de menor profundidade com 580 metros e o de maior com 850 metros, localizados no território rural.

O Oxigênio Dissolvido baixo para as águas dos dois aquíferos pesquisados (Tabela 1), justifica-se por que as mesmas passaram por processos químicos e físicos de filtração e interação com outras moléculas, onde o O_2 participa de várias reações químicas, e conforme vai se infiltrando para a zona saturada a disponibilidade de OD torna-se mais baixa devido a estes processos.

O. D. SASG	O. D. SAG
Máxima: 8,84	Máxima: 7,06
Mínima: 3,14	Mínima: 2,0
Média: 6,01	Média: 5,37

Tabela 1: Oxigênio Dissolvido para poços SASG/SAG

Fonte: Autores

Para o parâmetro físico turbidez os 3 poços que apresentaram alteração encontram-se na zona rural, observamos que a condutividade elétrica para tais poços estava em 227,0; 353,0 e 186,9 respectivamente demonstrando alta taxa de sólidos totais dissolvidos nas amostras colaborando para a alteração na turbidez.

Na Figura 2 é possível observar dois dos 105 poços analisados em desconformidade com as normas técnicas exigidas em Santa Catarina.



Figura 2: Poços tubulares profundos pesquisados

Conforme sumário estatístico dos 105 poços, sendo 100 do SASG, (Quadro 1) quinze (15) e três (3) amostras apresentaram alterações para pH e turbidez respectivamente. Para as alterações no pH, 10 poços estão no perímetro rural e 5 no perímetro urbano. Para as 8 amostras em que o pH se apresentou ácido (abaixo de 6,0) percebemos que o NO_3^- esteve presente com concentrações variadas desde 0,66 a 6,99mg/L com média para tais poços em 4,21 mg/L. Este resultado demonstra que a probabilidade de águas superficiais estarem infiltrando nos poços é alta, pois em águas subterrâneas a concentração natural de NO_3^- é baixa, sendo tratado como alteração do equilíbrio natural níveis acima de 5,00mg/L (CETESB, 2012; SANTOS, 1997) além de o pH natural do recurso hídrico subterrâneo do aquífero fraturado ter a tendência a se manter entre 6 a 8 (REGINATO, et al; 2012), desta forma pH abaixo de 6 e concentrações de NO_3^- acima de 5,0mg/L demonstram alguma alteração ou perturbação ambiental na área ou proximidades. Nestes casos, é provável que águas superficiais com pH ácido abaixo de 6,0 misturam-se com as águas subterrâneas, conseqüentemente baixando o pH de forma abrupta (CARASEK, 2016). Todos os poços que apresentaram pH abaixo de 6,0 possuem agentes contaminantes e com fontes de NO_3^- no entorno: (P8 = fossa negra a 30 metros, aviário a 20 metros; P27 = dentro de área de horta experimental, açude a 7 metros; P37 = lavoura a 50 metros, fossa negra a 15 metros; P39 = dentro de área de plantio; P52 = fossa negra a 10 metros; P57 = dentro de área de posto de combustíveis, fossa negra a 50 metros; P66 = córrego urbano a 20 metros; P81 = lava-carros a 10 metros. Para os 8 poços em questão somente 3 apresentaram coliformes totais, e em concentrações baixas (1,0 e 4,2 NNP/100mL), demonstrando que a ocorrência de infiltração direta de águas superficiais é improvável, sendo mais plausível a ocorrência por saturação do solo nas áreas onde os poços estão inseridos, colaborando diretamente para a alteração do pH.

Para os 7 poços que apresentaram pH alcalino acima de 9,5 buscamos um possível agente ou fatores ambientais que colaborassem diretamente ou indiretamente com tal anormalidade para as águas do SASG, mas somente a condutividade elétrica apresentou-se positivamente relacionada para os resultados demonstrando-se alta (C.E = 147,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 339 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com média para os 7 poços de = 202,14 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Investigamos a possibilidade de misturas das águas do SASG com o SAG mas descartamos para tais poços, pois analitos comumente encontrados no SAG não foram observados nas amostras dos 7 poços em questão.

Outros analitos não investigados nesta pesquisa provavelmente estão gerando a alteração do pH. Recursos hídricos do SAG normalmente apresentam pH acima de 8,5 mas podem ser alteradas em função do uso e ocupação do meio físico. A disposição inadequada de resíduos domésticos, industriais, de mineração, a utilização de pesticidas e fertilizantes constituem as principais fontes de poluição ou contaminação dos recursos hídricos e por consequência podem gerar a alteração do pH.

Parâmetro	Unidade	Média	Mínimo	Máximo	*V.M.P.	Nº de Poços acima do V.M.P.
pH		7,40	4,32	9,90	6,0 a 9,50	15
Turbidez	**UT	1,17	0,00	18,00	5,000	3
CE	µS/cm	202,02	44,60	747,00		-
Alcalinidade	Mg/L	80,90	0,00	305,60		-
Cloreto	Mg/L	4,41	0,00	57,23	250	-
Flúor	Mg/L	0,28	0,00	0,98	1,50	-
Sulfato	Mg/L	12,87	0,00	115,24	250	-
Potássio	Mg/L	2,69	0,00	24,40		-
Sódio	Mg/L	32,41	0,00	142,00	200	-
Cálcio	Mg/L	17,70	3,50	60,38		-
Magnésio	Mg/L	2,19	0,005	14,46	***N.P.E	-
Ferro	Mg/L	0,25	0,004	1,92	0,300	20
Manganês	Mg/L	0,11	0,008	0,86	0,01	32
Colif. Totais	NNP/100mL	41,65	0,00	435,20	Ausência	56
C. E. Coli	NNP/100mL	2,68	0,00	155,30	Ausência	11
Nitrato	Mg/L	2,31	0,01	7,72	10,0	-
Benzeno	Mg/L	0,00	0,00	0,00	5	-
Tolueno	Mg/L	0,00	0,00	0,00	0,17	-
Etil-benzeno	Mg/L	0,00	0,00	0,00	0,2	-
Xilenos	Mg/L	0,00	0,00	0,00	0,3	-
Glifosato	µg/L	0,00	0,00	0,00	500	-

- Sem ocorrência de concentração acima do V.M.P. conforme Port. 2914/2011, MS.

*Valor Máximo Permitido

**Unidade de Turbidez

*** Não possui regulamentação brasileira específica para concentração de Mg

Quadro 1: Sumário estatístico das análises realizadas das águas subterrâneas para a área de estudo (oeste de SC)

Fonte: Autores

Conforme principais histogramas e médias foi observada a presença de Mg, Fe, Mn e NO³⁻ em todas as 100 amostras do SASG. Para os metais a resposta está diretamente associada à Formação Serra Geral, onde são constituintes importantes das rochas vulcânicas. A presença nas águas subterrâneas provém do processo de intemperismo físico e químico do contato da água com a rocha carreando os metais e mineralizando cada vez mais o recurso hídrico chegando ao ponto de equilíbrio natural (CETESB, 2012). Conforme médias para os metais Mg, Fe e Mn observamos uma pequena diferença de concentração entre as zonas rural e urbana, corroborando para os resultados apresentados por Carasek (2016), onde a ocorrência de maior concentração para a zona rural foi atribuída ao fator da exploração das águas subterrâneas nesta área ser em menor escala justamente pelo menor número de poços em funcionamento comparado com a zona urbana. Conforme Bittencourt et al (2003) este fator influencia diretamente no tempo de residência da água subterrânea onde para a zona rural o tempo é maior comparado à zona urbana. Para os metais Mg e Mn a ocorrência nas águas subterrâneas dá-se de forma natural (CETESB, 2012).

Dos poços investigados, 20 (vinte) apresentaram concentrações de Fe acima da regulamentação brasileira conforme Portaria 2914 de 2011 do Ministério da Saúde

(BRASIL, 2011) onde para águas destinadas ao consumo humano recomenda-se concentrações de até 0,3mg/L. As águas subterrâneas provindas do SASG apresentam de forma natural concentrações de Fe (CARASEK, 2016), justamente por ser um dos principais íons que constituem as rochas ígneas (CELLIGOI, 1999). Dos 20 poços que apresentaram alterações 9 estão situados na zona urbana e 11 na zona rural. Buscamos analisar estatisticamente alguma relação entre os parâmetros analisados em laboratório e dados ambientais coletados em campo e concluímos que os poços apresentam Fe de forma natural, mas para 5 poços, observamos problemas estruturais de construção civil que possibilitam entrada de água superficial de forma direta para o interior do poço, sendo assim, como a concentração de Fe no solo da área de estudo possui teor alto, na ocorrência de precipitações pluviométricas de longo tempo ou de forte intensidade o Fe biodisponível no solo é carregado para o interior do poço colaborando para o aumento da concentração do metal; outro fator a ser considerado é a presença de oxigênio disponível das águas superficiais influenciando no processo de intemperismo químico, acelerando os processos de oxidação das rochas ígneas e liberando o Fe para a água: tais processos podem ter influência para os metais Mg e Mn.

Conforme padrão estabelecido pela Portaria 2914 de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), as águas analisadas se apresentam com boa qualidade e com referência de potabilidade em sua grande maioria.

Ainda, conforme Quadro 1, sumário estatístico das análises realizadas das águas subterrâneas para a área de estudo (Oeste Catarinense), a presença de coliformes fecais *Escherichia Coli* foi positiva para 11 poços, sendo 8 para zona urbana e 3 para a zona rural. Para coliformes totais, dos 100 poços analisados 47 apresentaram contaminação sendo 27 para a zona urbana e 15 para a zona rural. Tais poços estão em desacordo com referência à qualidade da água para consumo humano, conforme Portaria 2914 de 2011 MS.

Para as zonas urbanas os valores de coliformes fecais *Escherichia coli* variaram de 1,0 a 155,3 nmp/100m/L e para as rurais de 2,0 a 45,5 nmp/100m/L. Para os coliformes totais a variação nas zonas urbanas e rurais foi de 1,00 a 2.419,6 (limite máximo de exatidão conforme método empregado). A concentração da população urbana colabora para a produção de resíduos sólidos domiciliares, o que afeta a qualidade da água (CARASEK, 2011). Para o restante da zona urbana bem como da rural a forma mais comum de descarte de dejetos e esgotos domésticos é através de fossas negras, que por muitas vezes são subdimensionadas acometendo a área em sua volta com contaminantes saturando o solo e por consequência infiltrando para zonas saturadas de água subterrânea, atingindo poços mais vulneráveis conforme nível estático.

Apesar de somente 11 poços terem apresentado *Escherichia coli*, este é um resultado preocupante, pois destes, 7 são comunitários, os outros 4 são particulares, sendo que em todos a principal utilização é para consumo humano, e nenhum deles

possui sistema de tratamento, ou seja, a água é utilizada de forma *in natura*. Para as zonas rurais, somente 3 poços acusaram a presença de *Escherichia Coli*, e alerta-se para o monitoramento constante, pois na grande maioria das propriedades a agropecuária prevalece, com a criação em confinamento de aves, suínos, gado de corte e leite além das áreas de plantio; todas estas práticas geram insumos como dejetos animais, dos quais por muitas vezes não há o descarte ou reutilização de forma consciente/adequada, gerando o risco de contaminação dos solos, rios, lagos e por consequência das águas subterrâneas.

Os microrganismos patogênicos podem sobreviver no solo por períodos de dias, meses e até anos, pois possuem em seu ciclo de vida formas de resistência que os protegem dos efeitos adversos do ambiente, e podem ser carregados juntamente com as águas superficiais até atingirem as zonas saturadas das reservas hídricas subterrâneas.

Outro fato que desperta o grande cuidado com as águas subterrâneas das zonas rurais e a relação com coliformes é o uso indiscriminado de antimicrobianos na produção animal em confinamento, que tem desencadeado o aumento de microrganismos resistentes, os quais podem ser transportados para as águas superficiais e subterrâneas e, por conseguinte utilizadas na lavagem de alimentos (frutos, vegetais, grãos) e sistemas de armazenamento de laticínios que em seguida são revendidos no mercado regional, de forma *in natura*. Em caso de contaminação do recurso hídrico por coliformes ou por esses outros microorganismos, esses podem se tornar potenciais contaminantes em larga escala, isso sem levar em consideração alguns tipos de vírus que não foram abordados nesta pesquisa, havendo indícios de que podem percolar e atingir as águas subterrâneas, explicando os casos de hepatite em pessoas que consomem água de poço na zona rural, (BERTONCINI, 2008).

Amostras de *Escherichia coli* resistentes a antimicrobianos têm sido observadas em águas subterrâneas (Mckee et al., 1995; Gallert et al., 2005), rios (Webster et al., 2004) e esgoto (Reinthal et al., 2003). Conforme Nanni (2014) a ocorrência de contaminações potenciais do SASG para a área de estudo é alta devido ao perfil econômico e agroindustrial, além do crescimento populacional que acompanha o desenvolvimento econômico da região.

Em nossa pesquisa buscamos analisar as concentrações de NO_3^- , com resultado positivo para todos os 100 poços do Aquífero Serra Geral, tendo maior concentração para as zonas urbanas com média de 3,06 mg/L e 1,56 mg/L para as zonas rurais. Nenhuma das amostras extrapolou o limite máximo permitido conforme regulamentação do Ministério Saúde, Portaria 2914 de 2011, onde se estipulam para uso humano concentrações de até 10mg/L. Os poços que apresentaram valores altos, acima de 5,0mg/L, foram 6 para a zona rural e 12 para a zona urbana, e 37 poços apresentaram concentrações acima de 3,0mg/L sendo 28 nas zonas urbanas e 9 nas rurais.

Nas zonas urbanas os resultados de NO_3^- demonstram o quão alterado o ambiente se apresenta, fato explicado pelos problemas urbanos como o excesso de fossas

negras e a falta de sistema de captação e tratamento de esgoto, além de problemas de vazamentos e subdimensionamento dos sistemas de tratamento de esgoto residenciais e industriais, onde a liberação de águas com alta carga de nutrientes é despejada em ambientes naturais saturando rios e solos, causando conseqüentemente a contaminação das águas superficiais, pois se infiltrarão no subsolo sem a devida filtragem mecânica e química natural adequada, atingindo as águas subterrâneas. Outro fator refere-se à alta solubilidade do NO_3^- e à baixa retenção no solo, colaborando diretamente para o aumento da concentração em águas subterrâneas.

Os poços que apresentaram NO_3^- acima de 5,0mg/L no espaço rural têm relação com a pequena distância de criação de animais em confinamento e agentes de risco de contaminação, sendo a maior, de 50 metros. A produção animal em confinamento em nossa região é uma prática setorial econômica, tal segmento gera insumos como dejetos cujo descarte e reutilização são feitas de forma inadequada em grande parte dos casos.

Outro agravante é a falta de zonas ripárias e o uso de fertilizantes nitrogenados nas lavouras, pois, quando aplicado tais insumos no solo, o excesso pode ser lixiviado e conseqüentemente atingir áreas de infiltração e de recarga de aquíferos bem como córregos e rios no entorno; quando não há mata ciliar e cobertura vegetal no entorno de áreas de plantio, isto se torna um agravante para o aumento da concentração de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas, devido ao fato de não ocorrer a fixação pelas raízes de plantas, além de facilitar a lixiviação do excesso no solo, infiltrando-se juntamente com a água devido à alta mobilidade principalmente do NO_3^- (JU et al., 2006). A saturação do solo por compostos nitrogenados colabora diretamente para o aumento de NO_3^- nas águas subterrâneas, pois a filtragem natural ocorre pelo solo e quando saturado o processo de filtração acaba sendo ineficaz (CARASEK, 2016).

Para o herbicida glifosato selecionamos os principais poços vulneráveis de nossa pesquisa para possíveis contaminações (poços localizados em lavouras), sendo selecionados 25 poços da zona rural para as análises, todos do SASG. Apesar do método empregado, através de Cromatografia Líquida de alta eficiência, não quantificamos/detectamos glifosato nas amostras analisadas.

No método empregado em nossa pesquisa, o limite de detecção e quantificação foi para a busca do analito conforme comparação com a Portaria 2914 de 2011 do MS, onde o máximo tolerável é de 500 $\mu\text{g/L}^{-1}$, mas a ocorrência do glifosato em nossas amostras pesquisadas em concentrações mais baixas que o nosso limite de detecção é possível. Outro fato relevante é o tempo de meia vida em cerca de 50 a 70 dias do agroquímico em água (Sanchís, et al, 2011); desta forma, caso tenha sido aplicado o herbicida em um prazo maior que 50 dias, o risco de não ter sido detectado pela degradação da molécula até o processo de preparação e análise da amostra não deve ser negligenciado.

Selecionamos 25 poços da zona urbana para análises de BTEX (Hidrocarbonetos

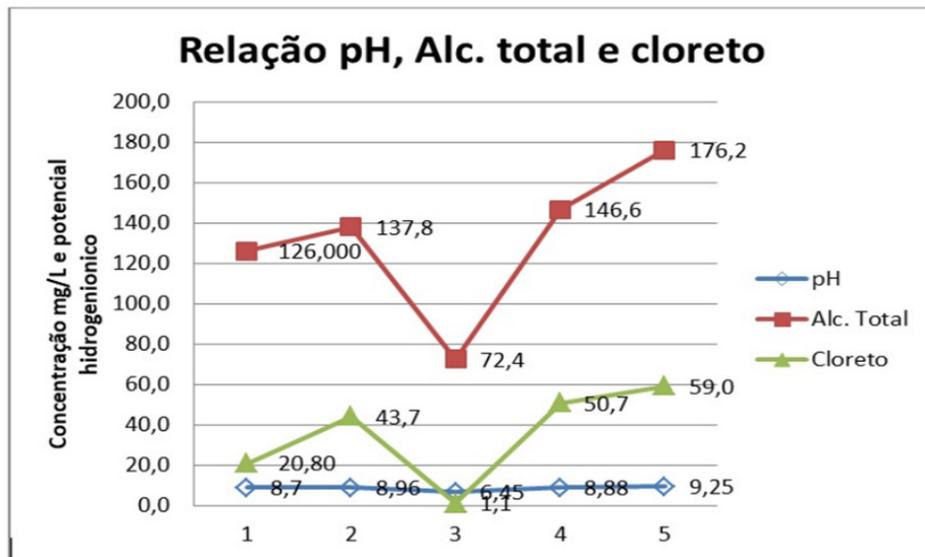
monocromáticos – benzeno, tolueno, etilbenzeno, o-xileno, m-xileno, p-xileno). A escolha dos poços foi direcionada a locais com grande potencial para possível contaminação por derivados de petróleo (BTEXs), ou seja, poços inseridos dentro de áreas onde existem oficinas mecânicas e postos de combustíveis, ou próximos destas áreas.

Para os 25 poços não foram quantificados e ou detectados nenhum tipo de contaminação, visto como positivo, pois nossa curva de calibração foi desenvolvida de forma extremamente acurada e com sensibilidade apurada onde concentrações de até 2 ppb poderiam ser detectadas.

Apesar de os resultados não apresentarem nenhum traço de derivados do petróleo ressaltamos que a vigilância e monitoramento destas áreas é de suma importância para futuros estudos, buscando analisar amostras de solos no entorno, pois vazamentos de pequena proporção normalmente ficam retidos no solo e por consequência liberam vapores que podem se expandir e ser liberados na atmosfera e na ocorrência de precipitações atingir águas superficiais e subterrâneas não especificamente no local do vazamento dos combustíveis.

Em nossa pesquisa incluímos 5 poços do Sistema Aquífero Guarani, reserva hídrica que ainda em nossa região é pouco explorada devido à profundidade e dificuldade de atingir a Formação Botucatu, além de o valor de perfuração ser alto e em muitas vezes economicamente inviável para o setor agropecuário e para o consumo humano. Desta forma, as informações do SAG no Oeste de Santa Catarina ainda precisam ser melhor estudadas e discutidas. Percebe-se a dificuldade de se perfurar poços no SAG no município de Chapecó, pois dos 5 poços conhecidos, somente 1 é de uso coletivo e para consumo humano, e os demais são de uso particular no fomento da área agroindustrial.

Ainda no SAG, para o pH, o mínimo foi de 6,45, máximo de 9,25 e a média geral de 8,45. Para Cl^- a concentração nas amostras foi branda com mínimo de 1,1mg/L e máximo de 59,0mg/L e média geral de 35,07mg/L. A alcalinidade total mínima foi de 72,4mg/L e máxima de 176,2mg/L com média geral de 131,8mg/L. Analisamos a concentração de SO_4^{2-} nas amostras, que apresentaram as concentrações de <5,00mg/L, máxima de 134,7 e média geral de 113,63mg/L. O Na^+ foi encontrado nas amostras e apresentou o mínimo de 0,7mg/L e máximo de 176,00 mg/L.



Quadro 2: Relação pH, Alcalinidade Total e cloreto nas águas do SAG.

Fonte: Autores

Os resultados demonstram que a água se refere ao aquífero confinado pois o pH do SAG demonstra um aumento em relação à profundidade do topo do aquífero. Observa-se que conforme o pH aumenta, alcalinidade total e cloretos acompanham de forma exponencial. A presença de Cl^- refere-se a minerais como halita (NaCl) e silvita (KCl) que possuem alta solubilidade e podem ser os responsáveis pela liberação deste ânion nas águas profundas do SAG (FREEZE; CHERRY, 1979).

Para o íon SO_4^{-2} diversos minerais podem ser responsáveis pela liberação ocorrida por dissolução. Os minerais gipso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e anidrita (CaSO_4) são os mais comuns dos minerais sulfatados. Entretanto, por ocorrerem geralmente em pequena quantidade no SAG, se torna necessário um maior tempo e profundidade de percolação para que o SO_4^{-2} se torne o ânion predominante (HISCOCK; BENSE, 2014; CETESB, 2001; SILVA, 1983).

Com relação ao Na^+ , a sua presença está relacionada à abundância deste metal alcalino no meio ambiente e sua solubilidade alta em água, desta forma o processo de infiltração das águas desde o solo até a percolação pela formação dos aquíferos enriquece e aumenta a concentração deste sal, além da ampla distribuição nos minerais fontes (CUSTÓDIO, 1976).

Os resultados para coliformes fecais *Escherichia coli* e totais das amostras dos 5 poços do SAG apresentaram valores negativos, assim como outros microorganismos, atendendo assim a Portaria 2914 de 2011 do MS. Esses resultados eram esperados, pois o SAG possui uma barreira física que colabora para a filtragem mecânica e química das águas devido à superposição da formação Serra Geral, além de que para a área de estudo o confinamento das águas do SAG é comprovado.

A importância do estudo do SAIG/SG de forma detalhada na região oeste de Santa Catarina é de caráter política/ambiental, pois atualmente a grande exploração

das águas subterrâneas na região se dá de forma desordenada, onde o SASG é a principal fonte de abastecimento (SCHEIBE; HIRATA, 2008). Sem a compreensão do sistema as águas subterrâneas continuarão sendo exploradas sem a devida atenção e responsabilidade para a proteção de um bem finito e importante para o futuro das gerações.

4 | CONCLUSÕES

Através de indicadores microbiológicos e físico-químicos foi possível verificar que no que se refere ao aquífero SASG, este atende os critérios e as funções do uso social, econômico e ambiental. A água nesse território é vista como recurso e a exploração dos aquíferos é uma fonte mais barata do que a recuperação das águas superficiais.

Outra questão que precisa ser acrescentada aqui é a despreocupação com os poços improdutivo e ou secos e abandonados, encontrados nos trabalhos de campo: são fontes diretas de poluição das águas subterrâneas.

De forma geral a qualidade das águas do SAG para a área de estudo demonstra-se satisfatória para o uso coletivo humano.

Os resultados encontrados neste trabalho apontam para a necessidade de mais estudos no Oeste Catarinense e em todo Estado, que abordem a gestão integrada e compartilhada dos recursos hídricos nas bacias ou regiões hidrográficas estabelecidas nesse território.

Percebeu-se também que não há, por parte dos proprietários dos poços, uma preocupação com a limpeza, proteção e manutenção constante dos mesmos, entendendo que não é necessário. Serviços de limpeza, manutenção e prevenção dos poços poderiam ocorrer, pelo menos, a cada quatro anos, onde é possível observar problemas de oxidação e infiltração: conclui-se que há necessidade de medidas mitigatórias com extrema urgência nesse sentido.

REFERÊNCIAS

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. *In*: Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. São Paulo- SP, junho de 2008.

BITTENCOURT, A.V.L et al. Influência dos Basaltos e de misturas com águas de aquíferos sotopostos nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia do Rio Piquiri, Paraná – BR. *Rev. Águas Subterrâneas*, n. 17, p.67-75, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2011.

CARASEK, F. L. Análises físico-química das águas subterrâneas do município de Chapecó-SC. Unochapecó: Junho de 2011.

- CARASEK, Fábio Luiz. Qualidade da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral na região Oeste do Estado de Santa Catarina, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Unochapecó, 2016.
- CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. *Geografia*, Londrina, v. 8, n. 1, p. 91-97, jan/jun. 1999.
- CETESB. (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) (São Paulo). Qualidade das águas subterrâneas 2013-2015 no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2012. B - - (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103). Disponível http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSubterraneas2015_Web_20-07.pdf Acesso 12-11-2017
- CETESB. Água subterrânea e poços tubulares. São Paulo: CETESB, 2001. 481 p.
- CPRM, Serviço Geológico do Brasil.
- CUSTÓDIO, E. & Llamas, M. R. Hidrologia Subterrânea. Barcelona, Omega, t.1, 1976.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Governo do Ceará. Software QualiGraf. Fortaleza, CE, 2015. Disponível <http://www3.funceme.br/qualigraf/>. Acesso 20-10-2017.
- GALLERT, C.; FUND, K.; WINTER, J. 2005. Antibiotic resistance of bacteria in raw and biologically treated sewage and in groundwater below leaking sewers. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 69: 106-112.
- HISCOCK, KEVIN M.; BENSE, Victor F. Hydrogeology: Principles and practice. 2. ed. Oxford: Wiley Blackwell, 2014. 545 p.
- JU, X.T. et al. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution*. n. 43, v. 1, p. 117-125, sep. 2006.
- MACHADO, José Luiz Flores. Mapa hidrogeológico do Estado de Santa Catarina – Porto Alegre: CPRM, 2012. 1 CD- ROM. – (Cartas Hidrogeológicas Estaduais). ISBN 978-85-7499-208-2.
- MCKEON, D. M.; CALABRESE, J. P.; BISSONNETTE, G. K. 1995. Antibiotic resistant gram-negative bacteria in rural groundwater supplies. *Water Research*, 29 (8): 1902-1908.
- NANNI, A. S. Tipos de Aquíferos: aquíferos em Santa Catarina. Notas de aula da disciplina de Hidrogeologia. - UFSC: Florianópolis, 2014.
- NICOLAI, G. Avaliação das concentrações de nitratos na água subterrânea do município de Chapecó – SC. 2001. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- NICOLAI, Gilberto. (1998) Determinação físico/químico e bacteriológico da água de poços artesianos no município de Chapecó – SC. Chapecó: UNOESC, 1998. 51p. TCC graduação, Biologia.
- REGINATO, P .A. R.; AHLERT, S.; GILIOLI, K. C.; CEMIN, G. Caracterização hidrogeológica e hidroquímica do aquífero livre do manto de alteração da Formação Serra Geral, na bacia hidrográfica Taquari-Antas, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 143-162, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.903>)
- REINTHALER, F. F. et al. 2003. Antibiotic resistance of *Escherichia coli* in sewage and sludge. *Water Research*, 37: 685-1690.

SANTOS, A.C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL, J.F. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p.

SCHEIBE, L.F.; HIRATA, Ricardo C. A.. Contexto tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15., 2008, Natal. Anais.... São Paulo: ABAS, 2008. p. 1 - 14. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23794>. Acesso 25-01-2018.

SILVA, R.B.G. Estudo Hidroquímico e Isotópico das Águas Subterrâneas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. IGC/USP. 1983. 133 p.

WEBSTER, L. F. *et al.* 2004. Identification of sources of *Escherichia coli* in South Carolina estuaries using antibiotic resistance analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 298: 179-195.

RAIZ DO CAPIM VETIVER: UMA FONTE ALTERNATIVA PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

Felipe Coelho Vieira

Centro Universitário de Belo Horizonte, Instituto de Engenharia e Tecnologia
Belo Horizonte – MG

Alan Rodrigues Teixeira Machado

Centro Universitário de Belo Horizonte, Instituto de Engenharia e Tecnologia
Belo Horizonte – MG

Marcelo Segala Xavier

Centro Universitário UNA, Instituto de Engenharia e Tecnologia.
Belo Horizonte – MG

Jussara Vitória Reis

Centro Universitário de Belo Horizonte, Instituto de Engenharia e Tecnologia.
Belo Horizonte – MG

RESUMO: O capim vetiver possui raízes que podem crescer de 2 a 5 metros de profundidade, é um capim produzido por mudas, isto é, não são plantas invasoras. No cultivo das mudas é gerado um grande volume de resíduos que não possuem valor agregado, mas são excelentes fontes de carbono, o que o torna uma matéria-prima atraente para a produção de carvão ativado. Esse produto se destaca na adsorção de contaminantes orgânicos, por exemplo, os fármacos, que podem ser encontrados nos diversos tipos de efluentes. Assim, objetivando o desenvolvimento de materiais alternativos

para o tratamento de efluentes aquosos, neste trabalho foi avaliado o potencial das raízes de vetiver, como fonte de carbono para a produção de carvão ativado. Foram produzidas quatro amostras de carvão por dois meios de carbonização: duas em forno tipo mufla e duas em micro-onda. Uma amostra em cada par foi ativada quimicamente usando ácido fosfórico. O potencial dos carvões produzidos para remoção de fármacos em solução aquosa foi mensurado por meio de ensaios de adsorção, utilizando como adsorvato o diclofenaco de sódio. O carvão obtido a partir da carbonização em forno tipo mufla e com a ativação química apresentou o melhor desempenho, com capacidade máxima de adsorção de 714,4 mg.g⁻¹. Logo, os carvões obtidos das raízes do vetiver, principalmente, o carbonizado em forno tipo mufla ou submetido à ativação química, apresentam grande potencial para remoção de contaminantes orgânicos.

PALAVRAS-CHAVE: Capim vetiver, Diclofenaco sódico, Carvão Ativado.

GRASS ROOT VETIVER: AN ALTERNATIVE SOURCE FOR ON COAL PRODUCTION

ABSTRACT: The vetiver grass has roots that can grow downward from 2 to 5 meters in depth, this grass is grown from seedlings, in other words, it is not an invasive plant. In the seedlings

farming, large quantities of worthless waste are generated, but this waste is an excellent carbon source, which makes it an attractive raw material for activated coal production. This product stands out at organic contaminants adsorption, for example, pharmacons found in various types of effluents. Thus, seeking the development of alternative materials for aqueous effluents treatment, this study approaches the evaluation of vetiver grass' potential used as carbon source in the production of activated coal. Four coal samples were produced using different carbonizing processes: two from muffle furnace and two from microwave. One in each sample pair was chemically activated using phosphoric acid. The produced coal potential to extract pharmacons in aqueous solution was measured through adsorption test, using diclofenac sodium as adsorbate. The coal obtained from muffle furnace and from chemical activation provided the best performance, with maximum adsorption potential of 714.4 mg.g⁻¹. Therefore, coal obtained from vetiver grass roots, specially, carbonized in muffle furnace or chemically activated show great potential to extract organic contaminants.

KEYWORDS: Vetiver grass, Diclofenac sodium, Activated carbon.

1 | INTRODUÇÃO

O capim vetiver é uma gramínea perene originária da Índia, possui característica eco fisiológicas única no mundo. Ele é de fácil plantio e suporta diversos climas, isto é, se desenvolva em locais que nenhuma outra planta sobreviveria. As raízes podem chegar a cinco metros de extensão o que lhe confere uma enorme capacidade de resistência à seca prolongada. O capim vetiver é muito usual no controle de erosão e recuperação de áreas degradadas, no entanto, a atividade mais lucrativa do plantio do vetiver é a produção e óleo a partir das suas raízes. Esse óleo é mundialmente utilizado por perfumarias, produtos de beleza, fins medicinais e controle de pragas (CHOU *et al.*, 2012; CHOU *et al.*, 2016; PEREIRA, 2006; CHAVES e ANDRADE, 2013).

O uso do vetiver é difundido mundialmente, entretanto, no Brasil a produção de vetiver ainda é pequena, mas vários pesquisadores são otimistas e acreditam que a produção será ampliada. Nas regiões de clima tropical, o vetiver cresce em quantidade significativa, produzindo um valor de biomassa maior que 100 toneladas de matéria seca ha/ano (TRUONG *et al.*, 2008). Embora os inúmeros relatos na literatura sobre as aplicações das raízes do vetiver, as informações sobre o uso dos resíduos para a produção de carvão ativado são escassas, pois apenas dois trabalhos foram encontrados sobre o emprego das raízes do vetiver, proveniente dos resíduos de uma perfumaria, para a produção de carvão ativado (GASPARD *et al.*, 2007; ALTENOR *et al.*, 2009).

O carvão ativado é originado de materiais carbonosos, os quais sofrem algum processamento para aumentar a sua porosidade interna, são amplamente utilizados para tratamento de efluentes, o uso se limita devido ao alto custo das matérias-primas, porém a busca de materiais ou rejeitos de outros sistemas tende a minimizar o seu

valor. A adsorção por carvão ativado produzido por rejeitos é um método de baixo custo, eficiente e amplamente utilizado para a remoção de contaminante em efluentes aquosos (BARBOSA *et al.*, 2014).

Os fármacos têm chamado à atenção do meio acadêmico, pois eles possuem um papel importante na vida da sociedade moderna para o tratamento e prevenção de doenças. No entanto, a população brasileira tem uma cultura de excesso de uso e de automedicação. Vale a pena mencionar que no Brasil, um indivíduo que esteja saudável faz o uso de pelo menos um medicamento por conta própria. Além disso, uma boa parcela da sociedade não possui ciência sobre os graves problemas ambientais que o uso excessivo e desnecessário de medicamentos acarreta (COSTA; COSTA, 2011).

A liberação dos fármacos, pelo organismo, é excretada na urina ou fezes, e há relatos que cerca de 50 a 90 % são eliminados sem sofrer alteração em sua composição (COSTA; COSTA, 2011). Os fármacos encontrados nas águas são provenientes de diversos medicamentos tanto de uso humano quanto animal. A ocorrência de medicamentos em rios ou lagos produzem efeitos adversos ao ambiente e a saúde humana, já que esses compostos interferem na fisiologia, no metabolismo e no comportamento das espécies, e ainda podem causar efeitos secundários que podem vir contra a defesa imunológica de organismos o que os torna mais frágeis aos parasitas e doenças (AMÉRICO *et al.*, 2013).

A remoção de fármacos pode ser realizada por meio de diferentes tecnologias, tais como: biorreatores com membranas, processo oxidativo avançado ou adsorção em carvão ativado (CRESTANA; SILVA, 2011). Destaca-se aqui o uso de carvão ativado, uma vez que eles tendem a ter uma estrutura altamente porosa, justificando seu alto poder de adsorção de moléculas tanto em fase líquida quanto na fase gasosa (ALVES *et al.*, 2015).

O diclofenaco sódico (DCF) é um dos medicamentos mais consumidos no Brasil, sendo muitas vezes vendido sem prescrição médica o que aumenta o seu nível de concentração nas águas brasileiras, poucas pesquisas são realizadas a fim da remoção desse contaminante. Após a administração do DCF, 65 % da dose absorvida pelo indivíduo é excretada pela urina e fezes, desta parcela liberada, 15 % não sofre alteração e o restante é eliminado na forma de metabólitos, os quais são conhecidos como: 3-hidroxi-diclofenaco; 4-hidroxi-diclofenaco (principal); 5-hidroxi-diclofenaco; 4-5 dihidroxi-diclofenaco; 3- hidroxi-4-metoxi-diclofenaco e 4-hidroxi-5-cloro-diclofenaco (RIGOBELLO, 2012).

O uso de carvão ativado para a complementação do tratamento da água possibilita uma boa parte da remoção dos poluentes orgânicos. Portanto, faz necessária uma investigação mais aprofundada a fim de avaliar o potencial do resíduo do vetiver. Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo produzir carvão ativado utilizando como matéria-prima a raiz de vetiver e avaliar o potencial do carvão ativado para a remoção de contaminantes orgânicos, especificamente do fármaco diclofenaco de

sódio.

2 | METODOLOGIA

Os resíduos das raízes do capim vetiver foram doados gentilmente pela empresa Deflor Bioengenharia – Contagem/MG. Os ensaios para a obtenção e análises do carvão ativado foram realizados nos laboratórios de química do Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH, exceto as análises de Microscopia Eletrônica de Varredura e Espectroscopia de Infravermelho realizada, que foram realizadas no CEFET-MG e na UFMG, respectivamente.

2.1 PREPARO DO CARVÃO

Os resíduos das raízes do vetiver foram lavados com água quente até que a água da lavagem se tornasse límpida. Em seguida, o material sólido foi seco em estufa a 100 °C. Após a secagem, o resíduo foi triturado e então parte do material foi submetida à ativação com ácido fosfórico para posterior carbonização. Para tanto, foi adicionado 4 g de material precursor a 4 mL da solução de ácido fosfórico (85 % v/v), agitou-se manualmente por 3 min. Em seguida, a mistura foi lavada com água destilada para remover o excesso de ácido e levada à carbonização em forno micro-ondas (900 W de potência a uma frequência de operação em 2450 MHz). O carvão obtido foi codificado com CA1. Esse mesmo procedimento foi repetido mudando somente a forma de carbonização para o forno tipo mufla. Neste procedimento, o resíduo permaneceu por 3 h a 300 °C. O carvão obtido por meio deste método foi codificado com CA2. Os dois procedimentos, carbonização em forno micro-ondas e em forno tipo mufla, foram repetidos para os resíduos sem contato com o ácido fosfórico. Neste caso, os carvões obtidos foram codificados com CA3 e CA4, respectivamente. Todos os métodos são compreendidos na Tabela 1.

2.2 RENDIMENTO

Para o cálculo do rendimento, pesou-se as massas iniciais e finais de (Tabela 2). Assim a diferença entre as massas pode ser empregada para determinação do rendimento conforme a equação (1).

$$R = \frac{m_{final}}{m_{inicial}} \times 100(\%) \quad (1)$$

2.3 ADSORÇÃO DO DICLOFENACO SÓDICO

Pesou-se, com precisão mínima de 0,01 mg, 100 mg dos carvões produzidos, Tabela 2. Transferiu para um erlenmeyer e adicionou 25 mL da solução de diclofenaco sódico 0,1 g.L⁻¹. Esse procedimento foi repetido para todas as concentrações

apresentadas na Tabela 1. As amostras permaneceram sob agitação constante durante 24 h. Após filtração, em papel de filtro comum, foram determinadas as concentrações finais do DCF em cada frasco, utilizando-se uma curva de calibração previamente construída.

Amostras	Carbonização	Concentrações (g/L)
CA1	Tratamento químico/ microondas	0,10; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,0; 2,0; 3,0; 3,5
CA2	Tratamento químico/ Mufla	0,10; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,0
CA3	Microondas	0,10; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,0
CA4	Mufla	0,10; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,0

Tabela 1: Concentrações para análise de adsorção nas amostras de carvão.

2.4 Isotermas de adsorção

A partir dos resultados obtidos ajustou as isotermas experimentais por meio dos modelos matemáticos de Langmuir e Freundlich, utilizando as equações abaixo. A equação (2) é referente ao modelo matemático de adsorção segundo Langmuir.

$$q = \frac{q_{m\acute{a}x} K_L C_{eq}}{1 + K_L C_{eq}} \quad (2)$$

Em que: q = quantidade de soluto adsorvido por grama de solvente no equilíbrio (mg.g^{-1}); $q_{m\acute{a}x}$ = Capacidade máxima de adsorção (mg.g^{-1}); K_L = Constante de interação adsorvato/adsorvente (L.mg^{-1}); C_e = Concentração de adsorvato no equilíbrio (L.mg^{-1}).

O parâmetro R_L foi calculado por meio da equação (3):

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (3)$$

Em que: R_L = fator de separação; K_L = Constante de interação adsorvato/adsorvente (L.mg^{-1}); C_0 = Concentração de adsorvato no equilíbrio (L.mg^{-1}).

A equação (4) corresponde ao modelo matemático de Freundlich.

$$Q_{eq} = K_F C_{eq}^{1/n} \quad (4)$$

Em que: Q_{eq} = quantidade do soluto adsorvido equilíbrio (mg.g^{-1}); C_e = Concentração de equilíbrio na solução (mg.L^{-1}); $1/n$ = Constante relacionada a heterogeneidade a superfície; K_F = Constante de Capacidade de adsorção de Freundlich (mg.g^{-1}).

2.5 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

2.5.1 MICROSCÓPIA ELETRÔNICO DE VARREDURA

A morfologia dos materiais foi estudada por análises via microscopia eletrônica de varredura (MEV) em um equipamento de baixo vácuo da marca Hitachi, modelo TM 3000.

2.5.2 ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO

Os grupos superficiais foram analisados por espectroscopia na região do infravermelho (Shimadzu IRaffinity-1) em equipamento Shimadzu IRaffinity-1, com acessório de reflectância difusa DSR-8000 e resolução 4 cm⁻¹.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos rendimentos gravimétricos para os carvões produzidos são mostrados na Tabela 2. Observa-se, para as amostras submetidas à ativação química, um melhor rendimento percentual quando comparado com as amostras obtidas somente com processo físico. Esse resultado se assemelha aqueles apresentados por Junior (2004), que observou melhores rendimentos para os carvões submetidos à ativação química. Tal fato pode ser explicado, possivelmente, às propriedades de hidrogenação do ácido fosfórico que inibe a formação de voláteis (ALTENOR *et al.*, 2009).

Amostras	Raízes (g)	Rendimento (%)	Rendimento (%)
CA1	4,0	51,30	51,30
CA2	4,0	54,93	54,93
CA3	4,0	28,18	28,18
CA4	4,0	30,57	30,57

Tabela 2: Carvões produzidos a partir das raízes do vetiver.

Os ensaios de adsorção para as amostras CA3 e CA4 não se mostraram promissores, indicando que a ativação física não foi eficiente. Para as amostras CA1 e CA2, as isotermas de adsorção do DCF (Figuras 1 e 2) indicaram elevada adsorção evidenciando a formação de microporos (SILVA, 2012).

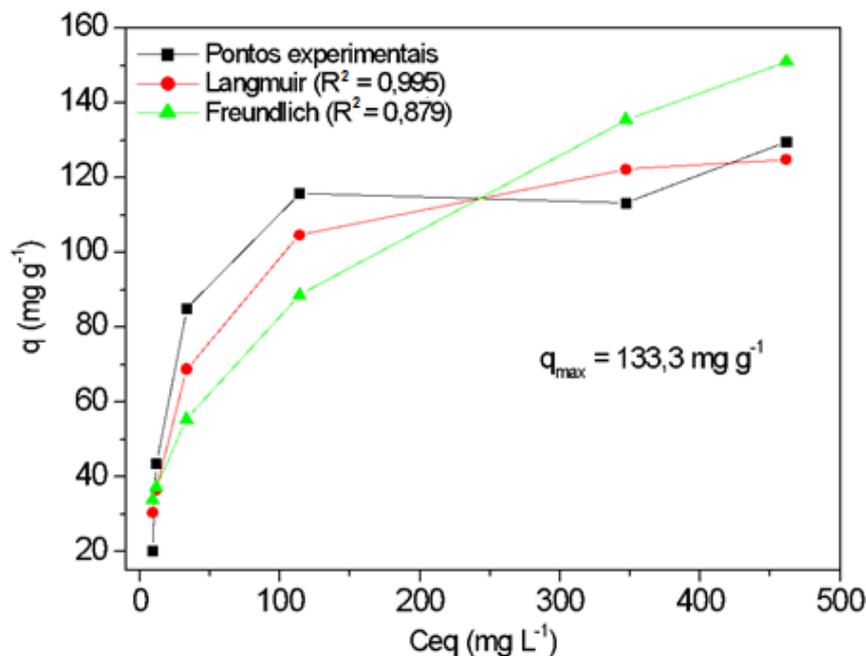


Figura 1: Isoterma de adsorção do diclofenaco de sódio pelo carvão obtido por meio da carbonização por micro-ondas (CA1).

Os perfis das isotermas (experimental e de Langmuir) mostraram um processo de adsorção extremamente favorável. Já o perfil da isoterma de Freundlich indicou um processo favorável para todas as isotermas. As capacidades máximas de adsorção (q_{\max}) dos carvões CA1 e CA2, nas concentrações estudadas, foram de $133,3 \text{ mg.g}^{-1}$ e $714,4 \text{ mg.g}^{-1}$, respectivamente. Os valores calculados para o parâmetro R_L foram $0,03$ e $1,8 \times 10^{-6}$ para as amostra CA1 e CA2, respectivamente. Os valores n para as amostra CA1 e CA2, foram $2,6$ e $3,9$, respectivamente. Esses resultados confirmam os perfis observados para as isotermas. Observa-se, ainda, que para ambas as amostras o melhor ajuste foi o de Langmuir devido ao coeficiente de determinação (R^2) estar mais próximo de um.

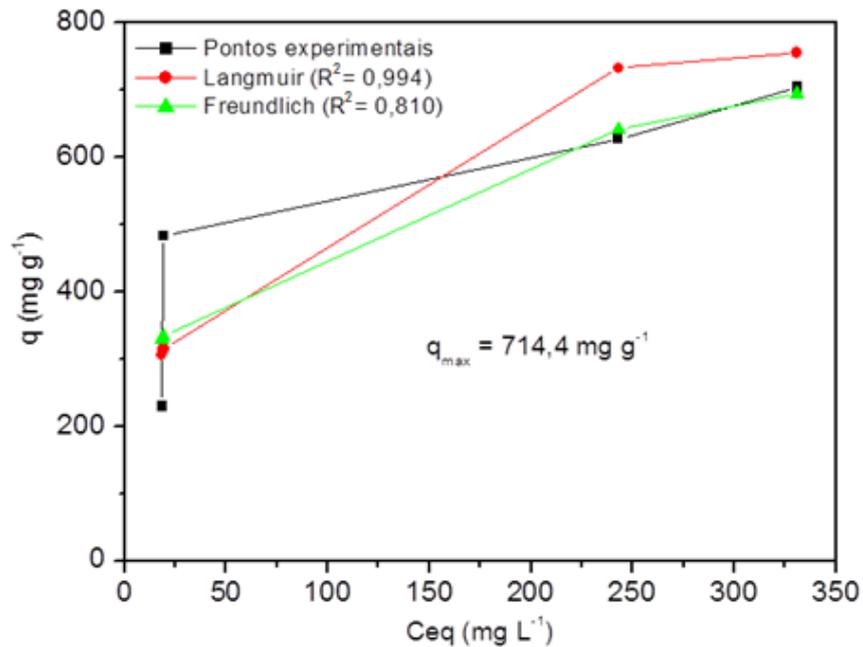
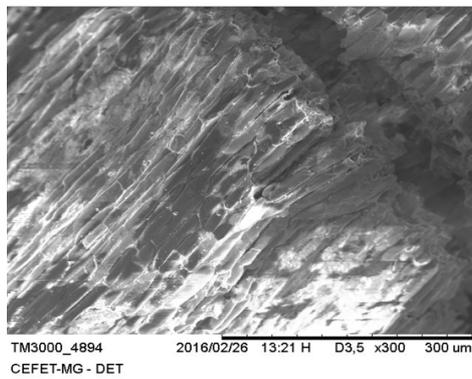


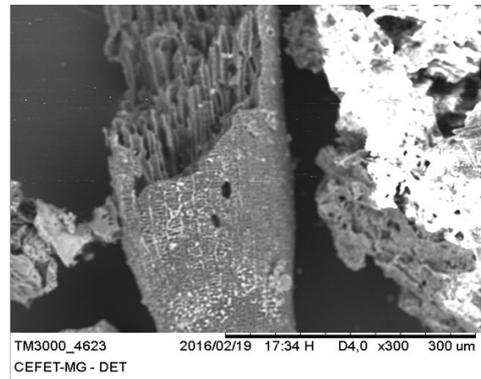
Figura 2: Isoterma de adsorção do diclofenaco de sódio pelo carvão obtido por meio da carbonização por mufla (CA2).

O carvão ativado (CA2) demonstrou ser promissor para adsorção do diclofenaco de sódio, já que possuiu os melhores resultados. Tal afirmação pode ser reforçada quando o resultado de adsorção é comparado com os de outros carvões. Por exemplo, o máximo de adsorção deste mesmo fármaco utilizando o carvão ativado de Pinus foi de aproximadamente 260 mg.g⁻¹ (TONUCCI, 2014).

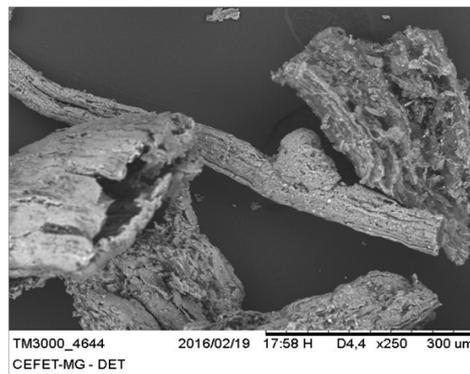
A análise por MEV do precursor mostrou um material com estrutura fibrosa Figura 3 a. Após o processo de carbonização (Figura 3 b, 3 c) observa-se uma modificação na estrutura inicial, com formação de microporos de formato cilíndrico, com homogeneidade visível. Observa-se, ainda, poucas fendas na superfície do carvão.



(a)



(b)



(c)

Figura 3: Micrografia obtida por MEV da raiz do vetiver (a), carvão ativado (CA1) (b) e carvão ativado (CA2) (c).

No espectro de infravermelho dos resíduos das raízes do vetiver (Figura 4), a banda em 3400 cm^{-1} pode ser atribuída ao estiramento vibracional do grupo O-H. As absorções localizadas na região de 2970 até 2850 cm^{-1} são características de vibrações simétricas e assimétricas de grupos metilas e metilenos. A absorção situada em 1730 cm^{-1} é típica de estiramento vibracional de C=O de carbonila. As absorções em 1640 e 1460 cm^{-1} , são referentes ao estiramento vibracional C=O e N-H de amidas. Também foram observadas absorções entre 1000 e 1180 cm^{-1} , referentes ao estiramento vibracional de C-O de alcoóis.

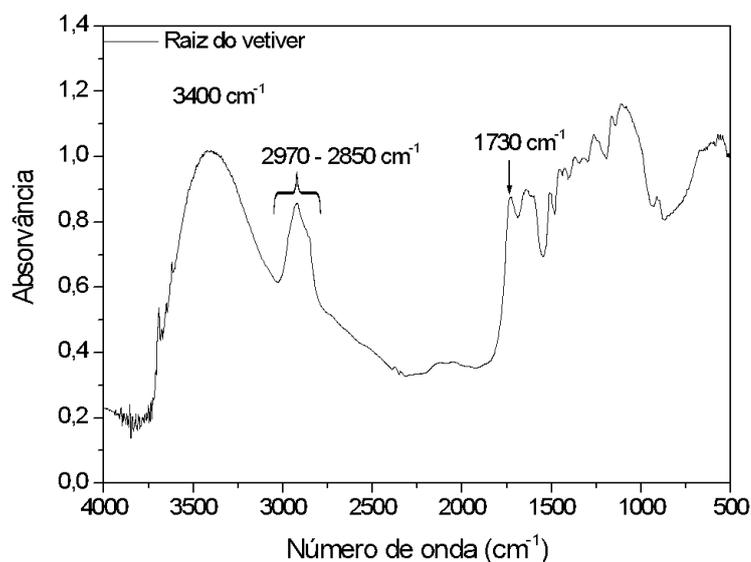


Figura 4: Espectro de infravermelho dos resíduos das raízes do vetiver.

Após o processo de carbonização, tanto em micro-ondas quanto em forno do tipo mufla, pode-se observar a redução das bandas referentes aos grupos funcionais presente no material de partida (Figura 5 e 6).

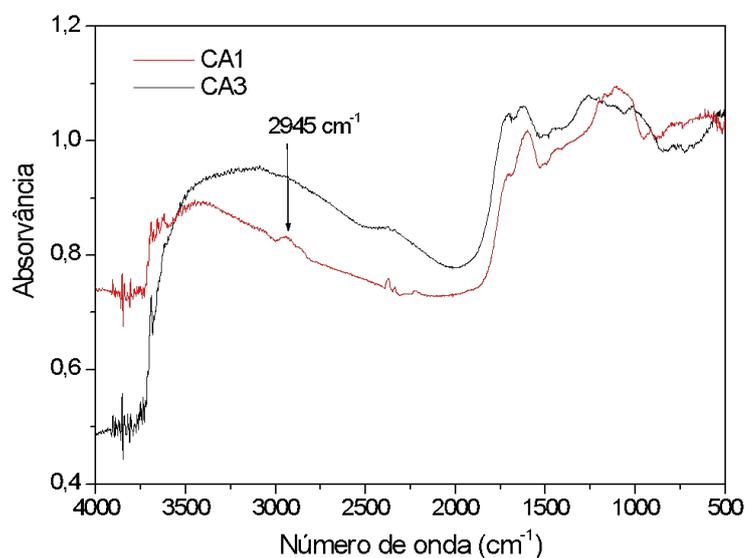


Figura 5: Espectros de infravermelho dos carvões carbonizados em microondas. Linha vermelha sem ativação química e linha preta ativado com ácido fosfórico.

Os espectros de infravermelho das amostras sem tratamento químico e com a ativação química mostraram reduções para a banda na região de 2970 até 2850 cm^{-1} . Já para as amostras tratadas com o ácido fosfórico observou-se o completo desaparecimento desta banda, o que evidencia a ocorrência da pirólise do material

(RAMOS *et al.*, 2009).

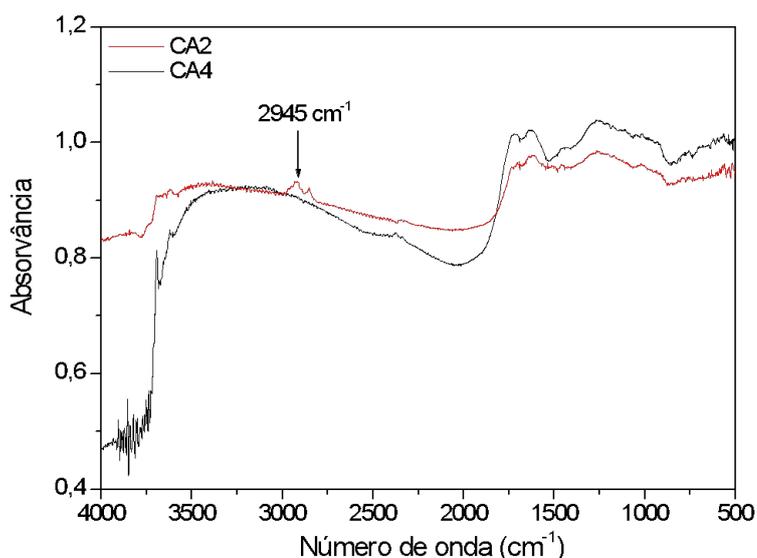


Figura 6: Espectros de infravermelho dos carvões carbonizados em forno tipo mufla. Linha vermelha sem ativação química e linha preta ativado com ácido fosfórico.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento de águas no Brasil ainda é ineficiente para a remoção de fármacos, sendo necessários maiores estudos para a adição de etapas que eliminem e/ou minimizem esses contaminantes de águas públicas. O carvão ativado é altamente eficiente para esta descontaminação. Por meio dos resultados obtidos é evidente que a raiz do vetiver possui alto potencial como matéria-prima para a produção de carvão ativado, apresentando-se economicamente viável devido seu descarte por empresas de mudas, extração de óleo, entre outras. Ao se comparar o material aqui produzido com outros encontrados na literatura, verifica-se que este apresentou maior capacidade adsorptiva, ou seja, mais eficiente. O carvão obtido pode ser, também, aplicado a adsorção de outros contaminantes orgânicos ou inorgânicos, bem como ser empregado como suporte para catalisadores, etc.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deflor Bioengenharia pelo resíduo de raiz fornecido.

REFERÊNCIAS

ALTENOR, S. *et al.* **Adsorption studies of methylene blue and phenol onto vetiver roots activated carbon prepared by chemical activation.** Journal of Hazardous Materials, v. 165, n. 1-3, p. 1029-1039, 2009.

ALVES, R. F *et al.* **Produção de carvão ativado a partir de endocarpo de coco da baía**

visando o armazenamento de gás natural. In: Congresso nacional de engenharia de petróleo, gás natural e biocombustíveis, 2015 Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/Modalidade_4datahora_29_03_2015_23_22_15_idinscrito_1777_71898b9ff62a9f1dcf39d2b9c146e66f.pdf>. Acesso em: 19 out. 2015.

AMÉRICO, J. H. P. *et al.* **Ocorrência, destino e potenciais impactos dos fármacos no ambiente.** SaBios-Revista de Saúde e Biologia, v.8, n.2, p.59-72, 2013. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/>> Acesso em: 03 nov. 2015.

BARBOSA, C. S. *et al.* **Remoção de compostos fenólicos de soluções aquosas utilizando carvão ativado preparado a partir do aguapé (*Eichhornia crassipes*): estudo cinético e de equilíbrio termodinâmico.** Química Nova, v. 37, n. 3, p. 447-453, 2014. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/v37n3a10.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2015.

CHAVES, T. de A.; DE ANDRADE, A. G. **Capim vetiver: produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas.** Embrapa Solos-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2013. Disponível em: <http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/39_Capim_Vetiver.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2015.

CHOU, S. *et al.* **Study of the chemical composition, antioxidant activity and anti-inflammatory activity of essential oil from *Vetiveria zizanioides*.** Food Chemistry, v. 134, n. 1, p. 262-268, 2012.

CHOU, S.; SHIH, Y.; LIN, C. **Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) oils.** In: Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. Academic Press, 2016. p. 843-848.

COSTA, A. S. C.; COSTA, M. S. **Poluentes farmacêuticos: a poluição silenciosa.** Jornal eletrônico: Faculdades integrativas Vianna Júnior, 2011. Disponível em: <http://www.viannajr.edu.br/files/uploads/20140221_095032.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

CRESTANA, G. B.; SILVA, J. H. **Fármacos residuais: panorama de um cenário negligenciado.** Revista Internacional de Direito e Cidadania, v. 9, p. 55-65, 2011. Disponível em: <<http://www.reid.org.br/arquivos/00000226-05-09-crestana.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2015.

GASPARD, S. *et al.* **Activated carbon from vetiver roots: gas and liquid adsorption studies.** Journal of Hazardous Materials, v. 144, n. 1-2, p. 73-81, 2007.

SCHETTINO, M. A. *et al.* **Preparação e caracterização de carvão ativado quimicamente a partir da casca de arroz.** Química Nova, v. 30, n. 7, p. 1663, 2007.

PEREIRA, A. R. **Uso do Vetiver na estabilização de taludes e encostas.** Belo Horizonte: Boletim Técnico DEFLORES–Bioengenharia, v. 1, 2006.

RAMOS, P. H. *et al.* **Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto, verde, ardido (PVA) do café.** Química Nova, v. 32, n. 5, p. 1139-1143, 2009.

RIGOBELLO, E. S. **Avaliação da remoção de diclofenaco e formação de subprodutos em tratamento de água.** 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-24072012-165052/pt-br.php>>. Acesso em: 17 out. 2015.

SILVA, N. C. **Remoção de antibióticos da água por meio do processo de adsorção em carvão ativado.** 2012. Tese de mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/97882>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

TONUCCI, M. C. **Adsorção de diclofenaco, estradiol e sulfametoxazol em carvões ativados e nanotubos de carbono: estudos cinéticos e termodinâmicos.** f. 108 . Dissertação de mestrado.

Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/4332>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

TRUONG, P.; TAN VAN, T.; PINNERS, E. **Sistema de aplicação vetiver: manual de referência técnica**. Rede Internacional de Vetiver. ed. 2. Pernambuco, 2008. Disponível em: <http://www.vetiver.org/BRA_Brazil_Port_o.pdf>. Acesso em 03 nov. 2015.

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS DE UMA REGIÃO DO CERRADO MARANHENSE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS OCORRENTES NO LOCAL

Karla Bianca Novaes Ribeiro

Faculdade Pitágoras de São Luís
São Luís – Maranhão

Kely Silva dos Santos

Faculdade Pitágoras de São Luís
São Luís – Maranhão

Karine Silva Araujo

Faculdade Pitágoras de São Luís
São Luís – Maranhão

Mayanna de Kássia Silva Rodrigues

Faculdade Pitágoras de São Luís
São Luís – Maranhão

James Werllen de Jesus Azevedo

Faculdade Pitágoras de São Luís; Universidade
Federal do Maranhão – UFMA.
São Luís – Maranhão

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo analisar a relação existente entre as condições socioeconômicas de uma região do Cerrado Maranhense e os impactos ambientais ocorrentes na mesma, por meio de dados do PIB e IDH, os quais são indicadores socioeconômicos que baseiam-se em fatores que envolvem o uso dos recursos naturais. Os procedimentos metodológicos consistiram em pesquisas bibliográficas e uso de ferramentas geotecnológicas, para verificação da evolução do uso e ocupação do solo. A pesquisa

evidenciou um aumento, regional, para o PIB per capita, entre os anos de 1999 a 2014, o que pode ser explicado pela expansão agrícola no Cerrado Maranhense. A agropecuária, uma das atividades mais impactantes ao meio ambiente, apresentou a segunda maior contribuição para o PIB. O IDH também apresentou aumento, entre os anos de 1991 a 2010. Entretanto, contrárias ao cenário socioeconômico estão as condições ambientais; pois, a partir do aumento do PIB e IDH, os impactos sobre a região tornaram-se mais intensos, sendo a agropecuária uma das principais causas desta intensificação. No sul do Maranhão existem grandes projetos agropecuários, os quais estão provocando impactos como: perda de vegetação nativa, contaminação de corpos hídricos, assoreamento de rios, entre outros. Desta forma, o cenário demonstra que as condições socioeconômicas da região e os impactos ambientais no local possuem uma relação direta; pois, à medida que ocorre o aumento do PIB e IDH, os impactos ambientais são intensificados, contribuindo, assim, para a degradação ambiental do Cerrado Maranhense.

PALAVRAS-CHAVE: PIB, IDH, Impactos Ambientais, Degradação Ambiental, Cerrado Maranhense.

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze the relationship between the

socioeconomic conditions of a Cerrado Maranhense region and the environmental impacts that occur in it, through GDP and HDI data, which are socioeconomic indicators that are based on factors that involve the use of natural resources. The methodological procedures consisted of bibliographical researches and use of geotechnological tools, to verify the evolution of the use and occupation of the soil. The research evidenced a regional increase in per capita GDP between 1999 and 2014, which can be explained by the agricultural expansion in the Cerrado Maranhense. Agriculture, one of the most impacting activities in the environment, presented the second largest contribution to GDP. The HDI also increased, from 1991 to 2010. However, contrary to the socioeconomic scenario are the environmental conditions; because of the increase in GDP and HDI, the impacts on the region have become more intense, with agriculture being one of the main causes of this intensification. In the south of Maranhão there are large agricultural projects, which are causing impacts such as: loss of native vegetation, contamination of water bodies, silting rivers, among others. In this way, the scenario demonstrates that the socioeconomic conditions of the region and the environmental impacts in the place have a direct relation; as the increase of GDP and HDI occurs, the environmental impacts are intensified, contributing, therefore, to the environmental degradation of the Cerrado Maranhense.

KEYWORDS: GDP, HDI, Environmental Impacts, Environmental Degradation, Cerrado Maranhense.

1 | INTRODUÇÃO

Todas as atividades humanas causam impactos ao meio ambiente, sendo estes de pequeno, médio e grande porte. Alguns exemplos de atividades causadoras de significativos impactos ambientais são: atividades industriais, agricultura, pecuária, geração de energia, etc. Contudo, apesar de causarem danos ecológicos consideráveis, certas atividades são de extrema importância socioeconômica.

Mundialmente, existem indicadores utilizados para medir o crescimento econômico e social das regiões. Como exemplo tem-se o PIB – Produto Interno Bruto, que mede a riqueza gerada em uma determinada região, utilizando como base as atividades econômicas desenvolvidas na mesma; e o IDH – Índice de Desenvolvimento Humano, o qual associa as condições econômicas e sociais de um local, ou seja, leva em consideração a economia e a qualidade de vida da população.

Por ser um indicador que demonstra desenvolvimento econômico, o crescimento do PIB, na maioria das vezes, está associado com a degradação ambiental, tendo em vista que o seu cálculo não engloba os prejuízos de ordem natural. É possível exemplificar esta questão com o desmatamento organizado de grandes áreas florestadas, com o objetivo de realizar o plantio de uma determinada cultura (o que for colhido desta cultura entra como saldo positivo no Balanço de Pagamentos, contribuindo para o aumento do PIB), entretanto, os impactos ecológicos que o desmatamento e o plantio da cultura trazem para a região não representam um saldo negativo no Balanço de

Pagamentos, ou seja, não influenciam no PIB (CRUZ & FERNANDES, 2013).

De acordo com Steiner (2006), o IDH é um indicador destinado a mensurar o desenvolvimento humano a partir de três parâmetros, sendo estes: escolaridade (anos médios de estudos), longevidade (expectativa de vida da população) e Produto Interno Bruto - PIB per capita. Deste modo, é um indicador que mede três fatores importantes da vida humana: educação, saúde e bem-estar. O IDH é calculado com base em dados econômicos e sociais de um determinado lugar, variando de 0,0 (quando não há nenhum desenvolvimento humano) a 1,0 (quando o desenvolvimento humano é total). Desta forma, localidades com IDH mais próximo de 1,0 são consideradas regiões mais desenvolvidas.

Tendo em vista que os fatores utilizados para mensurar o IDH demandam um elevado consumo dos recursos naturais, e, entendendo que o aumento da exploração desses recursos, promovem degradação ambiental, tem-se, para a região do cerrado maranhense a imperativa necessidade da aplicação de técnicas de gestão vinculadas às diretrizes de desenvolvimento sustentável, pois, conforme observado por Mota, (2017), o surgimento de novos espaços agrícolas, na região de Balsas, destinados à produção e, acima de tudo como necessidade de produção para o capitalismo agrícola moderno, acabam que reproduzindo no seu interior (tanto o campo quanto a cidade) um quadro de desigualdades socioespaciais, ou seja, ocasionam inúmeras metamorfoses de ordem política, ambiental, econômica e, sobretudo, social. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as relações existentes entre as condições socioeconômicas de Balsas – MA e os impactos ambientais ocorrentes no município, por meio de uma série de dados do PIB e IDH da região e uso de ferramentas geotecnológicas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Passos et. al (2017), o município de Balsas está localizado no sul do Maranhão, fazendo parte da microrregião dos Gerais de Balsas, limitando-se com os municípios Riachão, São Raimundo das Mangabeiras, Fortaleza dos Nogueiras, Tasso Fragoso, Alto Parnaíba, Nova Colinas, Sambaíba e Recursolândia-TO. O município conta com uma área de 13.141,733 Km², uma população estimada de 94.779 pessoas e densidade demográfica de 6,36 hab/ km² (IBGE, 2018).

Para a realização do presente estudo, foram adotados métodos de pesquisa bibliográfica e uso de ferramentas geotecnológicas, para verificar a evolução do uso e ocupação do solo. Os dados socioeconômicos foram obtidos a partir da exploração da plataforma online IBGE Cidades e do site Deepask, o qual é um centralizador de dados abertos da internet, voltado para levantamento de dados e pesquisa de mercado. Para verificar a evolução do uso e ocupação do solo na região, foram utilizadas imagens de satélite com intervalos temporais de 20 anos; comparando os fatores solo exposto, vegetação e áreas construídas, nos anos de 1997 e 2017. As imagens foram obtidas

do site do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE, e o programa utilizado para o tratamento e análise das mesmas foi o Spring, versão 5.3.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Balsas – MA sofreu um aumento significativo no PIB per capita entre os anos de 1999 a 2014, estando, em alguns anos, acompanhando o crescimento do PIB per capita nacional, como pode ser observado na **Figura 1**. Este aumento fez com que o município fosse da 4ª para a 3ª posição no ranking do PIB estadual e da 363ª para a 317ª posição no ranking nacional (DEEPASK, 2018). Esse aumento pode ser explicado pela expansão agrícola no município, que, segundo Rodrigues & Barbosa (2011):

Na década de 90, com o aumento do preço da soja no mercado internacional e a ocupação de áreas produtoras tradicionais, outras glebas nos Cerrados foram intensivamente incorporadas para a produção de soja, com destaque para Luís Eduardo Magalhães – BA, Balsas – MA e Pedro Afonso – TO.

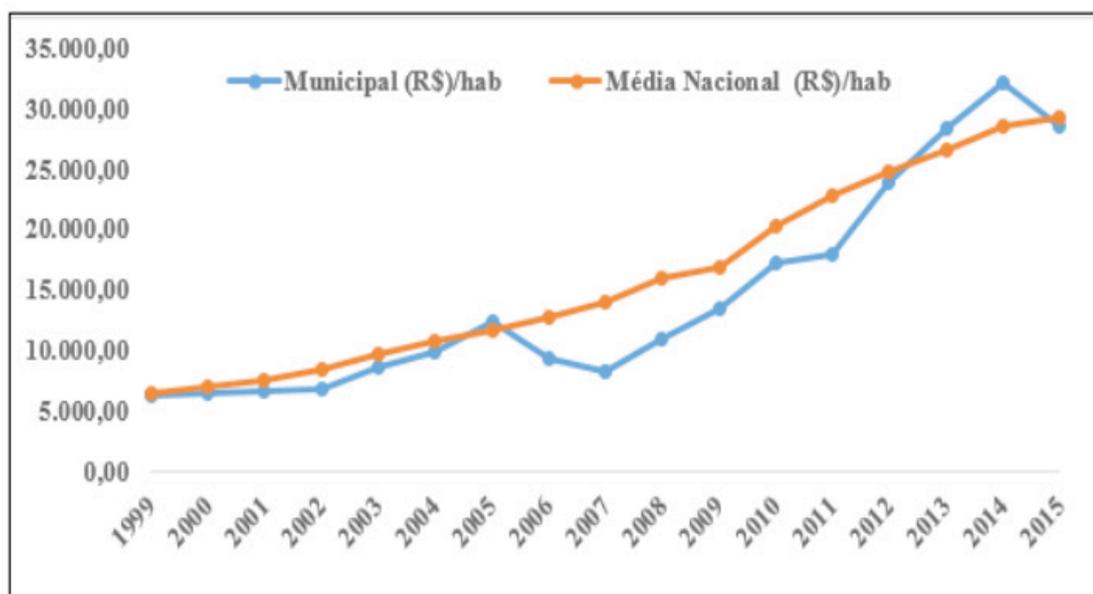


Figura 1: PIB per capita (R\$/hab) do município de Balsas - MA (1999 - 2015)

Fonte: Adaptado de Deepask (2018)

Dentre as atividades que mais contribuíram para o PIB per capita de Balsas entre os anos de 1999 a 2015, a Agropecuária (uma das atividades mais impactantes ao meio ambiente) apresenta a segunda maior contribuição, estando atrás somente dos Serviços (administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social), como é possível observar em **Figura 2**.

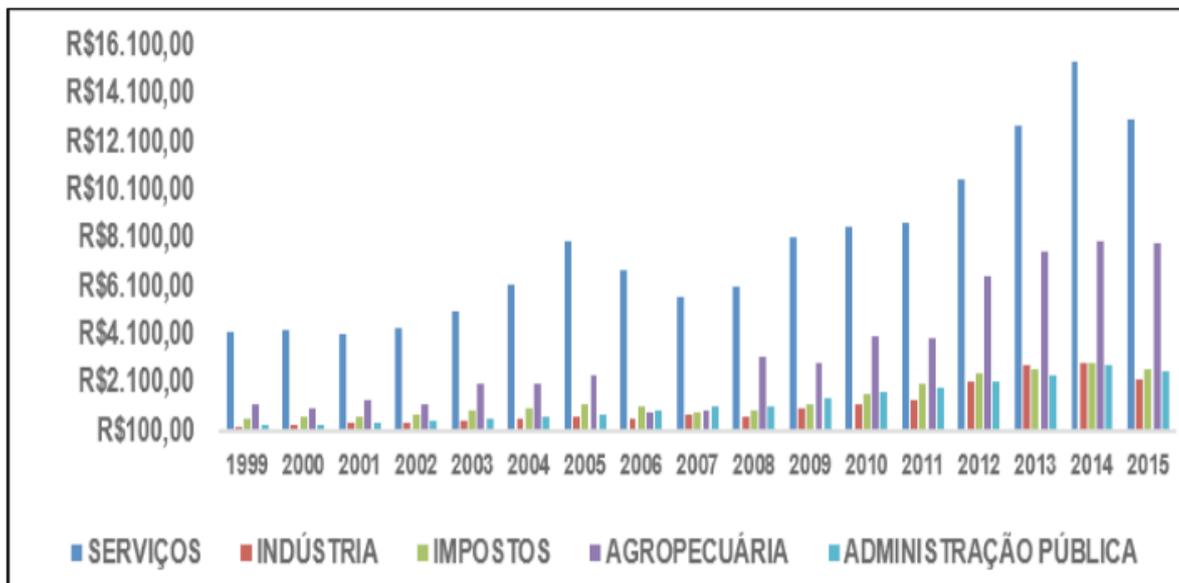


Figura 2: Valor Adicionado Bruto (R\$/hab) por atividade econômica no PIB per capita no município de Balsas- MA (1999 - 2015)

Fonte: Adaptado de Deepask (2018)

O IDH de Balsas, assim como o PIB per capita, sofreu aumento significativo entre os anos de 1991 a 2010, como mostra a **Figura 3**, que apresenta dados disponibilizados pelo IBGE; o que é compreensível, tendo em vista que o IDH sofre influência do PIB. Entre os municípios do estado do Maranhão, Balsas ocupa a 5ª posição no ranking de municípios com maior IDH, apresentando um índice de 0,687, estando atrás de São Luís, Imperatriz, Paço do Lumiar e São José de Ribamar (IBGE, 2018).

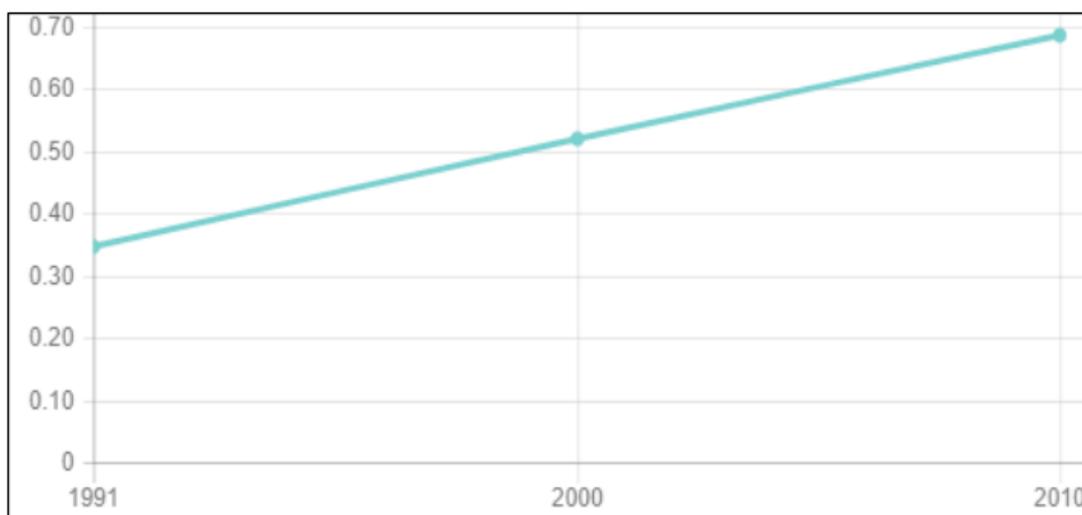


Figura 3: Série histórica do IDH de Balsas-MA (1991 - 2010)

Fonte: IBGE (2018)

Contrárias as condições socioeconômicas do município de Balsas, estão as condições ambientais; pois, a partir do aumento do PIB e IDH do município, os impactos ambientais sobre a região tornaram-se mais intensos, sendo a agropecuária

uma das principais causas de degradação ambiental na mesma. Segundo Rodrigues & Barbosa (2011), as atividades agrícolas podem significar a ampliação de impactos ambientais nos solos, nos recursos hídricos, na biodiversidade e nas condições de equilíbrio ecológico.

No município de Balsas existem grandes projetos agropecuários, os quais estão provocando impactos nas nascentes do Rio Balsas com desmatamentos de matas ciliares e também com contaminação da água, por conta do uso de agrotóxicos nas culturas. Apesar de ser impactado, principalmente pelas atividades agroindustriais, o Rio Balsas também tem sofrido impactos em virtude do rápido crescimento populacional e das demais atividades econômicas desenvolvidas na região (ALVES et. al, 2009). Os impactos ambientais das atividades econômicas de Balsas são evidentes, inclusive, através de imagens de satélites, quando realiza-se uma comparação com imagens da década de 90 e imagens atuais, como é possível verificar nas **Figuras 4 e 5**, as quais mostram a região de Balsas em 1997 e 2017, respectivamente.



Figura 4: Imagem de satélite da região de Balsas/MA, no ano 1997

Fonte: Adaptado de INPE (2018)

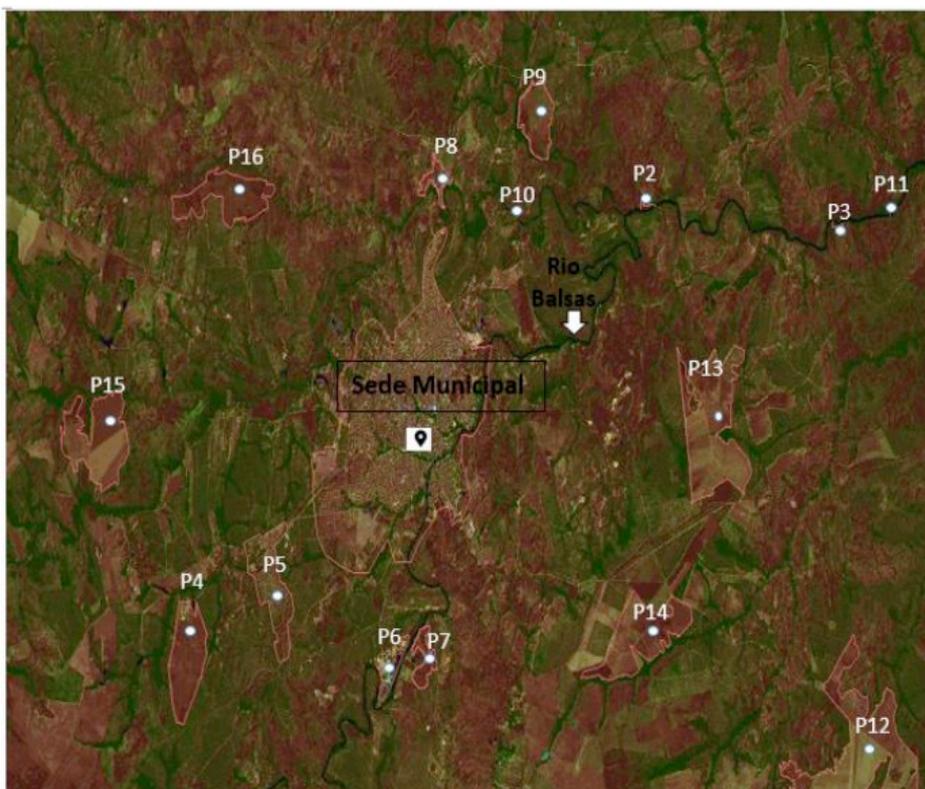


Figura 5: Imagem de satélite da região de Balsas/MA, ano de 2017

Fonte: Adaptado de INPE (2018)

Através das imagens é possível notar que houve mudanças consideráveis no uso e ocupação do solo na região, sendo possível destacar as alterações demarcadas, que apresentam o aumento da cidade, a diminuição da mata ciliar do rio Balsas em alguns pontos, o aumento de áreas com solo exposto, a diminuição de leitos de rios tributários do rio Balsas, entre outras. Ainda, foi possível mensurar essas alterações por meio dos perímetros dos pontos demarcados nas imagens, comparando os perímetros de cada ponto nos anos de 1997 e 2017, conforme **Quadro 1**.

Pontos	Descrição	Perímetro (m) – 1997	Perímetro (m) – 2017
P1	Cidade	27.445,55	30.655,99
P2	Mata ciliar	436	248,47
P3	Mata ciliar	772	135,18
P4	Solo exposto	2.439,29	8.537,23
P5	Área de construção	2.828,92	10.613,24
P6	Área de lavra	1.637,42	5.410,56
P7	Solo exposto	4.394,26	7.056,47
P8	Solo exposto	1.021,40	6.683,90
P9	Solo exposto	4.961,39	6.544,57
P10	Mata ciliar	454,45	153,92
P11	Mata ciliar	593,15	266,77
P12	Solo exposto (possível área de cultivo)	10.607,36	26.950,25

P13	Solo exposto (possível área de cultivo)	11.280,14	19.663,18
P14	Solo exposto (possível área de cultivo)	7.443,07	14.166,91
P15	Solo exposto (possível área de cultivo)	13.287,84	13.888,50
P16	Solo exposto	6.460,88	12.281,13

Quadro 1: Perímetros dos pontos demarcados nas imagens, anos 1997 e 2017

4 | CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas, é possível concluir que as condições socioeconômicas do município de Balsas – MA e os impactos ambientais ocorrentes no local possuem uma relação diretamente proporcional; pois, à medida que ocorre o aumento do PIB e IDH da cidade, os impactos ambientais na mesma são intensificados. É possível que estejam ocorrendo efeitos sinérgicos e cumulativos dos impactos, levando a degradação ambiental de várias áreas. Sendo assim, as evidências sinalizam que as atividades de agropecuária nesta região do cerrado maranhense ocorrem de forma desvinculada com os preceitos de desenvolvimento sustentável, com tendências, a longo ou médio prazo em um cenário notório de desequilíbrio ecológico.

REFERÊNCIAS

ALVES, Lourimara Farias Barros. **Modelagens matemáticas para simulações computacionais de impacto ambiental no Rio Balsas**. 2009. 60 f. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/307283>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

CRUZ, Alice Aloísia Da; FERNANDES, Elaine Aparecida. Relação PIB e meio ambiente: abordagem da pegada ecológica. **Redes**, v. 18, n. 1, p. 88-107, 2013. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6547745>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

DEEPASK, O Mundo e As Cidades Através de Gráficos e Mapas. **PIB: Veja o Produto Interno Bruto por cidade do Brasil - BALSAS, MA: PIB per capita**. Disponível em: <<http://www.deepask.com/goes?page=balsas/MA-Confira-o-PIB---Produto-Interno-Bruto---no-seu-municipio>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Panorama- Balsas/MA**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas/panorama>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Catálogo de imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

MOTA, Francisco Lima. O rural e o urbano no cerrado sul-maranhense: Balsas enquanto cenário de reprodução das transformações socioespaciais no pós 1980. **Interespaços Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**. v 03, n 10. p. 138-157. 2017. Disponível em: <<http://www.periodicoeletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/7933>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

PASSOS, Máximo Lages Vieira; ZAMBRZYCKI, Geraldo Cesar; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-Ma. **Scientia agraria**, v.

18, n. 1, p. 83-89, 2017. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6012804>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

RODRIGUES, Waldecy; BARBOSA, Gislâne Ferreira. Custos Ambientais Da Produção Da Soja Em Áreas De Expansão Recente Nos Cerrados Brasileiros—O Caso De Pedro Afonso-To. **CEP**, v. 77, p. 090, 2011. Disponível em: <<https://ageconsearch.umn.edu/record/147384/>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

STEINER, João E. Conhecimento: gargalos para um Brasil no futuro. **Estudos Avançados**, v. 20, n. 56, p. 75-90, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v20n56/28628.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2018.

RELEVO COMO FATOR INTENSIFICADOR DAS ONDAS DE CALOR EM ALAGOAS

Dálete Maria Lima de Sousa

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza- Ceará

Anne Karolyne Pereira da Silva

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza- Ceará

Rafael Wendell Barros Forte da Silva

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza- Ceará

João Vitor Benevides de Castro

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza- Ceará

Francisco de Assis Franco Vieira

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza- Ceará

David Harley de Oliveira Saraiva

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza- Ceará

RESUMO: As ondas de calor são uma realidade cada vez mais recorrente na sociedade, especialmente nos centros urbanos; sua fonte é dada pelo aquecimento anormal da superfície da terra, que é o resultado de vários fatores, em escala local, como urbanização e desmatamento, e proporções globais como a redução da camada de ozônio, aquecendo oceanos, etc. as mais diversas consequências, desde casos de fadiga até eventos mais graves

como a morte do paciente. Neste cenário, este projeto tem como objetivo analisar a influência do relevo nas ondas de calor do estado de Alagoas. O estudo se divide de duas maneiras, analisadas primeiramente usando dados brutos, obtidos de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), características locais, como temperatura, umidade e precipitação; em paralelo, através de revisões bibliográficas foi feito o enquadramento das particularidades da região segundo a classificação climática de Thornthwaite, explorando outros parâmetros como hipsometria e geomorfologia de Alagoas, utilizando conceitos já consagrados na literatura. Por fim, por meio de uma análise espacial e temporal, as informações apresentadas foram comparadas, propondo possíveis explicações para os fenômenos de oscilação, por meio da interpretação dos dados obtidos na literatura e análise de séries temporais e considerando o desempenho do relevo local na variação do parâmetros.

PALAVRAS-CHAVE: Geomorfologia, QGIS, Thornthwaite, extresses térmicos.

ABSTRACT: Heat waves are a reality increasingly recurrent in society, especially in urban centers; its source is given by abnormal warming of the earth's surface which is the result of several factors, on a local scale, as urbanization and deforestation, and global proportions as the

reduction of the ozone layer, warming oceans, etc. These concentrators phenomena temperature generate the most diverse consequences, since cases of fatigue to more serious events such as the death of the patient. In this scenario, this project has a purpose analyze the influence of relief at the heat waves of Alagoas state. The study splits in two ways, first analyzed using raw data, obtained from meteorological stations the National Institute of Meteorology (INMET), local characteristics, such as temperature, humidity and rainfall; in parallel, through literature reviews it was made the framework of the particularities of the region according to the climatic classification of Thornthwaite, exploring other parameters as hipsometria and geomorphology of Alagoas, using concepts already established in the literature. Finally, by means of a spatial and temporal analysis the information presented was compared, proposing possible explanations for the oscillation phenomena, by interpretation of data obtained in the literature and analysis of time series and considering the performance of the local relief on the variation of the parameters.

KEYWORDS: Geomorphology, QGIS, Thornthwaite, extreme thermal

1 | INTRODUÇÃO

A temperatura em nosso planeta está se intensificando a cada dia. Esse fenômeno conhecido como Aquecimento Global possui diversos fatores que amplificam a temperatura na superfície terrestre. Segundo o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, estabelecido em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), temos:

“As mudanças na quantidade de gases de efeito estufa e aerossóis da atmosfera, na radiação solar e nas propriedades da superfície terrestre alteram o equilíbrio energético do sistema climático. Essas mudanças são expressas em termos do forçamento radiativo, que é usado para comparar a forma como os fatores humanos e naturais provocam o aquecimento ou o esfriamento do clima global” (IPCC, 2007, pág3).

Dentre as diversas consequências causadas por essa elevação das temperaturas médias, um fator recorrente nas áreas continentais são as Ondas de Calor, definido no Heat Wave Duration Index (HWDI) da Organização Meteorológica Mundial, como uma variação superior a 5°C em relação ao valor médio diário de referência, durante no mínimo seis dias consecutivos. Esse fenômeno térmico é bastante perceptível em grandes cidades, sendo abordado em diversos estudos; dentre estes, merece destaque a onda de calor em Memphis nos EUA que durou 26 dias consecutivos e provocou 83 óbitos, afetando principalmente idosos e crianças os quais compõem a parcela mais vulneráveis da sociedade. Na Europa, na onda de calor de 2003 causou a morte de mais de 70.000 pessoas, Robine et al. (2008).

Os fatores climáticos que contribuem para o aumento da morbidade e da mortalidade, não estão apenas relacionados com a combinação de temperaturas diurnas e noturnas extremamente altas, mas também com os valores elevados de umidade relativa e com a duração da onda de calor. (ALMEIDA, 2012, pág 33).

O nosso Planeta já aqueceu ao longo do último século, com um aumento médio da temperatura em 0,6 °C (Hewitt, 2008). O Aquecimento generalizado do Planeta acompanhado por uma série de alterações da temperatura e regimes de precipitação, a variabilidade sazonal, extremos de verões demasiados quentes e secos e invernos intensamente frios e chuvosos, correlaciona-se com a variação da incidência das doenças influenciadas pela oscilação climática e ao maior número da frequência de ocorrência de episódios de estresses térmicos, como é o caso das ondas de calor. (Connor, Thomson, & Menne, 2008).

De acordo com Marto (2005), “O excesso a exposição ao calor pode provocar câibras, esgotamento, fadiga térmica, síncope (desmaio), exaustão pelo calor, golpe de calor e Acidentes Vascular Cerebral (AVC)”. Diante desse cenário, o presente projeto vem propor que além das causas já citadas das ondas de calor que afetam o Estado Alagoano, o Relevo local pode atuar como fator de intensificação desse fenômeno, podendo ter consequências preocupantes para a sociedade.

2 | METODOLOGIA DE TRABALHO

O Estado de Alagoas localiza-se no Nordeste Brasileiro e possui uma área total de 27.848,003Km², contando com 102 municípios, uma população de 3.120.494 habitantes e uma densidade demográfica de 112,33 hab./km², dados do último censo de 2010 realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A pesquisa a ser realizada nesse artigo se deu por revisões bibliográficas buscando a fundamentação teórica necessária, baseado na análise de fenômenos térmicos ocorridos em diversas partes do Estado de Alagoas. A exploração de séries históricas dos postos de coleta permitiu uma análise espacial das regiões abrangidas por esses dados e ter uma visão acoplada à variação desses fenômenos em relação ao relevo local. Obtiveram-se os dados mensais de cinco postos meteorológicos, sendo estes: Água Branca, Maceió, Palmeira dos Índios, Porto das Pedras e Pão de Açúcar. Analisaram-se dados médios de cada posto, em uma variação temporal de 10 anos, sendo estes de janeiro de 2006 a dezembro de 2015, nos quais foram analisados parâmetros como precipitação total, temperatura média, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real.

As informações referentes aos postos pluviométricos tiveram como fonte os dados à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através do acesso ao seu banco de dados em forma digital, as séries históricas das várias estações meteorológicas são referentes às medições mensais, de acordo com as normas técnicas internacionais da Organização Meteorológica Mundial. No tratamento dos dados utilizou-se o software

gratuito QGIS de código aberto disponível segundo os termos da Licença Geral Pública (GNU), empregado também na elaboração das figuras deste artigo, em sua versão atualizada 2.14.3 'Essen' para Windows, lançada em 20/05/2016, disponível também nas versões MacOS X, Linux e Android.

2.1 Relevo Alagoano

Os postos estão localizados em diferentes altitudes ao longo da extensão territorial alagoana, sendo representados na Figura 1. O relevo alagoano varia de zonas de baixa altimetria, nível do mar, até altitudes de 894m. A cidade de Água Branca possui as maiores altitudes, seguida de Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar, Porto das Pedras e Maceió.

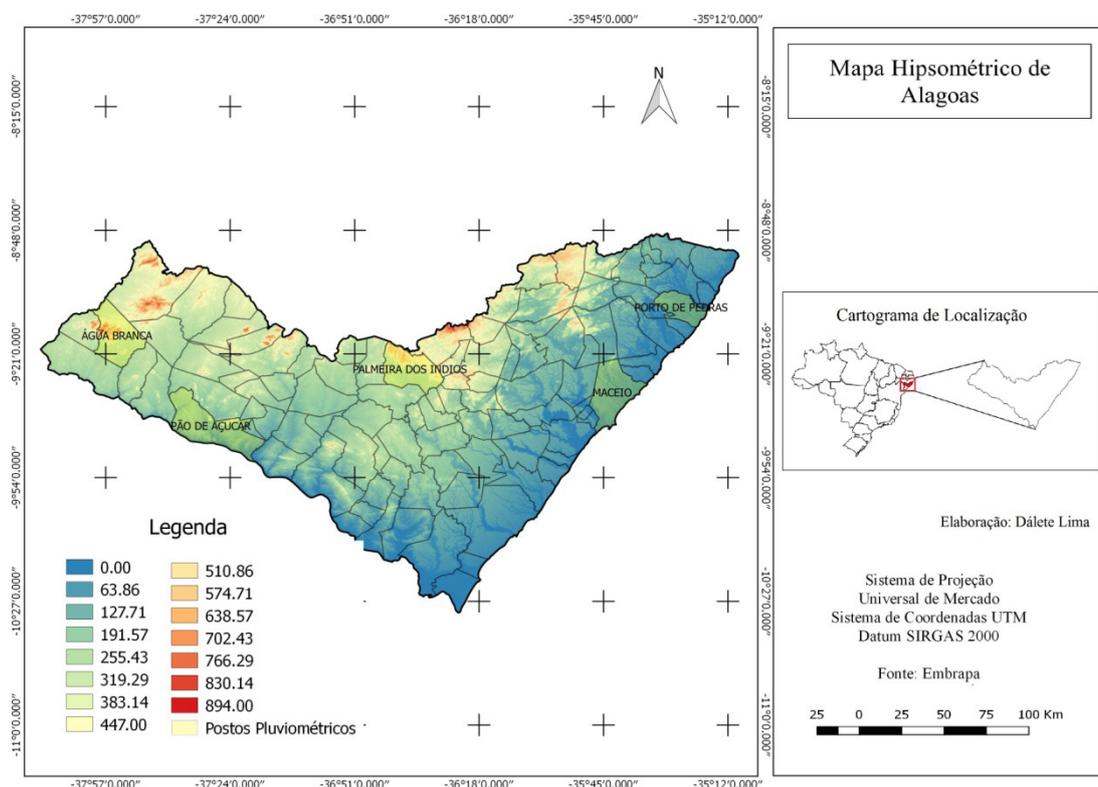


Figura 1 - Mapa Hipsométrico Alagoano.

2.2 Geomorfologia de Alagoas

É importante salientar que os postos escolhidos estão em diferentes cidades do estado de Alagoas e possuem uma influência local por parte da geomorfologia do estado alagoano como visualizado na Figura 2. Estando as cidades de Água Branca e Pão de Açúcar inseridas totalmente no Pediplano do Baixo São Francisco; Palmeira dos Índios, parte no Pediplano do Baixo São Francisco e outra nas Encostas Orientais; enquanto a cidade de Porto das Pedras é localizada na zona de Planícies Deltaicas, Estuárias e Praias, Várzeas e Terraços Aluviais e Tabuleiro Dissecado de Vaza-Barris; Maceió Planícies Deltaicas, Estuárias e Praias além de Várzeas e Terraços Aluviais.

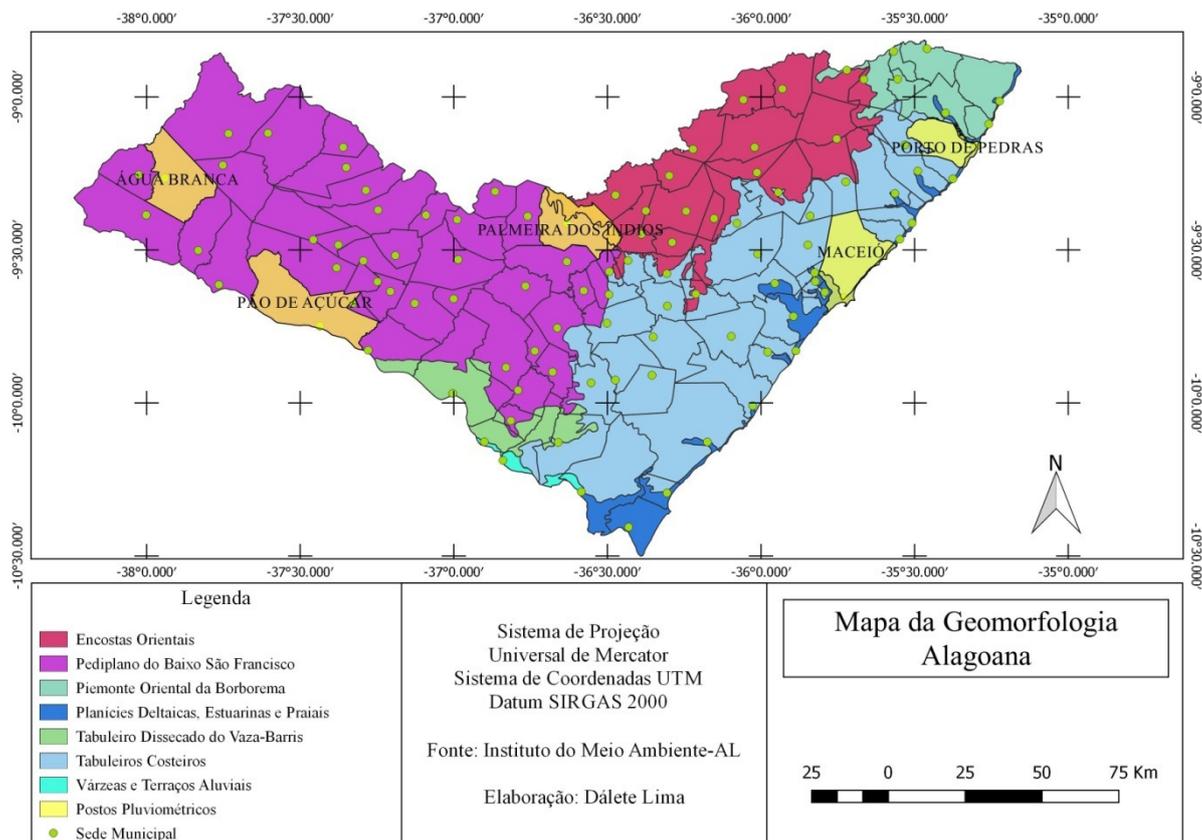


Figura 2 - Geomorfologia do estado de Alagoas.

Fundamentando-se no Estudo de Impacto Ambiental (EIA), realizado no estado de Alagoas, pelo Ministério de Transportes do Governo Brasileiro, verifica-se as seguintes características de cada domínio geomorfológico:

- Encostas Orientais - são áreas intensamente dissecadas e rampeadas direcionada ao litoral possuindo altitudes compreendidas entre 200m e 500m.
- Planícies Deltaicas, Estuárias e Praias são grupamentos originários dos ambientes marinho, fluviomarinho, eólico e lacustre.
- Várzeas e Terraços aluviais – conjunto rebaixado, com altitudes máximas um pouco acima dos 100 m.
- Tabuleiro Dissecado de Vaza-Barris - áreas que possuem altitudes em torno de 500m, eventualmente alcançando 600 m.
- Pediplano do Baixo São Francisco - áreas que possuem feições morfológicas diferenciadas devido a fatores climáticos ou interferências tectônicas, variando desde a ocorrência de áreas intensamente dissecadas com cristas orientadas, até aquelas aplanadas com indícios deste controle. A cota varia dos 200m aos 900m podendo atingir mais de 1000m, em casos extremos.

2.3 Classificação climática Thornthwaite.

Ao se analisar as características locais das ondas de calor, um aspecto relevante é a análise do clima local. Atualmente o método de Köppen é o mais usual sendo um sistema de classificação climática global, fundamentado na ecologia e na fitossociologia,

criado no preceito de que a vegetação natural da Terra é uma expressão do clima que nela é majoritário. Já o método de Thornthwaite é baseado no balanço hídrico da atmosfera local, analisando o meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para a atmosfera, sendo comumente utilizado para fins agrícolas. Entretanto, estudos realizados nos Estados Unidos (Balling, 1984), revelaram uma maior sensibilidade desse método no enquadramento dos climas de cada região.

“Toda classificação de fenômenos naturais, via de regra, não consegue enquadrar dentro de uma sistemática rígida os fenômenos classificados. Além disso, vários outros fatores não-climáticos exercem influência sobre o caráter da vegetação, tais como a topografia, o tipo de solo e os efeitos das atividades humanas, como agricultura e exploração vegetal.” (BARROS & SILVA, 2012).

Sendo assim utilizar-se-á do método de Thornthwaite, para fins de análise da atmosfera envolvida no estado alagoano, visto que se tem por objetivo a análise mais detalhada do efeito do relevo nas ondas de calor. O mapa apresentado a seguir, Figura 3, possui sua subdivisão em seis classes variando do Árido ao Superúmido, as quais possuem características oscilantes do tipo de clima em função do índice de umidade.

“Os índices são calculados a partir do balanço hídrico climatológico, que fornece informações da disponibilidade hídrica ao longo do ano, pelo cálculo do excedente hídrico (EXC) e deficiência hídrica (DEF), retirada e reposição de água no solo. A partir desses valores anuais são definidos os índices que expressam a disponibilidade hídrica” (PEREIRA et al., 2002).

Para a classificação climática pelo método de Thornthwaite, foram usadas as equações (1),(2),(3),(4) e (5), descritas a seguir:

- Deficiência Hídrica:

$$DEF=ETP-ETR \quad (1)$$

- Excedente Hídrico:

$$EXC=P-ETP \quad (2)$$

- Índice hídrico:

$$Ih = 100 \left(\frac{Exc}{ETP} \right) \quad (3)$$

- Índice de aridez:

$$I_a = 100 \left(\frac{Def}{ETP} \right) \quad (4)$$

- Índice de umidade:

$$Iu = Ih - Ia \quad (5)$$

Os tipos climáticos utilizados, segundo o método de Thornthwaite e Icrisat, são seis, como descritos na Tabela 1 abaixo, de acordo com o índice de umidade.

Tipo de Clima		Índice de Umidade
A	Superúmido	$Iu \geq 100$
B	Úmido	$20 \leq Iu < 100$
C ₂	Subúmido	$0 \leq Iu < 20$
C ₁	Subúmido Seco	$-33,3 \leq Iu < 0$
D	Semiárido	$-66,7 \leq Iu < -33,3$
E	Árido	$-100 \leq Iu < -66,7$

Tabela 1– Tipos climáticos segundo Thornthwaite (1974) e Icrisat (1980), baseados no índice de umidade (Iu).

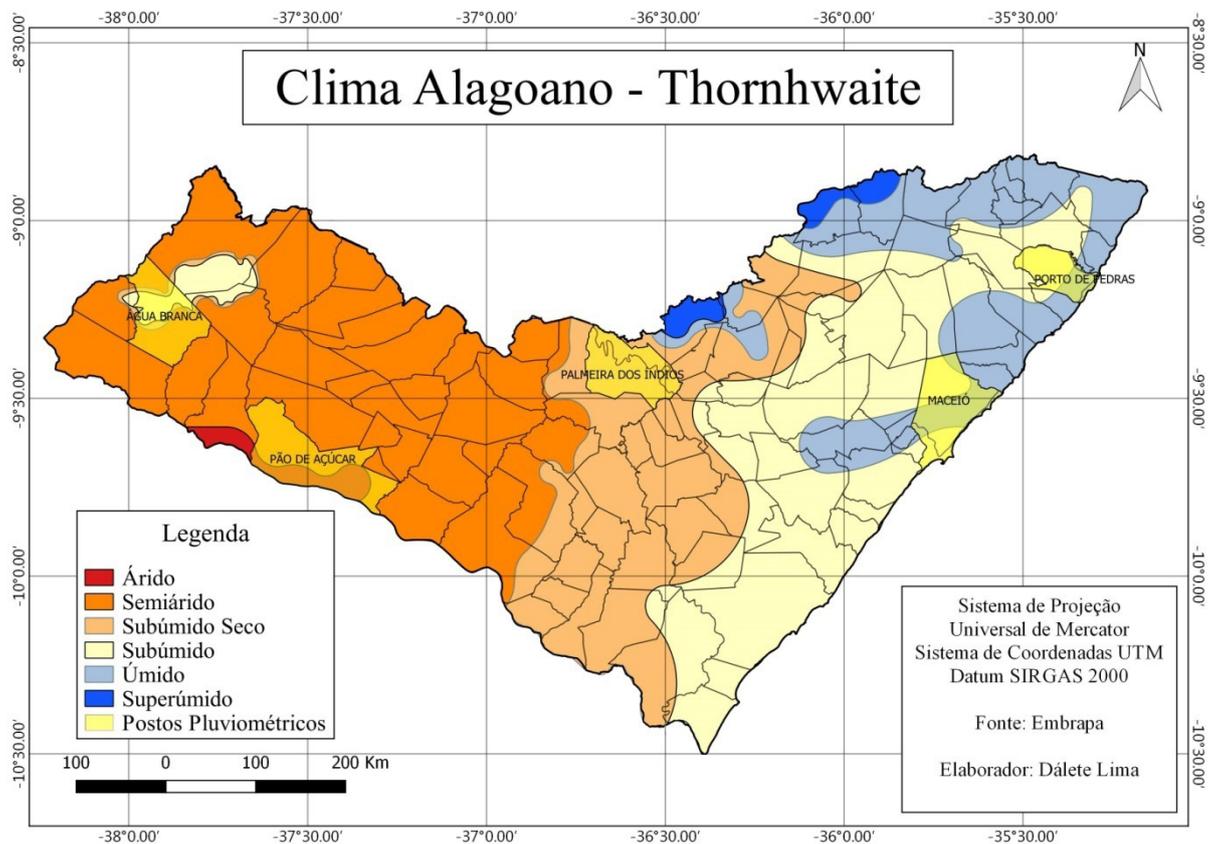


Figura 3- Clima de Alagoas, método de Thornthwaite.

Segundo manuais de zoneamento ecológico econômico, a classificação anterior pode ser sucedida de algumas especificações, caracterizando cada clima de acordo com as temperaturas, índices de umidade e precipitação média anual, seguem-se as definições:

E – Árido ($-100 \leq Iu < -66,7$), especificado por regiões com índices de chuva inferior a 800 mm, e temperaturas superiores a 26°C.

D – Semiárido: ($-66,7 \leq Iu < -33,3$), caracterizada por regiões com baixos índices pluviométricos, geralmente a média anual abaixo de 850mm, vinculado a temperaturas

médias anuais superando 25 °C.

C1 – Subúmido seco: ($-33,3 \leq lu < 0$) média pluviométrica anual flutua de 850 a 1100mm, em média 975mm. Possui temperaturas médias anuais mais amenas compreendendo uma faixa que pode variar de 21 a 25 °C, sendo em média 23°C, reduzindo assim a taxa de evapotranspiração o que resulta em índices de umidade pouco maiores.

C2 – Subúmido: ($0 \leq lu < 20$) o índice pluviométrico anual varia em torno de 1100 a 1400mm, em média 1200mm com uma temperatura média anual em torno de 22,0°C caracteriza-se por uma zona de transição de climas mais secos para aqueles caracterizados como úmidos.

B – Úmido: ($20 \leq lu < 40$), a chuva acumulada durante o ano, varia em torno de 1400 a 1700 mm, média 1550 mm. A temperatura média anual oscila de 18 a 23°C, mensurando-se como referência 20°C.

A – Superúmido: ($lu \geq 100$), as temperaturas médias anuais são inferiores a 14 °C, apresentando precipitações médias acumuladas superiores a 1750 mm.

Dessa forma, podem-se caracterizar as cidades nas quais os postos pluviométricos foram estudados. A cidade de Água Branca caracteriza-se por um clima variável, possuindo zonas de subúmido, subúmido seco e semiárido, logo deve possuir precipitações médias anuais variáveis entre 850 a 1400mm e temperaturas médias de 22 a 25°C. Já a cidade Pão de Açúcar, abrangida por zonas de árido e semiárido, precipitações e temperaturas médias anuais flutuantes entre, 850 a 1100mm e 21 a 25°C, respectivamente. No centro do estado alagoano, o município de Palmeira dos Índios, está totalmente inserido uma região classificada como subúmido seco, com precipitações da ordem de 850 a 1100mm e temperaturas de 21-25°C. Aproximando-se da zona costeira, tem-se a capital do estado Maceió, e a cidade Porto das Pedras, ambas com classificação subúmido e úmido, com precipitação da ordem de 1400 a 1700mm e temperatura média anual oscilante entre 18 e 23°C.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em termos de caracterização do tema abordado, na Tabela 2 apresenta-se uma síntese geral dos parâmetros já descritos, visando analisar a oscilação dos conceitos já consagrados na literatura em contraste com os dados analisados no tratamento das séries temporais dos postos meteorológicos.

Cidades	Relevo (m)	Geomorfologia	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)
Água Branca	319,29 a 830,14	Pediaplano do Baixo São Francisco	850 a 1400	22 a 25
Pão de Açúcar	63,86 a 319,29	Pediaplano do Baixo São Francisco	800 a 1100	21 a 26

Palmeira dos Índios	255,43 a 766,29	Pediaplano do Baixo São Francisco/ Encostas Orientais	850 a 1100	21 a 25
Maceió	0 a 63,86	Planícies Deltaicas, Estuárias e Praias/ Várzeas e Terraços Aluviais.	1400 a 1700	18 a 23
Porto das Pedras	0 a 127,71	Planícies Deltaicas, Estuárias e Praias/ Várzeas e Terraços Aluviais/ Tabuleiro Dissecado de Vaza-Barris.	1400 a 1700	18 a 23

Tabela 2- Parâmetros por cidade analisada.

Para melhor representar as características do local, fez-se o cálculo da sua representatividade por áreas, à extensão do domínio de cada posto de coleta, através do uso de uma média ponderada dos parâmetros em relação a cada esfera de atuação, obtendo-se valores mais pontuais, descritos na tabela posterior, visando a melhor avaliação da correlação entre as séries históricas e os valores apresentados na literatura.

Cidades	Relevo (m)	Precipitação Média Anual (mm)	Temperatura Média Anual (°C)	Índice de Umidade
Água Branca	457,96	960	24,8	$-66,7 \leq lu < 20,0$
Pão de Açúcar	268,20	840	25,3	$-100 \leq lu < -33,3$
Palmeira dos Índios	370,16	1200	22,0	$-33,3 \leq lu < 0$
Maceió	31,12	1370	21,3	$0 \leq lu < 40,0$
Porto das Pedras	51,08	1320	21,5	$0 \leq lu < 40,0$

Tabela 3 - Parâmetros médios das cidades analisadas.

Através da análise de séries temporais pôde-se comparar as oscilações presentes nas cidades estudadas, analisou-se uma variação de 10 anos, de 2006 a 2015, caracterizando-se assim como uma amostragem temporal. O primeiro parâmetro a ser analisado foi precipitação anual média, realizando um paralelo entre a tabela acima, que possui parâmetros consagrados na literatura, e a análise das series temporais dos postos meteorológicos.

A sequência crescente de temperatura segundo a literatura deveria apresentar a seguinte ordem: Pão de Açúcar; Água Branca; Palmeira dos Índios; Porto das Pedras e Maceió; através das análises das séries temporais a sequência foi similar, Pão de

Açúcar (572,16mm) – Palmeira dos Índios (941,87mm) -Água Branca (1021,80mm) - Porto das Pedras (1730,69mm) e Maceió (1932,11mm); entretanto, nos casos de Pão de Açúcar e Palmeira dos Índios, foram observados valores inferiores aos obtidos na literatura, enquanto os demais os valores obtidos foram superiores.

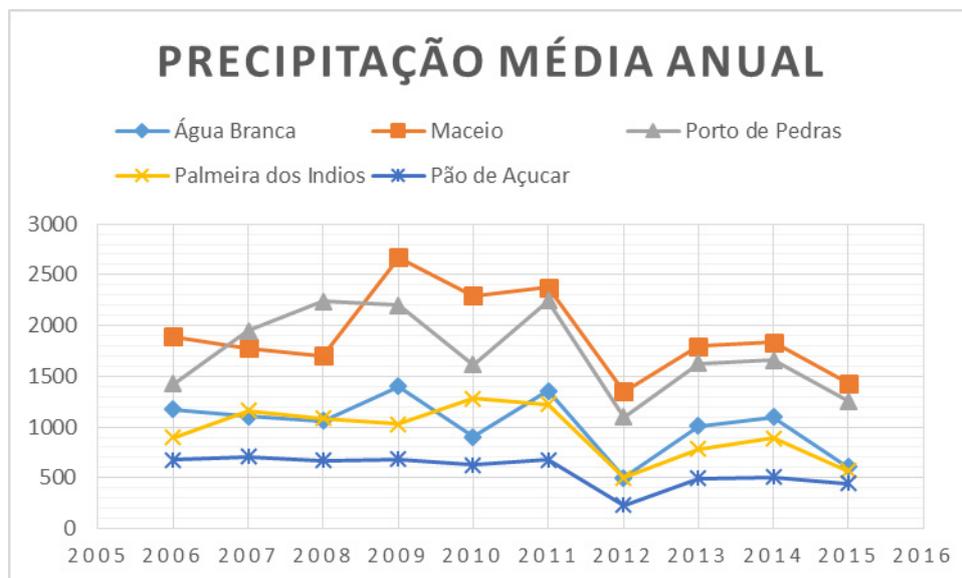


Figura 4- Precipitação Média Anual

Um aspecto relevante é o relevo dessas cidades, aquelas que tiveram valores superiores aos da literatura pode ser devido sua proximidade com o litoral como no caso de Maceió e Porto das Pedras, altitudes da ordem de 20 a 50m, ou o relevo pode atuar como barreira natural levando a acessão de massa de ar quente e úmida e a descendência de massa de ar seca e fria, como no caso das demais cidades, gerando zonas de Barlavento ou Sotavento, que leva, respectivamente, a um aumento ou redução das precipitações locais. No caso de Água Branca, aumentando as precipitações locais. E nas cidades de Pão de Açúcar e Palmeira dos Índios reduzindo a sua pluviometria.

O segundo parâmetro a ser analisado é a temperatura média anual, segundo os estudos literários a sequência crescente é a seguinte: Maceió (21,3°C), Porto das Pedras (21,5°C), Palmeira dos Índios (22,0°C), Água Branca (24,8°C) e Pão de Açúcar (25,3°C), também apresentada na Tabela 3. Entretanto, na análise das séries históricas, Água Branca aparece com as temperaturas mais amenas – na faixa de 22°C, quando na literatura deveria apresentar temperaturas de aproximadamente 25°C, sendo importante salientar a presença dessa cidade em zonas de altas altitudes da ordem de 457m, sendo a redução do gradiente térmico é de 0,6°C a cada 100m segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Durante a radiação solar que incide sobre a Terra, apenas uma parcela desta atinge a superfície terrestre, sendo parte absorvida e outra refletida. Porção dessa energia refletida retorna a atmosfera na forma de ondas longas, com o incremento da altitude essa energia se dispersa e reduz sua intensidade, logo há um abrandamento da temperatura com o aumento da

altitude.

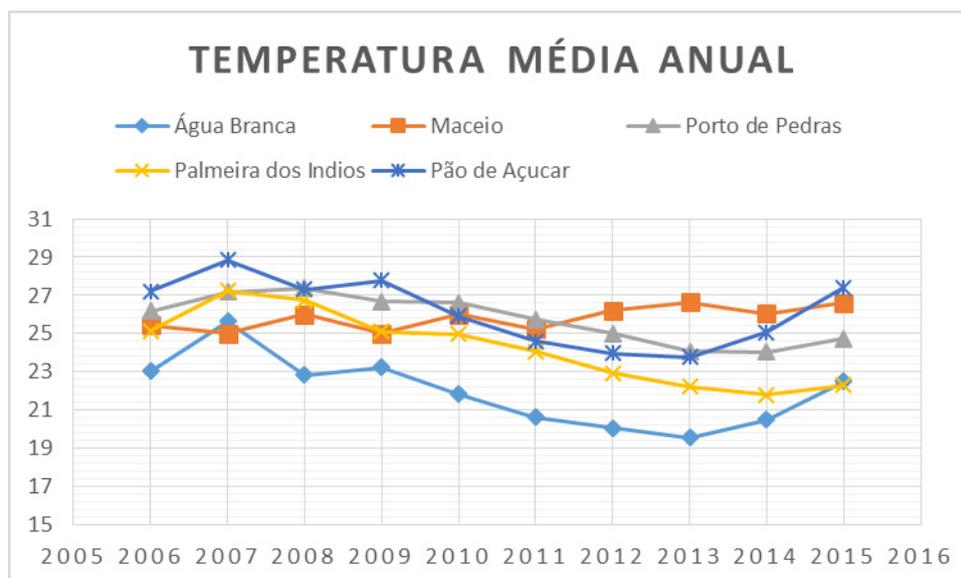


Figura 5 - Temperatura Média Anual.

As demais cidades também apresentaram valores bastante superiores, o maior destaque foi Maceió com variação superior a 4°C em relação à literatura, pode-se ter como justificativa o fato de ser uma cidade litorânea, bastante urbanizada e com baixas altitudes, da ordem de 30m. A sequência da Figura 5 é obtida a seguir: Água Branca (22°C), Palmeira dos Índios (24,3°C), Porto das Pedras (25,8°C), Maceió (25,8°C) e Pão de Açúcar (26,2°C). Quanto mais acentuadas as temperaturas, pode vir a interferir diretamente com as ondas de calor local.

O último parâmetro a ser analisado é o índice de umidade obtido segundo a classificação climática de Thornthwaite, como apresentado na Tabela 3 acima. Os parâmetros relativos ao índice de umidade variam na região entre Pão de Açúcar ($-100 \leq lu < -33,3$), Maceió ($0 \leq lu < 40$), Água Branca ($-66,7 \leq lu < 20$), Palmeira dos Índios ($-33,3 \leq lu < 0$) e Porto das Pedras ($0 \leq lu < 40$); todavia, os valores obtidos tiveram como médias para cada cidade: Pão de Açúcar (-93,63), Maceió (-46,80), Água Branca (-41,11), Palmeira dos Índios (-34,00) e Porto das Pedras (2,63). A oscilação dos preceitos obtidos da análise de séries flutua em relação aos valores consagrados na literatura. Como mostra a Figura 6:

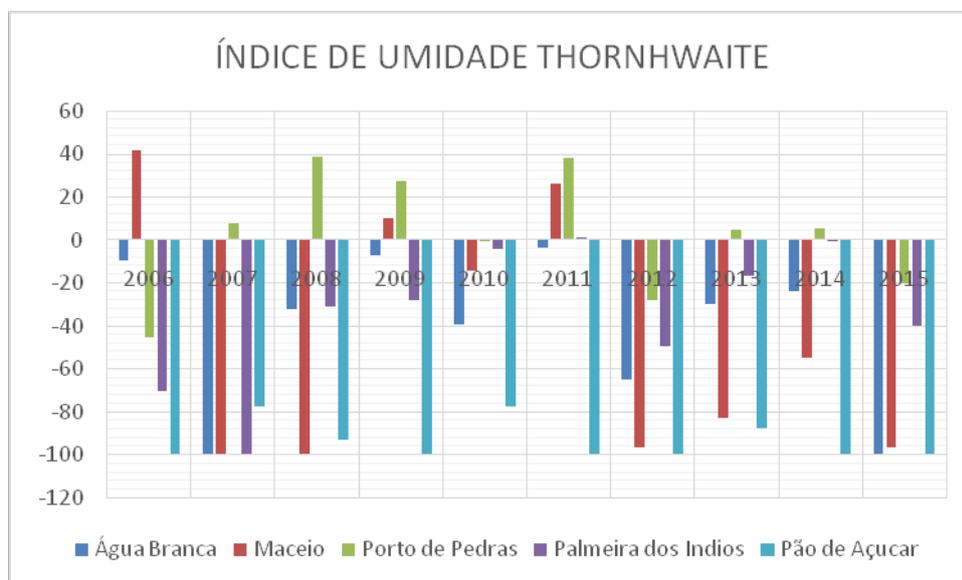


Figura 6 - Índice de Umidade Método de Thornthwaite.

Os valores mais discrepantes foram os da cidade de Maceió, que oscilou em -46,8 quando o seu menor extremo era zero, novamente pode ser influenciado pela urbanização da cidade. Os menores valores de índice de umidade foram registrados nas cidades de Pão de Açúcar, Água Branca e Palmeira dos Índios, que possuem as maiores altitudes: acima de 270m, altitudes estas consideravelmente acima das demais que são da ordem de 30 a 50m. Estes parâmetros apresentam-se inversamente proporcionais, já que o índice de umidade reduz com o aumento da altitude, podendo intensificar as ondas de calor dessas regiões.

4 | CONCLUSÃO

As ondas de calor podem ser fortemente influenciadas pelas características do relevo. Assim, diante de todos os elementos analisados no presente estudo, como as séries meteorológicas, foi realizada uma correspondência entre diferentes aspectos, além de um paralelo entre os dados obtidos na literatura e os medidos em campo.

Deste modo, o presente estudo observou que os parâmetros são variáveis em função do relevo, sendo alguns intensificados, e outros abrandados. No caso da precipitação, a altitude atuou como intensificador ou amenizador do volume precipitado, respectivamente, zonas de Barlavento e Sotavento, em alguns casos acima dos valores previstos na literatura. A temperatura é reduzida com o aumento da altitude, o que a torna um importante fator a ser considerado nas ondas de calor. O último aspecto analisado, o índice de umidade, atua de forma inversamente proporcional com o relevo, entretanto muitas vezes as ondas de calor são acompanhadas por altas umidades, inferindo assim sua ocorrência principal em zonas de baixo relevo.

De acordo como a literatura, os fatores analisados contribuem diretamente para o aumento dos casos de ondas de calor, através da análise da influência do relevo nesses parâmetros estudados, pode-se concluir que o relevo muitas vezes atua

como forte intensificador desses extremos térmicos. Sendo importante salientar que a metodologia de análise proposta nesse projeto não é específica, podendo ser realizada para diferentes lugares.

REFERÊNCIAS

Alley R., Berntsen T. **Painel intergovernamental sobre mudança do clima**. 10^a sessão do Grupo de Trabalho I do IPCC, Paris, fevereiro de 2007.

Araujo J. Santos G.; **Avaliação da intensidade da sintomatologia do climatério em mulheres: inquérito populacional na cidade de Maceió, Alagoas**; Maceió; v. 2, n.3, Maio 2015.

Azevedo C., Filho M., **Ensaio das temperaturas extremas em municípios de Alagoas (2010)**; Instituto de Ciências Atmosféricas; Maceió, Alagoas, 2010.

Batista J. **Arquitetura bioclimática para o semi-árido alagoano: centro comercial e de serviços de Santana do Ipanema-AL**. São Paulo, julho 2004.

Basso L. A. **Boletim Gaúcho de Geografia**. Associação Brasileira de Geógrafos, Seção Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil, 1999.

BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia | Eixo Monumental Sul Via S1 - Sudoeste - Brasília-DF. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 24, julh, 2016.

Calado R., Nogueira P.G. **A onda de calor de Agosto de 2003 e os seus efeitos sobre a mortalidade da população portuguesa**. Revista portuguesa de saúde pública, Portugal, julho 2004.

Cunha A.R., Martins D. **Classificação Climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP**. Irriga, Botucatu, v. 14, n.1, São Paulo, Março 2009.

Dantas A., Carvalho L., Ferreira E. **Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG**. Ciência agrotec., Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez., 2007.

Filho M., Azevedo C. D. **Investigação e detecção das ondas de calor em Alagoas**. Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2010.

Jurca, J. Classificações climáticas: variações temporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agriclímático, Dissertação (Mestrado em Geografica) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

Molion L.C. **Aquecimento global: uma visão crítica**; Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Agosto, 2008.

Nascimento C. - **Ocorrência de ondas de calor no triângulo mineiro e alto paranaíba e seu efeito na produção leiteira e consumo alimentar em bovinos**. Uberlandia, v. 30, n. 5, 2014.

República Federativa do Brasil; **Estudo de impacto ambiental (eia) das obras de adequação de capacidade da BR-101/AL/PE** - Ministério dos Transportes, maio 2008.

Rolim G.S., Camargo M.B.P.; **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo**. Bragantia vol.66 no.4 Campinas 2007

Thornthwaite, C.W. **An approach toward a rational classification of climate**. Geography Review, v.38, p.55-94, 1948.

Thornthwaite, C.W., Mather, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, p.104, 1995.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE MILHO (ZEA MAYS L.) EXPOSTAS A ÁCIDO HÚMICO

Monique Ellen Farias Barcelos

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

Leonardo Barros Dobbss

Universidade Vila Velha– ES

Amanda Azevedo Bertolazi

Universidade Estadual Norte Fluminense – RJ

Alessandro Coutinho Ramos

Universidade Estadual Norte Fluminense – RJ

Ian Drumond Duarte

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

Livia Dorsch Rocha

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

Leonardo Valandro Zanetti

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

Silvia Tamie Matsumoto

Universidade Federal do Espírito Santo - ES

plantas de *Zea mays* L. tratadas ou não com AH extraído de lodo de esgoto, ecossistema manguezal e vermicomposto, avaliando se a origem do AH influencia na sua bioatividade. Os resultados obtidos demonstram que respostas significativas no crescimento inicial, teor pigmentos fotossintéticos e densidade estomática foram obtidas em plantas tratadas com a concentração de 1 mM C L⁻¹ AHLE, sendo que tal estímulo não foi detectado na atividade hidrolítica das bombas de H⁺ de membrana plasmática (P-H⁺-ATPase).

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., crescimento vegetal, lodo de esgoto, vermicomposto

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL RESPONSES OF MAIZE (ZEA MAYS L.) EXPOSED TO HUMIC ACID

RESUMO: O Húmico desempenha um papel importante na a fertilidade e estrutura dos solos. O lodo pode ser utilizado com biofertilizante e contribuir na redução dos custos dos agricultores com adubos fosfatados e nitrogenados, e incrementar a acumulação de nutrientes no solo. Os ácidos húmicos (AH) isolados de vermicomposto aumentam a capacidade de troca catiônica do solo e a liberação de nutrientes para as plantas, promovendo o crescimento vegetal. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas, anatômicas e bioquímicas de

ABSTRACT: The humic plays an important role in the structure and fertility of the soil. The sludge can be used as a bio fertilizer and contribute to the reduction of costs for farmers with phosphate and nitrogen fertilizers, and increase the accumulation of nutrients in the soil. Humic acid (HA) isolated from vermicompost increase the cation exchange capacity of the soil and the release of nutrients to the plants, promoting plant growth. The aim of this study was to evaluate the physiological, anatomical and biochemical

responses of *Zea mays* L. plants treated or not with HA extracted from sewage sludge, mangrove ecosystem and vermicompost, assessing whether the source of the HA influence on their bioactivity. The results show that significant responses in early growth, photosynthetic pigments content and stomatal density were obtained in plants treated with the concentration of 1 mM C L⁻¹ AHLE, and such stimulus was not detected in the hydrolytic activity of the plasma membrane proton pumps (P-H⁺-ATPase). On the other hand, PPases activity were significantly activated by the treatments.

KEYWORDS: *Zea mays* L., plant growth, sewage sludge, vermicompost.

1 | INTRODUÇÃO

A ciclagem de matéria orgânica é uma prática muito utilizada para condicionar e fertilizar o solo, sendo amplamente difundida em países como Estados Unidos, Holanda e Austrália. O grande destaque é o uso de subprodutos do lodo de esgoto sanitário devido à alta concentração de nutrientes e matéria orgânica que podem proporcionar benefícios ao crescimento vegetal em áreas agrícolas (Canellas et al., 1999).

O uso do lodo como fertilizante é uma medida de contribuição à redução de gastos do agricultor, como uso de fosfatados e nitrogenados. No entanto, para que haja disposição deste resíduo, o lodo deve passar por avaliações técnicas, econômicas e ambientais, tendo em vista a possibilidade de potenciais impactos ao meio ambiente (Da Silva et al., 2001; Oliveira et al., 2001).

Compostos decorrentes da decomposição da matéria orgânica denominados de substâncias húmicas (SH), são um grupo de moléculas complexas de elevado peso molecular compostas de carbono, sendo conhecidas por desempenharem papel importante na fertilização do solo e influenciar o metabolismo das plantas, facilitando a absorção de nutrientes, aumentando a respiração e a velocidade das reações enzimáticas (Nannipieri et al., 1993; Stevenson, 1994; Palanivell et al., 2013).

A utilização da vermicompostagem na agricultura caracteriza-se pela maior estabilização dos resíduos, já que estes ao passarem pelo trato digestivo das minhocas sofrem reações enzimáticas que os transformam em substâncias húmicas (Rodda et al., 2006). O uso de resíduos orgânicos, juntamente com minhocas, aumenta a capacidade de troca catiônica e a liberação de nutrientes para o cultivar, promovendo o crescimento da planta. Isolada a partir de vermicomposto, a SH é sendo muito bem aceita e comparada à outros hormônios de crescimento, como auxinas e giberelinas (Cavender et al., 1999).

Os solos do Ecossistema Manguezal são caracterizados por possuírem alta carga de matéria orgânica devido a decomposição da serapilheira e alta influência da maré. Esta possui saturação da água por salinidade, ampla variação do pH, e capacidade de troca catiônica. Além disso, ocupações desordenadas no entorno deste ecossistema podem propiciar o acúmulo de matéria orgânica devido a lançamentos de efluentes tratados e não tratados, influenciando a sua qualidade ambiental (Ferreira, 2002).

Dentro da composição das SH está a fração de ácido húmico (AH), definido como a associação de compostos hidrofóbicos estabilizados em pH neutro (Piccolo, 2002). Estudos relatam que o AH promove o crescimento vegetal e o desenvolvimento de raízes laterais, além estimular a ação de moléculas bioativas. Essa bioatividade pode ocasionar modificações no metabolismo do cultivar e influenciar o transporte iônico, proporcionando a melhora da absorção, respiração e de reações enzimáticas (Canellas et al., 2002; Canellas et al., 2010; Nannipieri et al., 1993).

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos fisiológicos e bioquímicos de espécimes de *Zea mays* L. expostos à concentrações de ácido húmico extraídos de lodo de esgoto, vermicomposto e Ecossistema Manguezal, visando o uso destes como insumos agrícolas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A amostra de lodo utilizada neste estudo foi disponibilizada pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), enquanto a amostra do ácido húmico do mangue e vermicomposto foi fornecida pelo Laboratório de Ecologia e Matéria Orgânica, Universidade Vila Velha, Vila Velha, Espírito Santo, Brasil. As amostras foram peneiradas e secas para que fosse realizada a extração das substâncias húmicas conforme recomendação da Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (IHSS), por meio de solubilidade em NaOH 0,5 mol L⁻¹, na proporção sólido:soluto 1:10 (m:v). Para a obtenção do ácido húmico, foi efetuada a acidificação da solução com HCl 6 mol^l até pH 1 – 1,5. Posteriormente os AH foram lavados com água deionizada, dispostos em membrana de 14 kDa para diálise e liofilizados.

A partir do ácido húmico extraído do lodo de esgoto, foram estabelecidas as concentrações de 0,5 mMC L⁻¹, 1 mMC L⁻¹, 2 mMC L⁻¹ e 4 mMC L⁻¹, conforme Rocha (2014). Já para o ácido húmico do mangue (Goulart, 2013) foi definida a concentração de 6,76 mMC L⁻¹ e para o ácido húmico vermicomposto, 1,85 mMC L⁻¹ (Torrice, 2011). Sendo este último definido como controle positivo.

Para a realização da avaliação fisiológica e metabólica no cultivar milho, foram utilizadas sementes de *Zea mays* L. (Híbrido Embrapa- BR 206, Brasil). As mesmas foram imersas em solução de NaClO (1%) por 30 minutos para desinfestação, sendo posteriormente mantidas em água deionizada por três horas. As sementes foram colocadas em papel-filtro para germinação no escuro com temperatura média de 26°C.

Após quatro dias de germinação, as plântulas foram transferidas para vasos tipo hidroponia sobe aeração constante, contendo solução de Hoagland modificada para ½ de força molar (Hoagland & Arnon, 1950). O controle negativo permaneceu com esta solução, enquanto os demais tratamentos receberam a adição dos ácidos húmicos nas respectivas concentração citadas anteriormente. Cada grupo amostral foi composto por seis concentrações com cinco repetições mais o controle e com 25 plantas em cada vaso. O pH manteve-se ajustado entre 5.8 e 6.0 durante a exposição.

A exposição ocorreu durante 15 dias de exposição em casa de vegetação do Departamento de Ciências Biológicas/CCHN da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus Goiabeiras (20°16'29.97"S e 40°18'21.19" O).

Após a exposição, 10 indivíduos foram retirados de forma aleatória de cada grupo amostral para a realização das medições de altura, área foliar (Area Meter, LICOR 3100, USA), massa fresca e seca (60°C), comprimento das raízes, diâmetro e contagem do número de folhas. A partir disso, foram calculadas as a razão de área foliar por número de folhas, razão de raiz por parte aérea, massa foliar específica, razão de área foliar e comprimento da raiz, e a proporção de biomassa no indivíduo por meio das massas secas de parte aérea e raízes (Hunt, 1982; Rocha et al., 2009).

O teor de pigmentos cloroplastídicos foi determinado por meio da extração via dimetilsulfóxido (DMSO). Para isso, foi retirada a folha basal mais desenvolvida de cinco indivíduos de cada tratamento. Um disco de 1cm² foi retirado de cada folha e imerso em 7mL de DMSO a 70°C por 30 minutos, no escuro. A leitura do extrato foi realizada em espectrofotômetro (Genesys 10 S UV-Vis, Thermo Scientific, EUA) em absorvâncias de 480, 645 e 663 nm (Hiscox & Israelstam, 1979; Argenta et al., 2001).

Para a avaliação da densidade estomática (mm²), cinco amostras de folhas de cada tratamento foram retiradas e utilizadas para a realização da impressão estomática utilizando uma gota de cola instantânea em uma lâmina histológica. Foram analisados cinco campos ópticos aleatórios por indivíduo/lâmina, totalizando 25 campos ópticos por tratamento.

Para realização da atividade hidrolítica das bombas de próton foi realizado o isolamento da fração microssomal por meio de centrifugação diferencial (Giannini e Briskin, 1987). O material biológico foi pesado e homogeneizado em tampão de extração (sacarose 250 mM, glicerol a 10 %, DTT 5 mM, EDTA 5 mM, PVP-40 0,4 %, KCl 100 mM, BSA 0,3 %, PMSF 1 mM, benzamidina 1 mM, Tris-HCl pH 8,0 100 mM) na relação 1:2 (peso de tecido/volume de tampão). O homogenato foi filtrado e submetido à centrifugação a 300.000 rpm durante 15 min. O sobrenadante foi submetido à nova centrifugação a 100.000 g por 45 min. O precipitado foi ressuspenso em solução tampão contendo glicerol a 15 %, DTT 1 mM, PMSF 1 mM, benzamidina 1 mM, Hepes-KOH 10 mM pH 7,6 e EDTA 5mM. Toda a manipulação foi realizada entre 0 e 4°C

As atividades hidrolíticas das bombas de H⁺ foram determinadas colorimetricamente pelo método de Fiske & Subbarow (1925). A reação foi iniciada com a adição de ATP 1mM ou PPi 1mM, e finalizada com a adição de ácido tricloroacético em uma concentração final de 10 % (v/v) após 50 minutos de reação. O meio de reação foi composto por Hepes-Tris 50 mM pH 6,5 (membrana plasmática) ou 7,0 (membranas vacuolares), MgSO₄ 3 mM, NaMoO₄ 0,2 mM, KCl 100 mM, e 30 µg de proteína. O inibidor ortovanadato de sódio 0,2 mM foi utilizado para diferenciar as atividades das ATPases tipo P das atividades das ATPases do tipo V. A hidrólise de PPi foi aferida através de sua dependência por K⁺. A proteína total contida na preparação foi dosada pelo método de Bradford (1976), utilizando BSA como proteína padrão.

Os dados morfológicos, bioquímicos e de densidade estomática foram expressos em média \pm desvio padrão ou erro padrão. A partir do programa Infostat (Di Rienzo et al., 2010), foi utilizado o teste de Shapiro-Wilks para checar a distribuição normal das médias. Os dados de distribuição normal foram analisados por meio de ANOVA seguida pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) a fim de se comparar as estações amostrais e controles em cada campanha. Para os dados que não seguiram a distribuição normal, foi utilizado o teste de Kruskal Wallis ($p < 0,05$).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos parâmetros morfológicos mensurados nos espécimes de milho expostos às concentrações de ácido húmico extraído de lodo de esgoto, observou-se que a concentração de 1,0 mMC L⁻¹ do AHLE apresentou resultados significativamente superior em relação ao controle (Tabela 1), tais como: MFPA (massa fresca de parte aérea), MSPA (massa seca de parte aérea), MST (massa seca total), MFE (massa fresca específica), AFE (área foliar específica), AFU (área foliar unitária). O mesmo foi evidenciado para a concentração de 6,76 1 mMC L⁻¹ do AHM, e 1,85 mMC L⁻¹ do AHV com relação aos parâmetros MSPA (massa seca de parte aérea), MST (massa seca total), MFE (massa fresca específica), AFE (área foliar específica), como pode ser visto na Figura 1.

	AH - LE (0,5 mMC L ⁻¹)	AH-LE (1,0 mMC L ⁻¹)	AH-LE (2,0 mMC L ⁻¹)	AH -LE (4,0 mMC L ⁻¹)	AH - M (6,76 mMC L ⁻¹)	AH-V (1,85 mMC L ⁻¹)	Controle
Altura (PA)*	26.121±1.839 ^a	33.84±4.042 ^{bc}	26.725±4.404 ^a	26.725±4.190 ^a	29.413±4.960 ^{ab}	27.025±4.292 ^a	35.513±3.997 ^c
CR**	22.688±2.721 ^a	30.388±2.721 ^{ab}	27.600±2.721 ^{ab}	25.563±2.721 ^{ab}	26.163±2.721 ^{ab}	28.163±2.721 ^{ab}	35.063±2.721 ^a
NF*	4.375±0.518 ^{ab}	4.125±0.641 ^{ab}	4.0±0.535 ^a	4.0±0.535 ^a	4.625±0.518 ^b	4.25±0.463 ^{ab}	4.75±0.463 ^b
AF**	37.695±6.712 ^b	54.378±6.712 ^{ab}	48.479±6.712 ^{ab}	46.505±6.712 ^{ab}	67.913±6.712 ^a	45.966±6.712 ^{ab}	60.715±6.712 ^{ab}
MFPA*	1.604±0.463 ^a	2.683±0.696 ^{cd}	1.685±0.166 ^{ab}	2.043±0.253 ^{bc}	2.696±0.275 ^d	1.98±0.434 ^b	1.806±0.310 ^{ab}
MSPA*	0.711±0.010 ^{ab}	0.969±0.010 ^{de}	0.686±0.007 ^a	0.781±0.011 ^{bc}	1.088±0.014 ^e	0.835±0.008 ^{cd}	0.834±0.009 ^{cd}
MFR**	0.395±0.075 ^a	0.578±0.075 ^a	0.485±0.075 ^a	0.528±0.075 ^a	0.653±0.075 ^a	0.5±0.075 ^a	0.64±0.075 ^a
MSR*	0.021±0.008 ^a	0.029±0.020 ^a	0.03±0.000 ^a	0.02±0.008 ^a	0.031±0.010 ^a	0.024±0.009 ^a	0.02±0.008 ^a
MST*	0.73±0.018 ^{ab}	0.995±0.053 ^{cd}	0.713±0.009 ^{ab}	0.779±0.063 ^{ab}	1.119±0.018 ^d	0.773±0.167 ^{bc}	0.64±0.119 ^a
Raiz:PA*	0.031±0.011 ^a	0.028±0.018 ^a	0.04±0.000 ^a	0.028±0.012 ^a	0.029±0.010 ^a	0.033±0.016 ^a	0.031±0.015 ^a
MFE (g/cm ²)*	0.044±0.011 ^a	0.079±0.073 ^a	0.04±0.020 ^a	0.048±0.010 ^a	0.044±0.020 ^a	0.066±0.053 ^a	0.36±0.051 ^b
AFE (cm ² /g)*	52.99±10.999 ^{bc}	56.321±30.739 ^{bc}	70.816±21.363 ^c	62.059±19.788 ^{bc}	52.338±26.443 ^{bc}	37.304±28.184 ^b	2.851±0.454 ^a
RAF (cm ² /g)**	51.411±9.751 ^a	54.781±9.751 ^a	68.209±9.751 ^a	60.26±9.751 ^a	50.978±9.751 ^a	36.229±9.751 ^a	74.521±9.751 ^a
RMR*	0.028±0.009 ^a	0.028±0.018 ^a	0.039±0.004 ^a	0.028±0.012 ^a	0.028±0.009 ^a	0.03±0.013 ^a	0.031±0.015 ^a
RMF*	0.973±0.009 ^a	0.973±0.018 ^a	0.961±0.004 ^a	0.973±0.012 ^a	0.973±0.009 ^a	0.97±0.013 ^a	1.334±0.225 ^b
AF/F**	8.636±1.934 ^a	13.24±1.934 ^a	12.464±1.934 ^a	11.491±1.934 ^a	12.736±1.934 ^a	7.338±1.934 ^a	10.031±1.934 ^a
AFU**	46.699±3.758 ^{cd}	79.036±3.758 ^a	72.559±3.758 ^{ab}	65.356±3.758 ^{ab}	61.259±3.758 ^{bc}	29.516±3.758 ^e	40.914±3.758 ^{de}
MSR/MSPA**	0.030±0.004 ^a	0.029±0.004 ^a	0.044±0.004 ^a	0.026±0.004 ^a	0.029±0.004 ^a	0.034±0.004 ^a	0.033±0.004 ^a
CR/MSR*	1162.500±323.761 ^a	1355.625±562.787 ^a	920.000±252.530 ^a	1362.708±583.673 ^a	918.021±336.393 ^a	1437.292±1009.553 ^a	2053.125±1012.912 ^a
MSPA/MST*	0.975±0.011 ^a	0.974±0.018 ^a	0.963±0.007 ^a	0.974±0.012 ^a	0.972±0.007 ^a	0.969±0.015 ^a	1.000±0.000 ^a
MSR/MST**	0.029±0.004 ^a	0.028±0.004 ^a	0.042±0.004 ^a	0.026±0.004 ^a	0.028±0.004 ^a	0.032±0.004 ^a	0.033±0.004 ^a

Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente

*Teste Kruskal Wallis. Valores expressos por média ± desvio padrão.

** Anova, Teste de Tukey (p<0,05). Valores expressos por média ± erro padrão.

Tabela 1: Análise de crescimento e anatomia de Zea mays L. para os tratamentos com concentrações de ácidos húmicos (AH) provenientes de lodo de esgoto sanitário (LE), Manguê (M), Vermicomposto (V). Onde: Altura parte aérea (PA); Comprimento de raiz (CR); Número de folhas (NF); Área foliar (AF); Massa fresca de parte aérea (MFPA); Massa seca de parte aérea (MSPA); Massa fresca de raiz (MFR); Massa seca de raiz (MSR); Massa seca total (MST); Razão raiz /Parte aérea (Raiz:PA); Massa fresca específica (MFE); Área foliar específica (AFE); Razão de área foliar (RAF); Razão de massa radicular (RMR); Razão de massa foliar (RMF); Razão de Área Foliar e Número de Folha (AF/F); Área foliar unitária (AFU); Razão massa seca raiz e massa seca parte aérea (MSR/MSPA); Razão comprimento raiz e massa seca raiz (CR/MSR); Razão massa seca parte aérea e massa seca total (MSPA/MST); Massa seca raiz e massa seca total (MSR/MST).

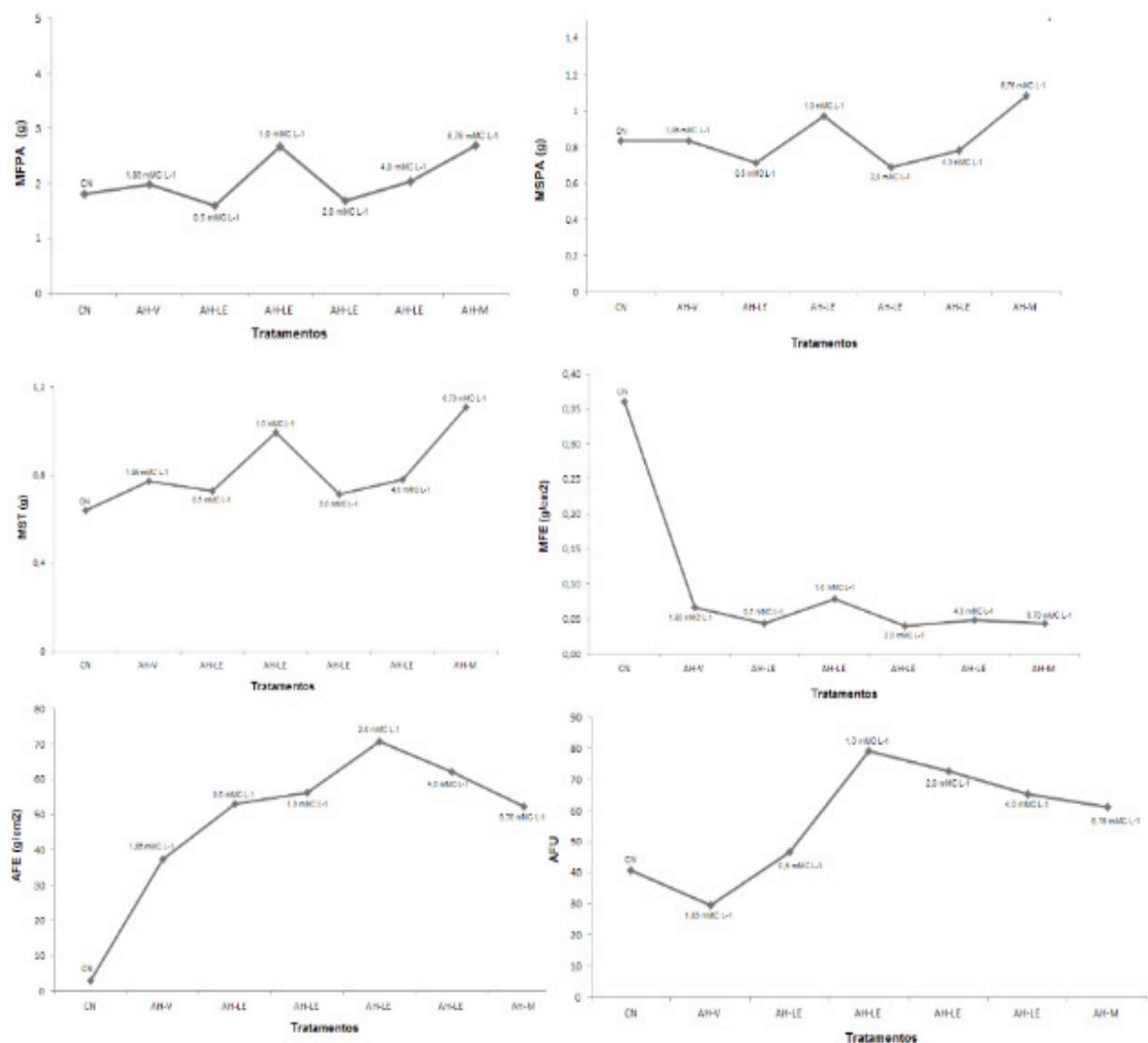


Figura 1: Relação dos parâmetros morfológicos em espécimes de milho expostos às concentrações de ácido húmico. Onde: Massa fresca de parte aérea (MFPA); Massa seca de parte aérea (MSPA); Massa seca total (MST); Massa fresca específica (MSE); Área foliar específica (AFE); Área foliar unitária (AFU).

Nesses casos, o aumento da matéria seca pode estar relacionado com a disponibilidade de nitrogênio, nutriente mais requerido pelas plantas, que em conjunto

com o potássio resulta em respostas direta e proporcional das plantas à presença dos mesmos (Higuti et al., 2010). O acúmulo de massa seca também foi observado por Berton et al. (1997) ao mensurar maior incremento de matéria seca em plântulas de milho tratadas com lodo de esgoto não pelletizado com adição de CaCO_3 . Simonete et al. (2003), ao tratar plantas de milho com concentrações de lodo de esgoto, evidenciaram interações que proporcionaram incremento de matéria seca durante tratamento com concentrações de nitrogênio e nitrogênio combinado com potássio.

Com relação à AFE, destaca-se que as plantas investem em fotoassimilados e outros recursos para o aumento da área foliar. Geralmente esta alteração possui o objetivo de elevar a captação de luz, otimizando a eficiência fotossintética do vegetal, além de maximizar o ganho de carbono por unidade de massa foliar (Gobbi et al., 2011). No presente trabalho, parâmetros como MFE e AFE apresentaram valores significativamente nas concentrações de $0,5 \text{ mMC L}^{-1}$ do AHLE, 2 mMC L^{-1} do AHLE e 4 mMC L^{-1} do AHLE em relação ao controle. Sendo que essas duas últimas concentrações apresentaram valores de AFU significativos.

Sendo assim, as SH influenciam no crescimento das plantas (Canellas et al., 2002; Canellas et al., 2010). Sendo tal efeito decorrente da interação entre as SH e processos metabólicos e fisiológicos do vegetal (Trevisan et al., 2010), podendo a SH estimular a absorção de nutrientes, influenciar a permeabilidade celular e regular mecanismos relacionados ao crescimento vegetal (Piccolo, 2002). Por outro lado, a análise da quantidade de estômatos na folha não se constatou variação significativa entre os tratamentos e controle (Figura 3) e (Tabela 3) .

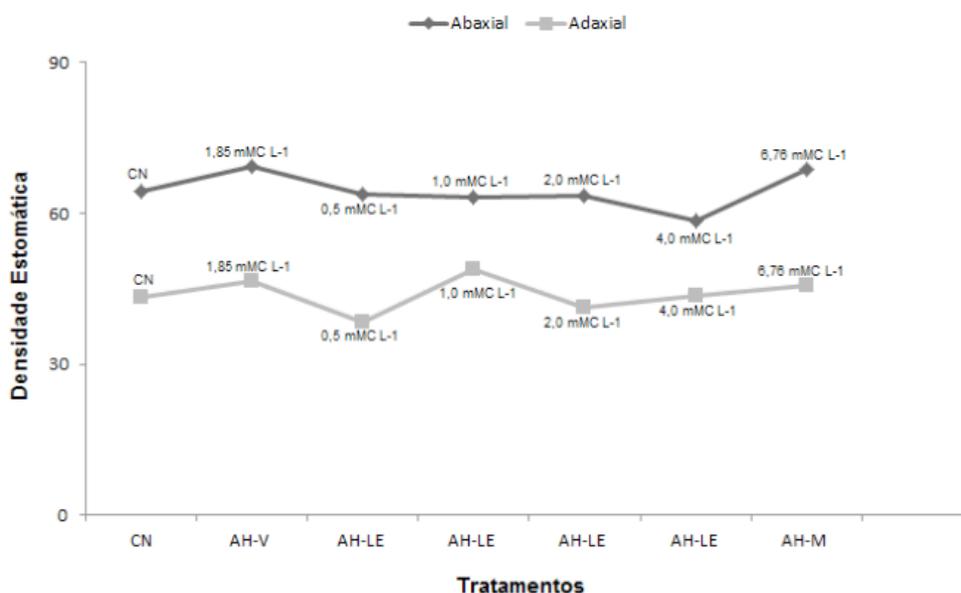


Figura 3: Relação da densidade estomática abaxial e adaxial, de folhas jovens de milho (*Zea mays*).

	Tratamentos						Controle
	AH - LE (0,5mMC L ⁻¹)	AH-LE (1,0 mMC L ⁻¹)	AH-LE (2,0 mMC L ⁻¹)	AH -LE (4,0 mMC L ⁻¹)	AH-M (6,76mMC L ⁻¹)	AH-V (1,85mMC L ⁻¹)	
Abaxial	63,68±6,506 ^a	63,160±8,237 ^a	63,640±7,300 ^a	58,400±6,086 ^a	68,840±5,210 ^a	69,240±8,562 ^a	64,360±6,303 ^a
Adaxial	38,32±5,959 ^a	48,920±6,792 ^a	41,360±3,675 ^a	43,600±4,022 ^a	45,800±4,539 ^a	46,560±11,366 ^a	43,320±43,320 ^a

Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente.

Teste Kruskal Wallis. Valores expressos por média± desvio padrão.

Tabela 3: Quantificação da densidade estomática em folhas de *Zea mays* L. para os tratamentos com concentrações de ácidos húmicos (AH) de lodo de esgoto sanitário (LE), Mangue (M) e Vermicomposto (V).

Com relação aos dados bioquímicos (Tabela 2), constatou-se o aumento da concentração dos pigmentos cloroplastídicos no tratamento AHLE na concentração 1,0 mMC L⁻¹, quando comparado ao controle e a melhor concentração de AHM (6,76 mMC L⁻¹) (Figura 2), conforme evidenciado por Torrico (2011). O aumento de clorofila b na concentração citada de AHLE pode ser decorrente a uma característica de adaptação, uma vez que a clorofila b possui capacidade de absorção de comprimentos de ondas diferentes da clorofila a, proporcionando aumento da captura energética para as reações fotoquímicas (Martins et al., 2009).

	Tratamentos						Controle
	AH - LE (0,5 mMC L ⁻¹)	AH-LE (1,0 mMC L ⁻¹)	AH-LE (2,0 mMC L ⁻¹)	AH -LE (4,0 mMC L ⁻¹)	AH - M (6,76 mMC L ⁻¹)	AH-V w1,85 mMC L ⁻¹)	
Clorofila a*	30,536±3,813 ^{ab}	52,221±16,422 ^c	46,831±13,773 ^{bc}	44,61±18,080 ^{bc}	27,451±2,476 ^a	47,51±23,002 ^{bc}	30,622±9,989 ^{ab}
Clorofila b*	6,751±1,127 ^{bc}	11,578±4,317 ^c	8,175±3,807 ^c	7,875±3,471 ^{bc}	4,25±0,685 ^a	7,578± 4,131 ^{abc}	4,326±1,612 ^{ab}
Clorofila Total*	49,875±6,228 ^{ab}	85,294±26,537 ^c	76,331±22,493 ^{bc}	72,717 ±29,467 ^{bc}	44,704±3,981 ^{bc}	77,387±37,482 ^{bc}	49,837±16,248 ^{ab}
Clorofila a/b**	4,574±0,720 ^a	4,909±0,720 ^a	6,143±0,720 ^a	5,9± 0,720 ^a	6,609±0,720 ^a	6,538± 0,720 ^a	7,478±0,720 ^a
Carotenóides*	59,967±13,536 ^{abc}	146,727±67,271 ^c	101,31±62,685 ^c	96,924± 61,755 ^c	32,927±6,061 ^a	108,9±110,853 ^{bc}	39,654±21,914 ^{ab}

Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente

*Teste Kruskal Wallis. Valores expressos por média± desvio padrão.

** Anova, Teste de Tukey (p<0,05). Valores expressos por média ± erro padrão.

Tabela 2: Teor de pigmentos fotossintéticos em *Zea mays* L. para os tratamentos com concentrações de ácidos húmicos (AH) de lodo de esgoto sanitário (LE), Mangue (M) e Vermicomposto (V).

Alterações na biossíntese de clorofilas (figura 2) podem proporcionar vantagens no crescimento e sucesso reprodutivo do vegetal (Larcher, 2004). Enquanto que maiores concentrações de carotenóides apresentam relações de fotoproteção por meio de dissipação do estado excitado da clorofila (Garcia-Plazaola et al., 1999), obtendo um papel fundamental da captura de luz, sendo importante para a proteção da reação

da fotossíntese (Ort, 2001). Essa variação da clorofila também foi evidenciado por Costa (1994) que constatou aumento significativo no teor de clorofila de espécimes de alface cultivado em solos fertilizados com compostos orgânicos.

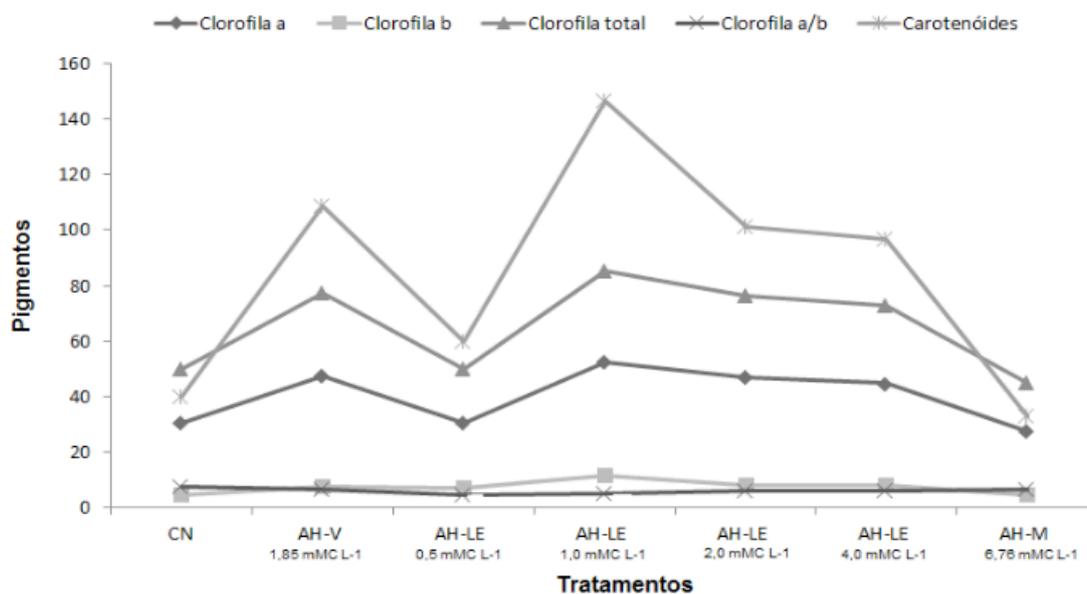


Figura 2: Teores de clorofila a,b, total (A+b) , clorofila a/b e carotenóides em folhas jovens de milho (*Zea mays*).

Nardi et al. (2002), Ertani et al. (2013) e Rocha (2014), ao realizar tratamentos com SH em diferentes espécies de plantas, observaram o aumento no teor de clorofila, o qual influenciou diretamente na taxa fotossintética líquida. Conforme os autores, as substâncias húmicas em solução apresentam capacidade de disponibilizar ao substrato, minerais que são absorvidos pelas raízes das plantas. Alguns destes fazem parte da estrutura química da clorofila, tais como Ca, Mg, Fe e P, que podem alterar na sua formação quando não disponíveis em quantidades suficientes na planta. Essa evidências foi relatada por Nardi et al. (2002), Ertani et al. (2013) e Rocha (2014), na qual tratamentos de diferentes espécies de plantas com SH proporcionou um aumento no teor de clorofila, influenciando diretamente na taxa fotossintética líquida.

Por meio de análise da quantidade de estômatos na folha, foi possível observar que não obteve variação significativa dos tratamentos em relação ao controle (Tabela 3), no entanto a concentração de 1 mM L⁻¹ do AHLE apresentou diferença na quantidade no número de estômatos, adaxial, juntamente com as concentrações 6,76 mM L⁻¹ do AHM e 1,85 mM L⁻¹ do AHV quando comparadas ao controle. O mesmo ocorre com o parâmetro abaxial destas últimas citadas.

Trabalho de Palanivell et al. (2013) também relatam sobre materiais húmicos e suas diferenças de pesos moleculares promovem alteração na quantidade de estômatos. Sendo, os estômatos, de extrema importância para avaliação e determinação do mecanismo de transpiração e controle de trocas gasosas com o meio ambiente, sendo este mecanismo influência direta da fotossíntese e produtividade vegetal (Azevedo et al., 2012). Sendo clara a contribuição do material vegetal sobre a fração húmica

do solo, e a contribuição deste na absorção de nutrientes e a fisiologia das plantas (Demétrio et al., 1998).

Metabolismo energético vegetal (ATPase e PPase), observou-se que a atividade da P-H⁺-ATPase foi estimulada pela dosagem de 1,85 mMC L⁻¹ do AHV quando comparada ao controle. Todavia, tal estímulo não foi o suficiente para provocar mudanças expressivas sobre a bioenergética do vegetal, atribuindo à algumas dosagens atividade menor que ao controle, 6,75 mMC L⁻¹ do AHM e 0,5 mMC L⁻¹ do AHLE. Sendo assim, nenhuma das concentrações elevaram a atividade da P-H⁺-ATPase (Figura 4).

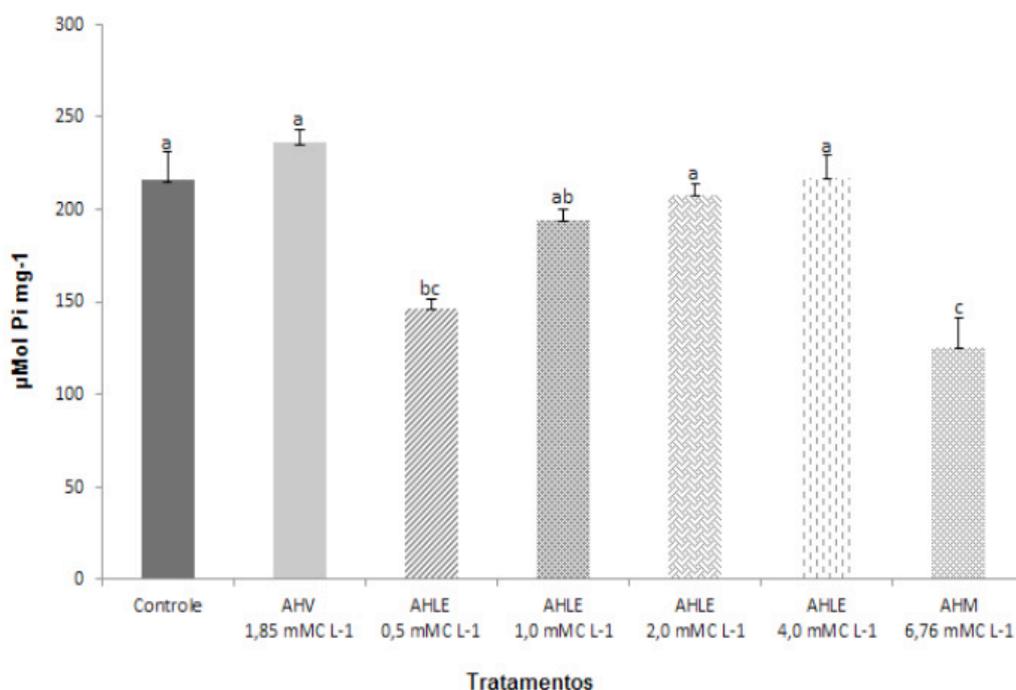


Figura 4: Atividade da bomba hidrolítica H⁺-ATPase em vesículas isoladas de raiz em relação as concentrações de AHLE (0,5 mMC L⁻¹): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (1,0 mMC L⁻¹): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (2,0 mMC L⁻¹): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (4,0 mMC L⁻¹): ácido húmico lodo de esgoto; AHM (6,76 mMC L⁻¹): ácido húmico mangue; AHV (1,85 mMC L⁻¹): ácido húmico vermicomposto.

A P-H⁺-ATPase funciona como um indicador do funcionamento celular e a atividade é afetada por diversos fatores ambientais, sendo possível detectar estresse em nível celular (Palmgren, 1999). A queda da atividade para as demais concentrações pode ser explicada pela baixa disponibilidade de energia para que haja transporte de íons, podendo clarificar a menor concentração de K⁺ (Azevedo, 2006). Conforme Canellas et al.(2002), AH adicionados ao meio de reação inibem a atividade hidrolítica das P-ATPases.

Com relação à atividade da pirofosfatase (PPase) o tratamento com a concentração 1 mMC L⁻¹ do AHLE de lodo de esgoto sanitário apresentou maior atividade hidrolítica da bomba (Figura 5). O aumento dessa atividade promove uma maior liberação de Pi inorgânico, que juntamente com o ADP resulta em ATP. Tal processo foi evidenciado por Catunda (2008) em cultivares de milho submetidos a

estresse hídrico.

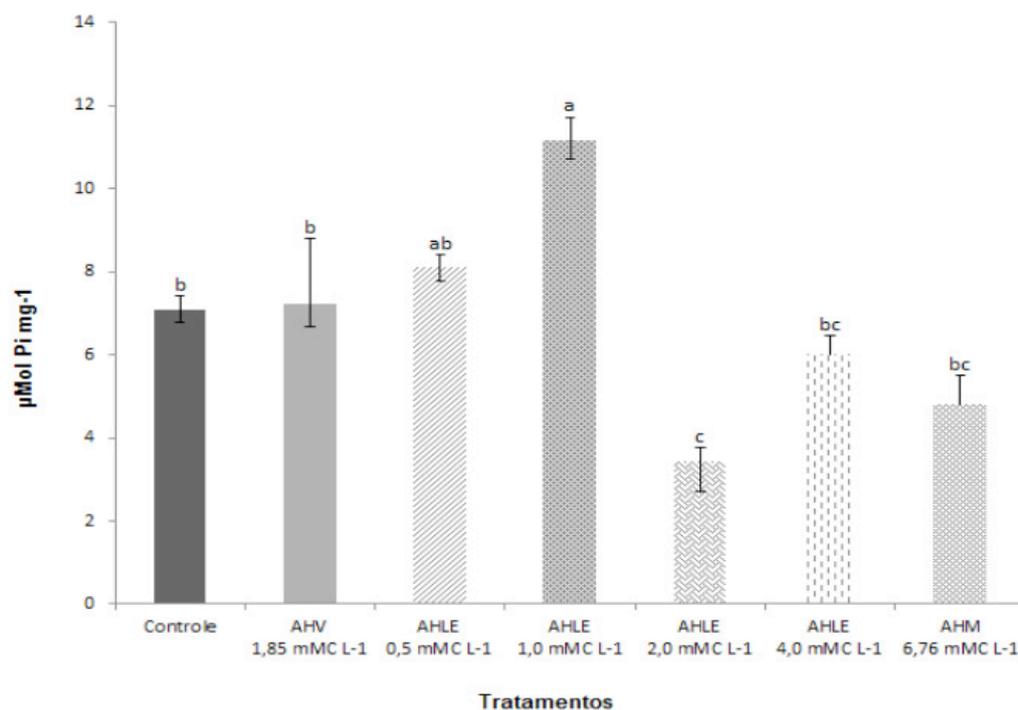


Figura 5: Atividade da pirofosfatase H⁺-PPase em vesículas isoladas de raiz em relação as concentrações as concentrações de AHLE (0,5 mMC L⁻¹): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (1 mMC L⁻¹): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (2 mMC L⁻¹): ácido húmico lodo de esgoto; AHLE (4 mMC L⁻¹): ácido húmico lodo de esgoto; AHM (6,76 mMC L⁻¹): ácido húmico mangue; AHV (1,85 mMC L⁻¹): ácido húmico vermicomposto.

A elevação das atividades ATPásica e PPásica em tratamentos com diferentes materiais húmicos em relação ao controle, demonstra que o tecido da raiz pode estar com aumento da atividade transportadora de íons para dentro do vacúolo resultando em maior demanda energética (Catunga, 2008).

4 | CONCLUSÕES

1. A adubação com ácidos húmicos de diferentes fontes promovem acúmulo de carbono e aumento da área foliar em milho;
2. Ácidos húmicos proveniente de lodo de esgoto sanitário, lama de manguezal e vermicomposto, apresentam comportamento distinto quanto à concentração ideal.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida e à Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro pelas análises.

REFERÊNCIAS

- ARGENTA, G; SILVA, P.R.F; BORTOLINI, C.G; FORSTHOFER, E.L; STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.158-167, 2001.
- AZEVEDO, C.F; BRUNO, R.L.A; QUIRINO, Z.G.M; REGO, E.R; GOMES, K.R; BEZERRA, A.K.D. Efeito de sistemas de consórcio e inseticida na formação dos estômatos em plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* mill.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, n.SPL.ISS, p.205–213, 2012.
- AZEVEDO, I.G. **Caracterização das bombas de prótons da polpa de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) e relação com a ocorrência do distúrbio da gelificação**. 2006. 69p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- BERTON, R.S; VALADARES, J.M.A.S; CAMARGO, O.A; BATAGLIA, O.C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO_3 na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.685-691, 1997.
- CANELLAS, L.P; OLIVARES, F.L; OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L; FAÇANHA, A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v.130, n.4, p.1951-1957, 2002.
- CANELLAS, L.P; NELSON, G.A.S.; SOBRINHO, M.B.A.; MORAES, A.A.; RUMJAMEK, V.M. Adsorção de Cu^{2+} e Cd^{2+} em ácidos húmicos extraídos de resíduos orgânicos de origem urbana. **Ciência Rural**, v.29, n.1, p.21–26, 1999.
- CANELLAS, L.P; OLIVARES, F.L; OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L; FAÇANHA, A.R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v.130, n.4, p.1951-1957, 2002.
- CANELLAS, L.P; PICCOLO, A; DOBBSS, L.B; SPACCINI, R; OLIVARES, F.L; ZANDONADI, D.B; FAÇANHA, A.R. Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid. **Chemosphere**, v.78, n.4, p.457-466, 2010.
- CAVENDER, N. D.; ATIYEH, R. M.; EDWARDS, C. A. Influence of vermicomposts an arbuscular mycorrhizal infection of Sorghum bicolor and plant growth. In: **2nd International Soil Ecology Conference**. 1999. p.23.
- CATUNGA, M.G. **Caracterização das bombas de prótons vacuolares e seu papel nas respostas adaptativas de plantas ao estresse hídrico**. 2008. 55p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- COSTA, C.A. **Crescimento e teores de sódio e de metais pesados da alface e da cenoura adubadas com composto orgânico de lixo urbano**. 1994. 89p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W., 2010. InfoStat Versión. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- ERTANI, A; SCHIAVON, M; MUSCOLO, A; NARDI, S. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed Zea mays L. plants. **Plant and soil**, v.364, n.1-2, p.145-158, 2013.
- FERREIRA, T.O. **Solos de Mangue do Rio Crumahú (Guarujá-SP): pedologia e contaminação por esgoto doméstico**. 2002. 113p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FISKE, C.H; SUBBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. **The journal of biological chemistry**, v.66, n.2, p.375-400, 1925.

- GARCÍA-PLAZAOLA, J. I; ARTETXE, U; BECERRIL, J.M. Diurnal changes in antioxidant and carotenoid composition in the Mediterranean sclerophyll tree *Quercus ilex* (L) during winter. **Plant Science**, v.143, n.2, p.125-133, 1999.
- GOBBI, K.F; GARCIA, R; VENTRELLA, M.C; GARCEZ NETO, A.F; ROCHA, G.C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capimbraquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011.
- GOULART, J.N. **Incremento ao crescimento inicial de plântulas de milho (*Zea mays* L.) tratadas com substâncias húmicas de diferentes locais**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) - Universidade Vila Velha, Vila-Velha.
- HISCOX, J.T; ISRAELSTAM, G.F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v.57, n.12, p.1332-1334, 1979.
- HIGUTI, A.R.O; SALATA, A.D.C; GODOY, A.R. CARDOSO, A.I.I. Produção de mudas de abóbora com diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Bragantia**, v.69, n.2, p.377-380, 2010.
- HOAGLAND, D.R; ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. **Circular. California Agricultural Experiment Station**, v.347, n.2nd edit, 1950.
- HUNT, R. **Plant growth analysis**. Institute of Terrestrial Ecology, 1982.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMA Artes e Textos, 2004. 531p.
- MARTINS, J.R; ALVARENGA, A.A.D; CASTRO, E.M.D; SILVA, A.P.O.D; ALVES, E. Teores de pigmentos fotossintéticos e estrutura de cloroplastos de Alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas; Pigments content and Alfavaca-cravo chloroplast structure cultivate under colored nets. **Ciências Rural**, v.40, n.1, p.64-69, 2010.
- NARDI, S; PIZZEGHELLO, D; MUSCOLO, A; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, n.11, p.1527-1536, 2002.
- NANNIPIERI, P; GREGO, S; DELL'AGNOLA, G; NARDI, S. Proprietà biochimiche e fisiologiche della sostanza organica. **Ciclo della sostanza organica nel suolo: aspetti agronomici, chimici, ecologici, ecologici & selvicolturali**. Bologna: Patron, p.67-78, 1993.
- OLIVEIRA, F.C; MATTIAZZO, M.E; MARCIANO, C.R; MORAES, S.O. Lixiviação de nitrato em um Latossolo Amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.171-180, 2001.
- ORT, D.R. When there is too much light. **Plant physiology**, v.125, n.1, p.29-32, 2001.
- PALANIVELL, P; SUSILAWATI, K; AHMED, O.H; MAJID, N.M. Compost and crude humic substances produced from selected wastes and their effects on *Zea mays* L. nutrient uptake and growth. **The Scientific World Journal**, v.2013, 2013.
- PALMGREN, M.G. Plant plasma membrane H⁺-ATPases: powerhouses for nutrient uptake. **Annual review of plant biology**, v.52, n.1, p.817-845, 2001.
- PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. **Advances in Agronomy**, v.75, p.57-134, 2002.
- ROCHA, A.C; CANAL, E.C; CAMPOSTRINI, E; REIS, F.O; CUZZUOL, G.R.F. Influence of chromium in *Laguncularia racemosa* (L). Gaertn f. physiology. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.21, n.2,

p.87-94, 2009.

ROCHA, L.D. Ácidos húmicos extraídos do lodo de esgoto sanitário e seus efeitos em plantas. 2014. 42p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

RODDA, M.R.C; CANELLAS, L.P; FAÇANHA, A.R; ZANDONADI, D.B; GUERRA, J.G. M; ALMEIDA, D.L.D; SANTOS, G.D.A. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. II-Efeito da fonte de vermicomposto. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.30, p.657-664, 2006.

DA SILVA, F.C; BOARETTO, A.E; BERTON, R.S; ZOTELLI, H.B; PEEXE, C.A; BERNARDES, E.M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.5, p.831-840, 2001.

SIMONETE, M.A; KIEHL, J.D.C; ANDRADE, C.A; TEIXEIRA, C.F.A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.10, p.1187-1195, 2003.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. J. Wiley & Sons. 2nd ed. New York, 1994. 496p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 3.ed. Sinauer, 2004. 690p.

TORRICO, K.S.N. **Efeitos das substâncias húmicas do Ecossistema Manguezal sobre o sistema radicular e atividade da H⁺-ATPase em plântulas de *Oryza sativa* E *Laguncularia raemosa***. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) - Centro Universitário Vila Velha, Vila-Velha.

TREVISAN, S; PIZZEGHELLO, D; RUPERTI, B; FRANCIOSO, O; SASSI, A; PALME, K; NARDI, S. Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in Arabidopsis. **Plant Biology**, v.12, n.4, p.604-614, 2010.

SUPTES HÍBRIDOS DE SÍLICA-MONOSSACARÍDEOS: MATERIAIS POTENCIAIS PARA IMOBILIZAÇÃO DE PEROXIDASE RAP - TOYOBO

Ivan Martins Barreto

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Programa de Pós-Graduação em Química.
Campus Jequié. Jequié, Bahia.

Maria Antônia Carvalho Lima Jesus

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano. Campus Serrinha. Serrinha,
Bahia.

Djalma Menezes De Oliveira

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,
Departamento de Química. Campus Jequié.
Jequié, Bahia.

Ronaldo Costa Santos

Universidade Federal da Bahia, Escola
Politécnica. Salvador, Bahia.

Universidade Salvador, Departamento de
Engenharia - Laboratório de Catálise e Meio
Ambiente. Salvador, Bahia.

Instituto Brasileiro de Tecnologia e Regulação.
Salvador, Bahia.

Alini Tinoco Fricks

Universidade Tiradentes, Instituto de Tecnologia e
Pesquisa. Aracaju, Sergipe.

Heiddy Márquez Alvarez

Universidade Estadual de Feira de Santana,
Departamento de Ciências Exatas. Feira de
Santana, Bahia.

RESUMO: A imobilização de enzimas em suportes híbridos (SH), orgânico e inorgânico, tem despertado grande interesse, pois

melhora as características do novo material quando comparadas a seus componentes separadamente. Neste trabalho foram produzidos quatro SH que apresentam em sua composição sílica e monossacarídeos (glicose ou frutose), em quantidades variáveis. A obtenção dos SH seguiu a metodologia de síntese de suportes de sílica mesoporosas Santa Bárbara Amorfo – 15 (SBA-15) com modificações. Foram produzidos quatro SH utilizando inicialmente 1,0 ou 0,5 g de aditivo orgânico, cuja massa final ficou em torno de 1,8 g de SH. A síntese do material com a frutose gerou um suporte escuro que pode ser decorrente da polimerização do mesmo. O monossacarídeo residual foi determinado pelo método Lane e Eynon. No trabalho foi verificado que ao diminuir a quantidade de monossacarídeo presente no SH, houve também a diminuição do percentual de açúcar residual, contudo não houve variações significativas na massa final de SH. A peroxidase de rabanete (RAP) foi imobilizada por adsorção física nos SH obtidos, no pH 7,0 e temperatura de 30°C. A maior eficiência de imobilização se obteve para um carregamento de 3 mg de HRP / g de suporte. Os maiores valores de eficiência de imobilização 97,66% e 97,46% foram obtidos para os suportes GA (glicose 1,0 g) e FA (frutose 1,0 g), respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: imobilização; peroxidase; suporte híbrido; monossacarídeos.

ABSTRACT: The immobilization of enzymes in hybrid supports (SH), organic and inorganic, has aroused great interest, because it improves the characteristics of the new material when compared to its separate components. In this work four SHs were produced, which presented in their composition silica and monosaccharides (glucose or fructose), in varying amounts. The obtaining of HS followed the methodology of synthesis of mesoporous silica supports Santa Bárbara Amorfo - 15 (SBA - 15) with modifications. Four SH were produced using initially 1.0 or 0.5 g of organic additive, whose final mass was around 1.8 g SH. The synthesis of the material with the fructose generated a dark support which may be due to the/its polymerization. The residual monosaccharide was determined by the Lane and Eynon method. In the work, it was verified that when decreasing the amount of monosaccharide present in the SH, there was also a decrease in the percentage of residual sugar, however there were no significant variations in the final mass of SH. Radish peroxidase (RAP) was immobilized by physical adsorption on SH obtained at pH 7.0 and temperature of 30 ° C. The highest immobilization efficiency was obtained with a loading of 3 mg HRP / g carrier. The highest immobilization efficiency values 97.66% and 97.46% were obtained for GA (glucose 1.0 g) and FA (fructose 1.0 g), respectively.

KEYWORDS: immobilization; peroxidase; hybrid support; monosaccharides.

1 | INTRODUÇÃO

A imobilização de enzimas surge como alternativa à utilização das enzimas livres, uma vez que é possível a recuperação e reutilização das mesmas. Os materiais híbridos mesoporosos (orgânico e inorgânico) têm sido bastante utilizados como suportes no processo de imobilização devido às características atrativas que possuem se comparadas aos seus componentes de partida. A síntese destes suportes híbridos pode ser realizada através da funcionalização pós-sintética (enxerto), a co-condensação ou na forma de organosílicas mesoporosas (Adam et al., 2012). O método da co-condensação utiliza moléculas orgânicas precursoras, agentes modeladores para a estrutura do material, sendo este método bastante utilizado para a obtenção de suportes híbridos de sílicas mesoporosas. Os materiais híbridos gerados podem ser utilizados como suporte na imobilização de enzimas. O processo de imobilização pode realizar-se por diferentes técnicas, sendo os métodos de adsorção física e de ligação covalente os mais utilizados. Segundo Singh e colaboradores os métodos por adsorção física e ligação covalente podem reduzir ou evitar a lixiviação da enzima, mas também permite que esta se ligue ao suporte orgânico ou inorgânico através de interações covalentes ou não covalentes, podendo ocasionar a diminuição da flexibilidade estrutural da enzima e uma maior rigidez da mesma, reduzindo assim a possibilidade de desnaturação (Singh et al., 2013). A peroxidase de raiz forte, do inglês: *horseradish peroxidase* (HRP), apresenta diversificadas aplicações na indústria, desde a descoloração de corantes sintéticos até o desenvolvimento de

biossensores (Mohamed et al., 2013). Estas possibilidades de aplicação unidas à sua elevada atividade, simplicidade na detecção de produtos e relativa estabilidade leva a desenvolver novos métodos ou suportes que aumentem a estabilidade desta enzima. Diversos suportes inorgânicos de sílicas mesoporosas como, por exemplo, as sílicas SBA-15 e MCF já foram utilizados para a imobilização da HRP, com bons resultados (Cao et al., 2013). A HRP possui um alto preço no mercado, no entanto a peroxidase de rabanete (RAP) (*Raphanus sativus*) possui estrutura semelhante à HRP podendo ser utilizado como alternativa neste trabalho. Até o presente verificou-se que não existem relatos na literatura quanto ao uso de suportes híbridos sílica-monossacarídeo na imobilização de RAP possibilitando um novo estudo neste assunto. O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de novos materiais híbridos que apresentem em sua composição sílica e monossacarídeo (glicose ou frutose), como potenciais suportes para a imobilização de peroxidase - RAP por adsorção física.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Peroxidase (RAP – 60,8 U/mg) foi fornecida pela Toyobo. Tetraetilortosilicato (TEOS), ácido clorídrico (HCl, 36%) foram adquiridos da Sigma-Aldrich. Hidrogenofosfato de sódio ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), guaiacol, peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 30 % (solução aquosa), glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) e frutose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) da Vetec Química Fina Ltda. Tartarato duplo de sódio e potássio tetraidratado ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) da Proquímica Com. Repres. Ltda. Hidróxido de sódio (NaOH) da Merck. Sulfato de cobre penta hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) da Synth – Labsynth produtos para laboratório Ltda. Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) QEEL – Química Especializada Erich Ltda. Acetato de zinco ($\text{ZnC}_4\text{H}_6\text{O}_4$) da *Quimibrás Indústrias Químicas S/A*. Azul de metileno ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl}$) da Dinâmica Química Contemporânea Ltda. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico de pureza. A caracterização dos suportes obtidos foi feita através da espectroscopia no infravermelho acoplado a transformada de Fourier (FT-IR) modelo Spectrum Two da Perkin Elmer, com detector LiTaO_3 .

2.2 Síntese de suportes híbridos de sílica e monossacarídeo

A obtenção dos suportes híbridos foi realizada utilizando a metodologia das sílicas SBA-15 e MCF modificada (Chouyyok et al., 2009). Utilizamos a glicose e a frutose como o aditivo orgânico (AO) e o tetraetilortosilicato (TEOS) como precursor inorgânico. Para o preparo dos suportes híbridos de sílica SBA-15 modificado, foi utilizado 0,5 ou 1,0 g do monossacarídeo, em 30 mL de água destilada e 585 mL de ácido clorídrico concentrado (HCl). Em seguida, 5 mL de TEOS foram adicionados à solução. A solução foi mantida sob agitação à temperatura ambiente até a completa homogeneização. A mistura foi colocada em um sistema reacional com banho de óleo

de silicone, acoplado a um condensador de refluxo e permaneceu a 80 °C durante 24 horas. A mistura obtida ao final do processo foi filtrada e lavada com água destilada até o pH neutro. O material sintetizado foi seco à temperatura ambiente por 24 horas e armazenado. A quantidade de monossacarídeo que não reagiu foi determinada pelo método Lane e Eynon, conforme Tavares et al. (2010), no qual utilizamos o fluido oriundo da reação, obtido na filtração do sólido obtido.

2.3 Imobilização da peroxidase por Adsorção física (AF)

A RAP foi imobilizada por adsorção física (AF) em híbridos de sílica SBA-15 modificada. Em um frasco de vidro de 10 mL foram adicionados 1,0 g de suporte seco e 1,0 mL de tampão fosfato ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 100 mM, pH 7,0, mantido sobre agitação. O efeito do carregamento da enzima na faixa de 1 - 5 mg de enzima/g de suporte foi avaliado para imobilização da RAP nos suportes sintetizados. O sistema foi mantido sob agitação de 150 rpm por 3 horas a 30 °C, em seguida, foi armazenado a 4 °C em condição estática, durante 24 horas. Finalmente, o biocatalisador foi filtrado e lavado com solução tampão fosfato pH 7,0 para retirada de enzimas não adsorvidas até o volume de 6,0 mL. O filtrado foi reservado para quantificação da atividade enzimática.

2.4 Determinação da atividade peroxidásica

A atividade enzimática de RAP foi determinada conforme o método de utilizado por Hirata et al. (1998) que é baseado na mudança de absorvância a 470 nm devido à formação do produto de oxidação do guaiacol, o tetraguaiacol durante três minutos (ϵ -tetraguaiacol: $26,6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). O ensaio contém 2,75 mL de tampão fosfato de sódio 100 mM (pH 7,0); 0,05 mL da solução enzimática, diluída quando necessário, em tampão pH 7,0; 0,1 mL de solução de guaiacol 100 mM e 0,1 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 2,0 mM a 25 °C. Uma unidade de enzima (U) foi definida como a quantidade de enzima capaz de fornecer 1 μmol de produto em 1 minuto a 25 °C em pH 6,0. A eficiência de imobilização (%) e o número de unidades de enzima imobilizada (U) foram determinados pela diferença entre número de unidades de atividade peroxidásica oferecidas (U_o) e o número de unidades de enzima remanescente no filtrado (U_f), conforme a equação abaixo:

$$\text{Eficiência de imobilização (\%)} = \frac{(U_o - U_f)}{U_o} \times 100$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 se apresenta a possível reação de obtenção do suporte híbrido TEOS e monossacarídeos.

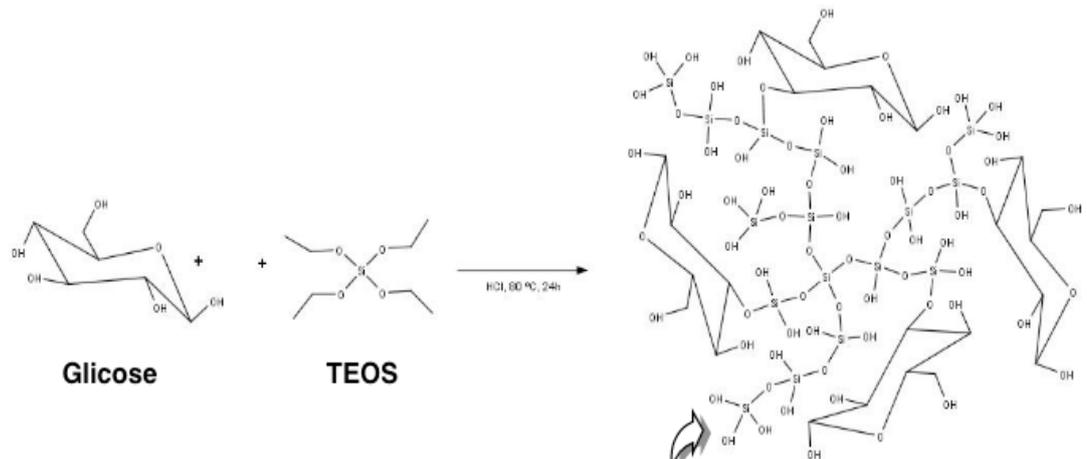
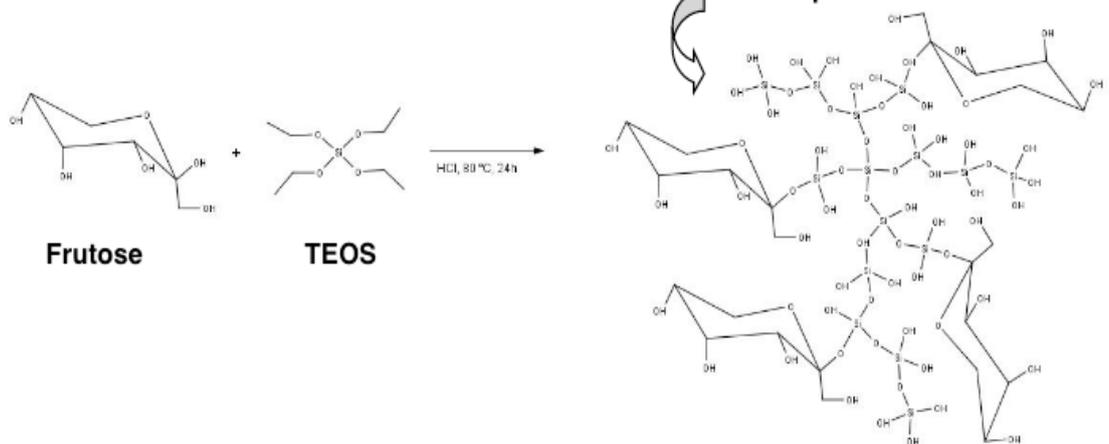
A**B**

FIGURA 1. Reação de obtenção do suporte híbrido: A) Glicose como aditivo orgânico. B) Frutose como aditivo orgânico.

Foram obtidos quatro suportes, utilizando glicose e frutose como precursor orgânico, conforme pode ser observado na tabela 1, a seguir:

Monossacarídeo (precursor orgânico)	Quantidade de precursor orgânico (g)	
	1,0	0,5
<p>Glicose</p> <p>D-Glucose</p> <p>Glicose</p>	<p>Suporte GA</p>	<p>Suporte GB</p>

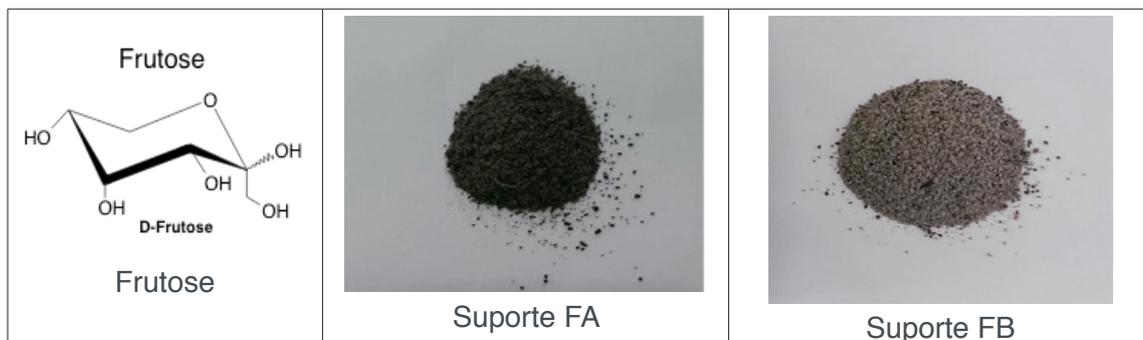


TABELA 1: Características físicas dos suportes sintetizados.

A caracterização dos suportes obtidos foi realizada através da espectroscopia do infravermelho acoplado a transformada de Fourier (FT-IR), na figura 2.

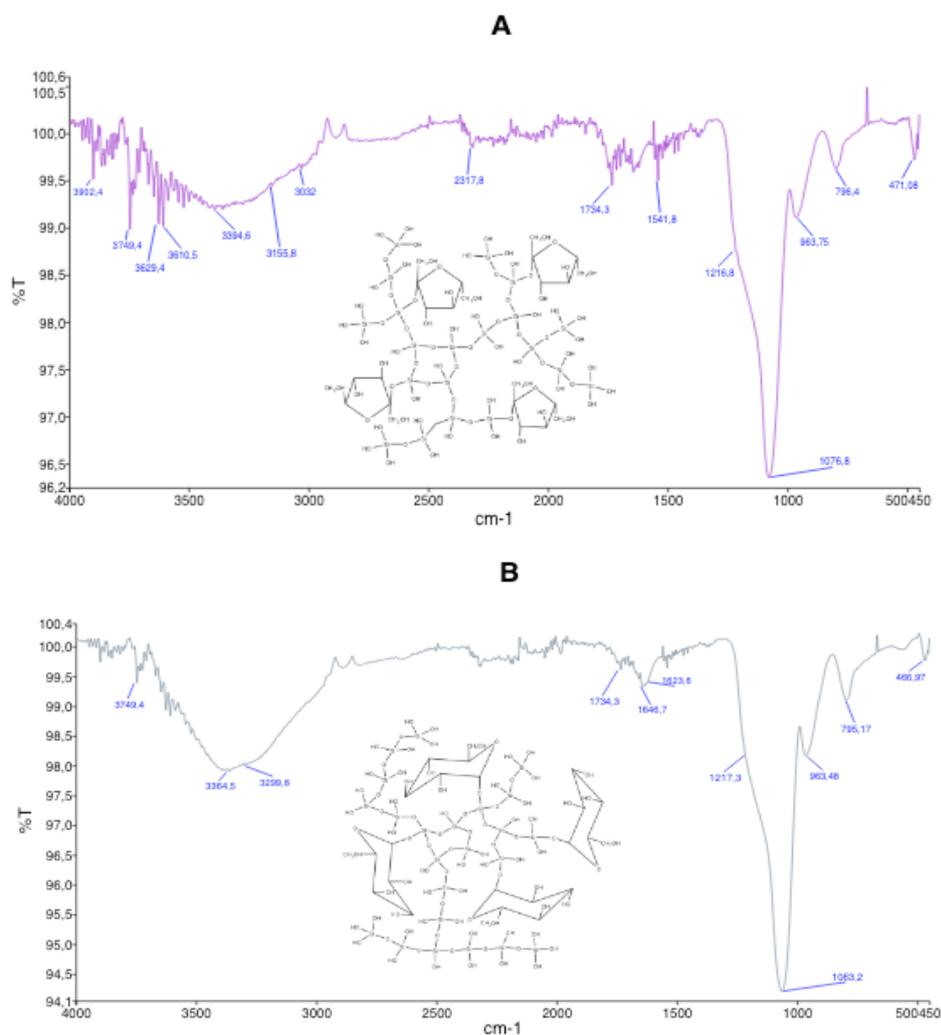


FIGURA 2. Espectros de infravermelho (FT-IR) dos materiais híbridos: A) Suporte FB (Frutose 0,5 g). B) Suporte GB (Glicose 0,5 g)

Em ambos os espectros da figura 2, suporte com frutose (FB) e suporte com glicose (GB), observa-se bandas atribuídas aos grupamentos hidroxila, estiramento (OH) em $3394,6\text{ cm}^{-1}$ para o suporte com frutose e $3364,5\text{ cm}^{-1}$ para o suporte com glicose. Observam-se também deformações axiais dos grupos CH ($C_{sp^3} - H$) em torno de 2900 cm^{-1} e as correspondentes deformações angulares em $1216,8\text{ cm}^{-1}$ e $1217,3$

cm⁻¹, respectivamente para o suporte com frutose e o suporte com glicose. Em ambos os espectros notamos a presença da banda centrada em 1076,8 cm⁻¹ e 1063,2 cm⁻¹, respectivamente para o suporte com frutose e o suporte com glicose, atribuída a estiramentos das ligações Si-O-Si do grupo siloxano.

A quantificação do açúcar residual presente no filtrado foi realizado através do método Lane e Eynon, tabela 2.

Suporte	AO	% de Açúcar redutor	Massa de suporte obtida (g)
GA	Glicose (1,0 g)	64,7	1,86
FA	Frutose (1,0 g)	65,1	1,88
GB	Glicose (0,5 g)	50,2	1,86
FB	Frutose (0,5 g)	40,9	1,97

TABELA 2. Resultados obtidos na síntese dos suportes híbridos sílica-monossacarídeo.

Na tabela 2 pode se observar a relação da massa de suporte obtida com a percentagem de monossacarídeo residual. A quantidade de aditivo orgânico não influencia na massa de suporte obtida, no entanto tem forte influencia na quantidade de monossacarídeo presente no suporte.

A RAP foi imobilizada por adsorção física (AF) nos suportes híbridos obtidos de silicato-monossacarídeo. O efeito do carregamento na imobilização de RAP (1 – 5 mg de HRP/g de suporte) em suporte híbrido por AF é mostrado nas Figuras 3 e 4.

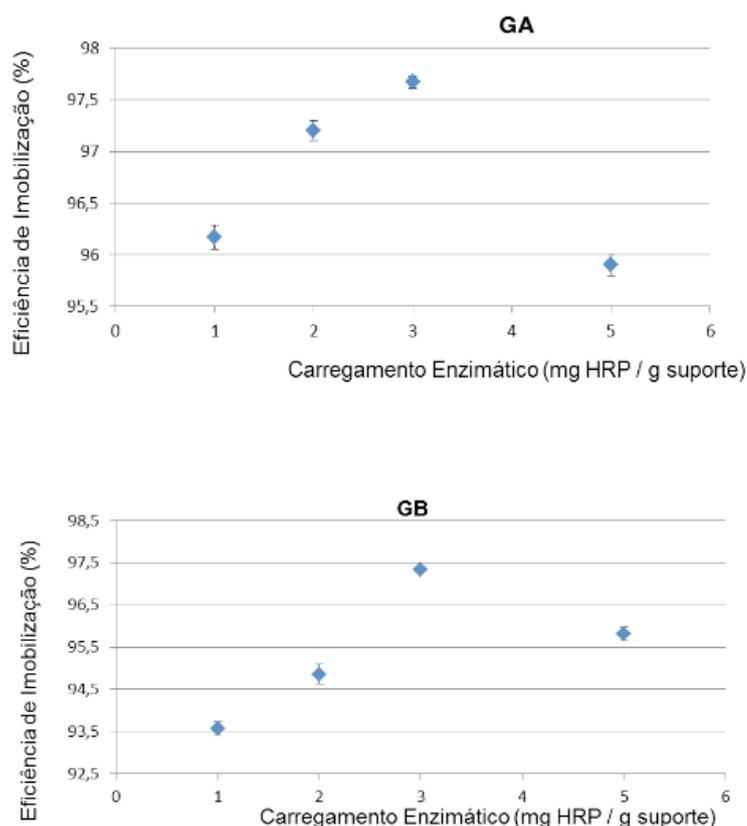


FIGURA 3. Eficiência de imobilização no suporte GA e GB, respectivamente.

Pode-se observar, na figura 3, que o carregamento de 3 mg de HRP/g de suporte teve o máximo valor da eficiência de imobilização ($GA = 97,66\%$ e $GB = 97,34\%$). Houve redução da eficiência de imobilização no carregamento de 5 mg de HRP/g de suporte, devido provavelmente à saturação no suporte durante o processo de adsorção física.

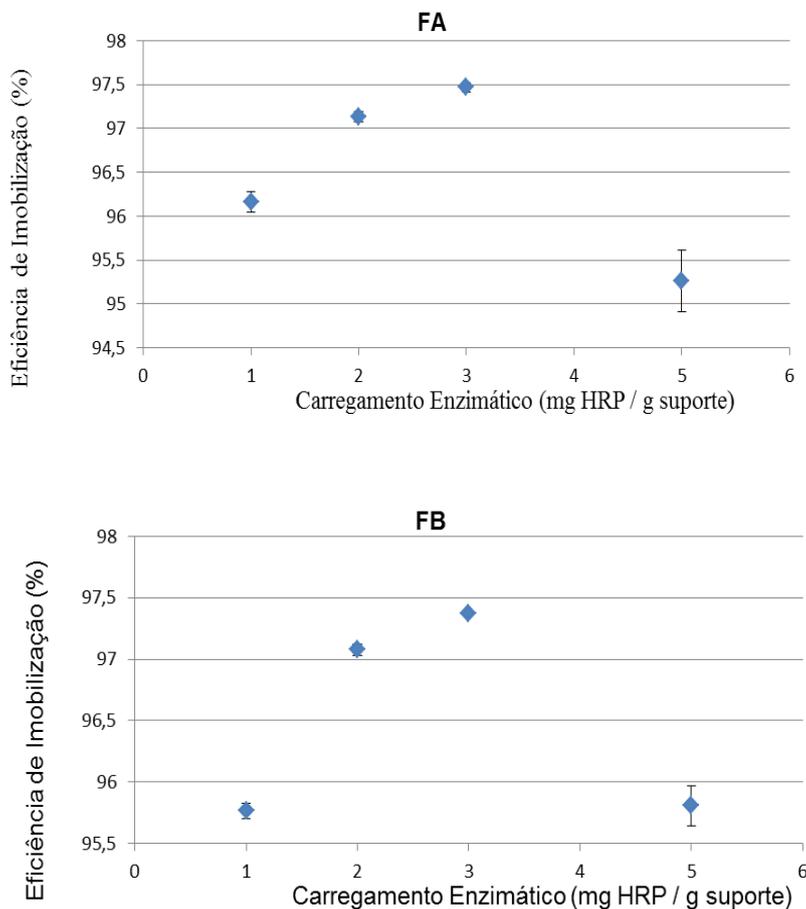


FIGURA 4. Eficiência de imobilização no suporte FA e FB, respectivamente.

A figura 4 demonstra que o método de imobilização aplicado usando os suportes sintetizados utilizando a frutose como aditivo orgânico, apresentou comportamento diferente em relação ao outro suporte analisado. Houve aumento, relativamente pequeno, da eficiência de imobilização com o aumento no carregamento no intervalo de 1 a 3 mg de HRP/g de suporte, tendo o carregamento de 3 mg de HRP/g de suporte o valor máximo ($FA = 97,46\%$ e $FB = 97,37\%$).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantidade de aditivo orgânico utilizado na síntese do suporte híbrido influencia diretamente na quantidade de monossacarídeos presente no filtrado, contudo não influencia na quantidade de suporte obtida, desta forma, é possível usar menores quantidades de aditivos orgânicos, a fim de evitar a produção de volumes maiores de rejeitos. A eficiência de imobilização da enzima HRP no suporte híbrido mostrou-se

satisfatória. Os valores de eficiência mostraram-se crescentes até o limite de saturação do suporte. O carregamento de 3 mg de HRP/g suporte foi considerado ideal para imobilização do suporte em estudo.

5 | AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, a CAPES e a FAPESB.

A UEFS, a UESB e a UNIFACS.

À Toyobo pelo fornecimento da enzima.

REFERÊNCIAS

ADAM, F.; APPATURI, J. N.; IQBAL, A. **The utilization of rice husk silica as a catalyst: Review and recent progress.** *Catalysis Today*, 190, p. 2 - 14, 2012.

CHAGAS, P. M. B. **Estabilidade catalítica da peroxidase de nabo na forma livre e imobilizada em esferas de quitosana.** Lavras. UFLA, 2014.

CAO, S; AITA, G.M. **Enzymatic hydrolysis and ethanol yields of combined surfactante and dilute ammonia treated sugarcane bagasse.** *Bioresource Technology*, 131, p. 357–364, 2013.

CHOUYYOK, W.; PANPRANOT, J.; THANACHAYANANT, C.; PRICHANONT, S. **Effects of pH and pore characters of mesoporoussilicas on horseradish peroxidase immobilization.** *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 56, p. 246 - 252, 2009.

HIRATA, T.; IZUMI, S.; OGURA, M.; YAWATA, T. **Epoxidation of styrenes with the peroxidase from the culture cells of *Nicotianatabacum*.** *Tetrahedron*, 54, p. 15993 -16003, 1998.

JESUS, M. A. C. L; **Imobilização da peroxidase de raiz forte (HRP) em suporte híbrido sílica-alginato e em amberlite IRA 67 impregnada com íons cobre: potencialidades do biocatalisador imobilizado na biodegradação do corante índigo carmim.** Tese de doutorado - Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, da Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana – BA. 2017.

QUEIROZ, M. L. B. **Imobilização de Peroxidase de raiz forte por adsorção física e ligação covalente em bagaço de cana de açúcar.** Dissertação de Mestrado - Biotecnologia Industrial. Aracaju - SE, 2014.

TAVARES, J. T. Q.; CARDOSO, R. L.; COSTA, J. A.; FADIGAS, F. S. F.; FONSECA, A. A. **Interferência do ácido ascórbico na determinação de açúcares redutores pelo método de Lane e Eynon.** *Quim. Nova*, Vol. 33, No. 4, 805-809, 2010.

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA DO RIO PUNHAÍ, LITORAL NORTE DA BAHIA

Ricardo Acácio de Almeida

Universidade Federal da Bahia UFBA, Salvador-BA.

RESUMO: O trabalho teve como objetivo estudar a evolução do uso e ocupação da terra na bacia do Rio Punhaí. Para se alcançar os objetivos propostos foram realizadas interpretação de imagens de satélite, ortofotos e fotografias aéreas dos anos 1959, 1993 e 2011. Além disto, foram realizados trabalhos de campo para aferição dos mapas preliminares e atualização das informações de uso da terra.

PALAVRAS-CHAVE: Transformações do uso da terra, Camaçari, bacia do Rio Punhaí.

ABSTRACT: This article aims to study the evolution of land use and occupation in watershed the Punhaí River. In order to reach the proposed objectives we performed the interpretation of satellite images, orthophotos and aerial photographs of the years 1959, 1993 and 2011. In addition, fieldwork was carried out to gauge the preliminary maps and update the information on land use.

KEYWORDS: Land use, Camaçari, watershed Punhaí River.

1 | INTRODUÇÃO

A porção nordeste do Estado da Bahia, o chamado Litoral Norte, é uma região de intensas transformações espaciais em sua paisagem. Alterações significativas no uso e ocupação da terra, com inúmeras intervenções, foram responsáveis por diversos impactos, tanto no meio físico-natural, quanto no social, cultural e econômico. Neste sentido, as áreas pertencentes às bacias hidrográficas de rios intermunicipais de grande ordem, como os rios Pojuca, Sauípe, Jacuípe, Inhambupe e Joanes sofreram grandes transformações, e de diferentes formas, entre o baixo, médio e alto curso. As alterações na paisagem, relacionadas ao uso e ocupação da terra, algo comum em qualquer lugar do mundo, apresenta singularidades que merecem destaque. O baixo curso do rio Pojuca, na qual se encontra a sub-bacia do rio Punhaí, vem apresentando transformações, nos últimos trinta anos, altamente significativas para o curto intervalo de tempo observado. Através de incentivos fiscais do governo estadual, um dos principais agentes de transformação da paisagem no Litoral Norte, houve grandes mudanças no uso e ocupação da terra no baixo curso do rio Pojuca (LYRIO, 1996).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A bacia do rio Punhaí é classificada como uma sub-bacia do rio Pojuca, localizada no Litoral Norte do estado da Bahia, no distrito de Monte Gordo, município de Camaçari. Está situada a 60 km da cidade do Salvador e perfaz um total de aproximadamente 100 km², entre as coordenadas 38° 7'00" e 38° 2'00" de longitude e 12° 36'00" e 12° 33'00" com Datum WGS84 (FIGURA 1). A mesma está inserida também na Zona Costeira, uma faixa de 20 quilômetros sobre uma perpendicular contados a partir da linha de costa (Resolução 01/90 da CIRM - Comissão Interministerial para Recursos do Mar). A jusante do Rio Punhaí encontra-se a 2 quilômetros das areias de praia onde o Rio Pojuca despeja suas águas. Pode ser caracterizado como de clima quente-úmido, de relativa homogeneidade, apresentando médias térmicas elevadas e altos índices pluviométricos (BAHIA, 2003). O volume total anual de chuvas oscila entre 1.600 e 1800 mm (BAHIA, 2003). Nos estudos realizados por Martin et al. (1980), o Litoral Norte da Bahia engloba a faixa litorânea entre Salvador e o rio Real (limite estadual BA/SE) e apresenta quatro domínios geocronológicos: Proterozóico (Cráton do São Francisco e Embasamento Cristalino), JuroCretáceo (Bacia do Recôncavo), Paleógeno-Neógeno (Grupo Barreiras) e Quaternário (Coberturas Sedimentares Quaternárias). Já Bordest (1980), descreve as principais características geológicas encontradas na área que abrange a margem direita do rio Pojuca. São elas: a Formação São Sebastião, constituída por arenitos grosseiros a finos, amareloavermelhados, friáveis, feldspáticos, arcóicos, intercalados com argilas sílticas variegadas; o Grupo Barreiras que recobre a maior parte da área de estudo com areias grosseiras, argilas cinza avermelhadas, arenitos grosseiros e conglomeráticos e as Rochas Cristalinas oriundas da Bacia Sedimentar do Recôncavo que acompanha todo o litoral da costa Atlântica. Segundo Silva et al. (1981), os principais solos que ocorrem no litoral norte do Estado da Bahia são os Argissolos, os Latossolos, o Gleissolos e os Neossolos Quartzarênicos. Para se alcançar os objetivos propostos, seis linhas de ações foram estabelecidas: 1) Levantamento bibliográfico, cartográfico, de ortofotos e imagens de satélite, 2) Criação e aquisição de arquivos vetoriais para a área de estudo; 3) Interpretação das imagens de satélite, ortofotos, cartas e mapas; 4) Trabalhos de campo para conhecimento e reconhecimento da bacia hidrográfica do Rio Punhaí. A primeira linha de ação consistiu de um levantamento bibliográfico tendo como base o Manual Técnico de Uso da Terra elaborado pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE), a tese de doutorado de Léa Ester Sandes-Sobral de título "Complexidade Territorial e Desenvolvimento: Tendências e perspectivas do urbanismo no litoral de Camaçari (BA), a dissertação de mestrado de LYRIO (1996) com o título "Modelo Sistêmico Integrado para a Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte do Estado da Bahia", a dissertação de mestrado de BORDEST (1980) de título "Contribuição ao Estudo Morfoestrutural da margem direita do curso inferior do rio Pojuca (BA), a obra "Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil de MORAES (1999) e o

livro “The land unit - A fundamental concept in landscape ecology and its applications” de ZONNEVELD (1989) que contribuiu para uma melhor concepção dos sistemas da terra (land system) e procedimentos que serão realizados neste estudo. As obras supracitadas estão extremamente relacionadas à concepção holística e sistêmica de unidades ambientais, a história de uso e ocupação da terra do Litoral Norte Baiano e do município de Camaçari (BA) e ao estudo da morfoestrutura da área na qual pertence à bacia hidrográfica do rio Punhaí. Na segunda etapa, referente ainda à primeira linha de ação, houve a obtenção de: - Arquivos vetoriais (shapefile) do mapeamento geológico e geomorfológico, na escala de 1:1.000.000, do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bahia (PERH), elaborado com base no projeto RADAM; - Base Cartográfica Digital SD-24 X-A-V/SD-24-X-A-VI na escala de 1: 100.000 da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI); - Ortofotos dos anos de 1959 e 1993; - Ortofotos da área de estudo do ano de 2010 e as imagens do satélite Rapideye do ano de 2011 com suas respectivas isolinhas altimétricas, com equidistância de 5 metros, que cobrem a área da sub-bacia do Rio do rio Punhaí. Em seguida, houve a criação do arquivo vetorial, por meio da vetorização em tela, do limite poligonal da Bacia hidrográfica do Rio da Punhaí, a partir da base topográfica digital com equidistância de 5 metros oriunda do banco de dados em formato Geodatabase, fornecido pela SEI, na qual foi elaborado a partir das ortofotos de resolução de 0,6 metros. Todos estes arquivos vetoriais e raster foram uniformizados no sistema de projeção planimétrica SIRGAS 2000 SD.24 S. A terceira linha de ação do trabalho consistiu na interpretação das imagens, ortofotos, cartas e mapas para identificação de unidades homogêneas. Algumas etapas foram executadas nesta linha de ação. Uma delas foi à sobreposição das fotografias aéreas ortorretificadas cobrindo a área de estudo. Primeiramente, foi discutida a necessidade de uma estereoscopia, entretanto, as isolinhas altimétricas, de equidistância de 5 metros, como também, a interpretação das ortofotos permitiram o desenvolvimento do trabalho sem a necessidade de estereoscopia. As isolinhas altimétricas, com a equidistância indicada, foram geradas a partir de ortofotos com resolução espacial de 0,6 metros, logo, possuem escala de 1: 3.000. Baseando-se em FITZ (2008), a fórmula utilizada para determinação dessa escala foi: Escala = Resolução/ 0,0002 m.

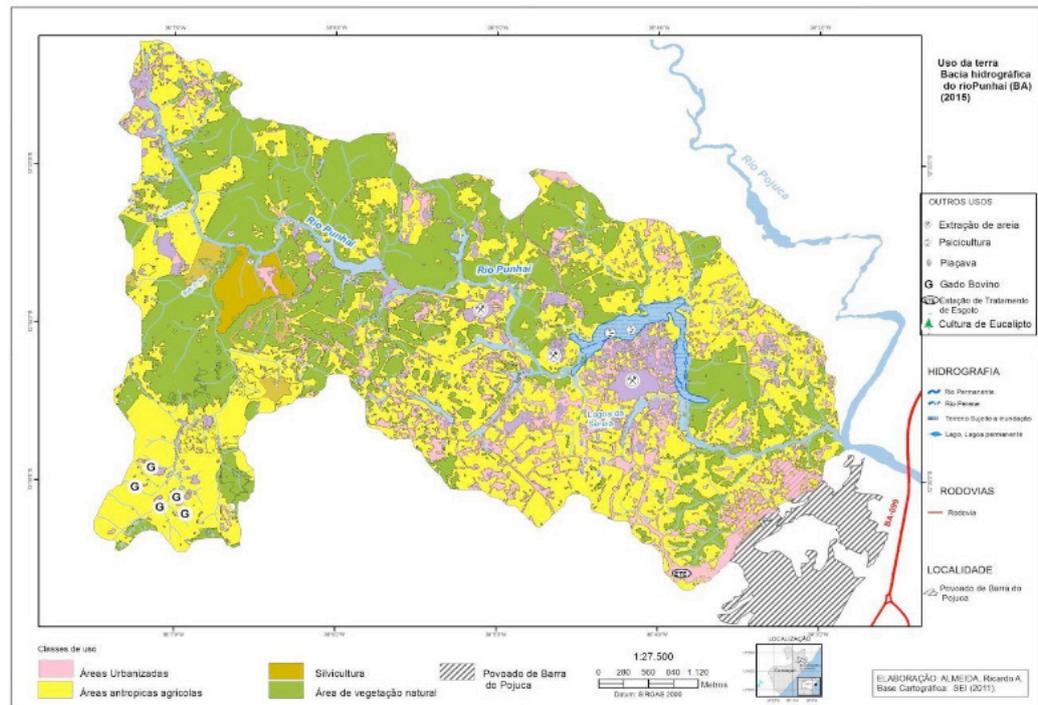


FIGURA 1 - Mapa de uso e ocupação da terra.

As informações adquiridas através das bases cartográficas digitais, ortofotos e fotografias aéreas para a execução do trabalho na sub-bacia do Rio Punhaí foram suficientemente adequadas, como também possibilitaram definir a escala de mapeamento do trabalho em 1: 40.000 sendo que a vetorização em tela ocorreu na escala de 1:25.000. Tal escala também permitiu a vetorização em tela dos diferentes tipos de uso e ocupação da terra nos períodos de 1959, 1993, já que não foi encontrada nenhuma imagem de satélite nestes anos para que houvesse um procedimento automático de classificação dos diferentes usos. Para o ano de 2011 houve a obtenção de quatro cenas do satélite Rapideye disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente através do sítio Geo catálogo. Estas imagens apresentam uma composição pronta colorida de bandas 3-2-1, com as cores vermelho, verde e azul, respectivamente. Com base no Manual Técnico do Uso da Terra (IBGE, 2013), foram considerados quatro princípios básicos na estruturação do sistema de classificação do uso e ocupação da terra: a escala de mapeamento; a natureza da informação básica; a unidade de mapeamento e a definição da menor área a ser mapeada (UMM) e, para finalizar, a nomenclatura.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação às transformações do uso e ocupação da terra no decorrer de pouco mais de 50 anos (FIGURA 2), pode-se perceber entre os mapas de uso e ocupação da terra de 1959, 1993 e 2014, que a bacia do rio Punhaí, antes predominantemente ocupada por áreas com vegetação natural, em 1959, passou a ter uma ocupação, predominantemente, antrópica agrícola. No FIGURA 02 pode-se perceber a evolução

espaço temporal do uso e ocupação da terra.

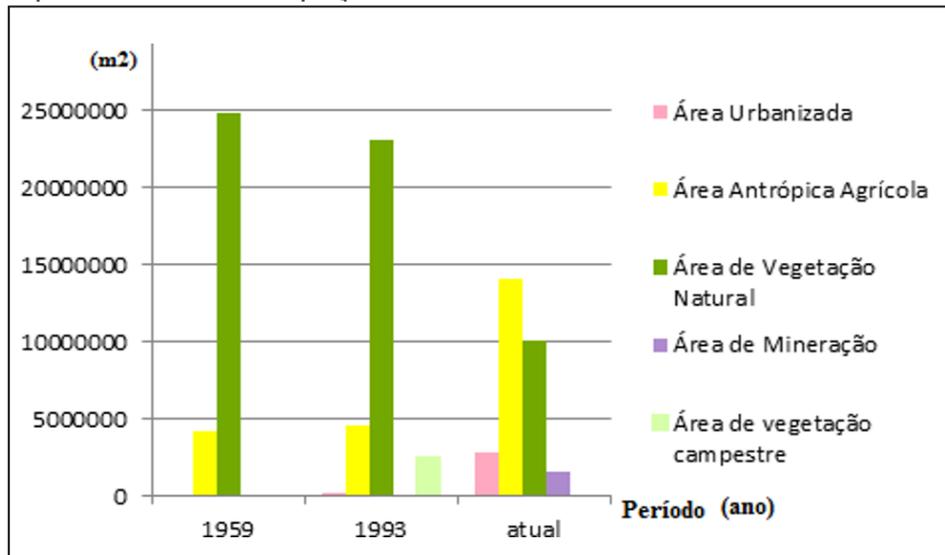


FIGURA 02 – Evolução temporal do uso e ocupação da terra.

A área de vegetação natural no ano de 1959 chegava a quase 2500 hectares do total da área de estudo e foi reduzida a pouco mais de 1000 hectares nos anos de 2015. Ao mesmo tempo, houve um grande aumento de áreas antrópicas agrícolas que pode ser explicado através do aumento de ocupação de propriedades com o passar dos anos. No Distrito de Monte Gordo, essas transformações de infraestrutura e planejamento no município resultaram em um aumento significativo da população do Distrito que passou de 9.805 habitantes em 1991, para 17.523 em 2000, chegando a 29.573 habitantes no ano de 2010. Neste intervalo de tempo, entre 1991 e 2010, a população urbana, que já era aproximadamente três vezes maior que a rural no ano de 1991 (IBGE, 2010), chega a 24.335, contra uma população rural de 5.238 habitantes do mesmo período. A população urbana do Distrito de Monte Gordo quadruplicou em vinte anos, enquanto a população rural aumentou em 248%. Embora a população urbana tenha aumentado de forma marcante, a população rural teve um grande crescimento que repercutiu no uso e ocupação da terra em todo o Distrito de Monte Gordo, principalmente na área de estudo com o surgimento dos loteamentos. Com relação ao cultivo de silvicultura, os três cenários temporais observados a partir das fotografias aéreas e imagens dos anos de 1959, 1993 e 2015 foi constatado o aparecimento da silvicultura somente na década de 2015.

O aumento dos loteamentos rurais, a partir da década de 1970, especialmente o Loteamento Jóia do Itacimirim, dentro da área da bacia, aliado a construção da BA-099, nesta mesma década, que permitiu um melhor fluxo na ligação Bahia-Sergipe e municípios adjacentes, melhorou o deslocamento da área do povoado de Barra do Pojuca aos grandes centros como Salvador e Aracaju tornando os loteamentos mais acessíveis, conseqüentemente, mais atrativos.

Com isso, diferentes tipos de uso e ocupação da terra surgiram em consequência dessas mudanças como o aumento da área de urbanização do povoado de Barra do

Pojuca, o aumento da área antrópica agrícola e a extração de areia. Logo, as paisagens da sub-bacia do rio Punhaí apresentam, nos dias atuais, uma predominância da área antrópica agrícola sobre a área de vegetação natural.

4 | CONCLUSÕES

Os diferentes tipos de uso na sub-bacia do rio Punhaí, fruto da intensa transformação na ocupação do Litoral Norte da Bahia, revela transformações no setor habitacional com o avanço da área urbana do povoado de Barra do Pojuca, isto, juntamente com a influência turística da BA-099 e suas adjacências, e também, o crescimento da extração de areia, concomitantemente. Um cenário que revela diversas vertentes de ocupação em um verdadeiro mosaico de intenções de uso e ocupação o que demonstra um descaso com o planejamento a pouco mais de 60 quilômetros de Salvador.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.A. **Mapeamento de unidades ambientais e evolução do uso da terra na Bacia do Rio Punhaí Litoral Norte (BA)**.2015. 117f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Bahia (UFBA), 2015.

BAHIA, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH). Projeto de Gerenciamento Costeiro, Gestão Integrada da Orla Marítima no Município do Conde no Estado da Bahia. Diagnóstico Sócio Econômico e Ambiental do Conde. Ministério do Meio Ambiente. Salvador: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Centro de Recursos Ambientais (CRA), 2003.

BAHIA. Resolução CEPRAM no 4327 de 31 de outubro de 2013. Dispõe sobre as atividades de impacto local de competência dos Municípios, fixa normas gerais de cooperação federativa nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente e ao combate da poluição em qualquer de suas formas, conforme previsto na Lei Complementar nº 140/2011, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado da Bahia, Poder Executivo, Salvador, Bahia, BA,3 dez 2013. Ano · XCVIII · No 21.301.

BAHIA. Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. Comissão de Planificação da Orla Marítima - COMPOR . Prefeitura Municipal de Camaçari, Plano Piloto da Orla Marítima de Camaçari e Lauro de Freitas, 1985. Camaçari, Bureu Gráfica e Ed., 1985.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. Rio de Janeiro, IBGE, 3.ed.,172p. 2013. *Disponível em:* http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.htm. *Acessado em: 10 jan. 2013.*

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Manual de Normas e Procedimentos para Licenciamento Ambiental no Setor de Extração Mineral. Brasília, IBAMA,2001. *Disponível em:* <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/MANUAL_mineracao.pdf >. *Acessado em: 15 jan. 2014.*

BRASIL. Sistema brasileiro de classificação de solos. EMBRAPA. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). 2ª edição , Rio de Janeiro, 2006.

BORDEST, S. M. L. **Contribuição ao Estudo Morfo-estrutural da margem direita do curso inferior do Rio Pojuca**.1980.____f. Dissertação (Mestrado), Curso de pós graduação em Geociência

pela UFBA, Salvador, 1980.

CRÓSTA, Á. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto - ed. rev. - Campinas, SP:IG/UNICAMP, 1992. FITZ, P. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo, Edit. Oficina de textos, 2008.

LYRIO, R. **Modelo Sistêmico Integrado para a Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte do Estado da Bahia**. 1996. ___f. Dissertação (Mestrado) Pós graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia.

MARTINELLI, M. Cartografia Ambiental, Uma cartografia Diferente? São Paulo: Revista do Departamento de Geografia, v. 7, 1994.

MORAES, A. C. Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil. São Paulo, ed. Hucitec Edusp, 4ª edição, 1999. RAPIDEYE, Satellite Imagery Product Specifications. Disponível em: < www.rapideye.com>. Acessado em: 18 de nov. 2012.

SANDES-SOBRAL, L. E. **Complexidade territorial e desenvolvimento: tendências e perspectivas da urbanização no Litoral de Camaçari**. 2008. 499 f. Tese (Doutorado em Análise Geográfica Regional) - Universidade de Barcelona, Barcelona, 2008.

SILVA, A. B. Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceitos e Fundamentos. Campinas: Unicamp, 1999.

ZONNEVELD, I. S. The Land Unit -A Fundamental Concept In Landscape Ecology, And Its Applications. Landscape Ecology Vol. 3 No.) Spb Academic Publishing, 1989.

ADMINISTRAÇÃO: FERRAMENTA DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO

Esmeraldo Bezerra de Melo Junior

Engenheiro Agrônomo pela UFRPE-UAST
(Universidade Federal Rural de Pernambuco –
Unidade Acadêmica de Serra Talhada)

Claudio Jorge Gomes da Rocha Junior

Prof. Me., UFRPE-UAST (Universidade Federal
Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de
Serra Talhada)

RESUMO: O Semiárido brasileiro caracteriza-se por ser um local de escassez e má distribuição de recursos, que gera adversidades para as pessoas que nele residem e tentam viver da agropecuária. Por sua vez, a Administração Rural como arte, ciência e processo de tomada de decisões sobre objetivos e utilização de recursos está bem consolidada, embora esteja em constante aperfeiçoamento. Diante desses paradigmas pôde-se entender a Administração Rural como uma ferramenta de Convivência com o Semiárido. Independente do letramento e dos objetivos pessoais, a gestão quando acessível se tornaria ferramenta aliada à propulsão das pessoas que residem no campo. A hipótese levantada neste exercício de reflexão aponta que a ferramenta da Administração Rural, pode ser aplicada pelos agropecuaristas e pelas populações sertanejas, no intuito de: minimizar os efeitos da falta de alimentos, reduzindo a fome e suprimindo a carência alimentar; melhorar

o acesso à água, tanto em qualidade, como em quantidade; reduzir os efeitos da exploração desordenada dos ambientes; reduzir a mortalidade dos rebanhos; racionalizar a produção rural; por consequência melhorar a qualidade de vida das pessoas; evitar o êxodo rural; e melhorar a economia regional. É neste contexto que seguem o estudo dos seguintes temas: o Semiárido – como ambiente de implementação e estudo de possíveis ações de administração; a convivência com o Semiárido no sentido de se estudar quais as ações que foram e estão sendo feitas, analisando-se aspectos de cunho linguísticos, procurando desvendar as confusões que se fazem quando da conceituação das estratégias de convivência; e a Administração Rural – verificando-se as possíveis implicações dos estudos sobre as organizações, os administradores, a administração em si e suas funções administrativas.

PALAVRAS-CHAVE: semiárido, convivência, administração rural.

ADMINISTRATION: TOOL OF COEXISTENCE WITH THE SEMI-ARID

ABSTRACT: The Brazilian semi-arid is characterized by a scarcity and poor distribution of resources, which generates adversities for the people who live in it and try to live on

farming. In turn, the Rural Administration as art, science and decision-making process about objectives and use of resources is well consolidated, although it is constantly improving. In view of these paradigms, Rural Management could be understood as a tool for Coexistence with the Semi-Arid. Regardless of literacy and personal goals, management when accessible would become a tool allied to the propulsion of people residing in the countryside. The hypothesis raised in this exercise of reflection indicates that the tool of the Rural Administration can be applied by the agriculturalists and the countryside populations, in order to: minimize the effects of lack of food, reducing hunger and supplying food shortage; improve access to water, both in quality and quantity; reduce the effects of disorderly exploitation of environments; reduce herd mortality; rationalize rural production; thereby improving people's quality of life; prevent rural exodus; and improve the regional economy. It's in this context that have the studies about the following subjects: the Semi-arid - as environment of implementation and study of possible administrative actions; the coexistence with the Semi-arid in order to study the actions that have been and are being done, analyzing linguistic aspects, trying to unravel the confusions that are made when conceptualizing the strategies of coexistence; and the Rural Administration - checking the possible implications of studies on organizations, administrators, the administration itself and its administrative functions.

KEYWORDS: semi-arid, coexistence, rural administration.

1 | INTRODUÇÃO

O presente trabalho destinou-se a analisar teoricamente a Administração Rural e verificar suas possíveis implicações sobre a convivência do produtor rural situado no Semiárido Nordeste.

A hipótese levantada neste exercício de reflexão aponta que a ferramenta da Administração Rural, pode ser aplicada pelos agropecuaristas e pelas populações sertanejas, no intuito de: minimizar os efeitos da falta de alimentos, reduzindo a fome e suprindo a carência alimentar; melhorar o acesso à água, tanto em qualidade, como em quantidade; reduzir os efeitos da exploração desordenada dos ambientes; reduzir a mortalidade dos rebanhos; racionalizar a produção rural; por consequência melhorar a qualidade de vida das pessoas; evitar o êxodo rural; e melhorar a economia regional.

É nesse contexto que a seguir seguem-se o estudo dos seguintes temas: o Semiárido – como ambiente de implementação e estudo de possíveis ações de administração; a convivência com o Semiárido – no sentido de se estudar quais as ações que foram e estão sendo feitas, analisando-se aspectos de cunho linguísticos, procurando desvendar as confusões que se fazem quando da conceituação das estratégias de convivência; e a Administração Rural – verificando-se as possíveis implicações dos estudos sobre as organizações, os administradores, a administração em si e suas funções administrativas.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Semiárido brasileiro

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2011) dos 52 milhões de nordestinos, 14.260.704 estão na área rural, ou seja, 26% da população. Em comparação, ao lado da Região Norte do país, que detém um total de 26,47% de sua população na área rural, o Nordeste é a região Brasileira com maior percentual de sua população residindo na área rural.

O Semiárido é a maior sub-região do Nordeste, ocupando mais da metade do território nordestino. Ele é descrito por estes autores como uma região de paisagem semiárida, na qual predominam solos pedregosos e vegetação de Caatinga (PORTELA e ANDRADE, 2005).

É necessário entender que o Semiárido brasileiro é um local que tem características próprias e únicas em relação às diferentes áreas do mundo com qualidades semelhantes, como por exemplos os desertos.

“[...] a realidade do semiárido não se esgota em sua dimensão ambiental caracterizada pela seca, mas é atravessada pelas dimensões social, política, econômica, cultural, diversificada e não reduzida ao aspecto físico do período de estiagem” (GALINDO, 2008, p. 20).

Portanto, verifica-se que o elemento climático é um detalhe, no meio de um conjunto de problemas que compõe o Semiárido. Conforme Portela e Andrade (2005) o Nordeste é visto como um lugar problemático pelo restante do país, pois há uma forte presença da fome, intensos fluxos migratórios, concentração de renda e muita pobreza.

Diante do exposto sobre o Semiárido, surgem algumas questões, como por exemplo: o que está sendo feito para que se melhore a situação do Semiárido? Qual o papel das estratégias de Convivência com a Seca para a região? “Como explicar o fato de países com características climáticas bem mais adversas que a do Sertão nordestino, como Israel e Austrália, não padecerem na miséria?” (PORTELA E ANDRADE, 2005, p.06).

2.2 Convivência com o Semiárido

Há um entendimento tortuoso, que faz com que as medidas de Convivência com o Semiárido e os projetos e planos governamentais implementados na região não deem certo, a exemplo de medidas emergenciais como açudes, sementes, irrigação e raças exóticas (GALINDO, 2008).

O Semiárido é inviável ou é mal administrado? De acordo com Galindo (2008, p. 29) “Vários estudos questionam as premissas sobre a inviabilidade da região semiárida e propõem, em contrapartida, uma abordagem diferenciada, considerando sua complexidade, atravessada por várias dimensões além da ambiental”.

As políticas públicas, neste contexto, têm enorme importância, além, claro, das medidas adotadas pela população. Há uma solução para o problema do Semiárido, que são as estratégias de Convivência, as quais segundo Portela e Andrade (2005) priorizam as potencialidades locais e aproveitam o conhecimento dos próprios sertanejos.

Para Galindo (2008) o Semiárido deve ser entendido como “vida e mundo”. Será que o autor quis dizer que não há como se formular estratégias para desenvolvimento da região, sem que se interprete, reconheça e compreenda os componentes naturais e antrópicos envolvidos?

Portanto, conviver com o Semiárido é totalmente diferente de combater a seca, a qual mantém a sociedade excluída de políticas estruturadoras desconsiderando a vida e local de origem dos sertanejos (GALINDO, 2008), sem engajamento com a realidade *in loco*, sem conhecimento dos processos cotidianos e sem o entendimento da realidade.

Para concluir o raciocínio, Portela e Andrade (2005) informam que o sertanejo, que passa a sua vida inteira, observando e sofrendo os efeitos da seca, conhece soluções que lhe permitem conviver com o problema. A construção de cisternas, a perfuração de poços, a construção de barragens, a utilização de culturas adaptas à semiaridez como o sorgo e as variedades da Caatinga, enfim, seus conhecimentos como um todo o fazem amenizar os efeitos da falta de água da região.

Portela e Andrade (2005, p. 57) afirmam que “é necessário fazer uma política de planejamento que não olhe para essa área como um problema, e sim priorize a sua viabilidade”.

Num mesmo raciocínio Gomes (2006, p. 77) informa que: “[...] muito mais que tecnologias e grandes obras, a Convivência com o Semiárido tem como princípio fundamental o desenvolvimento das ‘capacidades’ individuais e coletivas dos agricultores familiares”.

Diante dessas afirmações, é possível entender a necessidade de se fazer uma política de planejamento, pois já existe uma grande quantidade de tecnologias desenvolvidas para o Semiárido e que é necessário desenvolver as capacidades individuais e coletivas dos agricultores da região. Nesse sentido, pergunta-se: a Administração Rural poderia ser concebida como uma ferramenta de Convivência com o Semiárido?

2.3 Administração rural

A gestão rural consiste em aplicar os conhecimentos da administração como um todo dentro do ambiente agropecuário. Este tópico destina-se a apresentar os seguintes temas: organizações – grupos formais ou informais em prol de objetivos; o administrador – o ator do processo de gerenciamento; e administração – definições, aplicações e funções básicas.

2.3.1 Organizações

Pode-se dizer que o principal elemento que sofre intervenção pela Administração é a Organização. Vários autores concordam com esta ideia. (CHIAVENATO, 2004; GRIFFIN, 2007; MAXIMIANO, 2007, 2008).

Maximiano (2008, p. 04) define a organização da seguinte forma: “Uma organização é um sistema de recursos que procura realizar objetivos”. No mesmo sentido, ele informa que pessoas, informação, conhecimento, espaço, tempo, dinheiro e instalações compõem a organização em busca de determinados objetivos.

Para Griffin (2007, p. 25) “Organização é um grupo de pessoas que trabalham juntas, de modo coordenado, para atingir determinados objetivos”. Por outro lado, Stoner e Freeman (1999, p. 4) apresentam um conceito muito mais resumido e claro, para eles organização trata-se de “Duas ou mais pessoas trabalhando juntas e de modo estruturado para alcançar um objetivo específico ou um conjunto de objetivos.” Verifica-se, portanto, que o agrupamento de coisas para que se alcance um objetivo é o que caracteriza a organização. (GRIFFIN, 2007; MAXIMIANO, 2008).

Para que se atendam as expectativas e as necessidades sociais, as organizações precisam ser bem administradas e quem faz esse papel é o administrador, um elemento essencial da Administração e a ele cabe várias atribuições. Então surge um questionamento: quem é este ser? (CHIAVENATO, 2004; MAXIMIANO, 2007).

2.3.2 O administrador

Chiavenato (2007, p. 2) informa que “[...] Uma organização necessita de uma complexa equipe de pessoas altamente qualificadas – para sua adequada administração. [...]” O mesmo autor (2004) nos revela que o bom administrador é capaz de alcançar os objetivos com o mínimo de dispêndio de recursos e de esforço, causando o menor atrito possível com outras atividades úteis.

Qualquer pessoa pode ser um administrador. Sobre essa afirmação, Chiavenato (2004) o que caracteriza de acordo com a função que exerce. O administrador torna economicamente produtivo os recursos organizacionais e cabe a ele minimizar riscos e maximizar as oportunidades.

Já Longenecker et al (2013) informam que as oportunidades existem para quem é capaz de desenvolvê-las, e isto cabe ao administrador. Cabe a ele descobrir uma maneira de atribuir valor. Portanto, verifica-se que o papel do administrador é extremamente multivariado e contingencial, devendo apresentar o estado de competência que é definido pela junção entre: conhecimento (saber), habilidades (saber fazer) e atitudes (saber realizar). (CHIAVENATO, 2007).

Maximiano (2007) apresenta cada indivíduo como administrador de si próprio, diz que no dia-a-dia das pessoas encontram-se repletas decisões, por exemplo, as escolhas de objetivos e prioridades pessoais e orçamento doméstico. Ainda defende

(2007, p. 15) que “[...] os administradores ou gerentes são as pessoas responsáveis pelo desempenho de outras pessoas, que formam sua equipe, e sobre esta equipe têm autoridade”.

Visto que o objeto da Administração é a organização e que o administrador é o seu agente. Então, o que é Administração? Eis algumas definições.

2.3.3 Administração

Chiavenato (2004, p. 2) informa que “A administração nada mais é do que a condução racional das atividades de uma organização seja ela lucrativa ou não.” E segue afirmando que “Nos dias de hoje, a administração revela-se como uma área do conhecimento humano repleta de complexidades e desafios”.

Ora, então a aplicação da Administração no contexto do Semiárido seria o que, senão uma nova abordagem desafiadora e complexa para esta Ciência?

A administração foi a grande responsável pelo desenvolvimento da humanidade no século passado, além disso, tem sido diretamente relacionada ao aumento da qualidade de vida das pessoas e transforma a contribuição de várias ciências em parte de nossa vida cotidiana (CHIAVENATO, 2007).

“A administração é importante em qualquer escala de utilização de recursos para realizar objetivos – individual, familiar, grupal, organizacional ou social”. (MAXIMIANO, 2008. p. 6).

Diante de tal debate, sobre o papel da administração, é necessário entender qual a sua função nos dias atuais e futuros.

Para o presente, Maximiano (2008) apresenta a administração dentro de um contexto dinâmico a todos os tipos de ambientes (competitivo, tecnológico, econômico e social) e essas mudanças foram capazes de levar ao surgimento de novos conceitos e técnicas para administrar as organizações, ou seja, a novos paradigmas para a administração. O mesmo autor (2008, p. 19) revela que “Paradigmas são modelos ou padrões, que servem como marcos de referência para explicar às pessoas como lidar com diferentes situações e ajudá-las nisso”.

Chiavenato (2007) apresenta a Administração como uma esperança, porém, ressalta que o futuro é incerto e desafiador, sujeito às mudanças e transformações, ambiguidades e incertezas, com problemas cada vez mais diferentes e complexos, devido à sujeição aos ambientes externos, que por vezes apresentam-se turbulentos.

Uma teoria para o futuro apresentaria algumas tendências, por exemplo, a de que o estudo comparativo da teoria administrativa se tornará uma abordagem dominante incluindo diferentes disciplinas acadêmicas. Além disso, há a perspectiva de que a administração continuará em processo de constante aperfeiçoamento, que o elemento crítico- administrativo seria um diferencial entre as empresas, que a teoria estaria criando conceitos que levariam a vantagens competitivas que afetariam diretamente o crescimento das nações (KWASNISKA, 2007).

Finalizando, dentro do encadeamento geral deste trabalho, Griffin (2007) adverte que existem vários desafios para a administração, a exemplo da instabilidade da economia, que limita a capacidade de planejar o futuro, a diversidade social e de povos, privacidade dos funcionários, crescimento da terceirização (*outsourcing*), globalização, variação da disponibilidade dos recursos naturais, papel dos governos, diferentes culturas e nações, diferentes processos de equipe e intergrupais, responsabilidade ética e social, qualidade dos produtos e serviços, competição, produtividade, etc.

2.4 Metodologia

Durante a confecção deste trabalho foi realizado um estudo descritivo com abordagem qualitativa, mediante levantamento bibliográfico profundo sobre o tema em livros relacionados ao assunto, seguindo o método descrito por Oliveira (2008) com as devidas adaptações. Dois ramos distintos do conhecimento foram estudados, podendo-se falar que os temas estudados foram segmentados inicialmente em três capítulos, Semiárido Brasileiro, convivência com o Semiárido e Administração Rural. A estruturação do referencial teórico foi realizada conforme descrito na figura 01.

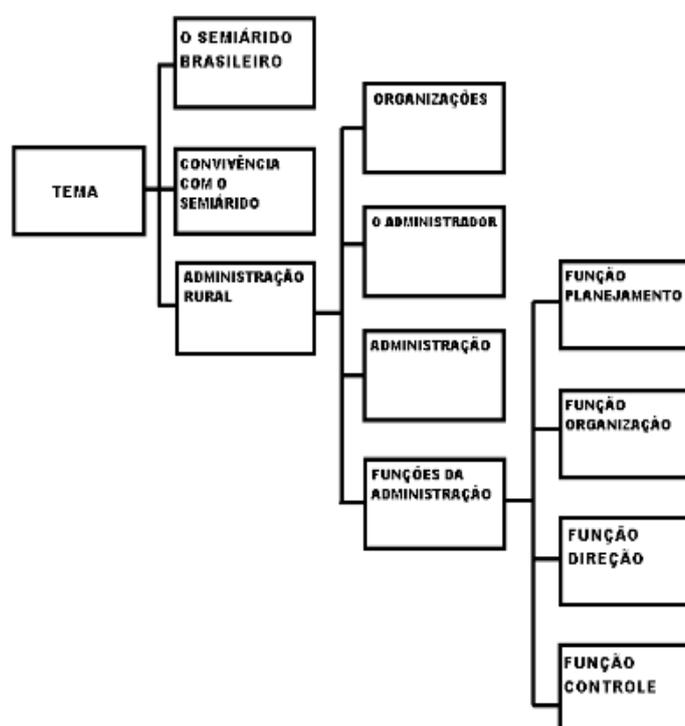


Figura 01 - Fluxograma dos temas abordados. Fonte: Própria

A sistematização das informações foi feita por meio da anotação dos pontos mais importantes de cada material em fichas individuais dos livros analisados, que foi ou não utilizado no texto.

Por último, foi realizada a codificação de todas as informações colhidas e consideradas pertinentes e de relevância para o tema e escrita desta pesquisa. Nesta fase ocorreu uma escrita e reescrita dos materiais teóricos relacionados aos assuntos abordados, se fez uma comparação entre os autores, uma crítica aos diferentes pontos

de vista e uma análise geral do tema.

2.5 Resultados e Discussão

Pode-se inferir que o Semiárido brasileiro não é um deserto, a exemplo do Sahel africano, onde as condições climáticas são muito mais adversas, mesmo sabendo que no Nordeste do Brasil se tem uma elevada amplitude térmica e precipitações abaixo dos 800 mm/ano. O problema das chuvas no nosso Semiárido não é a quantidade e sim a distribuição.

Outro elemento a ser considerado, em relação ao Semiárido, é o processo de desertificação, que deve ser controlado, pois se instalado fica mais difícil a recuperação da capacidade dos solos. Este fator se deve, provavelmente, às condições de uso de nossos solos que desconsideram as práticas conservacionistas.

A realidade do Semiárido, para que se adotem medidas de Convivência com o mesmo deve ser considerada, pois como foram estudadas, várias dimensões atravessam esta realidade, a social, política, econômica e cultural. O clima neste contexto trata-se apenas de um detalhe, sendo importante as políticas públicas e ações governamentais realizadas.

O papel das estratégias de convivência com a seca para a região é considerável, entretanto, não é levado em conta como se deveria. É preciso uma maior difusão das pesquisas e conhecimentos em relação à convivência com o Semiárido.

Esta questão deve ser estudada com maior profundidade, o fator para países com características climáticas bem mais adversas que a do Sertão nordestino, como Israel e Austrália não padecerem na miséria se deve a eficiência na administração de seus recursos.

Os investimentos ao Semiárido são marcados pelo imediatismo das políticas emergenciais e compensatórias, ou seja, há um ataque aos efeitos da estiagem e não as suas causas e não há uma política de planejamento permanente que possibilite ao povo conviver com a seca.

No entendimento, depreendido de toda esta pesquisa, a teoria sobre a inviabilidade do Semiárido pode ser refutada mediante estudos com abordagem diferenciada, considerando a complexidade do meio. A alternativa restante é que a falta de desenvolvimento pleno desta região se dá pela má administração, seja por parte dos gestores, que desenvolvem e definem as políticas públicas; das elites regionais que definem as estratégias, amarrações e apadrinhamento de interesses particulares; ou pelo próprio agricultor sertanejo, que gerencia com baixa eficiência sua propriedade.

As estratégias de convivência com a seca devem se basear nas próprias potencialidades e conhecimentos dos sertanejos. Para Galindo (2008) o Semiárido deve ser entendido como “vida e mundo”. Obrigatoriamente as estratégias para desenvolvimento da região precisam levar em conta tanto os elementos naturais como

os antrópicos.

A orientação técnica servida aos produtores da região carece de um elemento diferencial, baseado em conhecimentos, tantos técnicos como sociais. Desta forma, as práticas realizadas perante os agricultores devem-se basear no engajamento dos mesmos, na busca para que eles apreendam os elementos de sua realidade, de forma a refletir baseados no diálogo, fortalecendo as capacidades individuais dos cidadãos.

Os governos são organizações, as empresas também, além das famílias, pois claro, devem ser consideradas como um sistema, mesmo que seja composta apenas de mãe e filho que tentam realizar algum objetivo – que, no caso das famílias sertanejas, muitas vezes, é apenas “sobreviver”.

As medidas de convivência com o Semiárido enfocam as pessoas que estão naquele meio e, estas formam uma organização, seja ela a familiar, associativa, sindical. A família, o principal elemento de intervenção nas estratégias de convivência, deve ser assemelhada, para que se desenvolvam estratégias administrativas, à empresa. A família é uma organização quase que puramente informal, já que não há uma clara divisão do trabalho, organograma e as relações são horizontais. Pode-se dizer que não há um chefe propriamente dito, mas sim uma liderança. Portanto, cabe a futuros estudos sobre administração verificar como ocorrem essas relações: o agricultor familiar enquanto organização.

Assemelhar família à uma empresa, neste sentido, não significa em hipótese nenhuma igualar, uma vez que as características do grupo familiar são diferenciadas, levando em si os elementos humanos, como comportamentos e emoções. Entretanto, deve-se considerar que ao exercerem atividades econômicas no ambiente rural, estas atividades devem ser mais bem gerenciadas, melhor administradas, como o fazem as empresas.

Portanto, é necessário estudar a família rural, já que ela é a própria empresa no Semiárido, pois é esta que vive diretamente entre a terra e os animais.

Pode-se inferir que a administração é a atividade de planejar, organizar, dirigir e controlar recursos, tomando decisões sobre estes para o alcance de objetivos. No contexto do Semiárido, levando-se em conta suas especificidades, a aplicação desta Ciência seria uma forma de uma nova abordagem, altamente complexa e desafiadora.

Como cabe a administração transformar recursos e competências em resultados tangíveis e extraordinários, e como ela foi a possível responsável pelo desenvolvimento da humanidade, é necessário procurar formas de aplicar esta Ciência universal no contexto do Semiárido.

A administração é importante em qualquer escala de utilização de recursos, seja individual, familiar, grupal, organizacional ou social. O núcleo familiar requer o mínimo de administração. Assim sendo, deve-se promover a gestão como técnica social no intuito de reduzir o assistencialismo e promover justiça. Esta Ciência possivelmente é uma esperança para o futuro do Sertão.

O planejamento pode ser considerado a maneira como se dão as relações com

o futuro. Planejar é tomar decisões antecipadamente em relações aos objetivos de forma racional. É a mais importante das funções administrativas porque é a inicial, através do planejamento, consegue-se absorver as incertezas.

A estiagem não é uma incerteza, todo nordestino sabe que em certo momento do ano, possivelmente entre agosto e fevereiro, não choverá. Neste sentido o planejamento deve ser aplicado como uma forma de se antecipar às faltas de chuvas, entendendo as forças do ambiente.

É preciso que se desperte na cultura do sertanejo, a preparação. Uma correta extensão rural, neste sentido deve desenvolver, juntamente com o agricultor, planos como cronogramas, calendários, orçamentos, fluxogramas e projetos agrícolas. Uma atividade de extensão acadêmica interessante seria, por exemplo, a aplicação de técnicas de elaboração de planos de negócio junto a estes agricultores.

Outro fator importante a ser estudado, acerca do planejamento, é sobre o nível em que ele ocorre entre os agropecuaristas sertanejos. É necessário compreender os planejamentos estratégico, tático e operacional. É importante conhecer os objetivos dos agricultores, por exemplo, um estudo que determine aonde o agricultor pretende chegar com sua produção, verificando se o seu objetivo é o lucro, expansão, segurança, autonomia ou independência.

A função organização trata do estudo da estruturação dos elementos materiais e humanos de forma a alocar trabalho e distribuir autoridade em partes coordenadas segundo algum critério ou princípio. Nesse sentido faz-se necessário o estudo das responsabilidades dentro da família rural, além disto, outra observação seria sobre as relações de autoridade nas famílias ou entre empresas rurais localizadas no Semiárido.

Como o agropecuarista do Semiárido normalmente trabalha com mão-de-obra familiar, infere-se que a estrutura organizacional obedeça a esquemas mais simples. Porém, há necessidade de analisar as relações de trabalho, como se dá a distribuição de poder (centralização ou descentralização), quem exerce autoridade, além de estudos sobre o tamanho organizacional, conhecendo-se o volume de recursos destas organizações.

Entendendo-se a família sertaneja, como sendo a empresa, é importante estudar o ciclo de vida desta organização. Por exemplo, qual o impacto na atividade agrícola quando esta se desfaz? O que é que ocorre quando os filhos deixam a propriedade dos pais e passam a trabalhar na sua própria terra ou abandonam a atividade rural? Qual a amplitude de controle no ambiente do Semiárido?

As organizações bem sucedidas formam alianças, construindo o que denominamos de redes, por exemplo, a ASA – Articulação do Semiárido. Estas recebem o aporte de equipes multifuncionais e multidisciplinares e, provavelmente é o fator que determina o sucesso destes tipos de organizações. Portanto, é necessário estudos sobre as articulações interinstitucionais no Semiárido, exemplo: como se dão as relações entre os sindicatos, associações e entre os próprios agricultores.

A função direção trata-se de dirigir esforços em sentido a um propósito comum,

em última instância dirigir é comunicar, liderar e motivar, dentro de um contexto de relações interpessoais. Portanto, o tripé – *comunicação-liderança-motivação* – deve ser analisado.

Pode-se dizer que a função administrativa controle trata da definição de padrões, monitoramento e comparação com o planejado. É conferência, regulação, padronização no intuito de manter o planejamento dentro do curso inicial. É verificar se aquilo que foi realizado está de acordo com o planejado.

Uma vez que o controle é universal as diversas atividades humanas, não o deixaria de ser para a convivência com o Semiárido. Então é eminente se compreender como se dá o controle no nível do Semiárido, a saber quais são os padrões adotados pelos sertanejos, averiguar em qual patamar estão os seus empreendimentos, se está ocorrendo eficiência, a quantidade de recursos empregada para alcançar objetivos.

É necessário que se crie uma consciência de administração para o agropecuarista, porém que não desconsidere os seus elementos.

3 | CONCLUSÕES

A administração rural pode ser considerada sim como uma ferramenta de convivência com o Semiárido, embora sejam necessárias adaptações, a exemplo de mais pesquisas – como as que foram recomendadas - e difusão no sentido de se ter maior aplicação desta ferramenta por parte dos produtores da região.

Por meio desta pesquisa conseguiu-se gerar possibilidades de discussões teóricas e futuras investigações sobre o tema, iniciando desta forma um processo de construção de uma literatura apropriada referente à administração rural no contexto do Semiárido brasileiro.

É fundamental, na aplicação desta Ciência, a participação do extensionista, principalmente quando este está personificado na figura do agrônomo, uma vez que é ele quem detém a técnica e os conhecimentos científicos que alicerçam o domínio sobre o ambiente da agricultura, possibilitando a aplicação de técnicas de administração dentro do Semiárido. Porém, dentro de um entendimento geral deste trabalho pode-se dizer que cada indivíduo é administrador de si próprio. Qualquer pessoa pode ser um administrador, independente de títulos ou cargos que ocupa, sendo empresarial ou não sua atividade.

O agricultor sertanejo é quem administra os Sertões. Cabe a ele decidir o que, como e quando fazer, gerenciando os poucos recursos que detém. Portanto, a ferramenta da administração deixa de ser exclusividade e privilégio de quem possui mais recursos ou meios de produção, sejam estes materiais ou intelectuais podendo ser aplicada nas situações mais adversas, como no caso do Semiárido.

REFERÊNCIAS

- CHIAVENATO, Idalberto. **Administração: teoria, processo e prática**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 411 p.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução a teoria geral da administração**. 7. ed. rev. E atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 634 p.
- GALINDO, Wedna Cristina Marinho. **Intervenção rural e autonomia: a experiência da articulação no Semiárido/ASA em Pernambuco**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2008. 140 p.
- GOMES, Aldenôr (Org.). **Da mobilização às mudanças sociais: dinâmica das novas ruralidades do nordeste brasileiro**. São Paulo: Polis, 2006. 312 p.
- GRIFFIN, Ricky W. **Introdução à administração**. São Paulo: Ática, 2007. 567 p. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010: Sinopse do Censo e Resultados Preliminares do Universo**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000402.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- KWASNICKA, E. L. **Introdução à administração**. 6ª ed., rev. e ampl., 4. reimpr. São Paulo: Atlas, 2007. 337 p.
- LONGENECKER, Justin Gooderl; MOORE, C. W.; PETTY, J. W.; PALICH, L. E. **Administração de pequenas empresas**. Tradução Oxbridge Centro de Idiomas. 13. ed. 3ª reimpr. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Introdução à administração**. 7. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 2007, 404 p.
- MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru.. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital**. 6. ed., rev. e atual. São Paulo: Atlas, 2008. xxi, 491 p.
- OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; Campus, 2008. 192 p.
- PORTELA, Fernando; ANDRADE, Joaquim Correia de. **Secas no Nordeste**. 19. ed. São Paulo: Ática, 2005. 32p.
- STONER, James A. F; FREEMAN, R. Edward. **Administração**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999. 533 p..

ORGANIZAÇÃO SOCIAL DOS PRODUTORES DE BANANA DOS MUNICÍPIOS DE PRESIDENTE FIGUEIREDO E RIO PRETO DA EVA, AMAZONAS E PARTICIPAÇÃO DO GOVERNO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CULTURA

Maricleide Maia Said

Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Distrito Federal, Brasília, DF

Luiz Antonio de Oliveira

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM

RESUMO: A bananicultura do Estado do Amazonas quase sempre é praticada com procedimentos produtivos e gerenciais rudimentares, resultando em baixa produtividade e frutos com pouca qualidade. Com o objetivo de entender melhor essa situação, foi realizado um estudo dos processos de gestão da produção de banana nos municípios de Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva, analisando as formas de organização destes produtores para a disseminação de tecnologias e o fortalecimento nas negociações comerciais dos produtos e insumos. Foram aplicados questionários aos produtores rurais, cooperativas agrícolas, associações e agroindústrias, buscando conhecer a situação real da assistência governamental e a organização dos produtores, a fim de entender como eles se relacionam com o mercado e a sociedade. Não há incentivos fiscais para esses produtores, com a assistência financeira e técnica governamental deixando a desejar principalmente no município de Presidente Figueiredo. Apenas a assistência

técnica atinge a maioria dos produtores, mas somente de Rio Preto da Eva, embora a quase totalidade dos produtores dos dois municípios tenha participado de programas e incentivos à produção rural por organizações governamentais e não governamentais. A única assistência adequada que eles têm vem de Programas de incentivos à produção rural, como PREME, ADS e PAA/CONAB, etc, quando mais de 90% deles são assistidos. Em compensação, eles se mostraram bem organizados em associações e cooperativas, predominando as associações. A comercialização da produção varia muito, com as vendas ocorrendo para as associações, cooperativas e intermediários, por atacado ou varejo, com os preços variando de acordo com o local da venda.

PALAVRAS-CHAVE: Cultivos de bananas, assistência rural, organizações rurais.

ABSTRACT: Banana cultivation in the State of Amazonas is almost always practiced with rudimentary productive and management procedures, resulting in low productivity and low quality fruits. In order to better understand this situation, a study was carried out on banana production management processes in the municipalities of Presidente Figueiredo and Rio Preto da Eva, analyzing the ways in which these producers are organized to disseminate technologies and strengthen trade negotiations

of their products and inputs. Questionnaires were applied to farmers, agricultural cooperatives, associations and agro industries, seeking to know the actual situation of government assistance and the organization of producers in order to understand how they relate to the market and society. There are no fiscal incentives for these producers, with the governmental financial and technical assistance below the level desired, mainly in the municipality of Presidente Figueiredo. Only technical assistance reaches the majority of producers, but only from Rio Preto da Eva, although almost all producers in the two municipalities have participated in programs and incentives to rural production by governmental and non-governmental organizations. The only proper assistance they have comes from Rural Production Incentive Programs such as PREME, ADS and PAA / CONAB, etc., when more than 90% of them are assisted. On the other hand, they were well organized in associations and cooperatives, with associations predominating. The commercialization of production varies greatly, with sales taking place for associations, cooperatives and intermediaries, wholesale or retail, with prices varying according to the place of sale.

KEYWORDS: Banana crops, rural assistance, rural organizations

1 | INTRODUÇÃO

A produção brasileira de frutas de clima tropical, especialmente na região Norte, demanda a aplicação de tecnologias que viabilizem resultados significativos e proporcionem ganhos reais para o produtor e melhorias na qualidade de vida e de consumo da população.

A agricultura na região Norte, destacadamente no Estado do Amazonas, quase sempre é praticada sem as tecnologias apropriadas, com procedimentos produtivos e gerenciais rudimentares resultando em produtividade baixa e produtos com pouca qualidade e inexpressiva competitividade, conforme documentado com cupuaçu por Said (2011), Said et al. (2013).

O cultivo de bananas pelo homem teve início no sudeste da Ásia. Existem ainda muitas espécies de banana selvagem na Nova Guiné, na Malásia, Indonésia e Filipinas. Índícios arqueológicos e paleoambientais recentemente revelados em Kuk Swamp, na província das Terras Altas Ocidentais da Nova Guiné, sugerem que esta atividade remonta pelo menos a até 5000 a.C., ou mesmo até 8000 a.C.. Tais dados tornam esse local, o berço do cultivo de bananas. É provável, contudo, que outras espécies de banana selvagem tenham sido objeto de cultivo posteriormente, em outros locais do sudeste asiático (WIKIPÉDIA, 2015).

A banana é a segunda fruta mais consumida pelos brasileiros, superada apenas pela laranja, que ainda é a de maior consumo no Brasil. A bananicultura brasileira está aquém da evolução tecnológica que esta cultura tem experimentado no resto do mundo, com produtividade média entre as mais baixas do mundo, da ordem de 14 t/ha. Na região Norte a produtividade média é ainda menor, de 10,0 t/ha. Os estados com maior produtividade na região Norte são o Pará e Amazonas, com 14 t/ha e 12 t/

ha, respectivamente. Entretanto, as estatísticas indicam que a tecnologia disponível no mundo não está sendo utilizada pela maioria dos produtores de bananas do Norte do Brasil, resultando em desperdício do potencial agrícola e econômico desta cultura (SILVA NETO e GUIMARÃES, 2011).

2 | A BANANICULTURA NO ESTADO DO AMAZONAS

No Estado do Amazonas, até o final da década de 90, os bananais eram cultivados, predominantemente, em solos de várzea dos rios Solimões, Amazonas e Madeira. Lentamente os cultivos comerciais foram se expandindo para as áreas de platô. Hoje, os Municípios de Rio Preto da Eva, Presidente Figueiredo, Iranduba e Manacapuru, entre outros, concentram grandes cultivos de bananas (GASPAROTTO et al., 1999), e estão formados, predominantemente, pelas cultivares Thap Maeo, Caipira e FHIA 18, entre outras, em menores proporção, resistentes à pragas e doenças.

A cultivar Thap Maeo foi selecionada pela Embrapa Mandioca e Fruticultura de Cruz das Almas, Bahia. É uma variante Mysore, de porte alto, ciclo vegetativo de 394 dias e apresenta resistência à problemas fitossanitários como: a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), sigatoka amarela (*Mycosphaerella musicola*), mal do Panamá e moderadamente resistente ao nematoide (*Radopholus similis*) e a broca do rizoma. É suscetível ao moko (*Ralstonia solanacearum*, raça 2) e está livre do vírus das estrias da bananeira (BSV) (GASPAROTTO et al., 1999).

A cultivar Caipira (Yamgambi km 5), oriunda da África Ocidental, foi introduzida no Brasil pela Embrapa de Cruz das Almas, Bahia. Possui ciclo vegetativo de 383 dias e porte médio/alto, é resistente à sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) e amarela (*Mycosphaerella musicola*), ao mal do Panamá (*Fusarium oxysporum* fsp. *cubensis*) e ao moko (*Ralstonia solanacearum*, raça 2) e suscetível ao nematoide (*Radopholus similis*) (GASPAROTTO et al., 1999).

A FHIA 18 pertence ao subgrupo prata, foi trazida de Honduras pela Embrapa, apresenta porte médio e ciclo vegetativo de 327 dias. É resistente à sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) e amarela (*Mycosphaerella musicola*) e suscetível ao mal do Panamá (*Fusarium oxysporum* fsp. *cubensis*) e ao moko (*Ralstonia solanacearum*) (GASPAROTTO et al., 2002).

Neste contexto se insere este estudo dos processos de gestão da produção de banana nos municípios de Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva, analisando as formas de organização destes produtores para a disseminação de tecnologias e o fortalecimento nas negociações comerciais dos produtos e insumos da produção de bananas nesses municípios.

No âmbito administrativo da produção agrícola foram estudados os cultivos de bananeiras, as formas de organização social dos produtores (em associações, cooperativas, agroindústria ou independentes) para a produção e comercialização dos produtos e se há a participação do governo para o fortalecimento e sustentabilidade

da cultura da banana no Estado do Amazonas.

Para o alcance do objetivo aqui proposto foram elaborados questionários estruturados que inquiriam o segmento agrícola da cadeia produtiva da banana para conhecer a situação real dos cultivos de bananeiras nesses dois municípios do Estado do Amazonas (Figura 1).

Os dois Municípios ocupam 1,8% da área total do Estado, abrangendo 1,32% da população total do Amazonas (IBGE, 2013). Em 2012, eles foram, respectivamente, o segundo e o quarto maiores produtores de bananas do Estado do Amazonas (IBGE, 2013) e são limítrofes com a capital do Estado, Manaus, que se configura como o maior centro consumidor dos produtos agrícolas do estado.

O Município de Rio Preto da Eva possui área territorial de 5.813,225 Km², está situado na 7^a Sub-Região do Estado, na Região do Rio Negro - Solimões, limitando-se com os municípios de Itapiranga, Itacoatiara, Manaus e Presidente Figueiredo. O principal meio de transporte do município é rodoviário, ligando-se a Manaus pela AM 010, distante 80 Km (em linha reta) da capital. O clima predominante é tropical quente e úmido, com temperatura média de 28 °C (IDAM, 2013). O Município possui uma população de 17.582 habitantes, sendo 6.232 na zona urbana e 11.350 na zona rural (IBGE, 2013).

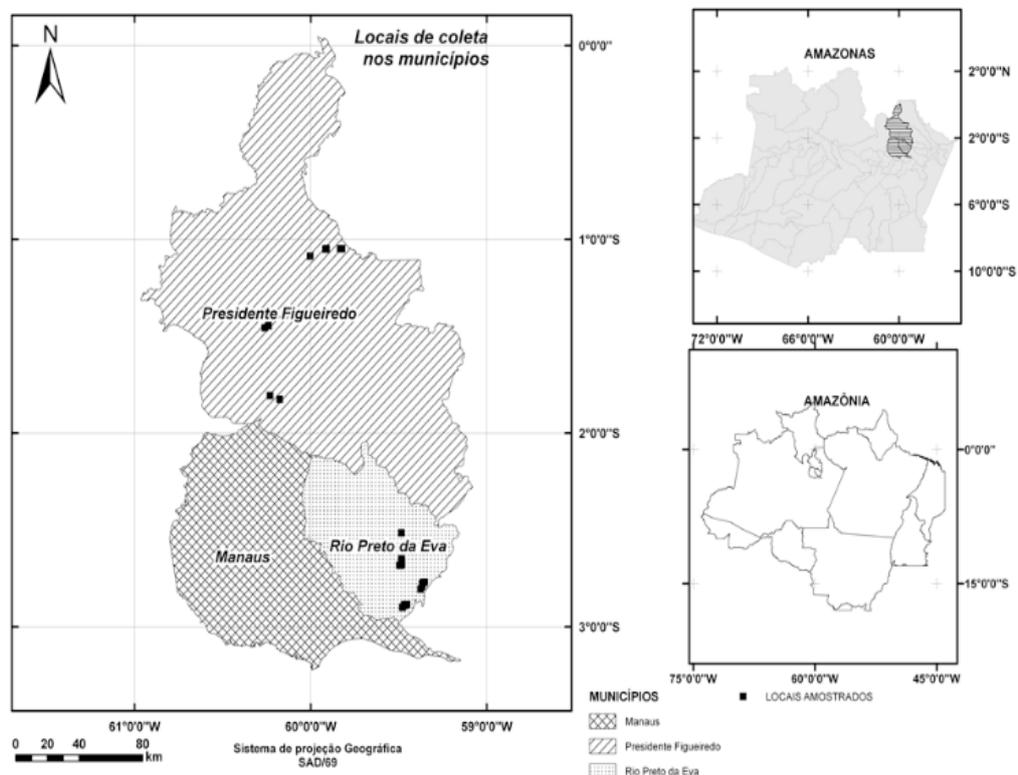


Figura 1: Área geográfica de realização da pesquisa

O Município de Presidente Figueiredo possui área territorial de 25.421 Km², está situado na 8^a Sub-Região do Estado, na Região do Médio Amazonas, limitando-se com os municípios de Urucará, São Sebastião do Uatumã, Itapiranga, Rio Preto da

Eva, Manaus, Novo Airão e o Estado de Roraima. O principal meio de transporte do município é rodoviário, ligado à Manaus pela BR 174, distante 107 Km (em linha reta) da capital. O clima predominante é tropical quente e úmido, com temperatura média de 32 °C (IDAM, 2013). O Município possui uma população de 27.121 habitantes, sendo 12.999 na zona urbana e 14.122 na zona rural (IBGE, 2013).

O estudo foi realizado em quinze propriedades rurais no município de Presidente Figueiredo e trinta no Rio Preto da Eva, buscando diagnosticar a assistência do Estado nos aspectos financeiros, técnicos, de incentivos fiscais e outros tipos de assistências que por ventura os produtores rurais de bananas possam receber, bem como a forma de organização do produtor rural, se em associações ou cooperativas, com vistas a favorecer a disseminação do conhecimento e o fortalecimento nas negociações comerciais e de aquisição de insumos. Avaliou também, as formas de comercializações de seus produtos.

No âmbito agrícola, por meio de visitas às propriedades rurais, com entrevistas semi-estruturadas aos produtores rurais, cooperativas agrícolas, associações comunitárias e agroindústrias e a aplicação de questionários estruturados a produtores rurais, foram coletadas as informações necessárias ao diagnóstico, a fim de entender como os produtores rurais se organizam e se relacionam com a produção, o mercado e a sociedade. Também foram buscadas informações na internet, em órgãos como o IDAM e IBGE, visando preencher alguns dados relacionados com os dois municípios e a produção de bananas.

No município do Rio Preto da Eva, a coleta de dados foi feita em propriedades rurais distribuídas entre os ramais da ZF-9, do Banco e de Novo Horizonte, localizados, respectivamente, nos quilômetros 105, 126 e 129 da rodovia AM – 010, que dá acesso aos municípios de Rio Preto da Eva e de Itacoatiara, no Estado do Amazonas, na sede do IDAM e do Município.

No município de Presidente Figueiredo foram feitas coletas nos ramais do Canoas e do Paulista, localizados, respectivamente, nos quilômetros 127 e 180 da rodovia BR – 174 e ao longo da estrada AM – 240, que dá acesso à usina hidroelétrica de Balbina, em uma agroindústria de processamento de bananas, na cooperativa CPU-Uatumã e nas sedes do IDAM e os questionários abordaram itens relativos.

Em 2012, no Estado do Amazonas, 9.545 hectares foram cultivados com bananas nos 62 municípios existentes, com uma área colhida de 5.440 ha (Tabela 1). Do total cultivado, 48% estão concentrados em cinco municípios do Estado. Manicoré é o maior produtor de bananas do Estado com 1.560 ha cultivados, produção de 10.920 t em 2012 e rendimento médio de apenas 10 t/ha. É o município com menor produtividade entre os cinco municípios de maior produção no Estado (Tabela 1).

De acordo com dados do IBGE (2013), em 2012 os municípios de Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva cultivavam, respectivamente, 800 e 355 hectares com bananas, sendo referenciados como o segundo e o quarto maiores produtores de bananas do Estado do Amazonas (Tabela 1).

Município	Área Plantada (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)*	Rendimento médio (t/ha)	Valor da produção (mil reais)
Manicoré	1.560	1.092	10.920	10	9.937
Presidente Figueiredo	800	700	8.400	12	8.820
Manacapuru	1.546	645	7.735	12	7.348
Rio Preto da Eva	355	272	3.264	12	2.611
Novo Aripuanã	345	200	3.200	16	4.160
Parintins	575	253	2.530	10	2.783
Lábrea	330	200	2.400	12	1.920
Coari	450	198	2.376	12	2.138
Apuí	225	195	2.300	12	1.725
Codajás	320	176	2.112	12	2.218
Total	4.606	2.909	33.519	62	32.876
Estado do Amazonas	(9.545)	(5.440)	(63.745)	(757)	(59.569)

Tabela 1. Dez municípios com maior produção de bananas no Estado do Amazonas – Safra 2012

Fonte: IBGE (2013), Adaptada pelos autores. (*) Em relação à área colhida.

O município de Presidente Figueiredo, apesar de possuir uma área plantada de pouco mais da metade da área cultivada em Manacapuru, foi o segundo maior produtor de bananas do Estado, com produção de 8.400 t/safra, seguido de Manacapuru com 7.735 toneladas. Ambos alcançaram produtividade de 12 t/ha. O município de Rio Preto da Eva é o quarto maior produtor, com 3.264 t e produtividade de 12 t/ha e Novo Aripuanã, com 3.200 t produzidas nos 200 ha colhidos. Contudo, este município apresentou a maior produtividade alcançada no Estado, de 16 t/ha. (Tabela 1).

Os dados da tabela 2 indicam que no município de Presidente Figueiredo, apenas 13,3% dos produtores rurais receberam do governo algum tipo de assistência de fomento à produção. No Rio Preto da Eva, 40 % dos produtores rurais receberam algum tipo de assistência financeira por parte do governo. A ajuda técnica, vinda, especialmente, por meio do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas – IDAM e Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – Embrapa Amazônia Ocidental, alcançou, respectivamente, nos municípios de Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva, 33,3 % e 70,0 % dos produtores. Nenhum produtor recebeu qualquer tipo de incentivo fiscal de apoio à produção. Em Presidente Figueiredo, 93,3 % dos produtores receberam apoio governamental através de Programas de incentivos à produção rural, como PREME/ADS ou PAA/CONAB e em Rio Preto da Eva esse apoio alcançou 96,7 % dos produtores.

A assistência financeira e técnica governamental alcançam poucas propriedades rurais em Presidente Figueiredo (13,3 % e 33,3 %), embora a quase totalidade tenha participado de programas e incentivos à produção rural por organizações

governamentais e não governamentais.

A assistência financeira e técnica governamental é maior nas propriedades rurais analisadas em Rio Preto da Eva (40,0 % e 70,0 %), embora a quase totalidade tenha participado de programas e incentivos à produção rural por organizações governamentais.

Município	Assistência do Governo (%)				Organização do produtor (%)	
	Financeira ⁽¹⁾	Técnica ⁽²⁾	Inc. Fisc. ⁽³⁾	Outros ⁽⁴⁾	Associação	Cooperativa
Presidente Figueiredo	13,3	33,3	0,0	93,3	40,0	53,3
Rio Preto da Eva	40,0	70,0	0,0	96,7	73,3	43,3

Tabela 2. Participação do Governo no Desenvolvimento da Cultura das Bananas nos Municípios de Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva, Amazonas, e a Organização dos Produtores Rurais em Associações e/ou Cooperativas Agrícolas. Safra 2012

⁽¹⁾ Empréstimos e outros tipos de assistência fornecida pelos órgãos de fomento. ⁽²⁾ Assistência técnica por órgãos do governo como: IDAM, EMBRAPA, INPA, Universidades, etc. ⁽³⁾ Isenção de impostos, taxas, etc. ⁽⁴⁾ Programas de incentivos à produção rural, como: PREME, ADS e PAA/CONAB, etc.

A organização do produtor rural como membro ativo nas associações comunitárias rurais e/ou cooperativas agrícolas para o fortalecimento das ações, principalmente de disseminação de tecnologias e aumento do poder de negociação nas relações comerciais, mostra que, dos quinze produtores analisados em Presidente Figueiredo, 40,0 % estão organizados em associações comunitárias e 53,3 % em cooperativas agrícolas. No município de Rio Preto da Eva estes números foram de 73,3 % e 43,3 %, respectivamente de associados e cooperados.

Esses dados mostram que os produtores de banana de Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva são bem organizados nas formas de associações e cooperativas, predominando no primeiro município, a vinculação dos produtores em cooperativas e no segundo, em cooperativas. Contudo, tanto as associações de produtores rurais como as cooperativas agrícolas têm baixo poder de negociação dos produtos agrícolas, limitando-se, basicamente, à venda para o Estado e município, por meio dos programas de apoio à produção rural dos governos federal, estadual e municipal, o que fragiliza a cultura da banana e diminui a competitividade, comprometendo a sustentabilidade da cultura.

Comercialização das bananas	Compradores			Tipo/Venda		Local de entrega				Preço médio de venda (R\$)			
	Cooperativa	Associação	Intermediário	Atacado	Varejo (Feiras)	Propriedade Rural	Propriedade comprador	Cooperativa e Associação	Feiras	Cacho (R\$/un)	Penca (R\$/un)	Cooperativa (R\$/kg)	Associação (R\$/kg)
Município de Presidente Figueiredo													
Médias										14,00	2,40	0,99	1,10
%	67	47	87	100	53	100	7		47				
Município de Rio Preto da Eva													
Médias										14,00	2,60	0,68	1,00
%	43	77	93	97	50	53	63	57					

Tabela 3. Comercialização de bananas nos municípios de Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva, Amazonas. Safra 2012

A análise dos dados da comercialização das bananas no município de Presidente Figueiredo comprovou que a produção era comercializada através das cooperativas, associações comunitárias ou por meio de intermediários e eram vendidas no atacado e no varejo (Tabela 3).

Em alguns casos, o mesmo proprietário transferia seus produtos para o mercado através de duas categorias de compradores, cooperativa e associação (três das 15 propriedades), ou associação e intermediários (quatro das 15 propriedades). Em outros casos, um mesmo produtor negociava nas três modalidades (três das propriedades).

Dos produtores analisados, somente um produtor não mantinha vínculo nem com a associação de produtores rurais do município nem com a cooperativa agrícola, comercializando sua produção de bananas diretamente com intermediários, no mercado de feiras ou atacadistas de Presidente Figueiredo e Manaus.

Dois dos produtores comercializavam sua produção apenas com a cooperativa e, nestes casos, não estavam vinculados à associação e também tinham dificuldades para comercializar com intermediários, visto que não tinham ponto de venda nas feiras.

Todos os 15 produtores vendiam sua produção no atacado e dessas, oito propriedades também comercializavam as bananas no varejo, em feiras da Vila de Balbina e, dos municípios de Presidente Figueiredo e Manaus.

Entre os produtores entrevistados, 67 % estavam vinculados à Cooperativa de Produtores Rurais do Uatumã – CPU/Uatumã, principal cooperativa do Município de Presidente Figueiredo, e 47 % também faziam parte da associação de produtores. As duas modalidades jurídicas estavam integradas ao Programa de Regionalização da Merenda Escolar – PREME, do governo federal e ao programa Agricultura Sustentável da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Do universo da pesquisa, 87

% dos produtores negociavam diretamente com os intermediários para a venda da produção.

A análise das formas de comercialização mostrou que todos os produtores vendiam no atacado e 53 % também as realizavam no varejo, nas feiras do produtor em Manaus e no próprio município.

Quando observados os locais de entrega dos produtos comercializados, constatou-se que em 100 % das negociações, o comprador retirava o produto na propriedade rural se responsabilizando pelo transporte da produção, sem incidência de custo para o produtor. Nos casos em que a negociação era feita com a cooperativa ou associação de moradores, estas se responsabilizavam pelo transporte da propriedade até a sede da empresa e, para isto, recebiam ajuda da prefeitura do município, que cedia seus caminhões e motorista, ficando a cargo da empresa apenas o abastecimento de combustível.

Em 47 % dos casos, os produtores entregavam o produto nas feiras, por ocasião das vendas no varejo para os produtores que detinham bancas para este fim nas feiras de produtores rurais; porém, nestes casos também eram beneficiados pelos programas do governo de sustentabilidades da produção agrícola, com o apoio logístico de transporte da propriedade até as feiras.

As bananas eram negociadas em cachos, em pencas ou por quilo. Os cachos eram negociados por preços variando de R\$ 5,00 (duas propriedades) a R\$ 20,00 (três propriedades). As negociações com preços mais baixos se deram nos casos em que a venda era feita no atacado, para intermediários, com entrega do produto na propriedade rural, ou seja, custo de transporte de responsabilidade do comprador. Se as vendas se processavam nas feiras, era possível se obter preços melhores pelos cachos mesmo nos casos de venda no atacado para intermediários.

O preço da penca, quando negociada em vendas no varejo, variou de R\$ 2,00 (quatro das 15 propriedades) a R\$ 3,00 (três propriedades).

Quando as bananas eram negociadas com a cooperativa dentro do programa PREME/SDS/SEDUC/SEMED, o preço repassado para o produtor era de R\$ 0,99 o quilo. Neste município, a CPU/Uatumã não negocia com a CONAB, devido ao prazo de repasse de pagamento ser mais demorado em relação aos demais programas (informações verbais dadas pela Cooperativa CUPU/UATUMÃ, 2013).

Quando a negociação era feita com a associação de produtores rurais, esta negociava com a CONAB e repassava para o produtor o valor de R\$ 1,10 por kg (seis das 15 propriedades), proporcionando maiores ganhos em relação às negociações feitas através da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Amazonas – SDS/AM/PREME.

A análise de dados da comercialização das bananas no município de Rio Preto da Eva comprovou que a produção é comercializada através da cooperativa, associação ou intermediários e as modalidades de vendas são processadas no atacado e no varejo.

Ao se analisar os dados obtidos com os 30 produtores do município de Rio Preto da Eva (Tabela 3), observou-se que em alguns casos, a mesma propriedade transferia seus produtos para o mercado através de duas categorias de compradores, cooperativa e associação (seis propriedades), ou associação e intermediários (22 das 30 propriedades). Em outros casos, um mesmo produtor negociava nas três modalidades (seis das 30 propriedades).

Dos trinta produtores analisados neste município, todos mantinham vínculo ou com a cooperativa ou com a associação, e em alguns casos foram registrados aqueles que mantinham relações com ambas as organizações jurídicas, não sendo identificada nenhuma propriedade que trabalhava de forma isolada, sem este amparo organizacional.

Sete dos produtores comercializavam sua produção apenas com a cooperativa e, nestes casos, não estavam vinculados à associação e estes, exceto um produtor, também comercializavam seus produtos nas feiras do produtor no próprio município e em Manaus, com intermediários e consumidores finais, por vendas no atacado e no varejo.

Todos os produtores vendiam sua produção no atacado, sendo que metade deles também comercializava a banana no varejo, em feiras do Rio Preto e de Manaus.

Dos trinta produtores entrevistados, 43 % estavam vinculados à Cooperativa de Produtores Rurais do Novo Horizonte ou no ramal do Banco, principais cooperativas do Município, e 77 % também faziam parte da associação de produtores. As duas modalidades jurídicas estavam integradas ao Programa de Regionalização da Merenda Escolar – PREME, do governo federal e ao Programa Agricultura Sustentável da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Do universo da pesquisa, 93 % dos produtores negociavam diretamente com os intermediários para a venda da produção.

A análise das formas de comercialização mostrou que, em 100 % das propriedades de Rio Preto da Eva se processavam vendas no atacado e 50 % dos produtores também as realizavam no varejo, nas feiras do produtor em Manaus e no próprio município.

Quando observados os locais de entrega dos produtos comercializados, constatou-se que em 53 % das negociações o comprador retirava o produto na propriedade rural se responsabilizando pelos custos do transporte da produção. Nos casos em que a negociação era feita com a cooperativa ou associação de moradores, essas despesas com o transporte da produção era de responsabilidade da cooperativa ou associação.

Em 53% das propriedades estudadas, o produtor não arcava com os custos de entrega dos produtos, visto que os compradores retiravam as bananas na propriedade rural e, em 63 % das negociações, os produtos eram entregues na propriedade do comprador, incluindo-se aqui, as vendas realizadas nas feiras, com os custos de transporte ficando por conta do produtor; porém, sem incidir no produto, uma vez que eram assistidos pelo governo com o fornecimento de apoio logístico.

Em 57 % dos casos os produtores transportavam as bananas para as feiras onde realizavam as vendas no varejo. Porém, nestes casos, também eram beneficiados pelos programas governamentais de sustentabilidades da produção agrícola com o apoio logístico de transporte da propriedade até os locais de comercialização.

As bananas eram negociadas em cachos, em pencas ou por quilo. Nos casos em que eram vendidas em cachos, estes eram negociados ao preço médio que variou de R\$ 10,00 (seis das 30 propriedades) a R\$ 18,00 (cinco propriedades). As variações de preços se justificam pelas diversas modalidades de vendas e pela relação com o local de entrega do produto. Nos casos em que a venda era feita no atacado, para intermediários, com entrega do produto na propriedade rural, ou seja, custo de transporte sob a responsabilidade do comprador, foi onde se identificou os preços mais baixos (cinco propriedades). Se as vendas se processavam nas feiras, era possível alcançar preços mais altos pelos cachos das bananas, mesmo nos casos de venda no atacado e para intermediários (sete das 30 propriedades). O preço da penca, quando negociada em vendas no varejo, variou de R\$ 2,00 (quatro propriedades) a R\$ 3,00 (seis propriedades).

Quando as bananas eram negociadas com a cooperativa ou associação, dentro do programa PREME/SDS/SECUC/SEMED, o preço repassado para o produtor era de R\$ 1,00 o quilo nas propriedades do ramal Novo Horizonte (dez das propriedades), enquanto que nas negociações com a CONAB, o preço para o produtor era de R\$ 0,74/kg.

As dez propriedades localizadas no ramal da ZF-9 não possuíam ainda uma cooperativa, estavam organizados apenas em associação comunitária e vendiam para a CONAB e a SDS, repassando para o produtor a importância de R\$ 0,70 e R\$ 1,00 o quilo, respectivamente.

As dez propriedades do ramal do Banco estavam organizadas tanto em cooperativa como associação, negociando com a CONAB e SDS, repassando para o produtor, a quantia de R\$ 0,60 e R\$ 1,00, respectivamente, por cada quilo vendido.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há incentivos fiscais para os produtores de bananas dos municípios de Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva, com a assistência financeira e técnica governamental deixando a desejar principalmente no município de Presidente Figueiredo. Desses dois tipos de assistências, apenas a assistência técnica atinge a maioria dos produtores, mas somente de Rio Preto da Eva, embora a quase totalidade dos produtores dos dois municípios tenha participado de programas e incentivos à produção rural por organizações governamentais e não governamentais. A única assistência adequada dada aos produtores de bananas dos dois municípios vem de Programas de incentivos à produção rural, como PREME, ADS e PAA/CONAB, etc, quando mais de 90 % desses produtores são assistidos.

Em compensação, eles se mostraram bem organizados nas formas de associações e cooperativas, predominando entre eles, as associações.

A comercialização da produção realizada por eles varia muito, com as vendas ocorrendo para as associações, cooperativas e intermediários, por atacado ou varejo, tanto nas propriedades rurais como fora delas, inclusive em feiras nos centros urbanos, com os preços variando de acordo com o local da venda.

REFERÊNCIAS

GASPAROTTO, L.; COELHO, A. F. S; PEREIRA, M. C. N.; CORDEIRO, Z. J. M.; SILVA, S.O. **Thap Maeo e Caipira: cultivares de bananeiras resistentes à sigatoka negra, para o Estado do Amazonas.** Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado técnico nº 2. Manaus, AM, 1.999. ISSN 1517-3887.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=130260&search=amazonas|manaus> (acesso em 10/10/2013). 2013.

IDAM. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DO ESTADO DO AMAZONAS. 2013. Disponível em: http://200.242.43.143/portal/sepror/programas_02.php?cod=125 (acesso em 23/05/2014).

SAID, M.M. **Aspectos culturais e potencial de uso do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng. Schum.) no Estado do Amazonas.** Dissertação, Universidade Federal do Amazonas. Manaus – AM. 187p. 2011.

SAID, M.M.; OLIVEIRA, L.A.; RIVAS, A.A.F. Cultural aspects and potential use of cupuassu in the Itacoatiara county, Amazonas State. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 56, n. Supl., p. 30-36, 2013. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.077>

SILVA NETO, S. P.; GUIMARÃES, T. G. **Evolução da cultura da banana no Brasil e no Mundo.** Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 2011. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia?publicados/287/> (acesso em 05/01/2011).

WIKIPÉDIA. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Banana> (acesso em 08/01/2015).

AGROECOLOGIA E RE(EXISTÊNCIAS): CONTRIBUIÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR DE BASE AGROECOLÓGICA COMO PASSO PARA GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL EM UM ACAMPAMENTO NO SERTÃO PARAIBANO

Luymara Pereira Bezerra de Almeida

Bacharel em Nutrição pela Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, Pós-Graduada em Desenvolvimento Rural pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul/PGDR/UFRGS.

Cajazeiras – Paraíba

Helena Cristina Moura Pereira

Bacharel em Nutrição pela Universidade Federal de Campina Grande e Licenciada em Pedagogia pelo Instituto de Ensino Superior Múltiplo – IESM.

Cuité – Paraíba

RESUMO: Os avanços que vêm ocorrendo com o desenvolvimento científico, propõem abarcar técnicas que garantam a produção de alimentos de qualidade e que sejam livres de contaminantes, promovendo assim, a Segurança Alimentar e Nutricional de diversas famílias rurais que buscam modificar seus estilos de vida pautados em uma produção de alimentos de base agroecológica. Sustentados pelo anseio de mudança, os agricultores do Acampamento Emiliano Zapata, no Município de Sousa-PB, buscam produzir alimentos a partir de técnicas que não agridam o meio ambiente, tratando de resgatar as relações de reciprocidade entre homem e natureza, procurando melhorias de vida e sua segurança alimentar. Nesse contexto, buscamos analisar essas relações presentes, no local, entre as técnicas de cultivo

utilizadas pelos agricultores na busca pela transição agroecológica e seus entraves. Para isso, utilizamos a observação direta e diário de campo, e entrevistas semidirigidas, com cerca de trinta e cinco famílias, residentes no local, para responder os questionamentos acerca da problemática do estudo. Por fim, visualizamos diversas adversidades presentes no cotidiano das famílias; mas, com o que conseguem produzir, nos arredores de suas casas, sem utilização de insumos químicos, para o autoconsumo, contribuem na construção de sua Segurança Alimentar e Nutricional, respeitando sua cultura, por meio da utilização de seus conhecimentos tradicionais. Porém, necessitam de assistência técnica e acesso a recursos e políticas públicas de incentivo à agricultura para que possam, enfim, produzir e garantir seu acesso a alimentos de qualidade e em quantidade suficiente para suas famílias e comunidade.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança Alimentar e Nutricional; agricultura familiar Agroecologia; sem-terra.

ABSTRACT: The advances that have been occurring with the scientific development, propose to cover techniques that guarantee the production of quality food and free of contaminants, promoting Food Security of several rural families that seek to modify their

lifestyles based on a production of agroecological food. Sustained by the desire for change, the farmers of Emiliano Zapata's Camp, in the county of Sousa-PB, seek to produce food using techniques that doesn't harm the environment, trying to rescue relations of reciprocity between man and nature, looking for life improvements and their food security. In this context, we seek to analyze these present local relations, between the cultivation techniques used by the farmers in the search for the agroecological transition and its obstacles. To do this, we used direct observation and field journal, and semi-structured interviews with about thirty-five families residing locally to answer questions about the study problem. Finally, we visualize various adversities present in the daily lives of the families; but with what they can produce in the surroundings of their homes, without the use of chemical inputs, for their own consumption, contributes to the construction of their Food Security, respecting their culture, through the use of their traditional knowledge. However, they need technical assistance and access to resources and public policies to encourage agriculture so that they can finally produce and guarantee their access to quality food in sufficient quantity for their families and community.

KEYWORDS: Food Security; Family farming; Agroecology, landless.

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, presenciamos, cada vez mais, a procura por estilos de vida mais saudáveis e sustentáveis, acompanhados por uma alimentação livre de contaminantes e de melhor qualidade nutricional (AZEVEDO; NETTO, 2015).

Uma alimentação adequada promove e protege a saúde do indivíduo, proporcionando o desenvolvimento do organismo, qualidade de vida e garantia de seu direito humano à alimentação. Para que essa alimentação caracterize-se como uma prática saudável, deve respeitar alguns princípios, de acordo com Pinheiro (2005), como: respeitar as práticas alimentares e culturais locais, para que haja soberania alimentar em suas escolhas; garantir o acesso físico e financeiro aos alimentos naturais, evitando o consumo de alimentos industrializados; o alimento deve ser saboroso e variado, além de ser colorido e harmônico, assegurando, assim, a diversidade de nutrientes nas refeições e alcance de uma nutrição adequada; para mais, é importante que o alimento seja seguro, sem contaminantes físicos, químicos ou biológicos, evitando o risco de infecções por alimentos.

A conquista da alimentação saudável, também precisa derivar de métodos de cultivo que abarquem os princípios citados, principalmente, quando tratamos da segurança dos alimentos, compreendendo que os recursos naturais podem ser utilizados de maneira sustentável, não sendo necessário o uso de defensivos agrícolas, em massa, para atestar a produção necessária de alimentos a população.

O crescente desmatamento, aquecimento global e outros fatores que remetem ao uso desenfreado e devastação do meio ambiente, tornaram-se temas de

discussão, em diversos países, desde a década de 80, questionando-se até que ponto a natureza suportaria as consequências do desenvolvimentismo. Essas questões impactaram vários setores da sociedade, dentre estes, o setor agropecuário, trazendo a sustentabilidade como forma de inovação e promoção da utilização equilibrada dos recursos naturais, sem agressão ao meio ambiente, o que fez repensar os impactos da agricultura convencional e busca por outras maneiras de cultivo que evitassem danos à natureza (EHLERS, 1994).

Almeida (1998), baseado em Schmitt (1995), aponta como um dos fundamentos do desenvolvimento rural sustentável, a incoerência nos padrões de desenvolvimento da sociedade contemporânea, fortalecendo a ideia de que os recursos naturais possuem limites, destacando também as desigualdades sociais provenientes do modelo de desenvolvimento dos países. A concepção do que seria o desenvolvimento sustentável surge a partir do Relatório Brundtland, tratando este como modelo eficiente no abastecimento dos descendentes futuros. No relatório são apresentadas fortes críticas às elites na adesão de estilos de vida que sejam conciliáveis aos recursos fornecidos pelo planeta, conduzindo o desenvolvimento sustentável como meio de transformação da exploração da natureza.

Alicerçada nesse desejo de transformação das estruturas convencionais e apresentando-se como estratégia de utilização e preservação dos recursos naturais é que surgem novas técnicas de produção, assim como um novo campo de estudos, ou, para alguns autores, como afirma Gomes (2011), um novo paradigma, para sair do modelo produtivista e desenvolvimentista, a Agroecologia.

De Almeida, Tavares & Silva (2016) apoiadas no Centro Colaborador em Alimentação e Nutrição do Escolar – CECANE (2012), trazem a definição de Agroecologia como sendo:

[...] uma ciência, movimento social e prática que busca a construção de uma agricultura com premissas ecológicas e sustentáveis, além de elaborar estratégias para o crescimento rural, tornando-se uma base de desenvolvimento sustentável.

É a partir dessa perspectiva, que muitos agricultores buscam na Agroecologia uma nova relação com a natureza e seus recursos. A agricultura familiar de base agroecológica transporta o desejo de mudança do modelo convencional para a diversidade de cultivos e manejos ecológicos, visando a compartilhar suas riquezas, comercializando, de maneira justa, seus produtos.

Ao tratar de Agroecologia e produção de alimentos seguros, que respeitem o meio ambiente, podemos afirmar que seus princípios condizem com a promoção da Segurança Alimentar e Nutricional da população rural. Esse conceito, aprovado na II Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (2004) e incorporado à Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional - LOSAN (2006), consiste no acesso regular a alimentos de qualidade e em quantidade suficientes, com práticas alimentares

que promovam a saúde, respeitando sua cultura, sem comprometer as demais necessidades básicas do indivíduo, além de ser sócio, econômica e ambientalmente sustentável.

É nesse contexto que apresentamos o caso do Acampamento Emiliano Zapata, localizado no município de Sousa - Paraíba, em que residem cerca de 110 famílias de agricultores que almejam uma produção de alimentos livres de defensivos agrícolas, ou melhor, agrotóxicos. Essa inquietação surgiu durante a realização de um estudo na comunidade, apontando-se a importância de refletirmos sobre o contexto. É nesse intuito que surge este texto, observando-se a relação dos agricultores, do local, com as técnicas utilizadas no cultivo, cuja pesquisa foi realizada no ano de 2015, no acampamento.

Para tal, utilizamos a associação da agricultura de base agroecológica e a Segurança Alimentar e Nutricional como pilares de reflexão do trabalho. Como subsídio para concretização da pesquisa, recorreremos aos dados coletados no Acampamento Emiliano Zapata, com os recursos metodológicos: observação direta e diário de campo, pesquisa documental, entrevistas semidirigidas com gravador de voz, utilizando a seleção gradual snowball, na qual, os participantes iniciais são selecionados, intencionalmente, pela sua relevância para o estudo e, estes, indicam os próximos indivíduos a participarem da pesquisa, a saturação como critério de finalização e, em termos de análise documental, a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 1997). Os agentes do estudo foram cerca de trinta e cinco famílias de agricultores residentes no local.

A partir disso, apresentamos as perspectivas locais, conduzindo o leitor ao preceitos teórico-metodológicos que apreendem o estudo e a complexidade da vivência desses agricultores, diante de uma possível transição da agricultura convencional à de base agroecológica, como a última se relaciona com os preceitos da Segurança Alimentar e Nutricional, junto às demais considerações finais acerca da pesquisa.

2 | DA AGRICULTURA CONVENCIONAL À AGRICULTURA DE BASE AGROECOLÓGICA

Para compreendermos os movimentos que permeiam as transições sociais e ecológicas que vêm ocorrendo, é importante citar como chegamos até aqui. Portanto, trazemos fatores que remetem ao final da Segunda Guerra Mundial, na qual, ocasionou-se a Revolução Verde; esta, consistiu na produção exacerbada de alimentos, por intermédio do pensamento que não havia comida suficiente para alimentar toda a população, desencadeando uma corrida pela expansão das indústrias no setor agropecuário, modernização da agricultura e, com isso, a utilização de defensivos agrícolas para elevar a produção, além de grandes empresas voltarem seus investimentos, também, para a utilização de técnicas de aprimoramento de sementes,

como milho, arroz e trigo, que são a base da alimentação mundial (ANDRADES; GANIMI, 2007).

É com a instauração da Revolução Verde que se estabelecem os processos de modernização da agricultura, apropriação do capitalismo sobre esta e, por fim, a homogeneização do espaço rural. Desse modo, os conhecimentos tradicionais e culturais que se estendiam entre o homem e a natureza foram se perdendo, sendo substituídos pelos métodos industriais de manejo dos recursos naturais, seguindo, assim, a lógica do mercado de lucratividade, imposta a estes pelo capitalismo.

Embora a pressão industrial para a homogeneização e perda da identidade do rural fossem fortes, muitos agricultores resistiram a esses processos, criando ferramentas para garantir a sobrevivência e resgate de seus saberes e relação com a natureza (GUSMÁN, 2001). Esses mecanismos se caracterizam como saídas aos modelos convencionais de desenvolvimento pautados na Revolução Verde, em que o modelo agrícola deste processo limita-se ao uso desmedido do meio ambiente e agroquímicos que geram inúmeras consequências à natureza, abreviando a longevidade de seus recursos e da vida em geral. Além de causar diversos impactos ao meio ambiente, Caporal e Costabeber (2006), afirmam que esse modelo de agricultura convencional atende, principalmente, às demandas do mercado capitalista, voltando-se ao cultivo para exportação, não atendendo às necessidades alimentares da população, a qual deveria estar voltado.

A começar das resistências ao modelo convencional, a Agroecologia chama atenção em sua aplicação enquanto ciência moderna, buscando alinhar-se aos saberes e conhecimentos tradicionais indígenas, conservação da agrobiodiversidade, proporcionando a valorização dos princípios ecológicos no manejo dos agroecossistemas. A agrobiodiversidade, de acordo com Nodari e Guerra (2015), engloba organismos e ecossistemas que estão em constante relação com o ser humano, sendo domesticados, cultivados e manejados pelo último.

A aplicação dos métodos preconizados pela Agroecologia resulta na melhoria da qualidade dos solos, contribuindo no crescimento e nutrição das plantas, que acarreta na diminuição do ataque de pragas a estas (ALTIERI, 2010). Dessa forma, modifica-se o sistema agrícola, de maneira que, assimila-se a sustentabilidade, valoriza-se o agricultor e produz-se um alimento de qualidade.

De acordo com Buainain e Souza Filho (2006), a Agroecologia é um campo de estudos que busca auxiliar no crescimento das ciências e técnicas para estruturação de uma agricultura sustentável. Essa agricultura estaria baseada na junção do conhecimento científico com o conhecimento tradicional, considerando os pilares ecológicos e dos diferentes ecossistemas no processo de produção. Considera a pluralidade que envolve o agroecossistema, apreciando, junto a este, as relações sociais, econômicas, culturais, éticas e políticas da produção agrícola.

Para estruturar-se, esta ciência baseia-se em alguns princípios, pautados na natureza da produção dos alimentos, potencialização do sistema produtivo, utilização

de recursos renováveis acessíveis e sua conservação, redução do uso de equipamentos comerciais, adaptação do sistema produtivo ao local que está inserido, variedade biológica e cultural, incentivo na participação política e valorização dos agricultores, abraça a ação e participação coletiva em suas estratégias, além do enfoque na produção de alimentos de qualidade biológica e que favoreçam economicamente à sociedade, pensando em seus impactos a longo prazo.

Apesar de refletir em toda a pluralidade para sua implantação, também se depara com alguns entraves que podem originar conflitos em sua execução, como conflitos no processo de transição, alta complexidade dos sistemas, incoerências econômicas na produção agroecológica, o que requer profissionais com domínios teórico e prático, para capacitar os agricultores e lidar com as adversidades que possam vir a ser enfrentadas, visando a atender às necessidades da comunidade e simplificar os sistemas produtivos.

Nesse sentido, diversos agricultores visualizam e buscam a adoção dessa metodologia, para produzir alimentos de qualidade tanto para o autoconsumo, como para o mercado, fortalecendo a produção e as comunidades locais, promovendo, também, com a adoção de uma agricultura mais sustentável, a produção de alimentos mais fortes, nutricionalmente, e saudáveis. Assim, preserva-se a saúde da população rural, aproximando-se da almejada Segurança Alimentar e Nutricional e soberania dos agricultores.

3 | SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL E AGROECOLOGIA: UM CAMINHO POSSÍVEL?

As políticas públicas no Brasil que tratam da Segurança Alimentar e Nutricional – SAN, com o apoio da construção social, vem trilhando um caminho de avanços em nosso país. O conceito de SAN, diz que a alimentação é direito de todos com acesso regular e permanente, livre de contaminantes em quantidade e qualidade satisfatória, não comprometendo o acesso a outros bens, como também promover práticas alimentares saudáveis (KEPPLE, SEGALL-CORRÊA 2011).

Essas práticas moldam-se de acordo com as particularidades dos sujeitos, seus comportamentos e os espaços que ocupam. Para isso, o alimento percorre um fluxo, que vai do cultivo ao consumidor final, estruturando um sistema alimentar. Segundo Paulillo (2009), o sistema alimentar faz referência a um conjunto de estruturas tecnológicas e sociais que perpassa a colheita até a cozinha, reagrupando os atores sociais envolvidos no processo alimentar, dos quais, cada seguimento forma um complexo sistema que dialoga, entre si, favorecendo ou não o acesso ao alimento.

A Segurança Alimentar e Nutricional, tem como norte a garantia do acesso aos alimentos. Questões de gênero, condição econômicas, idade, religião e localização geográfica, interferem, diretamente, na garantia de uma alimentação de qualidade e,

nutricionalmente, adequada. (BRASIL, 2004). Embora o Brasil possua uma grande área de extensão agrícola, políticas de combate à fome e incentivo à agricultura, uma grande parcela da população, ainda, vivencia diversas desigualdades. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (2016), o Brasil possui uma extensão agrícola de 283547 mil hectares, ocupando a sétima posição na economia mundial, sendo considerada a maior economia da América Latina.

Embora o Brasil seja um país de larga produção de alimentos, o desafio ainda é fazer a comida chegar à mesa de todos, de forma permanente e segura. Pelo terceiro ano consecutivo a FAO registra um aumento no número de pessoas com fome no mundo, subindo de 815 milhões de indivíduos, em 2016, para 821 milhões, em 2017. Essas questões afetam não só as populações urbanas, como também as rurais, muitas vezes, em maiores proporções, devido à dificuldade de acesso físico aos serviços ser mais abrangente.

A fome é, sem sombra de dúvidas, uma inquietude social constante e desafiadora, fortemente ligada à pobreza. Um número significativo de pessoas desnutridas não têm acesso regular aos alimentos, sendo representadas, em grande maioria, por pessoas pobres que vivem em comunidades nas zonas urbanas, e moradores de zonas rurais com longos períodos de estiagem. As causas da fome são divididas em causas exógenas, as calamidades naturais, as causas endógenas relacionadas às questões de guerras, desigualdade social, e fatores estruturais globais, dentre elas a divisão de renda desigual. A dificuldade de obtenção do alimento está mais pautada na divisão injusta de bens ou capital econômico (CONTRERAS, 2011).

Como instrumento de combate à fome e desigualdades sociais, além de apresentar meios que promovam o acesso a alimentos, para todos, quantitativa e qualitativamente, a SAN evidencia a agricultura, ambientalmente, sustentável, que produza alimentos básicos, como meio para a conservação dos recursos naturais indispensáveis. Os componentes que seu conceito carrega fazem oposição ao modelo de produção proposta pela Revolução Verde, que caracteriza a monocultura como principal forma de cultivo de gêneros alimentícios, com utilização de agrotóxicos, em larga escala. A monocultura fragiliza a Segurança Alimentar e Nutricional da população, uma vez que, faz uso de extensa área de terra para um único produto, geralmente soja ou milho, não levando em conta a diversidade e a cultura alimentar. Diante disso, uma alternativa viável seria a agricultura de base agroecológica (TEIXEIRA, PIRES, 2017).

Segundo Caporal e Costabeber (2006), temos dificuldade em acessar alimentos por questões econômicas. Pessoas com menor poder aquisitivo não possuem recursos para comprar alimentos, o que corrobora na diminuição da compra de alimentos de qualidade, livres de contaminantes químicos, pois, sabe-se que a oferta e acesso a alimentos industrializados é maior do que o acesso a alimentos naturais e orgânicos. Acordando com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2002), 81,2% de amostras de alimento continham resíduos de agrotóxicos e 22,17% encontram-se acima do limite permitido pela Legislação. Isso demonstra a insegurança alimentar,

presente não apenas na escassez de alimentos, como também em sua oferta, pois, os alimentos consumidos pela população brasileira estão contaminados por agrotóxicos e fertilizantes.

Apoiada nessas problemáticas, a SAN busca envolver as questões sociais, econômicas e ambientais, para que se possa garantir alimentos de qualidade para toda a população. Sendo assim, observamos a importância de políticas públicas com foco na agricultura de base, por meio da reconversão da agricultura tradicional para uma agricultura sustentável, com foco na agroecologia. Fortalecendo a agricultura familiar e estratégias que reforcem a reestruturação do modelo convencional de cultivo, garantimos a viabilidade do desenvolvimento rural sustentável (ASSIS, 2006). Pautados nesses conceitos e modelos de produção, apresentamos o desejo de alguns agricultores familiares em modificar seus sistemas de cultivo, na intenção de garantir seu sustento e promover a qualidade de vida de sua comunidade.

4 | UM SONHO DISTANTE: O CASO DO ACAMPAMENTO EMILIANO ZAPATA

As ocupações de terras, no Estado da Paraíba, mostram-se crescentes desde a década de 80, até os dias atuais. Relatam-se 61 ocupações no Sertão Paraibano, com a participação de mais de seis mil famílias e de predominância de lideranças, nessas ocupações, da Comissão Pastoral da Terra - CPT e do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra - MST (DATA LUTA, 2013).

O Acampamento Emiliano Zapata, localizado nas margens da BR-230, entre os municípios de Sousa e Aparecida - Paraíba, instalou-se, inicialmente, no local, no período de 2007, com apenas 50 famílias (SILVA, 2014). Atualmente, residem cerca de 110 famílias, em 441, 45 hectares de terra, segundo o INCRA (2017). Denominamos, aqui, a ocupação de acampamento, pois, este, não se caracterizava como assentamento até a realização do estudo. Entendemos por acampamento, o início do estabelecimento da ocupação até a estruturação do assentamento, momento, este, em que são montadas as casas improvisadas com barracas e casebres de lona, ou qualquer outra matéria que possa ser utilizada na construção de suas casas. Como afirmam Figueiredo e Pinto (2014), o acampamento trata do momento de transição até chegar ao lugar objetivado, de assentamento. Já o assentamento, constitui o local de conquista da terra, visto que, surge uma nova organização da comunidade e assimilam-se benefícios, como o direito à terra e políticas públicas voltadas ao incentivo à agricultura.

No acampamento encontramos uma pluralidade de famílias que viram na ocupação, a oportunidade e a esperança de conquistar um pedaço de terra que pudessem viver, cultivar e sustentar suas famílias, por intermédio da agricultura. Triches (2010) menciona o agronegócio como um dos principais eixos da economia do País, porém sua produção concentra-se em alguns produtos, como a soja, e está voltada, principalmente, à exportação. Os alimentos presentes na mesa das famílias brasileiras provêm dos pequenos agricultores familiares, correspondendo a 70% da produção

interna de alimentos. Mas, é importante destacar que esses pequenos agricultores não gozam dos mesmos benefícios e créditos que os grandes produtores, seja em assistência técnica, ou até mesmo em questões de mão de obra para produção. Assim como os benefícios destoam, também destacamos os impactos ambientais que as grandes produções, advindas do agronegócio causam ao meio ambiente. Enquanto o agronegócio, pautado no ideal de desenvolvimento, destrói e polui nascentes e vegetações nativas, os agricultores familiares buscam coexistir com os recursos naturais, buscando a sustentabilidade.

O contexto do Emiliano Zapata, acompanha pequenos agricultores, com poucas ou quase nulas dificuldades de produção e de manutenção da vida, pois, o solo, as condições climáticas, a falta de saneamento, moradia, renda e a escassez de água, tanto para o consumo como para o plantio, interferem no alcance de uma produção de alimentos adequada. Essas situações foram visualizadas durante a observação realizada na pesquisa e nas falas dos atores, no decorrer das entrevistas semidirigidas, nas quais, focamos em questionar o que compreendiam por alimentos saudáveis e se costumavam utilizar insumos químicos em seus plantios, empregando a análise de conteúdo de Bardin (1997) para destacar, em seus relatos, as temáticas referidas. Ademais, como a titulação da terra ainda trata de uma pendência em aberto, os agricultores não conseguem acessar políticas públicas de incentivo à agricultura, o que favoreceria melhorias na qualidade de vida da comunidade.

Apesar de todos os entraves, as famílias buscam valorizar o que conseguem produzir: milho, feijão, maracujá, batata doce, inhame, mamão, laranja, melancia, e suas pequenas criações de animais (galinhas, porcos, cabras e vacas), mesmo que o plantio equivalha apenas para o autoconsumo, estão cientes de que poderiam se alimentar melhor e que pretendem alcançar um estilo de vida mais saudável.

Ao refletir sobre alimentos saudáveis, os agricultores descreveram como sendo alimentos sem agrotóxicos, naturais, que fornecessem o suporte que o organismo necessita para se desenvolver e manter a saúde. Fato este que já vem sendo praticado por estes, quando procuram métodos naturais e sustentáveis para o manejo de seus cultivos, pois, procuram fazer misturas naturais para tratar as pragas que acometem suas produções. Essa questão poderia ser potencializada se houvesse uma assistência técnica no local, contribuindo na manutenção de suas práticas e trazendo o método científico para auxiliar na continuidade do cultivo natural, pois encontram-se em fase de transição-substituição de suas produções. Gliessman (2000) expõe três tipos de transição: a convencional-racionalização, cujos agricultores buscam reduzir o uso de defensivos químicos, para adotar práticas diferenciadas; a transição-substituição, quando os produtores substituem os defensivos por técnicas naturais e práticas de base ecológica no manejo; e a transição-redesenho, na qual os agricultores, junto ao processo de substituição, reorganizam suas propriedades para atender aos desenhos ecológicos de produção.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS: AGROECOLOGIA E RE(EXISTÊNCIAS)

A preocupação da população em garantir alimentos de qualidade na garantia de sua segurança alimentar, contribui na expansão de manejos alternativos de produção que visem ao cultivo de alimentos livres de contaminantes e que reconectem as relações humanas e naturais (NASCIMENTO, et. al, 2019).

Os pequenos agricultores, constantemente, investigam meios para resistir aos avanços do desenvolvimentismo e reexistir diante das adversidades, procurando melhorar seus produtos e atender a seus consumidores, alcançando, isso, a partir da reorganização dos manejos de cultivo e princípios agroecológicos, que além de preservarem o meio ambiente, investem em alimentos mais naturais e saudáveis.

Garantir meios para que essas técnicas ecológicas de manejo das produções cheguem até aos pequenos produtores, podem promover a saúde e Segurança Alimentar e Nutricional desse público e dos demais que se beneficiam das matérias-primas por eles cultivadas.

A conjuntura que envolve os agricultores do Emiliano Zapata, deixa a desejar, mas, estes, demonstram-se abertos a introduzir novas técnicas que colaborem na redução de custos de seus manejos, resgatando e apreendendo seus conhecimentos em acordo aos conhecimentos científicos, para obtenção de sua soberania e consequente Segurança Alimentar e Nutricional. Antes de tudo, precisam ter seus direitos básicos e fundamentais assegurados, como o direito à moradia digna, educação, alimentação, água e saneamento básico, posterior à regularização da terra, para então, conseguirem acessar as políticas públicas voltadas à agricultura, elevando a renda e autoestima da comunidade.

É a partir desse contexto que visualizamos a agricultura de base agroecológica como uma saída apropriada a esses atores, pois, o primeiro passo na transição de substituição de insumos químicos, por produtos naturais, já foi e vem sendo concretizado por eles. A atenção e dignidade ofertadas aos agricultores só têm a alavancar a agricultura e comércio local, contribuindo na vida de milhares de pessoas que vivem em seu entorno.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Jalcione. Da ideologia do progresso à ideia de desenvolvimento (rural) sustentável. In: ALMEIDA, J; NAVARRO, Z. **Reconstruindo a agricultura**: ideias e ideais na perspectiva de um desenvolvimento rural sustentável. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1998.

ALTIERI, Miguel A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. **Revista NERA**, Presidente Prudente, v. 13, n. 16. 2010.

ANDRADES, Thiago Oliveira de; GANIMI, Rosângela Nasser. Revolução Verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, Juiz de Fora, v.21. 2007.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Anvisa investiga alimentos contaminados por agrotóxicos**. Brasília, Boletim Informativo da Anvisa, n. 25, p. 4-5. 2002.

ASSIS, Renato Linhares de. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Economia Aplicada**, Ribeirão Preto, v. 10, n. 1. 2006.

AZEVEDO, Letícia Fátima de; NETTO, Tatiane Almeida. Agroecologia: o “caminho” para o desenvolvimento rural sustentável no processo de extensão rural. **REGET/UFSM**, Santa Maria, v. 19, n. 3. 2015.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Persona, 1997.

BRASIL. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Consea). **II Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, 17-20 março, 2004**. Brasília: Consea, 2004.

BUAINAIN, Antônio Márcio; SOUZA FILHO, Hildo Meirelles de (Colab.). **Agricultura Familiar, Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável: questões para debate**. Brasília: IICA, 2006.

CAPORAL, Francisco Roberto; COSTABEBER, José Antônio. Segurança alimentar e agricultura sustentável: uma perspectiva agroecológica. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 1, n. 1. 2006.

CONTRERAS, Jesús; et al. **Alimentação, sociedade e cultura**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2011.

DATALUTA – NACIONAL. Banco de dados agregados sobre ocupações de terra, 1998- 2012. Presidente Prudente: NERA, 2013.

DE ALMEIDA, Luymara Pereira Bezerra; TAVARES, Helena Cristina; SILVA, Michelle Cristine Medeiros da. **O desejo por uma agricultura familiar de base agroecológica no Assentamento Emiliano Zapata do Município de Sousa/PB: um passo para a Segurança Alimentar e Nutricional**. Anais (on-line). Picuí – PB. 2016. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B01RuZrKctUTUkNHVU1GRDNMNms/view>>. Acesso em 10/02/2019.

EHLERS, Eduardo Mazzaferro. **O que se entende por agricultura sustentável?** Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental). 1994. 165 p. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Knowledge and Information for Sustainable Food Systems**. Rome: FAO, 2016.

FIGUEIREDO, Gislayne Cristina; PINTO, José Marcelino R. Acampamento e assentamento: participação, experiência e vivência em dois momentos da luta pela terra. **Psicologia & Sociedade**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3. 2014.

GLIESSMAN, Stephen R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.

GOMES, João Carlos Costa. As bases epistemológicas da Agroecologia. In: CAPORAL, F. R.; AZEVEDO, E. O. (Org.). **Princípios e perspectivas da Agroecologia**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná – Educação a Distância. 2011. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/principioseperspectivasdaagroecologia.pdf>. Acesso em 10/02/2019.

GUSMÁN, Eduardo Sevilla. Uma estratégia de sustentabilidade a partir da Agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 2, n.1.2001.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. **Incra/PB cria dois assentamentos no Perímetro Irrigado Varzeas de Sousa**, 2017. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/noticias/incrapb-cria-dois-assentamentos-no-perimetro-irrigado-varzeas-de-sousa>>. Acesso em 10/02/2019.

KEPPLE, Anne Walleser; SEGALL-CORRÊA, Ana Maria. Conceituando e medindo Segurança Alimentar e Nutricional. **Ciência & Saúde Coletiva**, Campinas, v. 16, n. 1. 2011.

NASCIMENTO, Shirley G. S.; BECKER, Cláudio; SILVA, Fernanda N.; CALDAS, Nádya V.; ÁVILA, Mariana R. Produção agroecológica e Segurança Alimentar e Nutricional (Brasil). **Revista de Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 42, n. 1. 2019.

NODARI, Rubens Onofre; GUERRA, Miguel Pedro. A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores. **Estudos Avançados**, [S.l.], v. 29, n. 83. 2015.

PAULILLO, Luiz Fernando (Org.). **Reestruturação Agroindustrial: Políticas e Segurança Alimentar Regional**. São Carlos – SP: Edufscar, 2009.

PINHEIRO, Anelize Rizzolo de Oliveira. A alimentação saudável e a promoção da saúde no contexto da segurança alimentar e nutricional. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 7. 2005.

SILVA, José Avelino da. **Do Território da Esperança à Memória da Conquista Territorial: Conflitos e Acesso a Terra pelo MST no Acampamento Emiliano Zapata, Município de Sousa – PB. 2014. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras – PB, 2014.**

TEIXEIRA, Cecília Tayse Muniz; PIRES, Maria Luiza L. Silva. Análise da relação entre produção agroecológica, resiliência e reprodução social da agricultura familiar no Sertão do Araripe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.55, n.1. 2017.

TRICHES, Rozane Marcia. **Reconectando a produção ao consumo: a aquisição de gêneros alimentícios da agricultura familiar para o PNAE. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural). 2010. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.**

LEVANTAMENTO DE MOSCAS BRANCAS (*Bemisia tabaci*) NA CULTURA SOJA, EM UM MUNICÍPIO DO NOROESTE DO RS: ANO I

Isaura Luiza Donati Linck

Universidade Federal de Santa Maria/UFSM –
Frederico Westphalen - RS

Antônio Luis Santi

Universidade Federal de Santa Maria/UFSM –
Frederico Westphalen - RS

Ezequiel Zibetti Fornari

Universidade Federal de Santa Maria/UFSM –
Frederico Westphalen - RS

Luis Felipe Rossetto Gerlach

Universidade Federal de Santa Maria/UFSM –
Frederico Westphalen - RS

Fernanda Marcolan de Souza

Universidade Federal de Santa Maria/UFSM –
Frederico Westphalen - RS

RESUMO: O agronegócio da soja, *Glycyne max* (L.) Merrill, é uma das atividades econômicas mais importantes do Brasil e, atualmente, em franca ascensão em razão da possibilidade da produção de biodiesel a partir do óleo de seus grãos. Existem vários fatores que interferem na sua produção, ocasionando grandes prejuízos. Além do clima, os insetos-praga são outra importante causa de redução da produção da cultura de soja, entre esses a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn., 1889), que, no Brasil, foi considerada por muito tempo praga ocasional. Todavia, o biótipo B da espécie, introduzido

no Brasil no início da década de 90, vem se tornando mais importante a cada safra. Para tanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de controle da mosca branca (*bemisia tabaci*) sob aplicação de diferentes produtos comerciais. O experimento foi estabelecido na área experimental da universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, na safra 2017/2018. A cultura foi semeada em 4 épocas, sendo dia 18 de dezembro de 2017, 05 de janeiro de 2018, 23 de janeiro de 2018, e 09 de fevereiro de 2018. A cultivar de soja utilizada foi o material TMG 7262 INOX, foi avaliado semanalmente a partir do estágio fenológico de V6 a incidência de mosca branca no terço médio da planta.

PALAVRAS-CHAVE: *Bemisia tabaci*. População. Produtividade.

LIGHTING OF WHITE FLIES (*Bemisia tabaci*) IN SOYBEAN CULTURE, IN A MUNICIPALITY OF THE NORTHWEST OF RS: YEAR I

ABSTRACT: The soybean agribusiness, *Glycyne max* (L.) Merrill, is one of the most important economic activities in Brazil and, currently, in a steady rise due to the possibility of producing biodiesel from the oil of its grains. There are several factors that interfere with its production, causing great losses. In addition to the climate, pest insects are another important

cause of reduced production of soybeans, including the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn., 1889), which in Brazil has long been considered a pest. However, the biotype B of the species, introduced in Brazil in the early 90's, has become more important with each crop. For this, the objective of this work was to evaluate the control efficiency of the whitefly (*bemisia tabaci*) under different commercial products. The experiment was established in the experimental area of the Rio Verde Foundation, in Lucas do Rio Verde, Mato Grosso, in the 2015/2016 harvest. The crop was sown on December 15, 2015, the installation performed on January 8, 2016 and the harvest on April 2, 2015. The soybean cultivar used was the TMG 132 RR material, the phenological stage that the plant was at the time of application was V4. Ten treatments were tested in the experiment.

KEYWORDS: *Bemisia tabaci*. Population. Productivity.

1 | INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro é considerado o pilar da economia nacional, com uma participação de 21,6% no PIB do país no último ano, 2018 (CEPEA, 2018).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das mais importantes culturas na economia mundial. Seus grãos são muito usados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. Vale ressaltar seu crescimento também para uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO & ROSSI, 2000).

Conforme publicado na Embrapa pelos Strieder e Bertagnolli, S/D, a soja é hoje a maior fonte direta de renda na agricultura de produção de grãos no verão. O cultivo de soja no Rio Grande do Sul tem expandido nos anos recentes, por vezes, para áreas agrícolas marginais ou com menor capacidade produtiva.

Entretanto, existem vários fatores que interferem na sua produção, ocasionando grandes prejuízos. Um destes fatores são os insetos-praga, que são outra importante causa de redução da produção da cultura de soja. Lima e Lara (2004), destacam que além dos percevejos fitófagos e as lagartas desfolhadoras, temos como importante praga para cultura da soja a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Genn., 1889), que, no Brasil, foi considerada por muito tempo praga ocasional. Todavia, o biótipo B da espécie, introduzido no Brasil no início da década de 90, vem se tornando mais importante a cada safra (LIMA & LARA, 2004).

A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (= *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) pode ser encontrada nas regiões subtropical e temperada, tendo mais de 500 espécies de plantas hospedeiras, primariamente herbáceas anuais, muitas dessas de importância econômica (Brown 1992). Esse inseto é responsável por causar danos diretos pela sucção da seiva e injeção de toxinas, e danos indiretos pela transmissão de viroses e pelo favorecimento no desenvolvimento do fungo *Capnodium* sp sobre as folhas, conhecido comumente como fumagina (NARANJO & FLINT, 1995;

SUEKANE et al. 2013). Villas-Bôas et al., (1997), consideram o biótipo B de *B. tabaci* o mais agressivo e virulento, pois se adapta facilmente a novas plantas hospedeiras e a condições climáticas diversas, alimenta-se mais, produz maior quantidade de “honeydew”. Pode também acarretar desordens fisiológicas nas plantas infestadas (PERRING, 2001). Para a cultura da soja, os principais danos estão relacionados à transmissão de geminivírus, caracterizados pelos sintomas de nanismo severo, enrolamento das folhas, intensa clorose e diminuição da produção de grãos (VALLE & LOURENÇÃO, 2002).

Albergaria; Cividanes (2002) citam que em vários países, os danos que o inseto causa nas culturas têm frequentemente atingido 100% de perdas, além de gerar índices de desemprego superiores a 30% no campo e colapso na produção agrícola de várias culturas (Apud Ferreira & Avidos 1998).

Como citado por Degrande; et al. (2013), no País, para diversas culturas, ainda não há estudos consolidados sobre o nível de controle desta praga. Um dos métodos de amostragem da praga, nas culturas de algodão, se baseia no exame criterioso de folhas do quinto nó, através da análise de presença/ ausência com contagem de adultos e ninfas grandes; o nível de controle definido é uma ninfa grande e 3-5 adultos por disco (3,88 cm²) de folha, ou 40% dos discos foliares infestados com uma ou mais ninfas grandes; estas indicações são baseadas no trabalho de Diehl et al. (1997a) e Diehl et al. (1997b) em estudos de amostragem binomial de ninfas e adultos realizado no Arizona (Estados Unidos).

Segundo Moraes; et al. (2009), o controle desse hemíptero resume-se, principalmente, à aplicação de inseticidas. Entretanto, algumas características biológicas e comportamentais do inseto favorecem o aparecimento de resistência aos inseticidas de diferentes grupos químicos. Assim, o potencial para populações de *B. tabaci* se tornarem resistentes, como consequência do uso intensivo de produtos químicos, tem estimulado estudos em estratégias alternativas de Manejo Integrado de Pragas (BALDIN et al., 2005; BLEICHER et al., 2007). Uma alternativa para o manejo desta praga é pela diversificação da vegetação na paisagem agrícola, prática comumente adotada em sistema de produção com manejo de base ecológica, visando o favorecimento de serviços do ecossistema, como o controle biológico (SUJII, Edison Ryoiti; et al., 2014).

Para tanto, este trabalho teve como objetivo a quantificação e verificação da presença de moscas brancas (*Bemisia tabaci*) adultas de forma manual, em um município do interior do Estado do Rio Grande do Sul.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, em Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, na safra 2017/2018. A área na qual foi realizada a contagem do hemípteras, em anos anteriores

não se observava e nem se discutia a respeito da mosca branca. Vale frisar que a pesquisa foi executada pelo Laboratório de Agricultura de Precisão do Sul (LAPSul) da UFSM-FW.

As coordenadas geográficas do local do experimento foram obtidas com GPS (Global Positioning System). Os valores foram 535 metros de altitude; Latitude: 27° 21' 27" Sul, Longitude: 53° 23' 40" Oeste. A cultivar de soja utilizada foi o material TMG 7262 INOX.

A área de análise foi composta por 4 blocos de 500 m² cada (total de 2000 m²), estes subdivididos em linhas espaçadas em 0,45 m entre linhas.

Cada bloco consistia de uma época de semeadura, sendo o plantio realizado em 18 de dezembro de 2017, 05 de janeiro de 2018, 23 de janeiro de 2018, e 09 de fevereiro de 2018.

A metodologia adotada consistiu em avaliações realizadas semanalmente, sendo feito 10 avaliações por bloco, e em cada avaliação realizado a quantificação e verificação de adultos de mosca branca no terço médio da planta em diferentes estádios fenológicos.

As coletas iniciaram em 09 de fevereiro de 2018, as avaliações seguiram semanalmente até dia 24 de março de 2018.

As avaliações realizadas basearam-se em quantificar e verificar a presença de adultos de mosca branca no terço médio da planta.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados, observou-se a presença da praga, *Bemisia tabaci*, na soja em praticamente todo ciclo da cultura, constatando uma média de 465 adultos por hectare, em diferentes estádios da soja. Esse fato deve ser discutido, de forma a encontrar estratégias e meios de parar com a fácil adaptação deste hemíptero a um novo habitat (estados onde há um inverno com temperaturas baixas), e evitar um acúmulo de gerações, fazendo com que o controle se torne difícil e inviável. Vale ressaltar que a mosca branca, anteriormente, era uma praga inexistente no RS. Os levantamentos, mostrando os estádios fenológicos os quais avaliou-se a incidência do inseto encontram-se no gráfico 1, que aponta a incidência da praga em todos os estádios avaliados, no entanto uma maior população quando se encontrava em R2, e isso pode ser justificado por vários fatores, sendo um deles, este estágio apresentar uma maior área foliar, e ainda com boa palatabilidade.

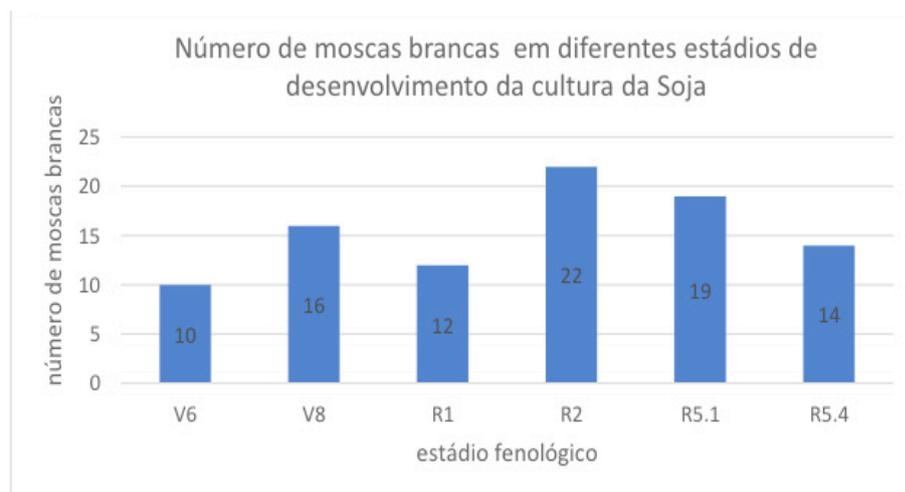


Gráfico 1 – Número de moscas brancas em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da soja, safra 2017/18.

(Fonte: LINCK, 2019)

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa feita, concluiu-se que, este estudo vem suprir uma necessidade de alertar e reforçar produtores e pesquisadores da importância de um Sistema Plantio Direto bem feito, incluindo a rotação de culturas, prática esta que é umas das principais formas de controle natural e preventivo da *Bemisia tabaci*.

REFERÊNCIAS

ALBERGARIA, Nuno M.M.S.; CIVIDANES, Francisco J.. **Exigências Térmicas de *Bemisia tabaci* (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae)**. Depto. Fitossanidade, UNESP/FCAV, 14884-900, Jaboticabal/ SP.

BALDIN, E.L.L.; VENDRAMIM, J.D.; LOURENÇÃO, A.L. **Resistência de Genótipos de Tomateiro à Mosca Branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae)**. Neotropical Entomology, Londrina, v.34, n.3, p.435-441, maio/jun. 2005.

BLEICHER, E.; GONÇALVES, M.E.C.; SILVA, L.D. **Efeito de derivados de Nim aplicados por pulverização sobre a mosca-branca em meloeiro**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.25, n.1, p.110113, jan./mar. 2007.

BROWN, J.K. 1992. **Biotypes of the sweetpotato whitefly: current perspective. Proceedings, Beltwide Cotton Conferences**. Production Research National Cotton Council of America, Memphis, TN. 2: 665-670.

CEPEA-Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/Departamento de Economia, Administração e Sociologia/ESALQ-USP. **PIB do agronegócio brasileiro de 1996 a 2018**. Piracicaba, SP: CEPEA/ESALQ, 2018. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 30 out. 2018.

COSTA NETO, Pedro R.; ROSSI, Luciano F. S.. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Revista Química Nova. Curitiba/PR, 2000.

LIMA Antonio C.S.; LARA Fernando M.. **Resistência de Genótipos de Soja à Mosca Branca**

Bemisia tabaci (Genn.) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). Neotropical Entomology, 33(1):071-075. Jan-Fev/2004.

MORAES, Jair Campos; FERREIRA, Ronara Souza; COSTA, Rosane Rodrigues. **Indutores de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (GENN., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja.** Ciência agrotécnica, , v. 33, n. 5, p. 1260-1264, set./out., Lavras/2009.

NARANJO, S.; FLINT, H. M. **Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development of fixed-precision sequential sampling plans for estimating population density.** Environmental Entomology, Lanham, v. 24, n. 2, p. 261-270, 1995.

PERRING, T.M. **The *Bemisia tabaci* species complex.** Crop Protection, Oxford, v.20, n.9, p. 725-737, nov. 2001.

STRIEDER, Mercio Luiz; BERTAGNOLLI, Paulo Fernando. EMBRAPA, 2016. **A soja no sistema de cultivo.** Data de acesso: 14/fev/2018, Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8901995/artigo---a-soja-no-sistema-de-cultivo>>

SUEKANE, R.; DEGRANDE, P.E.; JUNIOR, I.S. de Lima; QUEIROZ, M.V.B.M. de; RIGONI, E.R. **Danos da mosca-branca *bemisia tabaci* (genn.) e distribuição vertical das ninfas em cultivares de soja em casa de vegetação.** Arquivos Instituto Biológico, São Paulo, v.80, n.2, p.151-158, abr./jun., 2013.

VILLAS-BÔAS, G. L.; FRANÇA, F.; ÁVILA, A. C.; BEZERRA, I. C. **Manejo integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolii*.** Brasília. DF: Embrapa-CNPq, 1997. 11 p. (Circular técnica, 9).

QUANTIFICAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS E CLASSIFICAÇÃO DE SUA ATIVIDADE ENZIMÁTICA PROTEOLÍTICA E LIPOLÍTICA EM LEITE CRU CAPTADO EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO DE PIUMHI-MG

Maria Clara de Freitas Guimarães Santos

Centro Universitário de Formiga UNIFOR - MG
Formiga – MG

Eudoro da Costa Lima Neto

Centro Universitário de Formiga UNIFOR - MG
Formiga – MG

Talitha Oliveira de Rezende

Centro Universitário de Formiga UNIFOR - MG
Formiga – MG

Leonardo Borges Acurcio

Centro Universitário de Formiga UNIFOR - MG
Formiga – MG

RESUMO: Para avaliar a qualidade do leite, o perfil microbiológico é o mais utilizado tendo em vista que elevadas contagens de micro-organismo no leite impactam em sua vida útil, promovendo a putrescência dos principais elementos do leite, deteriorando-o ao se multiplicarem antes e após o seu beneficiamento por atividade de enzimas termorresistentes. Esses micro-organismos são classificados em três grupos: mesofílicos, termofílicos e mesofílicos psicrotóxicos, denominados comumente de psicrotóxicos. O objetivo deste trabalho foi quantificar os micro-organismos e classificar a sua atividade enzimática proteolítica e lipolítica em leite cru captado em três laticínios no município de Piumhi-MG. Amostras de leite

cru resfriado foram coletadas em tanques de expansão de três laticínios distintos (três amostras por laticínio) no município de Piumhi, MG. As amostras foram homogeneizadas e diluídas decimalmente em salina estéril, sendo espalhadas (0,1ml) das diluições selecionadas em placa de petri contendo ágar BHI, incubadas a 37°C, durante sete dias. Os resultados foram observados a cada 48h. Os isolados bacterianos foram avaliados quanto à morfologia e às características morfotintoriais. A capacidade de produzir proteases foi determinada em ágar caseinato de cálcio e a de produzir lipases em ágar tributirina, a 7°C e a 37°C. Os resultados encontrados na contagem de micro-organismos totais das amostras de leite cru coletadas expressaram variações de $9,6 \times 10^6$ UFC/mL a $1,32 \times 10^7$ UFC/mL. Foram encontrados e caracterizados 14 morfotipos das colônias isoladas. Em relação às características morfotintoriais, 57,2% apresentaram-se com Gram negativos e 42,8% Gram positivos. O leite cru refrigerado apresentou-se fora dos padrões exigidos pela legislação vigente, tendo alta contagem de micro-organismos mesofílicos. Já em relação às características psicrotóxicas, cerca de metade das amostras foram capazes de crescer a 7°C. Contudo, nenhuma delas apresentou atividade enzimática a essa temperatura.

PALAVRAS-CHAVE: Deterioração enzimática.

ABSTRACT: Microbiological profiling is an important tool to evaluate milk quality, since a high count may impact its lifespan through promotion of deterioration and thermoresistant enzymes. These microorganisms are classified in three groups: mesophilic, thermophilic, and mesophilic psychrotrophic, commonly named psychrotrophic. The objective of this study was to quantify milk microbiota and classify it regarding their proteolytic and lipolytic activity. Raw milk samples were harvested from expansion tanks in three dairy plants (three samples per dairy plant) located at Piumhi-MG. Samples were homogenized and serially diluted in sterile saline, being transferred to petri dishes containing BHI agar. Incubation followed at 37°C, for seven days. Results were verified every 48h. Bacterial isolates were characterized regarding their morphology and morphotintorial aspects. Proteolytic activity was determined in calcium caseinate agar and lipolytic activity in tributyrin agar, at 7°C and 37°C. Total microbial count in raw milk samples ranged from 9.60×10^6 CFU/mL to 1.32×10^7 CFU/mL. 14 morphotypes were determined, being 57.2% Gram negative, and 42.8% Gram positive. Raw milk analyzed in this study was not in accordance to current legislation. Regarding psychrotrophic profile, about half of the samples were able to grow at 7°C. However, none of them presented enzymatic activity at this temperature.

KEYWORDS: Enzimatic deterioration. Raw milk. Psychrotrophics.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o quinto lugar no ranking mundial de produção de leite, com uma produção aproximada de 34 milhões de toneladas, possuindo assim um grande papel socioeconômico no agronegócio brasileiro, sendo Minas Gerais o principal produtor nacional, produzindo cerca de 26% do leite brasileiro (IBGE, 2017).

De acordo com a instrução normativa de identidade e qualidade de leite cru (IN 76), o leite é caracterizado como produto extraído da glândula mamária de bovinos fêmeas saudáveis, por meio de ordenha, sem interrupção, com higiene adequada, visando sempre a boa nutrição e o bem-estar animal (BRASIL, 2018).

Devido ao alto valor nutritivo, o leite é de extrema importância para a alimentação humana, contendo substâncias benéficas à saúde como: vitaminas, proteínas, sais minerais e carboidratos, sabendo-se que esta composição pode variar de acordo com a raça do animal, idade, estágio de lactação, alimentação, além das boas práticas de obtenção e fabricação (beneficiamento) do leite. O leite “in natura”, logo após a ordenha, possui condições adequadas para a multiplicação de micro-organismos responsáveis pela degradação das substâncias benéficas, diminuindo assim a vida útil do produto (CARDOSO, 2006; SILVA, 2010).

O principal método utilizado para avaliação da qualidade do leite é o perfil microbiológico, pois elevadas contagens de micro-organismos no leite resultam em impacto direto na sua vida útil, pois estes promovem a putrescência dos principais

elementos do leite como: proteína, gordura e lactose (CHAMBERS, 2005; NERO et al., 2009)

Os micro-organismos identificados no leite, podem ser classificados em três grupos: mesofílicos, termofílicos e mesofílicos psicrófilos. Os psicrófilos se destacam neste contexto, pois mantêm-se metabolicamente ativo em temperaturas mais baixas (próximas de 7°C), produzindo enzimas com atividades proteolítica e lipolítica. Estes micro-organismos são os que mais participam na deterioração do leite e de derivados lácteos, deteriorando o leite ao se multiplicarem antes do beneficiamento e, também, após o beneficiamento do leite, por atividades de suas enzimas que são, usualmente, termorresistentes. A atividade enzimática resultante de proteases e lipases está associada com a piora da qualidade sensorial e com o baixo rendimento deste leite e seus derivados. Os principais micro-organismos psicrófilos associados ao leite são não patogênicos, mas alguns gêneros podem também causar quadros de intoxicação alimentar (MÜLLER, 2002).

O objetivo deste trabalho foi quantificar as bactérias psicrófilas e classificar as atividades enzimáticas proteolíticas e lipolíticas destas, presentes em leite cru resfriado de laticínios do centro-oeste de Minas Gerais, tendo em vista que estas atividades enzimáticas levam a uma deterioração dos componentes do leite, prejudicando assim o seu rendimento industrial.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEITE

O leite é produzido durante a lactação e secretado pelas glândulas mamárias das fêmeas bovinas, possui uma coloração branca ou até mesmo amarelada, odor característico agradável e sabor adocicado (SILVA, 2010).

Considerado um alimento muito importante e um dos mais completos, o leite é ótimo para alimentação de pessoas em qualquer faixa etária, pois ele é um alimento de alto valor nutricional, contendo proteínas, minerais (como o cálcio, magnésio, selênio), vitaminas (como a riboflavina, a vitamina B12 e a vitamina B5) que favorecem a formação e manutenção da saúde dos tecidos presentes no corpo humano além de fortalecerem os ossos. Tais nutrientes também favorecem o processo de cicatrização, melhoram o sistema imunológico, além de auxiliarem na conservação de cabelos e músculos. Todavia, o leite possui uma quantidade baixa de ferro e vitamina D, além da ausência de ácido fólico, não conseguindo atender as exigências nutricionais completamente (MÜLLER, 2002).

A classificação dos micro-organismos presentes no leite, pode ser assim disposta: desejáveis e indesejáveis. Os desejáveis são fundamentalmente aqueles responsáveis pelos processos metabólicos, propiciando, de uma forma geral, benefícios à saúde humana. Já os indesejáveis, advêm principalmente de uma atividade microbiana

descontrolada, modificando as características e tornando o leite e seus derivados inadequados ao consumo, podendo ser, inclusive, prejudiciais à saúde do consumidor (GUERREIRO et al., 2005).

2.2 QUALIDADE DO LEITE

Para uma produção de leite de qualidade, devemos sempre observar a saúde do animal, assim como a higienização dos utensílios de ordenha e, também, as condições de armazenamento do produto (ARAÚJO et al., 2013).

Devido à boa capacidade de multiplicação dos micro-organismos e sua considerável resistência à temperatura de refrigeração, o controle da qualidade do leite, desde a ordenha até o seu beneficiamento, é de grande importância. Todas as empresas responsáveis por coletar a matéria-prima dos produtores estão exigindo produto com qualidade crescente. Com estas mudanças, os produtores estão mais cuidadosos com a higienização de equipamento e utensílios, sanidade dos animais, a fim de obterem produtos de qualidade cada vez melhores (GUERREIRO et al., 2005).

Nesse contexto, foram designados parâmetros para avaliação da qualidade do leite pela Instrução Normativa nº 76, com requisitos mínimos para composição do leite cru, dentre eles, a contagem de células somáticas e contagem bacteriana total (BRASIL, 2018).

A contagem bacteriana total está relacionada a uma contaminação indireta do leite, sendo os principais fatores relacionados com a higienização indevida dos utensílios de ordenha e com o transporte e armazenamento do leite inadequados (VARGAS et al., 2013).

2.3 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E BIOLÓGICA DO LEITE

As avaliações físico-químicas e biológicas do leite são de suma importância para indústrias e consumidores, pois estas avaliações consistem em estimar todos os elementos contidos na composição do leite, como teor de gordura e proteína, contagem de células somáticas e bacterianas totais, assegurando assim a qualidade da matéria-prima e, possivelmente, do produto final. Um dos pontos fundamentais desta avaliação está em mostrar aos produtores que quando se produz leite de forma inadequada, se produz matéria-prima em qualidade inferior à exigida pela legislação (MACHADO; CASSOLI, 2002). Uma matéria-prima de qualidade inferior irá gerar prejuízos para a indústria, além da produção de derivados de pior qualidade, o que impacta tanto aos produtores como aos consumidores finais. A gordura, por exemplo, é um componente que sofre muita variação, seja por fatores fisiológicos (como raça e idade das vacas) ou por fatores nutricionais ou patológicos (como a mastite), proporcionando derivados lácteos, como queijos com rendimento, textura e aroma inferiores (BARBOSA et al., 2014).

2.4 CONTAGEM BACTERIANA TOTAL

As avaliações de contagem bacteriana total (CBT) possibilitam observar a quantidade de bactérias presentes no leite analisado, resultados estes que demonstram, principalmente, a falta de boas práticas agropecuárias na higienização dos equipamentos de ordenha como: utilização de água contaminada, limpeza indevida dos utensílios, estado de conservação indevido dos equipamentos, entre outros (MACHADO; CASSOLI, 2002).

O parâmetro para a contagem bacteriana total, é designada pela UFC/ml (unidade formadora de colônia por mililitros) em que, para animais saudáveis, 10.000 UFC/ml é considerado um limite satisfatório. Os principais fatores que podem elevar esses níveis são: refrigeração inadequada do leite, devido a facilidade de proliferação das bactérias entre as temperaturas a partir de 4°C, especialmente os micro-organismos psicotróficos, que conseguem se multiplicar em temperaturas mais baixas (ressaltando que os tanques de armazenamento do leite devem homogeneizar e resfriar a 4°C todo o leite contido em seu interior em um tempo de até três horas, depois do fim da ordenha); transporte prolongado do leite em tanques isotérmicos; condição insatisfatória de higiene dos equipamentos; noções inadequadas de higiene dos ordenhadores; etc... (ORDÓNEZ et al., 2007).

2.5 MICRO-ORGANISMOS PSICOTRÓFICOS

A implementação de normas de refrigeração do leite após a ordenha possibilitou a diminuição de perda do leite por inibir sua deterioração ácida por conta da proliferação de micro-organismos mesófilos. Essas normas adotadas no Brasil, a partir de 2002, atuaram e atuam de forma seletiva favorecendo, em algumas ocasiões, o crescimento dos micro-organismos psicotróficos, devido ao crescimento destes em temperaturas mais baixas (FAIRBAIRN; LAW, 1986; BRASIL, 2002).

Dentro do grupo de micro-organismos psicotróficos presentes no leite, estão bactérias Gram negativo e Gram positivo, sendo as mais comumente encontradas no leite aquelas pertencentes aos seguintes gêneros: *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Clostridium*, *Microbacterium*, *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Arthrobacter* e *Bacillus* (SORHOUG; STEPANIAK, 1997). Os micro-organismos psicotróficos são caracterizados por serem capazes de se desenvolver em temperatura de refrigeração abaixo de 7°C, apesar do crescimento ótimo em temperatura ambiente (SANTOS et al., 2009). Devido a este fator, devemos compreender estes mecanismos de adaptação a baixas temperaturas, melhorando então as medidas de controle ao aumento destes micro-organismos no leite. A capacidade dos psicotróficos de se desenvolverem em baixas faixas de temperatura é devido a alterações dos lipídeos e das proteínas da membrana celular destes micro-organismos, que vão ser mais resistentes ao estresse térmico promovidos pela refrigeração (PINTO, 2004).

A modificação dos lipídios da membrana celular garante melhor capacidade de

regulação da sua fluidez e permeabilidade; ao passo que as alterações de proteínas são de caráter genotípico e associadas a propriedades das enzimas bacterianas e aos seus sistemas de tradução, que não deixam de ocorrer mesmo em temperaturas inferiores. A adaptação dos micro-organismos psicotróficos para se desenvolverem em baixas temperaturas pode ser explicada pela preservação do fluxo metabólico celular. Para isso, são necessárias modificações estruturais das enzimas, para que elas mantenham sua capacidade catalítica eficiente, proporcionando então adaptação ao frio (PINTO, 2004).

Micro-organismos psicotróficos estão presentes no ambiente, habitando solos, água e tecidos animais, sendo os principais deteriorantes de leite (especialmente o refrigerado) e seus derivados (RAJMOHAN, 2002). A grande maioria dos micro-organismos psicotróficos são eliminados por tratamento térmico, mas a deterioração que ocorre no leite por estes micro-organismos se dá principalmente pela ação de enzimas produzidas por eles, enzimas essas, que são termorresistentes e, mesmo com a pasteurização (72 a 75°C por 15 a 20 seg.) ou o tratamento UAT (130 a 150°C por 2 a 4 seg.), não são eliminadas do leite, resultando na deterioração deste pela atividade proteolítica e lipolítica das enzimas mencionadas (SORHAUG; STEPHANIAK, 1997).

As ações enzimáticas de proteólises atuam em sua maioria na κ -caseína, desestabilizando as micelas de caseína por meio de clivagem na porção C-terminal destas. As submicelas de κ -caseína, que são as mais afetadas, se situam na periferia da micela e proporcionam estabilidade à partícula de caseína. Sua hidrólise faz com que haja a coagulação do leite, de modo similar ao que ocorre na coagulação enzimática (por ação da quimosina, por exemplo), desencadeando problemas tecnológicos como: baixo rendimento em derivados lácteos, amargor do leite e derivados, gelificação do leite UAT e produção exagerada de aminoácidos no período de maturação de queijos, proporcionando um sabor amargo além de uma queda no rendimento (MOREIRA, 2010; TONDO et al., 2003;).

Já as enzimas que promovem lipólises, atuam hidrolisando triglicerídeos (que formam a gordura) em ácidos graxos de cadeia curta por meio da lecitinase, considerada umas das mais importantes lipases sintetizadas pelos psicotróficos. Tal enzima atua na ruptura da membrana dos glóbulos de gordura e, do mesmo modo, também destroem a membrana dos glóbulos de gordura (por meio da fosfolipase C), acelerando a degradação dos lipídeos e levando ao aparecimento de odor desagradável no leite e derivados lácteos, como o de ranço em queijos (TONDO et al., 2003; NUNES, 2017).

3 | MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de leite cru resfriado (até 7°C), foram coletadas em tanques de expansão, de três laticínios no município de Piumhi-MG, em frascos estéreis de 80 ml. As amostras foram transportadas em caixa isotérmica contendo gelo até o Laboratório de Microbiologia do Centro Universitário de Formiga-MG (UNIFOR-MG) onde foram

analisadas. As coletas ocorreram no período de março a junho.

Foram coletadas três amostras por laticínio, onde foram homogeneizadas e diluídas em tubos contendo 9ml de solução de salina estéril (0,9% NaCl) e formadas alíquotas a 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} . Foram espalhados 0,1ml das diluições em placas de petri contendo ágar BHI (*Brain Heart Infusion*, Himedia, Mumbai, Índia), que foram em seguida foram incubadas a 37°C, durante um período máximo de sete dias. Os resultados parciais foram observados a cada 48h (dois dias) (FIGUEIREDO, 2017).

Os isolados bacterianos, quando presentes, foram avaliados quanto à morfologia das suas colônias e quanto às suas características morfotintoriais (avaliadas pela coloração de Gram e visualização em microscopia por imersão: aumento de 100x em microscópio óptico). A capacidade de produzir proteases, foi determinada em ágar caseinato de cálcio (Merck, Darmstadt, Alemanha) e de produzir lípases em ágar tributirina (Merck, Darmstadt, Alemanha), tanto a 7°C como a 37°C, durante, no máximo, 48h (dois dias). A proteólise e a lipólise, quando presentes, foram evidenciadas por uma zona clara ao redor da colônia.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONTAGEM DE MICRO-ORGANISMOS

Os resultados encontrados na contagem de micro-organismos totais das amostras de leite cru coletadas expressaram variações de $9,6 \times 10^6$ UFC/mL a $1,32 \times 10^7$ UFC/mL (Quadro 1). Pinto (2006), em termos de contagem, encontraram, assim como no presente estudo, uma alta contagem e supuseram que o leite captado sofre contaminação durante o processo de ordenha, devido aos fatores já descritos. Já Pereira (2010) observou que, de sete empresas analisadas, quatro apresentaram alta contagem de micro-organismos e três estavam dentro do padrão exigido pela Instrução Normativa nº 51, que era na época de 750.000 UFC/mL. Cardoso (2005), por sua vez, também relatou contagem elevada de bactérias (acima de 10^6 UFC/ml), o que indica que o uma contagem elevada tende a ser mais comum do que uma contagem reduzida, em se tratando de contagem bacteriana total (CBT) de leite cru.

Os isolados foram separados de acordo com as características morfológicas das colônias que cresceram a 37°C em ágar BHI (Himedia). Tais resultados podem ser observados nas Tabelas 2, 3 e 4. No laticínio DI foram encontrados cinco morfotipos diferentes, no VA seis morfotipos e, no VI, somente três morfotipos.

LATICÍNIO	Contagem (UFC/mL)
DI	$1,32 \times 10^7$
VA	$1,56 \times 10^7$
VI	$9,6 \times 10^6$

Quadro 1. Quantificação de micro-organismos mesófilos (a 37°C) (UFC/mL)

Aspecto morfológico	Colônia				
	1	2	3	4	5
Cor	Branca	Amarela	Amarela	Branca	Creme
Transparência	Translúcida	Translúcida	Opaca	Translúcida	Opaca
Forma	Redonda	Redonda	Redonda	Indefinida	Redonda
Borda	Irregular	Regular	Regular	Irregular	Regular
Tamanho	Média	Pequena	Pequena	Média	Pequena

Tabela 2. Caracterização morfológica das colônias do laticínio DI

Aspecto morfológico	Colônia					
	1	2	3	4	5	6
Cor	Amarela	Creme	Branca	Amarela	Amarela	Creme
Transparência	Opaca	Translúcida	Opaca	Translúcida	Translúcida	Opaca
Forma	Indefinida	Redonda com depressão	Redonda	Redonda	Redonda com depressão	Redonda
Borda	Irregular	Regular	Regular	Regular	Regular	Irregular
Tamanho	Grande	Média	Média	Pequena	Média	Média

Tabela 3. Caracterização morfológica das colônias do laticínio VA

Aspecto morfológico	Colônia		
	1	2	3
Cor	Branca	Amarela	Branca
Transparência	Translúcida	Opaca	Translúcida
Forma	Redonda	Redonda	Redonda
Borda	Irregular	Regular	Irregular
Tamanho	Média	Pequena	Média

Tabela 4. Caracterização morfológica das colônias do laticínio VI

4.2 ASPECTOS MORFOTINTORIAIS

Resultados encontrados na morfotintura (coloração de GRAM e visualização em microscopia ótica sob imersão, aumento de 100x) demonstraram oito dos isolados são Gram negativos (57,2%) e seis são Gram positivos (42,8%) (Quadro 2). Resultados que concordam com Silva (2005), que obteve em seus estudos prevalência de bactérias Gram negativos isolados nas amostras de leite cru resfriado e prevalência menor de Gram positivos.

Nos resultados encontrados, houve prevalência de cocobacilos Gram negativo. Quando comparado com o estudo de ARCURI (2008), que encontrou uma incidência considerável de *Acinetobacter* spp., pode-se sugerir que estes cocobacilos sejam do mesmo gênero, o que se torna preocupante, pois há diversos estudos com relação a resistência deste gênero a antibióticos e sua facilidade de disseminação como patógeno, principalmente para indivíduos imunossuprimidos.

Laticínio	Identificação	Morfologia	Coloração (Gram)
DI	1	Cocobacilo	Positivo
	2	Cocobacilo	Negativo
	3	Cocobacilo	Negativo
	4	Cocobacilo	Negativo
	5	Bacilo	Negativo
VA	1	Bacilo	Positivo
	2	Cocobacilo	Negativo
	3	Cocobacilo	Positivo
	4	Coco	Negativo
	5	Cocobacilo	Positivo
	6	Cocobacilo	Negativo
VI	1	Coco	Negativo
	2	Coco	Positivo
	3	Bacilo	Positivo

Quadro 2. Características morfológicas e classificação morfotintorial dos micro-organismos isolados.

4.3 CARACTERÍSTICAS PSICROTRÓFICAS, PROTEÓLISE E LIPÓLISE

Características sugestivas de micro-organismos psicotróficos (crescimento a 7°C) e avaliação de sua capacidade lipolítica em ágar tributirina e proteolítica em ágar caseinato de cálcio, tanto a 37°C e a 7°C, foram então avaliados para os isolados bacterianos. O Quadro 3 compila os resultados observados, que evidenciaram baixa incidência de micro-organismos com capacidade lipolítica e uma incidência relativamente maior de micro-organismos com capacidade proteolítica (especialmente a 37°C). Um contaminante frequente de leite cru é o micro-organismo pertencente ao gênero *Pseudomonas*. Este gênero, segundo Silva (2005), em seu estudo, principalmente representado pela espécie *Pseudomonas fluorescens*, no contexto da microbiota indesejável do leite, se mostrou altamente produtora de protease e lipase. Em uma extrapolação, os micro-organismos bacilos Gram negativos com atividade proteolítica observados no presente estudo (como VA 6 e DI 2, por exemplo) poderiam ser pertencentes a tal gênero, o que reforça a nossa preocupação com o controle da microbiota do leite, especialmente a indesejável. O fato de não termos observado lipólise e uma incidência de proteólise insignificante a 7°C, resultados estes que corroboram com os de Valeriano (2007), que encontrou prevalência de atividade proteolítica e menor observação de atividade lipolítica, nos aliviam quanto ao caráter psicotrófico das amostras aqui analisadas. Cardoso (2006) também observou em seu estudo que, de uma forma geral, os micro-organismos proteolíticos são mais frequentes que os lipolíticos, o que está de acordo com os resultados aqui encontrados.

Identificação	Temperatura de incubação					
	37°C			7°C		
	Crescimento	Proteólise	Lipólise	Crescimento	Proteólise	Lipólise
DI 1	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
DI 2	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
DI 3	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
DI 4	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não
DI 5	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não
VA 1	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
VA 2	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
VA 3	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não
VA 4	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
VA 5	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
VA 6	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
VI 1	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
VI 2	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
VI 3	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

Quadro 3. Resultados encontrados do perfil enzimático e da temperatura de incubação dos isolados bacterianos a 37°C e a 7°C.

5 | CONCLUSÃO

O leite cru refrigerado, captado por laticínios da região de Piumhi-MG, apresentou-se, neste estudo, fora dos padrões exigidos pela legislação vigente, estipulada na Instrução Normativa nº76 (BRASIL, 2018), tendo alta contagem de micro-organismos mesófilos. Já em relação às características psicrotróficas, cerca de metade dos micro-organismos isolados cresceu a 7°C, o que caracteriza esta população isolada como potencial psicrotrófica. Todavia, nenhum dos micro-organismos com capacidade de crescer a 7°C apresentou atividade enzimática, o que é relativamente satisfatório, tendo em vista que os maiores prejuízos nos laticínios estão relacionados à presença de tais fenótipos.

REFERÊNCIAS

ARCURI, E.F.; SILVA, P.D.L.; BRITO, M.A.V.P.; BRITO, J.R.F.; LANGE, C.C.; MAGALÃHES, M.M.D.A. Contagem, isolamento e caracterização de bactérias psicrotróficas contaminantes de leite cru refrigerado. **Ciência Rural**, v.38, n.8, 2008.

ARAUJO, A.P.; OLIVEIRA, V.J.; SIQUEIRA, J.V.M.; MOUSQUER, C.J.; FREIRIA, L.B.; SILVA, M.R.; SOUZA SANTOS, C.M. Qualidade do leite na bovinocultura leiteira. **PUBVET**, v.7, p.2189-2326, 2013.

BARBOSA, H.P.; DE LIMA, C.U.G.B.; SANTANA, A.M.F.; LINS, A.A.; POLIZELLI, M.; MARTINS, P.S. Caracterização Físico-Química De Amostras De Leite In Natura Comercializados no Estado Da Paraíba. **Revista Ciências Saúde Nova Esperança**, v.12, n.2, p.1-9, 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 76, de 30 de novembro de 2018. Aprova os Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite

tipo A. **Diário Oficial da União**, 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite. Instrução Normativa nº 51, **Diário Oficial da União** 2002.

CARDOSO, R.R. **Influência da microbiota psicrotrófica no rendimento de queijo minas frescal elaborado com leite estocado sob refrigeração**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 57p. 2006.

CHAMBERS, J.V. **Dairy microbiology handbook: the microbiology of milk and milk products**. Hoboken: John Wiley e Sons. 2005.

FIGUEIREDO, N.C. **Leite de cabra: diagnóstico de qualidade na macrorregião da Zona da Mata Mineira e estudo da degradação do leite armazenado por sete dias em condições laboratoriais**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte. 47p. 2017.

FAIRBAIRN, D.J.; LAW, B.A. Proteinases of psychrotrophic bacteria: their production, properties, effects and control. **Journal of Dairy Research**, v.53, n.1, p.139-177, 1986.

GUERREIRO, P.K.; MACHADO, M.R.F.; BRAGA, G.C.; GASPARINO, E.; FRANZENER, A.D.S.M. Qualidade microbiológica de leite em função de técnicas profiláticas no manejo de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.1, p.216-222, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatística de Produção Pecuária. Brasil**, 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/10/rebanho-bovino-brasileiro-cresce-e-chega-a-215-2-milhoes-de-cabecas-de-gado>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

MACHADO, P.F.; CASSOLI, L.D. **Avanços em produção e manejo de bovinos leiteiros**. Lavras: Editora UFLA, 2002.

MOREIRA, G.I.P. **Caracterização de bactérias Gram positivas psicrotróficas aderidas em tanques de refrigeração de leite cru quanto a espécies, expressão de enzimas e perfis de resistência a antimicrobianos**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 104p. 2010.

MÜLLER, E. E. Qualidade do leite, células somáticas e prevenção da mastite. **Sul- Leite: Simpósio Sobre Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil**, v.2, p.206-217, 2002.

NERO, L.A.; VIÇOSA, G.N.; PEREIRA, F.E.V. Qualidade microbiológica do leite determinada por características de produção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p.386-390, 2009.

NUNES, K.B. **Caracterização bioquímica de bactérias psicrotróficas e produção de enzimas termorresistentes em leite cru**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo. 64p. 2017

OLIVEIRA, C. L. P.; MARTINS, M. L.; VANETTI, M. C. D. Qualidade microbiológica de leite cru refrigerado e isolamento de bactérias psicrotróficas proteolíticas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. v.26, n.3, p.645-651, 2006.

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos vol. 2: alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

PEREIRA, F.E.V. **Isolamento e caracterização de microrganismos em leite cru refrigerado e leite UHT no estado de Goiás e desenvolvimento de filme ativo antimicrobiano para inibição de**

Bacillus sporothermodurans. Dissertação (mestrado) - Universidade federal de Goiás, Goiânia. 99p. 2010.

PINTO, C.L.O.; CARDOSO, R.R.; VANETTI, M.C.D. Bactérias Psicotróficas Proteolíticas e Potencial Deteriorador a Temperaturas de Refrigeração. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.59, n.339, p.110-117, 2004.

RAJMOHAN, S.; DODD, C.E.R.; WAITES, W.M. Enzymes from isolates of *Pseudomonas fluorescens* involved in food spoilage. **Journal of Applied Microbiology**, v.93, n.2, p.205-213, 2002.

SANTOS, P.A.D.; SILVA, M.A.P.D.; ANASTÁCIO, P.I.B.; JÚNIOR, S.; SILVA, J.W.D.; NICOLAU, E.S. Avaliação do tempo de armazenamento sobre parâmetros de qualidade do leite cru refrigerado. **Revista Instantânea de Laticínio “Cândido Tostes”**, p.35-41, 2009.

SILVA, R.A.; FILHO, S.F.; OLIVEIRA, A.V.B.; ARAÚJO, A.S.; SILVA, F.O.; PEREIRA, E.M. Caracterização do sistema de produção de leite do município de Paulista-PB. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.6, n.2, p.31-46, 2010.

SILVA, P.D.L. **Avaliação, identificação e atividade enzimática de bactérias psicotróficas presentes no leite cru refrigerado**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 119p. 2005.

SORHAUG, T.; STEPANIAK, L. Psychrotrophs and their enzymes in milk and dairy products: quality aspects. **Trends in Food Science & Technology**, v.8, n.2, p.35-41, 1997.

TEBALDI, V.M.R.; OLIVEIRA, T.L.C.; BOARI, C.A.; PICCOLI, R.H. Isolamento de coliformes, estafilococos e enterococos de leite cru provenientes de tanques de refrigeração por expansão comunitários: identificação, ação lipolítica e proteolítica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.3, 2008

TONDO, E.C.; LAKUS, F.R.; OLIVEIRA, F.A.; BRANDELLI, A. Identification of heat stable protease of *Klebsiella oxytoca* isolated from raw milk. **Letters in Applied Microbiology**, v.38, n.2, p.146-150, 2003.

VALERIANO, C. **Identificação e Caracterização de bactérias psicotróficas Gram-negativas isoladas de tanques de refrigeração por expansão**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 52p. 2007.

VARGAS, D.P.; NÖRNBERG, J.L.; MELLO, R.O.; SHEIBLER, R.B.; MILANI, M. P.; MELLO, F.C.B. Correlações entre contagem bacteriana total e parâmetros de qualidade do leite. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.20, n.4, 2014.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-473-3

