

# A produção do conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra 3

6,0 Gt CO<sub>2</sub>

1,5 Gt CO<sub>2</sub>

Ingrid Aparecida Gomes  
(Organizadora)



**Ingrid Aparecida Gomes**

(Organizadora)

# A Produção do Conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra

3

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

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

**Diagramação e Edição de Arte:** Lorena Prestes e Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

P964 A produção do conhecimento nas ciências exatas e da terra 3  
[recurso eletrônico] / Organizadora Ingrid Aparecida Gomes. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A produção do  
Conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-240-1

DOI 10.22533/at.ed.401190404

1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Gomes,  
Ingrid Aparecida. II. Série.

CDD 507

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

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

2019

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

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “A produção do conhecimento nas Ciências Exatas e da Terra” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu III volume, apresenta, em seus 22 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino e educação.

As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Astronomia/Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química.

O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas.

Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a ensino e aprendizagem. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Ingrid Aparecida Gomes

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
O LUGAR DE NASCER: A SITUAÇÃO DE FORTALEZA EM RELAÇÃO A ESTRUTURA DE HUMANIZAÇÃO DO PARTO NORMAL	
<i>Ana Edméa Teixeira Elias</i> <i>Gláucia Barbosa Sobreira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4011904041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
SANGUE BOM: APLICATIVO MÓVEL PARA GERENCIAMENTO DE DOAÇÕES DE SANGUE	
<i>Renan Lamon Machado</i> <i>Luan Lamon Machado</i> <i>Susana Brunoro Costa de Oliveira</i> <i>Glaice Kelly da Silva Quirino Monfardini</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4011904042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ESTUDO SOROLÓGICO DO BOHV-1 E BVDV EM FÊMEAS BOVINAS LEITEIRAS JOVENS NA ZONA DA MATA RONDONIENSE	
<i>Caio Cezar da Silva</i> <i>Geraldo Francisco dos Santos Junior</i> <i>Evelyn Rabelo Andrade</i> <i>Jair Sábio de Oliveira Junior</i> <i>Amauri Alcindo Alfieri</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4011904043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>19</b>
FRACIONAMENTO E ANÁLISE ESPECTROSCÓPICA NO INFRAVERMELHO DE SUBSTÂNCIA HÚMICA PROVENIENTE DE MATERIAL DE COMPOSTAGEM	
<i>Ângelo Rafael Machado</i> <i>Joyce Cristina de Rezende</i> <i>Agnaldo Guilherme Novaes de Souza</i> <i>Vivian Machado Benassi</i> <i>Juan Pedro Bretas Roa</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4011904044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>34</b>
A SIMULAÇÃO DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA AVEIA A PARTIR DA DENSIDADE RECOMENDADA E AJUSTADA POR REGRESSÃO NA PROPOSIÇÃO DE MELHORIA DA INDICAÇÃO DE CULTIVO	
<i>Karla Kolling</i> <i>Denis Sidinei Rossi</i> <i>Luana Henrichsen</i> <i>Odenis Alessi</i> <i>Vanessa Pansera</i> <i>José Antonio Gonzalez da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4011904045</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 40**

MODELAGEM MATEMÁTICA À INOVAÇÃO NA RECOMENDAÇÃO DE NITROGÊNIO NA BASE E COBERTURA À MELHORIA DE EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DO NUTRIENTE NA PRODUTIVIDADE DA AVEIA

*Dênis Sidinei Rossi*

*Karla Kolling*

*Luana Henrichsen*

*Adriana Roselia Kraisig*

*Douglas César Reginato*

*José Antonio Gonzalez da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.4011904046**

**CAPÍTULO 7 ..... 46**

REAPROVEITAMENTO DA CASCA DO OVO PARA ELABORAÇÃO DE FARINHA

*Caroline Dallacorte*

*Camila Scheffer de Quadros*

*Samara Moro Behling*

**DOI 10.22533/at.ed.4011904047**

**CAPÍTULO 8 ..... 56**

RESÍDUOS MADEIREIROS GERADOS EM DUAS MARCENARIAS DA SERRA GAÚCHA

*Márcia Keller Alves*

*Alexandre Gomes Ribeiro*

**DOI 10.22533/at.ed.4011904048**

**CAPÍTULO 9 ..... 63**

VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE GRAUTE PRODUZIDO COM AGREGADOS RECICLADOS PARA O REFORÇO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL

*Luanna da Silva Diamantino*

*Edna Alves Oliveira*

*Jamile Salim Fuina*

*Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco*

**DOI 10.22533/at.ed.4011904049**

**CAPÍTULO 10 ..... 82**

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E DESMATAMENTO EM RONDÔNIA: UMA ANÁLISE DA RESERVA ESTADUAL EXTRATIVISTA – RESEX JACI-PARANÁ

*Ravele da Silva Santana*

*Siane Cristhina Pedroso Guimarães Silva*

*Maria da Conceição Silva*

*Helen Rose Oliveira da Silva*

*Liliana Borges Oliveira*

*Alcione Gomes Botelho*

**DOI 10.22533/at.ed.40119040410**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>95</b>
PROTÓTIPO DE UMA PORTA DESLIZANTE COM O MICROCONTROLADOR ARDUINO APLICADO À DISCIPLINA ELEMENTOS DE AUTOMAÇÃO	
<i>Felipe José Serpa da Silva</i>	
<i>José Claudenio da Silva</i>	
<i>César Vinicius Mota da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>103</b>
CARTOGRAFIA E ICONOGRAFIA ANTIGAS NO PROCESSO EVOLUTIVO DAS TORRES MILITARES, CIVIS E RELIGIOSAS NA CIDADE DE ÉVORA - PORTUGAL	
<i>Maria do Céu Simões Tereno</i>	
<i>Maria Filomena Mourato Monteiro</i>	
<i>Marizia Clara de Menezes Dias Pereira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>119</b>
ESFERA DE BLOCH: INTERAÇÃO ENTRE TRENS DE PULSOS E SISTEMAS ATÔMICOS	
<i>Ronaldo Adriano do Nascimento Rodrigues</i>	
<i>Marco Polo Moreno de Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>133</b>
ESTUDO DO GELO DE METANOL BOMBARDEADO POR AGENTES IONIZANTES EM AMBIENTES ASTROFÍSICOS SIMULADOS EM LABORATÓRIO	
<i>Fabricio Moreira Freitas</i>	
<i>Sergio Pilling Guapyassu de Oliveira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>144</b>
POTENCIAL DE INIBIÇÃO DE CORROSÃO DO EXTRATO ETANÓLICO DOS FRUTOS DE <i>Azadirachta indica</i> A. Juss (NIM, MELIACEAE)	
<i>Francisco Idelbrando Lima Rodrigues</i>	
<i>José Eduardo da Silva</i>	
<i>Francisco Lucas Alves Batista</i>	
<i>Franciglauber Silva Bezerra</i>	
<i>Luisa Célia Melo</i>	
<i>Francisco Ernani Alves Magalhães</i>	
<i>Francisco André Andrade de Aguiar</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>152</b>
PROPOSTA AVALIATIVA EM QUÍMICA GERAL A PARTIR DO ASSUNTO OLIMPIADAS	
<i>Veronica de Melo Sacramento</i>	
<i>Gliciane Ramos Azevedo Oliveira</i>	
<i>Jessyka Mylleny Soares</i>	
<i>Anne Caroline Oliveira Araújo</i>	
<i>Melquisedeque Seixas Neves</i>	
<i>Renato Lucas Vieira Magalhães</i>	
<i>Matheus Filipe Ramos Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040416</b>	

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>160</b>
UMA ABORDAGEM BASEADA EM WEBSOCKET PARA COMUNICAÇÃO EM TEMPO REAL NO GENEMAISLAB	
<i>Eliseu Germano</i>	
<i>Marcelo Gonçalves Narciso</i>	
<i>Edgard Henrique dos Santos</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040417</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>170</b>
UMA PRÁTICA DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE SOLAR	
<i>Alessandro Chicarelli Pereira</i>	
<i>Lev Vertchenko</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>180</b>
RELAÇÃO ENTRE VÓRTICES CICLÔNICOS DE ALTOS NÍVEIS E FORMAÇÃO DE DUTOS ATMOSFÉRICOS DE SUPERFÍCIE NA ÁREA DO AEROPORTO DE PETROLINA PE	
<i>Magaly de Fatima Correia</i>	
<i>André Gomes Penaforte</i>	
<i>Maria Regina da Silva Aragão</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>195</b>
PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE PARA MANGUEIRAS HIDRÁULICAS DOS VEÍCULOS COMPACTADORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS	
<i>Francisco Igo Felix Gomes</i>	
<i>João Marcelo Carneiro</i>	
<i>Jully Amanda de Oliveira Ramos</i>	
<i>Lorena de Freitas Cavalcante</i>	
<i>Monaliza Sousa de Assis</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>202</b>
RECURSOS HÍDRICOS DA CIDADE DE ÉVORA: (RE)INTERPRETAÇÃO DE ALGUMA CARTOGRAFIA E ICONOGRAFIA HISTÓRICAS DA CIDADE	
<i>Maria Filomena Mourato Monteiro</i>	
<i>Maria do Céu Simões Tereno</i>	
<i>Marizia Clara de Menezes Dias Pereira</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040421</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>219</b>
SELEÇÃO DE INDICADORES ASSOCIADOS À AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
<i>Danielle Agnes M. dos Santos</i>	
<i>Fernando Jorge C. M. Filho</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.40119040422</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>242</b>

## O LUGAR DE NASCER: A SITUAÇÃO DE FORTALEZA EM RELAÇÃO A ESTRUTURA DE HUMANIZAÇÃO DO PARTO NORMAL

**Ana Edméa Teixeira Elias**

Universidade de Fortaleza - Unifor  
Fortaleza – Ceará

**Vlândia Barbosa Sobreira**

Universidade de Fortaleza - Unifor  
Fortaleza – Ceará

**RESUMO:** Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) o percentual recomendado de cesarianas é de 15% do total de partos. Infelizmente, em Fortaleza a realidade é exatamente o contrário do estabelecido pela OMS. De forma a reverter esta situação, o Brasil investe hoje nos Centros de Parto Normal (CPN), como estratégia para transformar esta realidade. Assim, o Ministério da Saúde implantou a Rede Cegonha que regulamenta o funcionamento dos CPN, e busca estimular o aumento do número de partos normais no Brasil. Consta neste trabalho a apresentação das condições necessárias para o projeto de um CPN, inclusive o levantamento das necessidades para elaboração do programa de necessidades, como modo informativo para pessoas interessadas pelo tema. Este artigo visa também, esclarecer quantitativamente a disparidade entre partos normais e partos cesáreos em Fortaleza. Preocupa também, a distribuição dos Estabelecimentos Assistenciais

de Saúde (EAS) onde são realizados esses partos cirúrgicos ou normais; e, de modo a identificar a existência de concentrações nas diferentes regiões da cidade, foi realizado um mapeamento dos EAS existentes. A intenção é promover uma distribuição equilibrada e consciente dos futuros CPN em Fortaleza, de modo que a população que dele vai usufruir tenha fácil acesso a esse serviço.

**PALAVRAS-CHAVE:** Centro de Parto Normal. Arquitetura. Humanização.

**ABSTRACT:** According to the World Health Organization (WHO) the recommended percentage of cesareans is 15% of total childbirths. Unfortunately, the reality in Fortaleza is exactly the opposite of that established by WHO. In order to reverse this situation, Brazil invests today in the Normal Birth Centers (NCP), like a strategy to change this reality. Thus, the Ministry of Health implemented the Stork Network that regulates the operation of NPCs, and seeks to stimulate the increase in the number of normal childbirths in Brazil. This paper presents the required states for the design NPC, including the survey of the needs to elaborate the needs program, like an informative way for people interested in the subject. This article also aims to clarify quantitatively the disparity between normal childbirth and cesarean childbirth in Fortaleza. The distribution of the Health Care

Facilities (SES) where these surgical or normal childbirths are performed is also of concern; and in order to identify the existence of concentrations in the different regions of the city, a mapping of the existing EAS was carried out. The intention is to promote a balanced and conscious distribution of future NPCs in Fortaleza, so that the population that will benefit from it has easy access to this service.

**KEYWORDS:** Normal Birth Centers. Architecture. Humanization

## 1 | INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas do século XX, a preocupação em oferecer maior segurança a vida materna e neonatal acabou por institucionalizar o momento do nascimento. O parto que comumente acontecia em casa sob os cuidados das parteiras e o apoio da família, passou a acontecer quase que plenamente em ambiente hospitalar. Seguindo essa onda, emergiu a possibilidade de escolher o tipo de parto, mas este é um assunto complexo e polêmico pois os índices de cesariana aumentaram muito além do esperado em diversos países do mundo. A cesariana a pedido tem sido indicada como uma das causas do crescente aumento destes índices, mas diversos fatores estão envolvidos, tais como: aspectos socioeconômicos, preocupações ético-legais, características psicológicas e culturais das pacientes e dos médicos. Além disso, também é preciso destacar a participação do médico como promotor de uma cultura intervencionista. (CURY E MENEZES, 2006)

O Brasil é o país do mundo que mais realiza cesarianas contabilizando aproximadamente 1,6 milhão de operações cesarianas por ano. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o percentual recomendado de cirurgias cesariana seria de 15%. A taxa já chega a 26% nos Estados Unidos, 21,3% na Inglaterra e 19% no Canadá. No Brasil, o número já está em torno de 56%, havendo uma diferença considerável entre os serviços de saúde, pois chegam a 85% no sistema privado e a 40% no SUS (MS/SVS/DASIS, 2013). A taxa de referência adequada a população brasileira calculada a partir de um instrumento desenvolvido pela OMS estaria entre 25% a 30% (BRASIL, 2016). Logo, o número de cesarianas no Brasil já contabiliza praticamente o dobro do recomendado pelo órgão mundial.

Mesmo em ambiente hospitalar, a cesariana só deveria acontecer em casos de emergência, quando houvesse complicações que impedissem o parto normal. Estudos realizados pelo American Journal of Obstetrics and Gynecology mostraram que o parto normal é mais seguro. A mortalidade infantil para nascidos em cesáreas é 11 vezes maior quando comparada aos nascidos em partos normais e o número de óbitos maternos é 10 vezes maior em cesarianas que em partos normais. Isso porque a cesárea é uma intervenção cirúrgica e envolve riscos como: reações anafiláticas, infecções, complicações cirúrgicas e exposição a anestésicos. Além disso, alguns estudos revelaram que os bebês nascidos de parto normal têm menor propensão a doenças respiratórias, autoimunes e obesidade (RODRIGUES, 2015). No entanto, da

mesma forma que a operação cesariana possui implicações complexas, são também complexos os motivos do seu uso excessivo no Brasil. As causas incluem a forma como a assistência ao nascimento é organizada no País, centrada na intervenção e escolhas individuais dos profissionais médicos, deixando de lado a abordagem multidisciplinar. Além disso, as características socioculturais, a qualidade dos serviços, as características da assistência pré-natal, que não prepara adequadamente as mulheres para o parto e nascimento. (BRASIL, 2016).

Os avanços tecnológicos trouxeram diversos benefícios à sociedade. A saúde transformou-se em um mercado lucrativo e promissor, mas é necessário enxergar o ser humano de forma individualizada e não mecanizada. Com a evolução dos processos e necessidade de otimizar a produtividade, o tempo tornou-se um elemento importante e valioso. Mas a busca por uma assistência acelerada e dinâmica muitas vezes acaba por enfraquecer valores básicos e primordiais relacionados as emoções, percepções, sensações e experiências vivenciadas pelos pacientes dentro do universo hospitalar. Normalmente as pessoas já chegam nesses ambientes sentindo-se fragilizadas, por este motivo é necessário um ambiente acolhedor. Partindo dessa ideia, torna-se necessário explorar questões relacionadas ao ambiente das casas de parto, para que este momento possa ser vivenciado de forma plena pelas mulheres. Por este motivo torna-se necessário explorar a realidade dos Centros de Parto Normal na cidade de Fortaleza de modo a buscar soluções que auxiliem na transformação desta realidade. Neste trabalho o espaço será tomado como ponto de partida para a transformação da situação que repousa sobre o nascimento. O ambiente poderá assim representar um fator de mudança de uma realidade frequente.

## 2 | METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo-exploratório, transversal, com abordagem quantitativa. Na primeira etapa do trabalho foram identificados todos os hospitais que mantêm o serviço de maternidade na cidade de Fortaleza. As instituições foram mapeadas e sinalizadas de acordo com as seguintes características: Hospitais Públicos, Hospitais Particulares e dentre estes, os que possuem Maternidade com estrutura para Parto Normal Humanizado. A coleta de dados foi realizada no mês de agosto de 2016 por meio de busca ativa com profissionais da área da saúde que trabalham nos hospitais pesquisados e funcionários da Secretaria de saúde do Estado do Ceará. Dentre as Instituições mapeadas foram identificadas aquelas que possuem estrutura para realizar partos humanizados e que se enquadram nos requisitos de Centro de Parto Normal. Estes dados foram categorizados, analisados e os resultados foram apresentados e discutidos como resultados de pesquisa.

### 3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

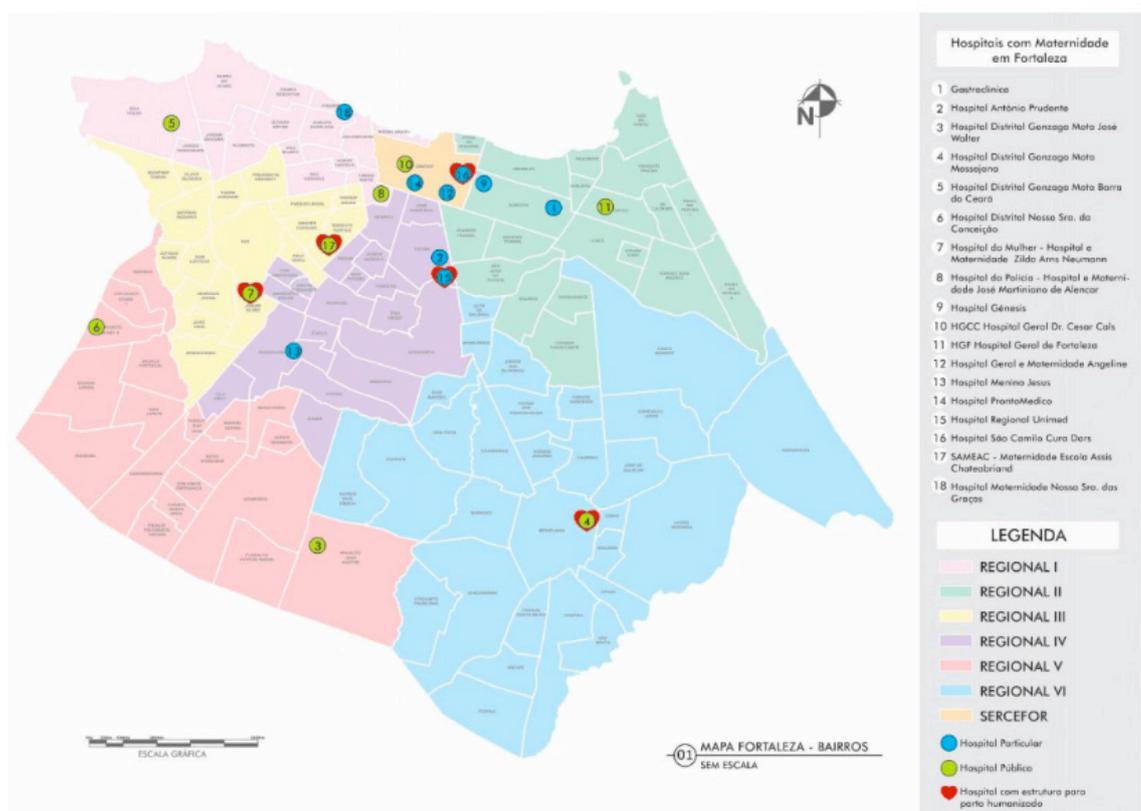
A Portaria N° 11, de 7 de janeiro de 2015 redefiniu diretrizes para implantação e habitação de Centro de Parto Normal (CPN) como forma de reforçar a importância de garantir a todas as mulheres o acesso à informação sobre seus direitos reprodutivos com uma atenção qualificada, segura e humanizada; priorizar ações com o objetivo de reduzir as mortalidades materna, fetal e infantil; Implementar medidas para redução da taxa de cesarianas no país; valorizar as evidências científicas que confirmam os benefícios das práticas assistenciais que respeitam a fisiologia e a normalidade do processo de parto e nascimento; implementar medidas de proteção contra a violência obstétrica, abuso ou negligência durante o parto. O Ministério da saúde nesta portaria ainda reforça a necessidade de organizar e adequar a oferta de serviços de atenção ao parto e nascimento para suprir às diferentes demandas de acordo com o risco obstétrico e neonatal, para assim superar o modelo medicalizante que se fixou amplamente no Brasil. O acesso a tecnologias apropriadas de atenção ao parto e nascimento é um direito fundamental das mulheres e crianças; dentre estes direitos estão: a privacidade, a liberdade de movimentação e de posições durante o trabalho de parto e parto, o direito a acompanhante de livre escolha e a preservação da sua integridade corporal e psíquica. (BRASIL, 2015).

Segundo o Ministério da Saúde os Centros de Parto Normal devem dispor no mínimo dos seguintes ambientes: Sala de Registro e recepção para acolhimento da parturiente e seu acompanhante, Sala de exames e admissão de parturientes com banheiro anexo, dois quartos para pré-parto/parto/pós-parto (PPP) sem banheira, um quartos PPP com banheira, 03 banheiros anexos ao quarto PPP, area para deambulação (Varanda/solário) interna e/ou externa. Posto de enfermagem, Sala de serviço, Sala de utilidades, Quarto de plantão para funcionários com banheiro anexo, Rouparia, Depósito de Material de Limpeza, Depósito de equipamentos e materiais, Copa e Refeitório.

Os Equipamentos Mínimos exigidos para o correto funcionamento do Centro de Parto Normal são: Estetoscópio clínico; Esfigmomanômetro; Fita métrica; 01 Estetoscópio sonar por quarto PPP; Amnioscópio com fonte de luz; Mesa auxiliar; Foco de luz móvel; Instrumental para exame ginecológico incluindo espéculo vaginal e pinça de Cheron. Além de materiais para alívio não farmacológico da dor e de estímulo à evolução fisiológica do trabalho de parto, tais como: Barra fixa ou escada de Ling; Bola de Bobat e cavalinho; Arco de suporte (acoplável e removível na cama de alvenaria) que possibilite a adoção da posição de cócoras pela mulher; Banheira ou piscina para o trabalho de parto/parto; Perneira para adoção da posição ginecológica pela mulher (acoplável e removível na cama de alvenaria); Instrumental para parto normal com clampeador de cordão; Mesa para refeição; Colchão de 1,28m x 1,88m, D33 revestido com material lavável para quarto PPP; Banquetas e/ou cadeiras para o parto vertical; 01 Relógio de parede com marcador de segundos por quarto PPP; Balança

para recém-nascido; Oxímetro de pulso; Berço aquecido para reanimação com fonte de calor radiante; 01 Berço de acrílico por quarto PPP; Material para aspiração e ventilação; Capacete HOOD para oxigenioterapia de RN; Plástico protetor para evitar perda de calor; Maleta de reanimação com material para intubação; Material para cateterismo umbilical; Incubadora de transporte; Fonte de oxigênio; Poltrona reclinável para acompanhante; Mesa para exame ginecológico; Escadinha de dois lances; Computador com impressora e Cardiotocógrafo. Além destes, outros equipamentos e materiais opcionais que poderão ser acrescidos: Camas PPP; Mesa de cabeceira; equipamento áudio-visual. (BRASIL, 2015).

Fortaleza possui dezoito hospitais que dispõe de maternidade, segundo a Secretaria de Saúde do Estado do Ceará, dos quais, treze atendem pelo SUS, enquanto cinco são exclusivamente da rede particular. A distribuição destes hospitais dentro do território da cidade está mais concentrada na área próxima ao centro de início da expansão urbana, deixando assim as áreas periféricas com cobertura mais rarefeitas. Porém, dentre todos, apenas cinco possuem estrutura para a realização de partos humanizados, que são: Hospital Regional Unimed, Hospital São Camilo Cura Dars, Hospital Distrital Gonzaga Mota Messejana, Maternidade Escola Assis Chateabriand e Hospital da Mulher. Para a realização de parto humanizado, o hospital deve dispor de estrutura que forneça à parturiente a liberdade de escolher o tipo de parto em que queira se submeter. Estes estabelecimentos foram mapeados e resultaram no mapa abaixo



Fonte: Mapa criado pela autora a partir de informações coletadas na pesquisa.

Na rede particular dois hospitais se destacaram por adaptarem-se a esta demanda de humanização do trabalho de parto: Hospital Regional Unimed e Hospital São Camilo Cura Dars. Ambos aceitaram um desafio lançado pelo Ministério da Saúde, junto à Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), a hospitais públicos e particulares do País. O desafio intitulado “Projeto Parto Adequado” visa estimular a redução do número de partos eletivos desnecessários e gerando assim um aumento dos índices de partos normais. (FREIRE, 2016)

O Hospital Regional da Unimed possui um Centro Obstétrico com 04 salas cirúrgicas para cesarianas e 01 sala destinada a realização de partos humanizados. Este espaço é equipado com Escada de Ling, cavalinho, bola, chuveiro com água quente, banheira descartável, som ambiente e iluminação com regulador de luminosidade. O Hospital São Camilo Cura Dars possui 03 salas para cesarianas no Centro Obstétrico e uma Sala para parto Humanizado.

Na rede pública, existem três hospitais que suprem essa demanda, que são: Maternidade Escola Assis Chateabriand (MEAC), Hospital Distrital Gonzaga Mota Messejana (HDGMM) e o Hospital da Mulher. A MEAC inaugurou recentemente 03 salas PPP destinadas ao parto humanizado, encaixando-se assim nas exigências de Centro de Parto Normal. O Hospital da Mulher foi o mais recentemente inaugurado, em 2012, também possui salas para parto normal humanizado, segundo o setor de educação continuada o hospital possui 4 salas PPP, logo, também se enquadra no quantitativo sugerido pela Rede Cegonha.

O Hospital Distrital Gonzaga Mota Messejana é o único hospital com maternidade localizado na regional VI e possui espaços destinados ao parto humanizado, são ao todo seis box individualizados que fornecem assistência humanizada; no entanto, ainda não tem banheiro anexo. Atualmente, o hospital oferece o parto humanizado mas a estrutura ainda não se enquadra no requisitos do Ministério da Saúde para CPN. Foi construído recentemente um CPN em anexo ao hospital, mas ainda não está em funcionamento.

Maternidades com suporte para parto Humanizado	Salas para Cirurgia Cesarianas	Salas para parto Humanizado
Hospital Regional Unimed	04	01
Hospital São Camilo Cura Dars	03	01
Hospital Distrital Gonzaga Mota Messejana	02	06
Maternidade Escola Assis Chateabriand	02	03
Hospital da Mulher	06	04
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>15</b>

**TABELA 01** – Número de Salas para Parto Humanizado em Maternidades de Fortaleza

**Fonte:** Tabela criada pela autora com os dados coletados na pesquisa.

No Ceará os números de partos tanto na rede pública quanto na privada estão acima da média nacional. Dos 53.664 partos realizados em 2015, 57% foram cesáreos

e 43% normais, segundo a Secretaria da Saúde do Estado. Na rede privada, as taxas são ainda mais alarmantes. Os dois convênios com maior abrangência na cidade de Fortaleza são Unimed e Hapvida. No convenio Unimed Fortaleza, dos 2.377 procedimentos realizados em 2015, 2.186 foram cesáreas, o que equivale a 92% do total de partos. (LIMA, 2015). Já na rede Hapvida, em 2015, dos 30.385 partos realizados, 24.336 foram cesáreas, o que representa 80,1% dos partos realizados pelo convenio. (ANS, 2015)

Apesar de existirem hospitais com estrutura para atender a demanda por parto humanizado, estas instalações ainda não são suficientes para atender a demanda do município. Considerando que pelo menos 70% dos partos deveriam acontecer de forma natural, e tomando como base os números divulgados pela prefeitura de Fortaleza em 2015, dos 52.579 partos realizados na cidade (SINASC-Fortaleza), 36.805 deveriam ser normais, que representaria 70% do total. Desta forma, a estrutura montada na cidade ainda não oferece a abrangência necessária para suprir essa demanda exigida pelo Ministério da Saúde.

A rede pública possui a maior distribuição de salas para parto humanizado, com 13 ao todo. Enquanto a rede particular dispõe de apenas duas. Pelo SUS foram realizadas 32.394 partos em Fortaleza no ano de 2015 (Secretaria de Saúde do Estado do Ceará), logo, tais dados comprovam uma relação direta entre o quantitativo de salas e um maior número de partos normais. Já na rede particular, mais de 80% dos partos foram cesarianas. Considerando que foram realizados cerca de 20.185 partos e só existem duas salas equipadas para a realização de parto humanizado, a falta de estrutura para suprir essa demanda pode influenciar diretamente na escolha por esse serviço.

Considerando a pequena abrangência dos serviços de humanização do nascimento em Fortaleza, com estrutura ainda limitada e comparando com as exigências da Rede Cegonha do Ministério da Saúde, é possível constatar que Fortaleza precisa ampliar este serviço para que seja possível universalizar a assistência humanizada ao nascimento para toda a população.

#### **4 | CONCLUSÃO**

Com esta pesquisa foi possível concluir que Fortaleza ainda não possui um sistema de saúde preparado para a exigência estabelecida pela Organização Mundial de Saúde que visa o aumento do número de Partos Normais. Mas apesar da escassez de serviços que ofertem as parturientes uma estrutura adequada á realização do parto humanizado, já é possível identificar em Fortaleza, estabelecimentos que vem buscando se adequar a esta demanda crescente. Atualmente já temos 05 hospitais preparados para receber gestantes que buscam o parto normal humanizado, que são: Hospital Regional Unimed, Hospital São Camilo Cura Dars, Hospital Distrital

Gonzaga Mota Messejana, Maternidade Escola Assis Chateabriand e Hospital da Mulher. Sendo três da rede pública e dois da rede particular. Além disso, durante o mapeamento das instituições foi possível identificar uma carência de serviços de obstetrícia principalmente na Regional VI que só possui o Hospital Distrital Gonzaga Mota Messejana com esse serviço.

A rede pública possui a maior distribuição de salas para parto humanizado, com 13, das 15 existentes na cidade. Já na rede particular, que mais de 80% dos partos são cesarianas, só existem duas salas equipadas para a realização de parto humanizado. Logo, a falta de estrutura para suprir essa demanda pode influenciar diretamente na escolha pelo parto cesariano. Considerando a pequena abrangência dos serviços de humanização do nascimento em Fortaleza, com estrutura ainda limitada, é possível constatar que Fortaleza precisa ampliar este serviço para que seja possível universalizar a assistência humanizada ao nascimento para toda a população.

## REFERÊNCIAS

ANS, Agência Nacional de Saúde Suplementar. **Taxas de partos cesáreos por operadora de plano de saúde - Ano 2015**. Fonte: SIP/ANS - dados extraídos em março/2016. Disponível em: <http://www.ans.gov.br/planos-de-saude-e-operadoras/informacoes-e-avaliacoes-de-operadoras/taxas-de-partos-cesareos-por-operadora-de-plano-de-saude>. Acesso em: 21/08/2016

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE DO. **Manual Prático para implementação da Rede Cegonha**. 2011.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE DO. **Portaria Nº 11, de 7 de janeiro de 2015**. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2015/prt0011\\_07\\_01\\_2015.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2015/prt0011_07_01_2015.html) Acesso em: 21/08/2016.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAUDE DO. **Diretrizes de atenção à gestante: A operação Cesariana**. Secretaria de Atenção à Saúde. Portaria nº 306, de 28 de Março de 2016.

CURY, Alexandre Faisal; MENEZES, Paulo Rossi. **Fatores associados à preferência por cesariana**. Ver. Saúde Pública. 40(2):226-32. 2006.

FREIRE, Lérica. **Desafios do Parto Normal e humanizado em Fortaleza**. Jornal O POVO on line. Jornal de Hoje – Cotidiano. Publicado em 07/05/2016. Disponível em: <http://www.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2016/05/07/noticiasjornalcotidiano,3611244/desafios-do-parto-normal-e-humanizado-em-fortaleza.shtml> Acesso em 21/08/2016

LIMA, Lúcia. **Taxa de partos cesáreos no Ceará supera a média nacional**. Jornal Diário do Nordeste. Publicado em 08.07.2015. Disponível em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/cidade/taxa-de-partos-cesareos-no-ceara-supera-a-media-nacional-1.1333735>>. Acesso em: 21/08/2016.

MS/SVS/DASIS - Dados de 2012. **Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos** %u2013 SINASC e SIP/ANS. 2013.

RODRIGUES, Paloma. **Parto normal ou cesárea?** Rev. Carta Capital. Publicado em 26/01/2015. Disponível em: <http://www.cartacapital.com.br/saude/parto-normal-7111.html> Acesso em: 24/02/2016.

SINASC – Fortaleza. **NASCIDOS VIVOS – SINASC – FORTALEZA**. Célula de Sistema de Informação e Análise em Saúde. Prefeitura de Fortaleza. Secretaria Municipal de Saúde. 2015. Disponível em: <http://tabnet.sms.fortaleza.ce.gov.br/scripts/deftohtm.exe?nascido.def>> Acesso em: 21/08/2016.

## SANGUE BOM: APLICATIVO MÓVEL PARA GERENCIAMENTO DE DOAÇÕES DE SANGUE

### **Renan Lamon Machado**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Cachoeiro de Itapemirim, Coordenadoria de Sistemas de Informação.  
Cachoeiro de Itapemirim – ES.

### **Luan Lamon Machado**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Cachoeiro de Itapemirim, Coordenadoria de Sistemas de Informação.  
Cachoeiro de Itapemirim – ES.

### **Susana Brunoro Costa de Oliveira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Cachoeiro de Itapemirim, Coordenadoria de Sistemas de Informação.  
Cachoeiro de Itapemirim – ES.

### **Glaice Kelly da Silva Quirino Monfardini**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Aracruz, Coordenadoria do Técnico em Química.  
Aracruz – ES.

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos com o desenvolvimento de um aplicativo móvel para gerenciamento de doações de sangue que oferece ao usuário um ambiente informativo, conscientizador e motivador a cerca do assunto. O intuito principal do aplicativo, além

de atrair doadores, é de incentivá-los a doarem regularmente, para isso, foram concentrados esforços na etapa de planejamento, na qual foram estudadas estratégias de *marketing* e gamificação. Uma vez especificadas as funcionalidades, o aplicativo foi implementado utilizando Ionic *Framework*, o que possibilitou atingir as principais plataformas móveis. Com implantação inicial no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES), o aplicativo Sangue Bom servirá como instrumento para captação de doadores, buscando tornar o processo de doação mais natural para as pessoas. Além disso, atuará como uma importante ferramenta de difusão do conhecimento acerca do assunto doação de sangue.

**PALAVRAS-CHAVE:** Doação de Sangue, Aplicativo Móvel, Gamificação, Motivar, Conscientizar.

### 1 | INTRODUÇÃO

A eminente necessidade de transfusões sanguíneas consiste em um problema universal, que transpassa as gerações e rompem as fronteiras dos países sem distinguir sexo, idade, etnia ou fatores socioeconômicos. O fato é que todo o ser humano está sujeito, em algum momento da vida, a necessitar de transfusão sanguínea, seja para repor a perda de sangue

ocasionada por acidente automobilístico, intervenções cirúrgicas ou consequência de algum distúrbio hemorrágico. Em todas as situações a doação de sangue é vital para salvar vidas (MARTINS, COSTA, *et al.*, 2015).

Indubitavelmente o tema “doação de sangue” requer atenção, haja visto que atualmente não existe nenhum substituto para o sangue (MOURA, MOREIRA, *et al.*, 2006), e embora o ato de doar seja uma tarefa extremamente simples (DOGRA, SIDHU, *et al.*, 2004), seguro (PAHO, 2009) e indolor (ESPLENDORI, 2017), os hemocentros espalhados em todo o mundo relatam a dificuldade para abastecer, em níveis satisfatórios, seus estoques sanguíneos (PEREIMA, REIBNITZ, *et al.*, 2009).

Segundo dados do Ministério da Saúde (2017), no Brasil, em 2015, somente 1,82% da população foram doadores, valor este, muito menor que o aconselhado pela Organização Mundial da Saúde que fica em torno de 3 a 5% da população. Dentre os principais motivos que atuam como inibidores de doação de sangue cita-se: ausência ou ineficiência das políticas públicas (BARBOZA, 2012), falta de estratégias de marketing para conscientizar a população (LUDWIG e RODRIGUES, 2015), falta de tempo associado a longa espera pelo atendimento (HUPFER, TAYLOR e LETWIN, 2005), e principalmente o tabu existente que doar sangue dói ou faz mal à saúde (BARRUCHO, 2015).

Para atrair mais doadores, o Ministério da Saúde (2015) afirma que “Captar candidatos à doação vai além da persuasão, da indução ou socialização de ideias e valores, mas caracteriza-se pela ação crítica e criativa”.

Com o objetivo de colaborar com as unidades homocêntricas de Cachoeiro de Itapemirim e região, foi proposta, por este trabalho, a elaboração de um aplicativo móvel para conscientizar, motivar e regularizar os atuais e os futuros doadores. Em resumo, o aplicativo Sangue Bom tem o objetivo de auxiliar na captação de novos candidatos a doação e fazer com que os doadores se tornem regulares, ou seja, realizem a doação de sangue sempre que for possível.

## 2 | METODOLOGIA

O delineamento do trabalho consistiu, inicialmente, no planejamento estratégico do aplicativo. Nessa etapa, foi realizada a modelagem do sistema, seguida da geração dos artefatos que serviram como base para o desenvolvimento do aplicativo. Dos artefatos gerados destacam-se o diagrama de casos de uso, documento de requisitos e diagrama de classes.

As ferramentas utilizadas foram: Ionic *Framework* para *front-end*, *Web Service* Spring Boot e banco de dados MySQL.

Para alcançar um grande número de usuários utilizou-se o Ionic *Framework*, por permitir desenvolver aplicativos capazes de serem compilados para as principais plataformas móveis. As linguagens empregadas a esse *Framework* são HTML, CSS

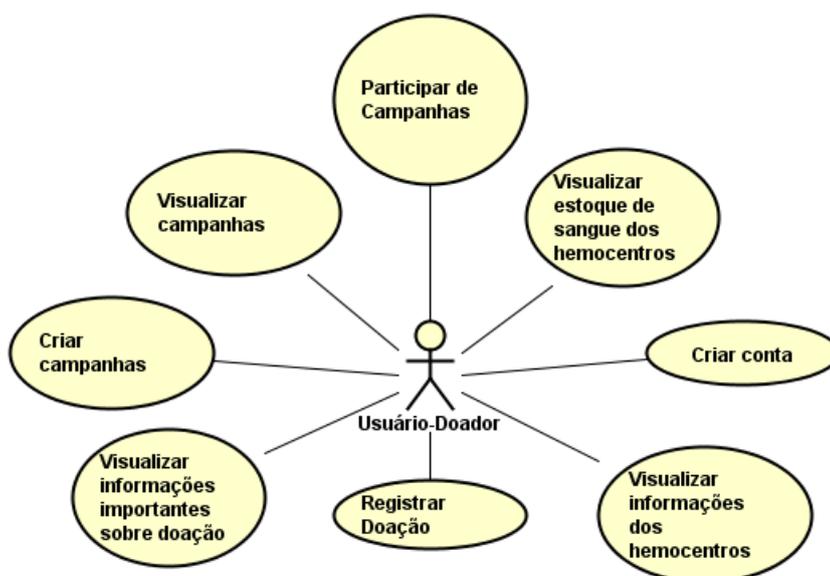
e *Typescript*. Já o *Web Service* responsável pela comunicação da aplicação com o banco de dados utiliza a linguagem Java.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do aplicativo Sangue Bom está alicerçado em três pilares básicos: motivar o usuário a interagir na plataforma, conscientizá-lo da importância de doar e facilitar processos internos dos hemocentros. O pilar de motivar o usuário está embasado em técnicas de gamificação, onde o usuário será recompensado por determinadas ações no aplicativo, incentivando-o a interagir na plataforma. O levantamento de requisitos e as especificações das funcionalidades do aplicativo foram realizados com o apoio dos hemocentros de Cachoeiro de Itapemirim (ES), cidade piloto para o projeto.

Na figura 1 é representado o diagrama de caso de uso, que descreve as principais funcionalidades do ator Usuário-Doador para alcançar o objetivo do aplicativo.

Figura 1 - Representação do diagrama de Casos de Uso do aplicativo.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Posteriormente foi criado um diagrama para definir as classes e seus relacionamentos, fornecendo uma visão geral do projeto. A figura 2 apresenta o artefato gerado.

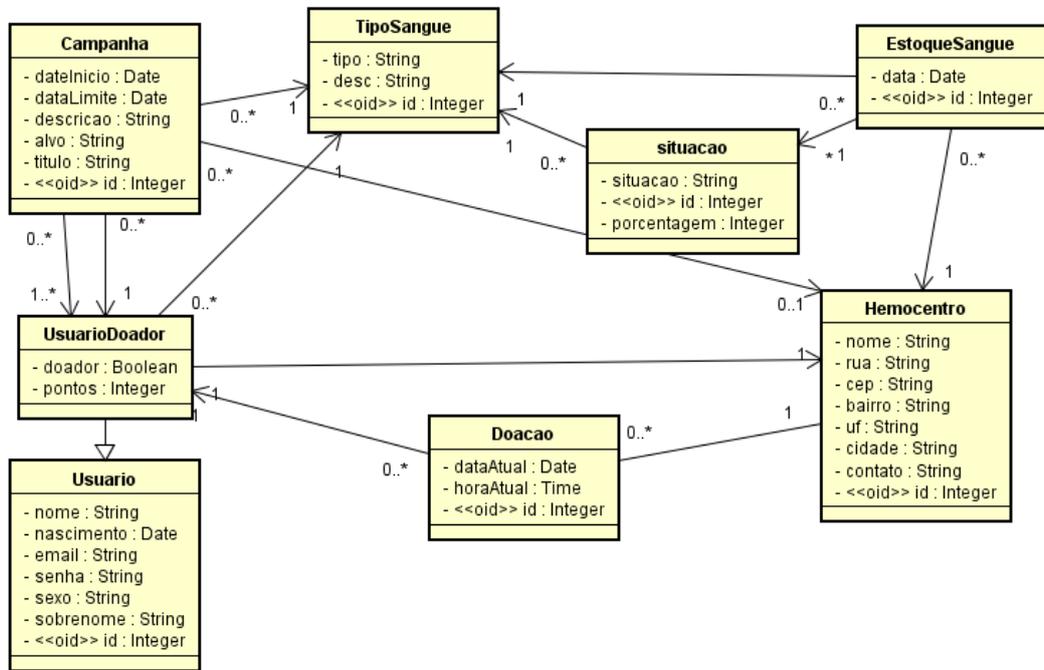
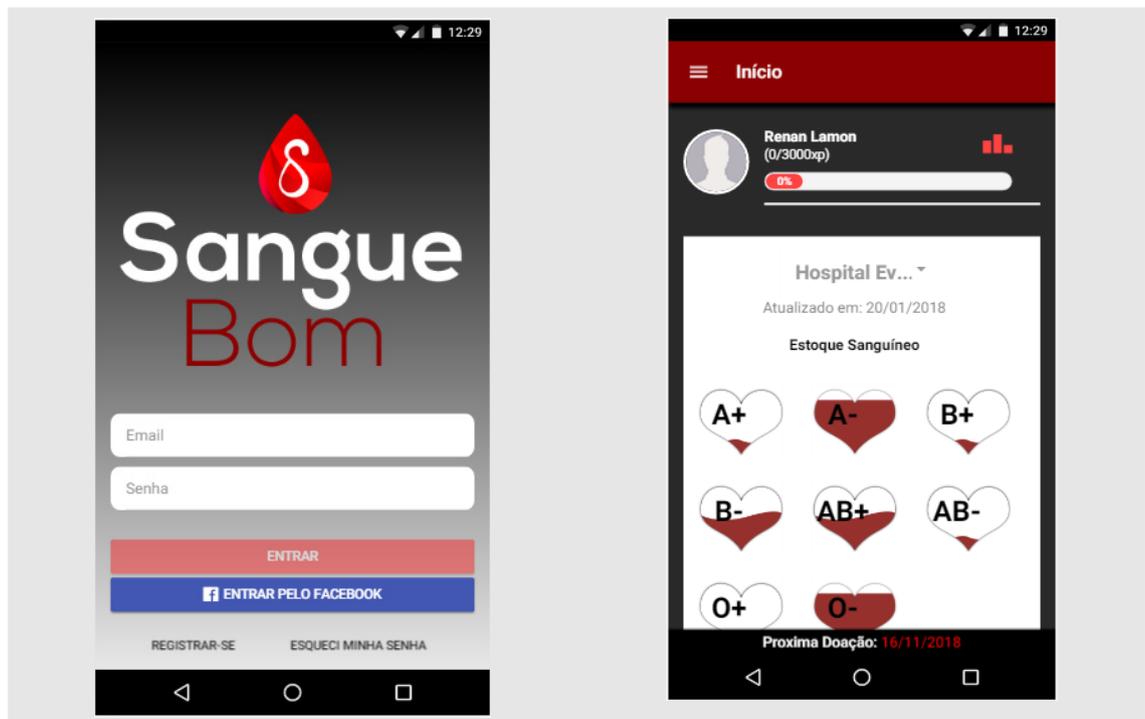


Figura 2 - Representação do digrama de Classes de Projeto do aplicativo.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Após a autenticação (Figura 3.a), o usuário será redirecionado para a tela inicial (Figura 3.b), na qual é possível visualizar a situação dos estoques sanguíneos dos hemocentros apoiadores do projeto, que, comumente, encontram-se com estoque em uma situação desfavorável. Pretende-se com isso mostrar para o usuário que existe a necessidade real de realizar o gesto de doação.



(a) Tela de login

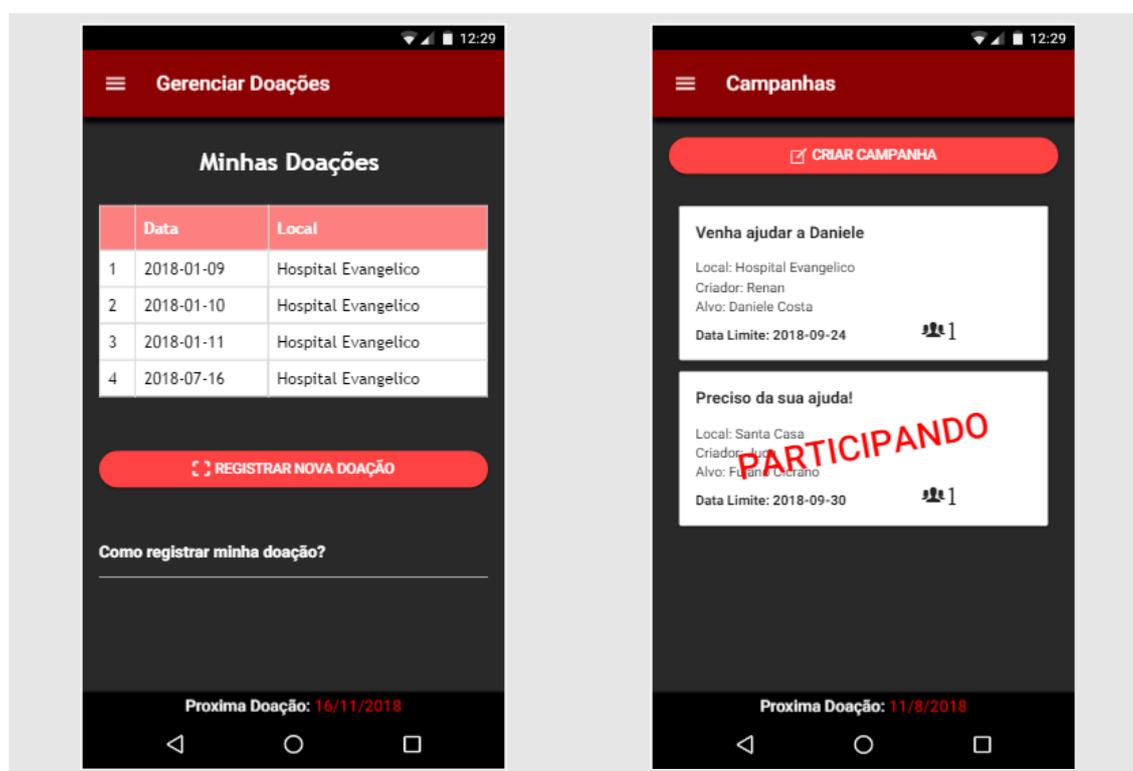
(b) Tela inicial

Figura 3 – Tela de login (a) e tela inicial (b).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dentre todas as funcionalidades dispostas no aplicativo, promover o gerenciamento das doações de sangue é a mais importante atividade fornecida para o usuário. Conforme mostrado na figura 4.a, são exibidas para o usuário todas as suas doações registradas no aplicativo, com isso o sistema pode informá-lo da data em que é possível realizar uma nova doação. Alertar o usuário é fundamental, pois é muito comum as pessoas não irem doar por não saberem se passou o intervalo da doação anterior.

Conforme é mostrado na figura 4.b, o aplicativo também fornece um ambiente para gerenciamento de campanhas. Qualquer usuário pode criar campanhas, que serão visíveis para os demais usuários do aplicativo, possibilitando a participação ou não. As campanhas fornecem para os usuários uma facilidade de pedir ajuda quando existe uma necessidade de transfusão sanguínea de algum membro próximo a ele ou a própria pessoa em questão.



(a) Tela de gerenciamento de doações

(b) Tela de gerenciamento de campanhas

Figura 4 – Tela de gerenciamento de doações (a) e campanhas (b).

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O processo de registrar a doação (Figura 5) pelo aplicativo é bastante simples. Uma vez realizada a doação em um hemocentro parceiro do projeto, o usuário deve utilizar o aplicativo para fazer a leitura de um QR Code, que estará localizado na sala onde foi realizada a coleta de sangue, e automaticamente será registrada aquela doação com informações a respeito do local da doação e a data em que foi realizada. Com esse registro será possível alertar o usuário da próxima data em que ele poderá realizar uma nova doação de sangue.



Figura 5 – Processo de registro de doação.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

#### 4 | CONCLUSÃO

Por meio do presente trabalho, constatou-se a eminente necessidade dos hemocentros em incentivar a sociedade a realizar doações de sangue. O aplicativo Sangue Bom servirá como instrumento para captação de doadores, trazendo um ambiente motivador, conscientizador e informativo para o usuário, buscando tornar o processo de doação algo natural para as pessoas. Além disso atuará como uma importante ferramenta de difusão do conhecimento acerca do assunto doação de sangue, quebrando os tabus de que doar sangue dói ou faz mal à saúde, que impedem as pessoas de realizarem um ato simples capaz de salvar vidas.

Ressalta-se que o aplicativo está em fase de conclusão, algumas funcionalidade atribuídas ao perfil das instituições hemoterápicas estão em fase de construção, e permitirão maior autonomia de gerenciamento para os hemocentros. Após a conclusão, pretende-se inicialmente disponibilizar o aplicativo para funcionar em Cachoeiro de Itapemirim e posteriormente nas demais regiões do Espírito Santo.

#### REFERÊNCIAS

BARBOZA, S. I. S. **Marketing social aplicado à doação de sangue: fatores condicionantes de comportamento**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2012.

BARRUCHO, L. G. BBC Brasil, 2015. Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/08/150812\\_sangue\\_doacoes\\_brasil\\_lgb](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/08/150812_sangue_doacoes_brasil_lgb)>. Acesso em: 18 ago. 2018.

- DOGRA, A. et al. Study of Adverse Whole Blood Donor Reactions in Normal Healthy Blood Donors: Experience of Tertiary Health Care Centre in Jammu Region. **Indian Journal of Hematology and Blood Transfusion**, 2004. 142–145.
- ESPLENDORI, G. F. Adverse reactions to whole blood donation, basic human needs and nursing diagnoses: a reflection. **Rev. esc. enferm. USP**, v. 51, 2017. ISSN 0080-6234. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1980-220x2017005003284>>.
- HUPFER, M. E.; TAYLOR, D. W.; LETWIN, J. A. Understanding Canadian student motivations and beliefs about giving blood. **Transfusion**, 45, n. 2, 2005. 149-161.
- LUDWIG, S. T.; RODRIGUES, A. C. D. M. Doação de sangue: uma visão de marketing. **Cadernos de Saúde Pública**, 21, 2015. 932-939.
- MARTINS, M. H. et al. A importância do banco de sangue no cenário hemoterápico. In: \_\_\_\_\_ **Manual de orientações para promoção da doação de sangue**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de orientações para promoção da doação voluntária de sangue**. Brasília: [s.n.], 2015.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Caderno de Informação: Sangue e Hemoderivados - dados de 2015**. Brasília: [s.n.], 2017.
- MOURA, A. S. D. et al. Doador de sangue habitual e fidelizado: fatores motivacionais de adesão ao programa. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde (RBPS)**, p. 61, 2006.
- PAHO. **Eligibility for Blood Donation: Recommendations for Education and Selection of Prospective Blood Donors**. Washington, D.C: Pan American Health Organization, 2009. ISBN 978–92–75–12939–5.
- PEREIRA, R. S. M. R. et al. Doação de sangue: solidariedade mecânica versus solidariedade orgânica. **Revista Brasileira de Enfermagem REBEn**, 2009.

## ESTUDO SOROLÓGICO DO BOHV-1 E BVDV EM FÊMEAS BOVINAS LEITEIRAS JOVENS NA ZONA DA MATA RONDONIENSE

### **Caio Cezar da Silva**

Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura – RO

### **Geraldo Francisco dos Santos Junior**

Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura – RO

### **Evelyn Rabelo Andrade**

Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura – RO

### **Jair Sábio de Oliveira Junior**

Faculdade Ciências Biomédicas de Cacoal, Cacoal – RO

### **Amauri Alcindo Alfieri**

Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR

Em Rondônia, mais de 80% dos produtores de leite são classificados como pequenos e, a falta de tecnologias no manejo do rebanho, aliada ao transporte inadequado do leite, resultam em altas perdas e baixo valor agregado aos produtos lácteos. Estima-se que aproximadamente 50% das perdas de prenhez em bovinos estão associadas a doenças infecciosas, como a Rinotraqueíte Infecciosa Bovina (IBR) e Diarreia Viral Bovina (BVD). Estas doenças ocasionam redução na eficiência reprodutiva e prejuízos econômicos significativos à exploração pecuária. O objetivo desta pesquisa foi determinar a ocorrência

do vírus da diarreia viral bovina (BVDV) e da rinotraqueíte infecciosa bovina (BoHV-1) em rebanhos leiteiros localizados na da zona da mata rondoniense. Foram avaliadas fêmeas bovinas (n=130) não vacinadas contra BoHV-1 e BVDV e com idade variando entre 0 e 24 meses. Amostras de sangue foram coletadas dos animais selecionados da propriedade para determinação do perfil sorológico de infecções para BoHV -1, BVDV, elas ainda foram submetidas à exames ginecológicos, incluindo a palpação retal e vaginoscopia. Os anticorpos neutralizantes contra o BoHV-1 e BVDV foram detectados pelo teste de soroneutralização de vírus em células renais bovinas. Os resultados para as fêmeas bovinas jovens, de 0 a 24 meses, se apresentam da seguinte maneira: de um total de 130 animais, distribuídos em 2 faixas etárias, de 0 a 12 (n=73) e de 12 a 24 meses (n=57), mostraram taxas de 8% (n=6) e 19% (n=14) de animais soropositivos para BoVH-1 e 4% (n=2) e 44% (n=25) para BVDV, respectivamente. As duas faixas etárias juntas (0 a 24 meses), que caracterizam as fêmeas bovinas jovens, possuem um total 6,15% (n= 8) para BoHV- 1 e 30% (n=39) para BVDV. A taxa de animais que apresentaram pelo menos uma das doenças foi de 33,85% (n=44). Com os resultados pode-se concluir que a presença de animais soropositivos para Vírus da Diarreia Viral Bovina (BVDV) e do Herpesvírus Bovino

tipo 1 (BoHV-1) está disseminada nas fêmeas bovinas leiteiras jovens da zona da mata rondoniense.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rinotraqueíte infecciosa bovina. Diarreia viral bovina. Rondônia.

Fonte financiadora: PROPESQ/ UNIR e CNPq

## FRACIONAMENTO E ANÁLISE ESPECTROSCÓPICA NO INFRAVERMELHO DE SUBSTÂNCIA HÚMICA PROVENIENTE DE MATERIAL DE COMPOSTAGEM

### Ângelo Rafael Machado

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia  
Diamantina – Minas Gerais

### Joyce Cristina de Rezende

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia  
Diamantina – Minas Gerais

### Agnaldo Guilherme Novaes de Souza

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia  
Diamantina – Minas Gerais

### Vivian Machado Benassi

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia  
Diamantina – Minas Gerais

### Juan Pedro Bretas Roa

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia  
Diamantina – Minas Gerais

**RESUMO:** A substância húmica (SH) constitui-se na maior composição da matéria orgânica do solo e apresentam contribuições importantes como fornecimento de nutrientes. No entanto, a sua estrutura ainda não é bem elucidada. Devido ao potencial das SH o presente estudo visa demonstrar as técnicas de caracterização: 1) fracionamento, para obtenção das parcelas humina, ácido fúlvico e ácido húmico; 2) análise

espectroscópica de absorção no infravermelho para melhor caracterização dos grupos funcionais presentes tentando uma aplicação futura para desenvolvimento de novos materiais. **PALAVRAS-CHAVE:** Ácido húmico; humina; matéria orgânica do solo.

**ABSTRACT:** Substantive humic (SH) is the major composition of soil organic matter and its presence as an important source of nutrients. However, its structure has not yet been fully elucidated. After enhancement of SH, the study aims to demonstrate as characterization techniques: 1) fractionation, to obtain the plots of humina, fulvic acid and humic acid; 2) spectroscopic analysis of infrared absorption to better characterize the functional groups present.

**KEYWORDS:** Humic acid; humina; soil organic matter.

## 1 | INTRODUÇÃO

A matéria orgânica existente na superfície terrestre é formada por um conjunto de componentes orgânicos distribuídos entre o solo e em ambientes aquáticos. Estes compostos normalmente são heterogêneos e formados por restos de animais e vegetais em diferentes estágios de decomposição, os quais possuem

importante função na natureza como fonte de alimento para diversos organismos ou participando de ciclos bioquímicos em ecossistemas. Essa matéria orgânica é classificada em substâncias húmicas (SH) e substâncias não húmicas (FONTANA, *et al.*, 2009).

A classificação proposta se baseia na diferença química entre as moléculas que compõe cada grupo. As substâncias não húmicas são compostas por aminoácidos, carboidratos, proteínas e ácidos orgânicos, representando cerca de 10 a 15 % da matéria orgânica do solo, já as SH são formadas por mistura de compostos sem estruturas químicas definidas, amorfas e de alto peso molecular, abrangendo 85 a 90 % da matéria orgânica existente (AGUIAR, CANELLAS, 2011; ROSA, ROCHA, 2001).

Segundo Stevenson (1994) as SH são os componentes orgânicos mais amplamente distribuídos na Terra, contabilizando cerca de  $60 \times 10^{11}$  toneladas de carbono, enquanto que a quantidade deste mesmo material presente nos seres vivos chega a  $7 \times 10^{11}$  toneladas. Por estar presente em quase todos os ambientes terrestres as SH contribuem para diversos processos em ecossistemas, pode-se destacar:

- Participar do mecanismo de sorção do solo, contribuindo para a fixação de óxidos de nitrogênio e enxofre presentes na atmosfera;
- Estimulam a germinação de sementes e desenvolvimento de raízes, aumentam a capacidade de troca catiônica, tampão e reduzem erosões no solo;
- Promove transporte, biodisponibilidade e complexação de metais e pesticidas no ambiente.

Além disso, a interação de grupos funcionais da matéria orgânica com íons como  $K^+$  e  $SO_4^-$  é fundamental para o desenvolvimento de plantas. As SH são um dos principais componentes responsáveis pela capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos. A CTC favorece a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduz ou evita a ocorrência de efeitos tóxicos de fertilizantes. Sua capacidade de interagir com íons metálicos e formar complexos de diferentes estabilidades e características estruturais é devido ao alto teor de grupos funcionais oxigenados, como carboxilas e hidroxilas fenólicas (RONQUIM, 2010).

Segundo Zech *et al.* (1997) as SH têm origem em processos de degradação química, biológica ou ressíntese de compostos com morfologia conhecida, como celulose, lignina, proteínas, lipídios e outras. A perda de polissacarídeos e componentes fenólicos, modificação das estruturas de lignina, enriquecimento em estruturas aromáticas não lignínicas recalcitrantes são os principais processos que ocorrem na humificação. No entanto, a compreensão completa da bioquímica envolvida no processo ainda não é totalmente elucidada.

A composição das SH é muito diversificada, apresentando propriedades

moleculares variadas entre seus componentes. Por isso esse material é subdividido segundo suas características, classificado principalmente de acordo com sua solubilidade em huminas (HU), ácidos fúlvicos (AF) e ácidos húmicos (AH) (ROCHA, 2015).

Os ácidos húmicos são insolúveis em ácidos minerais e solventes orgânicos e, quando precipitados, possuem cor escura. Originam-se principalmente de lignina, conseguindo assim características de grande peso molecular, contendo alto teor de ácidos carboxílicos e de nitrogênio, possuindo capacidade de troca de cátions entre 350 e 500 meq 100 g<sup>-1</sup>. Os ácidos fúlvicos possuem composição estrutural próxima a dos ácidos húmicos, no entanto possuem menor peso molecular, são mais ricos em compostos fenólicos e grupos carboxílicos, além de possuírem menor quantidade de estruturas aromáticas. Sua composição lhe permite grande solubilidade em água, não precipitando em qualquer faixa de pH, tendo maior capacidade de troca catiônica (700 a 1000 meq 100 g<sup>-1</sup>). As huminas são as frações menos humificadas, são quimicamente heterogêneas, inativas, insolúveis em qualquer faixa de pH (CARON, GRAÇAS, CASTRO, 2015).

Por muito tempo as SH foram conhecidas como macromoléculas de massa molecular relativamente elevada proveniente de reações de síntese secundária a partir de resíduos orgânicos de plantas, animais e microrganismos (STEVENSON, 1994), no entanto estudos mais recentes propõe um novo modelo estrutural para estes materiais.

Em estudos realizados por Piccolo *et.al.* (1996a; 1996b) o AH foi analisado em cromatografia de permeação em gel, revelando que o material sofria alterações reversíveis em sua distribuição de massa molecular, por diminuir tamanho ao ser submetido à uma faixa de pH entre 2,0 e 9,2. Os autores propuseram que, diferente do que se acreditava, os AHs não eram formados por macromoléculas estáveis em pH neutro ou alcalino, mas sim se constituíam de uma associação supramolecular de fragmentos pequenos e heterogêneos, os quais se agrupam por influência de ligações fracas, como van der Waals e interações  $\pi$ - $\pi$  em pH alcalino, CH- $\pi$  em meio neutro ou pontes de hidrogênio em valores de pH reduzidos. Concluindo que, neste tipo de associação supramolecular, as interações intermoleculares estabelecem a conformação estrutural das SH e, por conseguinte sua atividade no ambiente.

Em outro trabalho, Piccolo *et.al.*(2002) propõe uma nova formulação para o ácido fúlvico, estes seriam formados pela associação de pequenas moléculas hidrofílicas com presença de grupos funcionais ácidos em suas moléculas em quantidade capaz de impedir que AF se aglomerem, evitando que se precipitem em qualquer faixa de pH. Já os ácidos húmicos são constituídos por conjuntos de materiais humificados com predomínio de grupamentos com caráter hidrofóbico, tais como cadeias polimetilênicas, ácidos graxos, esteroides e outros, que, em pH neutro ou elevado, se estabilizam por forças hidrofílicas dispersivas, mantendo o AH solúvel. Quando submetido a pH baixo os ácidos húmicos floculam, proporcionando a precipitação nesta condição.

Diversas aplicações e linhas de pesquisa trabalham com as frações das SH e cada uma delas necessita de um material específico, de forma que procedimentos de extração, fracionamento e purificação se fazem necessários.

Estes processos são estudados desde 1786, tendo início com Achard em seu estudo “Crell’s Chem”, em que ao tratar um solo com soluções alcalinas conseguiu separar uma substância escura amorfa que posteriormente recebeu o nome de humos. Muitos pesquisadores o sucederam e aperfeiçoaram as técnicas de isolamento de frações das SH, no entanto ainda não possuímos uma forma ideal de separação para os húmus, o melhor método de extração depende do material base e de sua diversidade de impurezas. São conhecidas maneiras de remover vários tipos de contaminantes, tais como uso de hexano, éter ou tetracloreto de carbono para separar compostos apolares (gorduras, ceras, resinas, etc...) e procedimentos de hidrólise são feitos para isolar monômeros individuais (aminoácidos e açúcares). Para a separação das SH o método mais eficiente é com o uso de solução alcalina forte, mas não é a única opção. Alternativamente ao tratamento álcali forte, utiliza-se soluções suaves, compostas normalmente por pirofosfato de sódio ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ), ácido fórmico anidro, agentes quelantes orgânicos ou ácidos minerais diluídos. Estas rotas geram menor degradação da matéria orgânica, mas são menos eficientes que o método álcali forte (Stevenson, 1994).

Exemplos de utilização de frações de SH estão disponíveis em grande quantidade na literatura. Em estudo realizado por Büyükkeskin *et al.* (2015) a aplicação de ácido húmico evitou efeitos tóxicos causados pelo alumínio presente no solo sobre o crescimento de raízes laterais e principais, além de permitir maior absorção de nutrientes pelas plantas.

Çimrin *et al.*, (2010) averiguaram os efeitos da aplicação de substâncias húmicas no solo com altas concentrações de sais em plântulas do cultivar Demre de pimenta. Quantidades elevadas de sais em solo podem ser causadas pela irrigação e acarretam perdas de produtividade. Para o estudo em questão, a adição de SH promoveu um maior crescimento radicular, contornando os problemas do excesso de sal.

Silva *et al.* (2014) investigaram o uso de substâncias húmicas para imersão em tubetes e aplicação foliar em mudas de eucalipto em cinco concentrações diferentes para avaliar efeito nas características morfológicas. Chegaram a resultados que comprovavam o benefício para o crescimento da parte aérea, das raízes e do aumento de massa seca total das mudas de eucalipto.

Bernardes, Reis e Rodrigues (2011) estudaram os efeitos da aplicação de substância húmica associada a substrato comercial na produção de mudas de tomateiro. Os tratamentos mostraram efeitos significativos sobre o desenvolvimento da parte aérea, comprimento da raiz, biomassa seca da parte aérea e da raiz aos 30 dias após a emergência. Concluíram ainda que o produto comercial CODAHUMUS 20® foi o mais adequado para a produção de mudas de tomate.

Pinto (2008) avaliou o efeito da utilização de biofertilizantes e substâncias

húmicas via fertirrigação no cultivo orgânico de meloeiro, tendo como parâmetro a produtividade, o teor de sólidos solúveis totais, a acidez total e o pH. Foram utilizados três tipos de biofertilizantes (Agrobom, Vairo e Fermentado de Rumem), três doses de substância húmica (15, 30 e 50 L ha<sup>-1</sup>) e um tratamento adicional com adubação química convencional. As maiores produtividades foram alcançadas nos tratamentos com adubação convencional com as doses de 30 e 50 L ha<sup>-1</sup> de substância húmica. A aplicação dos biofertilizantes juntamente com as SH não alteraram características dos frutos, como pH, acidez total e teor de sólidos solúveis.

Rosa *et al.* (2009) avaliaram os efeitos de substâncias húmicas extraída de carvão mineral no crescimento e concentração de nutrientes em plantas de feijão e em parâmetros cinéticos de absorção de K. Foram avaliados parâmetros cinéticos de absorção de K, massa da parte aérea e da raiz seca, teores de N, P, K, Ca e Mg no tecido da parte aérea e as características morfológicas de raízes (comprimento, área e raio). Foi concluído que a adição de SH intensificou o crescimento do feijão e absorção de K. A produção de massa da parte aérea seca das plantas mostrou respostas diretas à adição de substâncias húmicas.

Em geral, SHs possuem um grande número de sítios ionizáveis, principalmente grupos carboxílicos e fenólicos, que possibilitam a formação de complexos estáveis, que através de sua decomposição, fornecem nutrientes para as plantas, possibilitando também a troca de cátions. Por possuírem sítios ácidos, permitem a possibilidade de serem esterificados quando reagidos com álcoois, de forma que podem ser utilizados associados com a glicerina bruta proveniente da produção do biodiesel como descrito em Rocha (2015).

Por ser um material originado através de decomposição de vegetais e animais, as substâncias húmicas apresentam grande variabilidade em sua composição. É relevante considerar essa característica para desenvolver qualquer tipo de pesquisa com este material, dessa forma estudos preliminares são indispensáveis. Vários métodos de investigação são relatados na literatura, como uso de análise elementar, análises térmicas, ultravioleta. Aqui será dada atenção ao processo de fracionamento e a análise de Espectroscopia de Absorção no Infravermelho com Transformada de Fourier.

### **1.1 Espectroscopia de Absorção no Infravermelho com Transformada de Fourier**

A espectroscopia de absorção molecular na região do infravermelho com transformada de Fourier (do inglês Fourier transform - Infrared spectroscopy – FT-IR) é utilizada para observar de forma qualitativa ligações químicas a partir de deformações rotacionais e vibracionais, indicando assim a presença de grupos funcionais em uma amostra.

Moléculas quando submetidas a comprimentos de onda na faixa do infravermelho,

que vai de 2,5 a 25  $\mu\text{m}$  ou 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , absorvem partes específicas do espectro até atingir um estado de excitação de maior energia, ponto em que emitem energia para voltar a seu estado natural. Neste processo, são absorvidas frequências de radiação equivalentes as frequências vibracionais naturais da molécula em questão, servindo para aumentar a amplitude dos movimentos vibracionais das ligações na molécula. Do mesmo modo que outros processos de absorção, a absorção no infravermelho é quantizada, ou seja, moléculas absorvem e liberam quantidades específicas de energia. Dessa forma, um espectrômetro tem a capacidade de excitar um material e interpretar a energia emanada por ele, gerando assim a possibilidade de estudar a composição de um composto (PAVIA, LAMPMAN, KRIZ, 2010).

Entretanto, somente algumas ligações químicas são capazes de interagir com a energia no infravermelho, mesmo que a frequência da radiação seja a mesma do movimento vibracional. Uma característica essencial que uma molécula precisa ter para se utilizar este método é possuir ligações que tenham momento de dipolo que muda com uma função do tempo, pois para se transferir energia do infravermelho para uma ligação, esta deve apresentar um dipolo elétrico que mude na mesma frequência da radiação que está sendo introduzida. A exemplo disso, ligações simétricas, como do  $\text{H}_2$  ou  $\text{Cl}_2$ , são incapazes de absorverem radiação nesta faixa de espectro (SILVERSTEIN, WEBSTER, KIEMLE, 2006).

É importante ressaltar que o espectro emitido por uma ligação é como sua impressão digital. Moléculas que apresentam espectros coincidentes pico a pico em uma análise de FT-IR são compostos idênticos. No entanto, os mesmos grupos funcionais presentes em moléculas diferentes emitem espectros próximos, mas não idênticos. Por esta característica, a técnica é utilizada para identificação da semelhança entre compostos e também de possíveis alterações devido a reações químicas.

Outro importante recurso deste método é a identificação da estrutura molecular. Como cada ligação se mostra de uma forma única, pode-se agrupar as informações presentes na análise de FT-IR para construir teoricamente o modelo da molécula em análise. Neste caso, é importante que o composto em estudo esteja o mais puro possível, pois os espectros emitidos pelos contaminantes também estarão presentes no resultado final, podendo interferir na interpretação dos dados.

Uma das grandes vantagens desse método é sua simplicidade, pois gera respostas rápidas, de baixo custo e expõe o perfil do material em estudo. Dessa maneira essa análise pode ser usada para explorar as possibilidades de um material, revelando aspectos de composição, viabilidade de reações, além de colaborar para o entendimento de caracterizações adicionais.

## 2 | OBJETIVO

Caracterizar material húmico proveniente de compostagem através do processo

de fracionamento e análise de Espectroscopia de Absorção no Infravermelho com Transformada de Fourier.

### 3 | METODOLOGIA

O material húmico utilizado neste trabalho foi obtido do pátio de compostagem da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, o qual é composto por resíduos de restaurante universitário, rejeito de fazenda, capim e cama de suíno.

#### 3.1 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier

Todos os testes de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier foram realizados em um equipamento Thermo Scientific, modelo Nicolet 6700 acoplado a um módulo para reflectância total atenuada, ATR, entre 4000 e 400  $\text{cm}^{-1}$ , janela de Germânio, 32 varreduras e resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ . Para a interpretação dos dados obtidos nestas análises foram utilizadas como referências principais as obras Silverstein, Webster, Kiemle (2006) e Pavia, Lampman, Kriz (2010).

#### 3.2 Fracionamento e Caracterização do Material Húmico

O método de separação das substâncias húmicas utilizado foi baseado no fornecido pela International Humic Substances Society (IHSS). Variações foram inseridas no processo com o objetivo de adequar o produto da separação aos interesses da pesquisa, mas sem alterar o mecanismo principal. O procedimento, realizado em triplicata, foi organizado nas seguintes etapas:

1. Secou-se o material de compostagem em estufa a 40°C por um mínimo de 12 horas.
2. Separou-se o material seco em peneira de 2 milímetros, reservando somente a fração menor.
3. 20g material obtido na etapa anterior foi agitado durante 1 hora juntamente com 200ml de solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1  $\text{molL}^{-1}$ , o pH foi ajustado para um valor entre 1 e 2 com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6  $\text{molL}^{-1}$ .
4. A mistura foi centrifugada a 3500 rpm durante 6 minutos para separação do sobrenadante do material de fundo. O sobrenadante foi descartado.
5. Foi adicionado ao material de fundo 200ml de solução de KOH em 0,1  $\text{molL}^{-1}$ , o pH foi ajustado para 7 com solução de KOH 6  $\text{molL}^{-1}$ .
6. A mistura foi agitada por 4 horas em temperatura ambiente em um béquer de plástico com boca vedada.
7. Centrifugou-se a 6000 rpm por 12 minutos, separando o sobrenadante,

composto por ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, do corpo de fundo, correspondente a humina.

8. A humina foi pesada e colocada para secar em estufa a 40°C.
9. O sobrenadante obtido no passo 7 foi posto a decantação após ser acidificado com solução de  $H_2SO_4$  a  $6 \text{ molL}^{-1}$  até atingir pH menor que 2.
10. Após um período máximo de 16 horas de descanso, o sobrenadante foi separado do corpo de fundo com auxílio de uma pipeta e o corpo de fundo foi centrifugado a 6000 rpm durante 12 minutos. O sobrenadante corresponde ao ácido fúlvico e o corpo de fundo ao ácido húmico foram submetidos ao processo de secagem em estufa a 40°C.
11. Após secagem das três frações obtidas, foram pesados para mensurar o rendimento do processo de separação e submetidos à análise em FTIR.

O processo de peneiração, descrito no passo 2, se faz importante pelo fato de que o material húmico de partida apresenta fragmentos que não passaram pelo processo de humificação por completo, como galhos, rochas pequenas e outros resíduos não humificáveis (Figura 1). Essa separação garante melhor rendimento, uma vez que a reação de esterificação pretendida neste trabalho ocorre somente entre a glicerina e a SH.



Figura 1-Processo de peneiração da substância húmica obtida no pátio de compostagem da UFVJM.

No passo 3 do fracionamento proposto pela IHSS é utilizado HCl, para o trabalho em questão foi utilizado  $H_2SO_4$ . A troca teve o objetivo de evitar a presença de grandes quantidades de cloro no produto final e inserção de sulfato, uma vez que tem a finalidade de utilização em nutrição de plantas. Segundo Stevenson (1994) o ácido utilizado nesta etapa tem o objetivo de remover componentes carbonatados e outros cátions polivalentes, aumentando a eficiência da extração da matéria orgânica nos passos seguintes, é descrito na literatura que esta etapa pode degradar até 5 % da

massa da amostra.

A IHSS sugere, após o primeiro tratamento ácido, reservar o sobrenadante para posterior aproveitamento da matéria orgânica presente nesta porção utilizando XAD-8. Esta é uma resina de éster de metacrilato de metilo não iônico, macro porosa (poro de tamanho 25  $\mu\text{m}$ ), é utilizada para separar o ácido húmico e fúlvico presentes na solução. No entanto optou-se por descartar o sobrenadante, pela dificuldade de obtenção da resina.

Na etapa seguinte (Passo 5), foi utilizado KOH como alcalinizante para o meio, diferentemente da IHSS que propõe uso de NaOH, com o intuito de inserir potássio ao sistema em detrimento de sódio. Acredita-se que a solubilidade de substâncias húmicas em álcalis seja causada pela ruptura de ligações contendo material orgânico e componentes inorgânicos do solo, além de conversão de componentes ácidos em suas formas de sais solúveis: sais de cátions monovalentes são solúveis enquanto os di- e trivalentes são insolúveis. Este tipo de extração consegue aproveitar até dois terços da matéria orgânica do solo, sendo que quanto maior é o tempo de exposição e mais concentrada é a solução, maiores serão as transformações químicas do material base, promovendo maiores perdas (Stevenson, 1994). Um dos motivos deste prejuízo é a alta capacidade de oxidação desta matéria orgânica nessas condições, por isso indica-se o uso de atmosfera inerte, normalmente  $\text{N}_2$ , para suavizar este problema, na falta deste recurso, o sistema reacional foi somente fechado para que o contato com o ar atmosférico fosse diminuído (Figura 2).

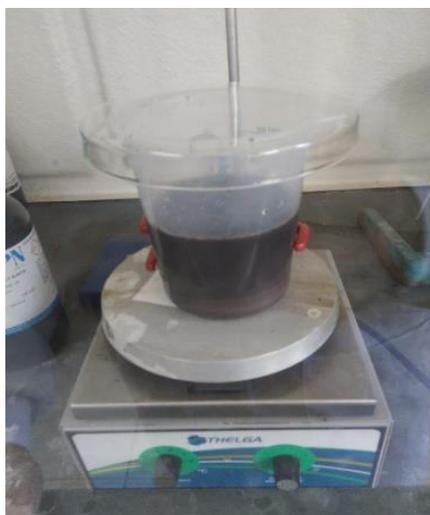


Figura 2-Fracionamento de SH em solução álcali forte com sistema fechado.

Ao submeter o material húmico a pH elevado, somente a fração húmica não se solubiliza, isso porque suas moléculas são quimicamente heterogêneas e em grande parte inativas, não possuindo interações suficientes para mantê-las diluídas em água (CARON, GRAÇAS, CASTRO, 2015), já os ácidos húmicos são formados por cadeias polimetilênicas, ácidos graxos, esteroides e outros, que, em pH neutro ou elevado, se estabilizam por forças hidrofílicas dispersivas, os ácidos fúlvicos são formados pela

associação de pequenas moléculas hidrofílicas com presença de grupos funcionais ácidos em suas moléculas em quantidade capaz de impedir que se aglomerem, evitando que se precipitem em qualquer faixa de pH (Piccolo *et.al.* 2002). Por isso é possível a separação da HU dos demais componentes da SH na centrifugação após a exposição da matéria orgânica a álcali forte (Figura 3).



Figura 3-Separação da humina (precipitado) do ácido húmico e fúlvico (ambos no sobrenadante).

Na etapa seguinte (Passos 9), quando o sistema é acidificado, o AF permanece em solução, mas os ácidos húmicos floculam, proporcionando a precipitação, ocorrendo então a separação dos dois materiais (Figura 4).

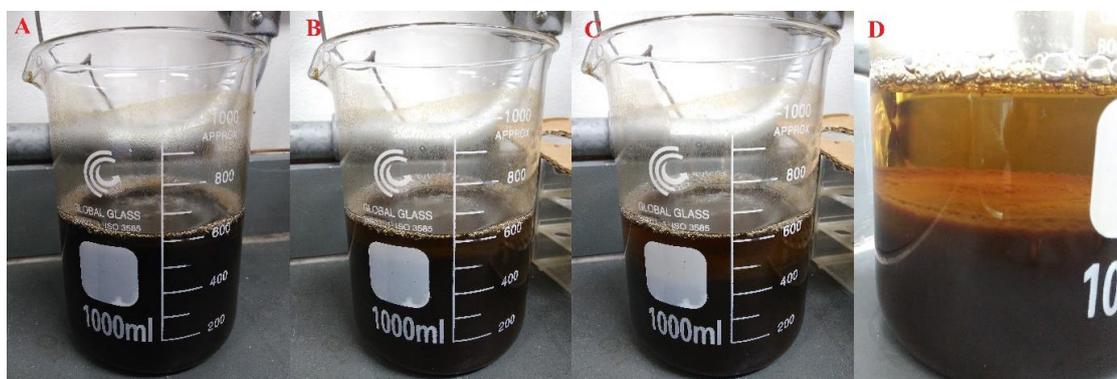


Figura 4-Separação do AH do AF por decantação em meio ácido. A) Instante da acidificação. B) 10 minutos de decantação. C) 1 hora de decantação. D) 16 horas de decantação visto por outro ângulo.

Após esta etapa, a IHSS propõe ainda alguns passos para purificação do AH, neste trabalho optou-se por não os realizar, uma vez que não há a necessidade de um material tão refinado para os objetivos desta pesquisa.

No processo de secagem (Passo 11), por causa de sua composição, cada substância possui um tempo diferenciado de desumidificação. Nos testes realizados a HU se desumidifica em um tempo médio de 16 horas (Figura 5), o AH em torno de 24 horas (Figura 6) e o AF em aproximadamente 72 horas (Figura 7).



Figura 5-Humina antes e após a secagem.



Figura 6-Ácido Húmico antes e após a secagem.



Figura 7-Ácido Fúlvico antes e após a secagem.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da extração foi percebido que a humina é o componente mais expressivo para o material de compostagem utilizado. Da triplicata realizada para o fracionamento de 20 gramas de SH, obteve-se em média o rendimento de 9,54g de HU, com desvio padrão de 1,24g, o ácido fúlvico foi obtido em média 7,46g, com desvio padrão de 1,85g, o ácido húmico apresentou-se como parcela menos presente do montante, possuindo média de 2,09g com desvio padrão de 1,16g. O total de material extraído

correspondeu em média a 17,75g, o restante perdido no processo foi atribuído ao descarte do sobrenadante no passo 4 e a erro analítico. Todos estes dados foram expostos na Tabela 1.

Material	Média (g)	Média (%)	Desvio Padrão
Humina	9,54	48,72	1,24
Ac húmico	2,09	11,77	1,16
Ac fulvico	7,47	38,14	1,86
Total extraído	17,75	88,47	2,16
Massa inicial	20,07	1,00	0,48

Tabela 1-Rendimento do fracionamento do material húmico proveniente de compostagem.

Segundo Stevenson (1994), a análise de infravermelho pode fornecer informações referentes a natureza, a reatividade e o arranjo estrutural dos grupos funcionais, com destaque para funções oxigenadas presentes nas substâncias húmicas, permitindo avaliar os efeitos provocados por modificações químicas, como a esterificação, e analisar interações entre as SH e outros compostos orgânicos.

Para esta pesquisa focou-se em verificar a presença do grupo funcional de ácido carboxílico presente em cada fração do material, uma vez que este pode ser aproveitado para possíveis reações e agregação de valor do material base. Para isso, verificou-se a presença de bandas entre 1700 a 1725, correspondentes a ligações C=O, bandas entre 1000 e 1300, referentes a ligação C-O, e bandas entre 2400 a 3400, equivalente a ligações de O-H, as três faixas de número de onda são características do grupo funcional em questão. As análises para a SH sem tratamento, AF, AH e HU foram expostas no Gráfico 1.

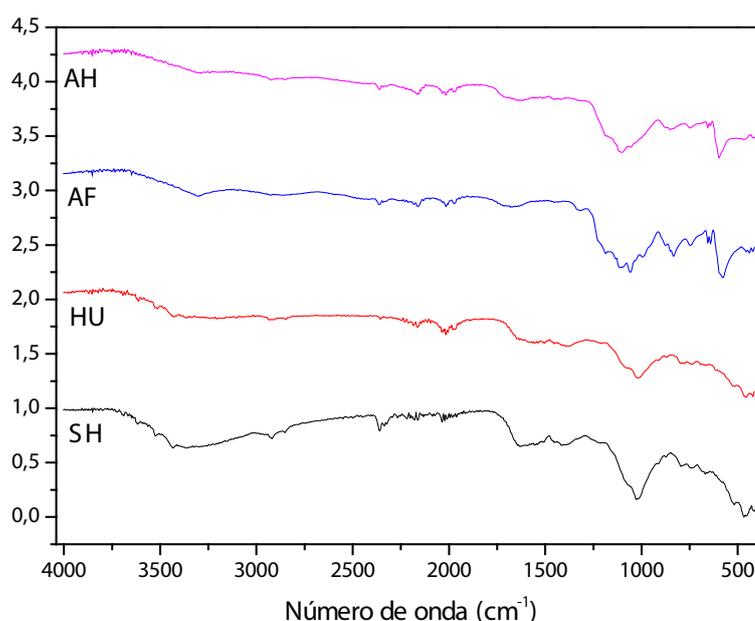


Gráfico 1-Análises de FTIR para a SH sem tratamento, AF, AH e HU.

É possível verificar que na faixa de número de onda entre  $1725$  a  $1700\text{ cm}^{-1}$ , tanto para o AF quanto para o AH, apresentam “ombros” bem definidos, para os espectros referentes a SH e sobre a HU é relevante notar que não apresentam vales nesta faixa. Este fato indica a existência de C=O característicos de ácidos carboxílicos, mas além disso outros C=O que possuem número de onda vizinhos à faixa analisada, como aldeídos, ésteres, cetonas ou amidas podem estar presentes no material, formando-se assim uma onda e não um pico como pode-se perceber. Isso é possível uma vez que o material húmico é muito diversificado, apresentando propriedades moleculares variadas entre seus componentes.

Outra importante evidência para a presença de ácido carboxílico são picos entre os números de onda de  $1300$  a  $1000\text{ cm}^{-1}$ , relacionados a ligação C-O. É possível observar pico bem acentuados nesta faixa para todos os materiais analisados. Um último indício é a presença de ligações O-H, a qual é discriminada por picos na faixa de  $3400$  a  $2400\text{ cm}^{-1}$ .

A análise de FTIR pôde identificar traços da presença de ácido carboxílico no material húmico. Esta é uma importante condição para o sucesso de reações como a esterificação, que apresenta grande potencial de melhoria de características como descrito em Rocha (2015).

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto o fracionamento quanto o FTIR são técnicas de caracterização que permitem melhor entendimento do material húmico de maneira simples e com grande eficiência. Por isso devem ser utilizadas como análises preliminares, uma vez que permitem maior entendimento do objeto de estudo com baixo custo, somente depois de ter um perfil do material húmico deve-se partir para caracterizações mais dispendiosas e processos mais elaborados.

Baseado nos testes relatados aqui foi possível compreender como é feito o fracionamento do material húmico e a que tipo de resultados se pode alcançar. Identificar a proporção de humina, ácido fúlvico e ácido húmico é de grande interesse para estudos com material de compostagem dependendo da intenção do pesquisador. Ácidos húmicos e fúlvicos são formados a partir de lentos processos de degradação química e bioquímica, de forma que sua presença é mais expressiva em compostos que passam por longos períodos de húmificação. No experimento apresentado 48% do material extraído correspondia a humina, indicando que o análito era proveniente de uma composteira jovem.

A análise de FTIR pôde identificar traços da presença de ácido carboxílico no material húmico. Esta é uma importante condição para o sucesso de reações como a esterificação, que apresenta grande potencial de melhoria de características. Diversas outras análises podem ser feitas, uma vez que compostos húmicos possuem grande riqueza de grupamentos funcionais oxigenados, ficando a critério do pesquisador qual

foco dará em sua pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, N.O., CANELLAS, L.P.; **Características químicas e bioatividade de ácidos húmicos isolados de vermicompostos em diferentes estádios de maturação**. Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ, 2011.

BERNARDES, JARBAS MOREIRA; REIS, JANAINÉ MYRNA RODRIGUES; RODRIGUES, JAQUELINE FÁTIMA. **Efeito da aplicação de substância húmica em mudas de tomateiro**. Global Science and Technology, v. 4, n. 3, 2011.

BÜYÜKKESKIN, T.; AKINCI, S. EROGLU, A.E. **Effects of humic acid on root development and nutrient uptake of Vicia faba L. (Broad Bean) seedlings grown under aluminium toxicity**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v. 46, p. 277-292, (2015).

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Série Produtor Rural, nº 58, Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2015. 46 p.

ÇIMRIN, K.M., TÜRKMEN, O., TURAN, M., TUNCER, B. **Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling**. African Journal of Biotechnology, v. 9, n. 36, 2010.

DA SILVA, R. J., DOS SANTOS, A. C. M., JÚNIOR, J. M. F., SILVA, F. A., DE CASTRO TAVARES, R., & DA SILVA, R. R. **Efeito da aplicação de substâncias húmicas nas características morfológicas de mudas de Eucalyptus urograndis**. In: AMAZON SOIL – ENCONTRO DE CIÊNCIA DO SOLO DA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1, 2014. Anais... Gurupi-TO, 2014, p. 102-109.

FONTANA, A., PEREIRA, M.G., ANJOS, L.H.C., BENITES, V.M.; **Fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos e sua utilização no sistema brasileiro de classificação de solos**. Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia da UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO – UFRRJ. Seropédica/RJ, 2009.

PAVIA, D. L., LAMPMAN, G. M., KRIZ, G. S., & VYVYAN, J. R. **Introdução à espectroscopia**. Cengage Learning, 2010.

PICCOLO, ALESSANDRO. **The supramolecular structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science**. 2002.

PICCOLO, A.; NARDI, S.; CONCHERI, G. **Micelle-1ike conformation of humic substances as revealed by size exclusion chromatography**. Chemosphere, v. 33, n. 4, p. 595-602, 1996a.

PICCOLO, A.; NARDI, S.; CONCHERI, G. **Macromolecular changes of humic substances induced by interaction with organic acids**. European Journal of Soil Science, v. 47, n. 3, p. 319-328, 1996b.

PINTO, J. M., TUÃO GAVA, C. A., COELHO LIM, M. A., FLORENTINO SILVA, A., & MILANEZ DE RESENDE, G. **Cultivo orgânico de meloeiro com aplicação de biofertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação**. Revista Ceres, v. 55, n. 4, 2008.

ROCHA, E.D.; **Síntese e caracterização de novos materiais a partir de glicerina para aplicação agrícola**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Biocombustíveis – UFVJM. Diamantina/MG, 2015.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2010.

ROSA, A.H., ROCHA, J.C.; **Substâncias húmicas: extração, caracterização, novas perspectivas e aplicações**. Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação do Instituto de Química de Araraquara – UNESP. Araraquara/SP, 2001.

ROSA, C. D., CASTILHOS, R. M. V., VAHL, L. C., CASTILHOS, D. D., PINTO, L. F. S., OLIVEIRA, E. S., & LEAL, O. D. A. **Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em Phaseolus vulgaris L.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 4, p. 959-967, 2009.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos**, Rio de Janeiro: LTC, 2006.

STEVENSON, F.J.; In: **Humus Chemistry: Genesis, Composition and Reaction**, 2<sup>a</sup> Ed., John Wiley & Sons, New York, 1994.

ZECH, Z., SENESI, N., GUGGENBERGER, G., KAISER, K., LEHMANN, J., MIANO, T.M., MILTNER, A., SCHROTH, G. **Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics**. Geoderma, v.79, p.69-116, 1997.

## A SIMULAÇÃO DE INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA AVEIA A PARTIR DA DENSIDADE RECOMENDADA E AJUSTADA POR REGRESSÃO NA PROPOSIÇÃO DE MELHORIA DA INDICAÇÃO DE CULTIVO

### **Karla Kolling**

Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Estudos Agrários-DEAg/UNIJUÍ.

### **Denis Sidinei Rossi**

Mestranda em Modelagem Matemática, UNIJUÍ – Ijuí – RS

### **Luana Henrichsen**

Mestrando em Modelagem Matemática, UNIJUÍ – Ijuí – RS

### **Odenis Alessi**

Mestranda em Modelagem Matemática, UNIJUÍ – Ijuí – RS

### **Vanessa Pansera**

Doutorando em Modelagem Matemática, UNIJUÍ – Ijuí – RS

### **José Antonio Gonzalez da Silva**

Professor Orientador, DEAg/UNIJUÍ – Ijuí – RS

**RESUMO:** A aveia é um cereal de múltiplos propósitos. É uma espécie produtora de grãos com qualidade nutricional voltada à alimentação humana e animal. A produção da aveia é dependente da população de plantas e do potencial do genótipo produzir afilhos férteis, uma vez que a densidade de semeadura influencia o número de panículas produzidas por área. Neste estudo se busca definir o comportamento de expressão da produtividade de biomassa, grãos, palha e índice de colheita pelo incremento da densidade de semeadura

no principal biotipo de aveia cultivado no Brasil. A partir da densidade ajustada à produtividade de grãos, simular os reflexos sobre os demais indicadores em comparação a densidade de recomendação, considerando cultivares de alto e reduzido afilhamento em distintos anos agrícolas e sistemas de sucessão.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Avena sativa*; sistemas de sucessão; condição meteorológica; regressão.

### THE SIMULATION OF OAT PRODUCTIVITY INDICATORS FROM THE RECOMMENDED DENSITY AND ADJUSTED BY REGRESSION IN THE PROPOSITION TO IMPROVE THE CROP INDICATION

**ABSTRACT:** Oats are a multipurpose cereal. It is a grain-producing species with nutritional quality for food and feed. Oat production is dependent on the plant population and the potential of the genotype to produce fertile tiller, since the sowing density influences the number of panicles produced per area. This study aims to define the behavior of expression of biomass, grains, straw and crop index by the increase of sowing density in the main biotype of oats cultivated in Brazil. From the density adjusted to the grain yield, to simulate the reflexes on the other indicators in comparison to the recommended density, considering cultivars of

high and reduced afilhamento in distinct agricultural years and succession systems.

**KEYWORDS:** *Avena sativa*; succession systems; weather conditions; regression.

## 1 | INTRODUÇÃO

A aveia é uma espécie produtora de grãos com qualidade nutricional voltada à alimentação humana e animal (GARCIA et al., 2012; HAWERROTH et al., 2015). A produção da aveia é dependente da população de plantas e do potencial do genótipo produzir afilhos férteis, uma vez que a densidade de semeadura influencia o número de panículas produzidas por área (VALÉRIO et al., 2009; CASTRO et al., 2012).

O melhoramento genético da aveia tem modificado significativamente a arquitetura de planta pela redução na estatura, ciclo, área foliar, entre outras características (SILVA et al., 2012; ROMITTI, et al., 2016). São alterações que podem modificar a resposta das cultivares à população de plantas, principalmente quando se busca incremento na produtividade de biomassa e grãos de aveia para o atual biotipo padrão de ciclo curto e estatura reduzida cultivado em escala comercial no Brasil.

O objetivo do estudo é definir o comportamento de expressão da produtividade de biomassa, grãos, palha e índice de colheita pelo incremento da densidade de semeadura no principal biotipo de aveia cultivado no Brasil. A partir da densidade ajustada à produtividade de grãos, simular os reflexos sobre os demais indicadores em comparação a densidade de recomendação, considerando cultivares de alto e reduzido afilhamento em distintos anos agrícolas e sistemas de sucessão.

## 2 | METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a campo em 2015, Augusto Pestana, RS, Brasil. A semeadura foi realizada em maio com semeadora-adubadora para composição da parcela de 5 m<sup>2</sup>. A adubação nitrogenada foi aplicada em cobertura para expectativa de 4 t ha<sup>-1</sup> no estágio fenológico indicado de quarta folha expandida. O estudo foi realizado no sistema milho/aveia e soja/aveia, cada um com dois experimentos, um para quantificar a produtividade biológica e o outro a produtividade de grãos. O delineamento foi o de blocos casualizados com quatro repetições, seguindo esquema fatorial 4 x 2, para densidade de semeadura (100, 300, 600 e 900 sementes viáveis m<sup>-2</sup>) e cultivares de aveia (Brisasul e URS-Taura), respectivamente.

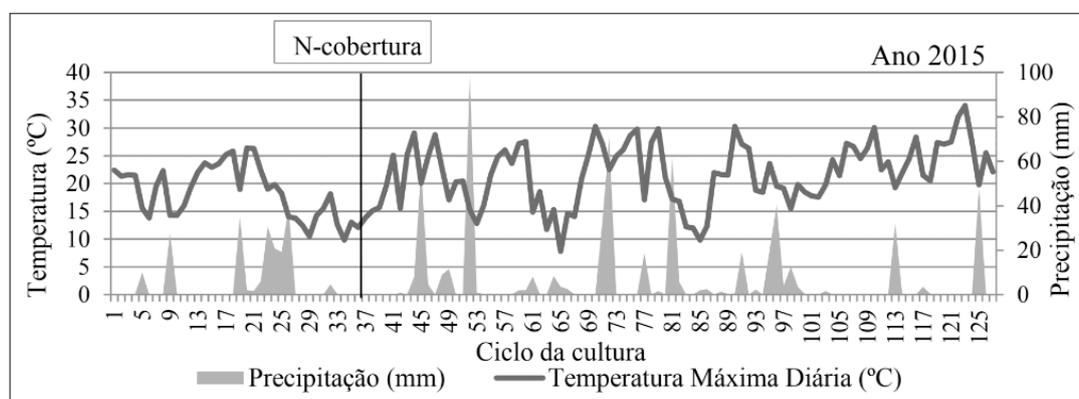
A produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), foi obtida pelo corte de três linhas centrais de cada parcela na maturidade de colheita. Nos experimentos visando quantificar a produtividade biológica, a colheita foi realizada rente ao solo a partir do ponto de maturidade fisiológica dos grãos. As amostras de biomassa verde foram direcionadas a estufa de ar forçado à temperatura de 65°C, até atingir peso constante para estimativa do produtividade biológica (PB, kg ha<sup>-1</sup>). A partir destas determinações, foi estimado a

produtividade de palha (PP, kg ha<sup>-1</sup>) pela subtração e o índice de colheita (IC, kg kg<sup>-1</sup>) pela divisão  $\frac{PG}{PB}$ .

Procedeu-se o ajuste de equações de grau dois ( $PG=a\pm bx\pm cx^2$ ) para a estimativa da densidade ideal de sementeira ( $D = -\frac{b}{2c}$ ) voltada à máxima produtividade de grãos. A partir daí, foram obtidas as equações que descrevem o comportamento da produtividade biológica, de palha e índice de colheita, como forma de simulação de expressão destas variáveis a partir da dose ideal de sementeira pela máxima produtividade de grãos. Para as determinações foi empregado o programa computacional Genes.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1, a temperatura máxima próxima a aplicação de N-fertilizante foi em torno de 12°C e solo com condições de umidade adequada pelo acúmulo de chuvas dos dias anteriores.



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica e temperatura máxima no ciclo de cultivo da aveia.

O elevado volume de chuvas durante o ciclo proporcionaram períodos de menor insolação, o que reduz a eficiência de fotossíntese pela planta. Portanto, a produtividade de grãos da tabela 1 foi em torno de 2983 kg ha<sup>-1</sup>, indicando um ano de produção aceitável (AA).

Mês	Temperatura °C			Precipitação (mm)		PGx (kg ha <sup>-1</sup> )	Classe
	Mínima	Máxima	Média	Média 25 anos*	Ocorrida		
2015							
Maio	10,5	22,7	16,6	149,7	100,5		
Junho	7,9	18,4	13,1	162,5	191		
Julho	8,3	19,2	13,7	135,1	200,8		
Agosto	9,3	20,4	14,8	138,2	223,8	2983	AA
Setembro	9,5	23,7	16,6	167,4	46,5		
Outubro	12,2	25,1	18,6	156,5	211,3		
Total	-	-	-	909,4	973,9		

**Tabela 1.** Temperatura e precipitação nos meses de cultivo e média de produtividade de grãos.

\*Precipitação pluviométrica de maio a outubro de 1989 a 2013; AA: ano aceitável; : produtividade de grãos.

No estudo, foi observado a presença de interação entre cultivares de aveia e densidade de semeadura. Independente da cultivar e sistema de sucessão, o incremento da densidade de semeadura sobre a produtividade de grãos mostrou comportamento quadrático. No sistema soja/aveia, a densidade ajustada à maior produtividade de grãos ficou ao redor de 550 sementes m<sup>-2</sup>, independente da cultivar, aumentando a produtividade em mais de 400 kg ha<sup>-1</sup>, comparada a densidade recomendada.

Cultivar	Equação PG = a ± bx ± cx <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	P RC	Densidade (s m <sup>-2</sup> )		Y <sub>E</sub>	
				RC	AJ	RC	AJ
sistema soja/aveia							
Brisasul	2145 + 5,1881x - 4,81.10 <sup>-3</sup> x <sup>2</sup>	0,94	*	250	540	3141B	3544A
Taura	2243 + 6,2308x - 5,48.10 <sup>-3</sup> x <sup>2</sup>	0,89	*	250	570	3458B	4014A
Geral	2194 + 5,7095x - 5,15.10 <sup>-3</sup> x <sup>2</sup>	0,84	*	250	550	3300B	3780A
sistema milho/aveia							
Brisasul	1294 + 6,65352x - 5,82.10 <sup>-3</sup> x <sup>2</sup>	0,99	*	250	570	2594B	3196A
Taura	1683 + 4,42860x - 3,68.10 <sup>-3</sup> x <sup>2</sup>	0,97	*	250	600	2566B	3051A
Geral	1489 + 5,5411x - 4,75.10 <sup>-3</sup> x <sup>2</sup>	0,96		250	585	2580B	3124A

**Tabela 2.** Equação de regressão e seus parâmetros na estimativa da produtividade de grãos pela densidade de semeadura recomendada e ajustada.

R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; P(cx<sup>2</sup>): parâmetro que mede a significância da inclinação em nível de 5% de probabilidade de erro; PG: produtividade de grãos; : valor de produtividade de grãos estimada pelo modelo de regressão; RC: recomendada; AJ: ajustada; AA: ano aceitável;

No sistema milho/aveia, a densidade ajustada foi de 585 sementes m<sup>-2</sup>, incrementando a produtividade de grãos em mais de 500 kg ha<sup>-1</sup>, independente de cultivar em comparação à densidade de recomendação. Nestas condições de cultivo, de menor liberação de N-residual (sistema milho/aveia), o uso de densidade mais elevadas se mostrou mais efetivo sobre a produtividade de grãos, quando comparado ao sistema soja/aveia). Portanto, o tipo de cobertura residual indica interferência sobre o ajuste da densidade de semeadura em aveia.

A densidade de plantas por área, além de promover uma maior produtividade de grãos, conforme tabela 2, vem potencializar a produção de biomassa comprovado na tabela 3, onde no sistema milho/aveia se tem uma produtividade biológica de 5.824 kg ha<sup>-1</sup>, na recomendada e 7.195 kg ha<sup>-1</sup>, na ajustada. No sistema soja/aveia a produtividade foi de 2.929 kg ha<sup>-1</sup> na recomendada e 3.452 kg ha<sup>-1</sup>, na densidade ajustada.

No sistema milho/aveia, o favorecimento de expressão da produtividade de palha pela densidade ajustada também foi estatisticamente diferente da recomendação. No modelo geral, em sistema milho/aveia, a densidade de 550 sementes m<sup>-2</sup> ajustada à maior produtividade de grãos, indicou uma expectativa de produtividade de palha de

5344 kg ha<sup>-1</sup>, superior à densidade de recomendação com 4515 kg ha<sup>-1</sup>, incrementado em mais de 800 kg ha<sup>-1</sup> de palha ao solo.

O incremento da densidade de semeadura sobre o índice de colheita mostrou comportamento quadrático. No sistema soja/aveia, a densidade de sementes ajustada e recomendada diferiram sobre o índice de colheita. No sistema milho/aveia, a ausência de diferenças entre a dose ajustada e recomendada alteraram a expressão do índice de colheita. Os resultados obtidos sugerem que o aumento da densidade ajustada, além de apresentar maior expressão à produtividade de grãos também favoreceu a expressão dos outros indicadores de produtividade.

Cultivar	Equação $y = a \pm bx \pm cx^2$	R <sup>2</sup>	P cx <sup>2</sup>	Densidade (s m <sup>-2</sup> )		Y <sub>E</sub>	
				RC	AJ	RC	AJ
Produtividade Biológica							
sistema soja/aveia							
Brisasul	5339 + 2,72x	0,98	*	250	540	6019B	6808A
URS-Taura	5636 + 1,98x	0,88	*	250	570	6132B	6766A
Geral	2491,5 + 1,747x	0,87		250	555	2929B	3452A
sistema milho/aveia							
Brisasul	4196 + 4,14x	0,99	*	250	570	5231B	6556A
URS-Taura	5404 + 4,05x	0,88	*	250	600	6417B	7835A
Geral	4800 + 4,10x	0,88		250	585	5824B	7195A
Produtividade de Palha							
sistema soja/aveia							
Brisasul	1968 + 3,339x	0,97	*	250	540	2980B	3656A
URS-Taura	3211 + 2,814x	0,82	*	250	570	2877A	3248A
Geral	2590 + 3,076x	0,81		250	555	2929B	3452A
sistema milho/aveia							
Brisasul	1968 + 3,339x	0,90	*	250	570	2803B	3871A
URS-Taura	3211 + 2,814x	0,94	*	250	600	3915B	4899A
Geral	2590 + 3,076x			250	585	3359B	4385A
Índice de Colheita							
sistema soja/aveia							
Brisasul	$0,42 + 5,50.10^{-4}x - 6,6.10^{-7}x^2$	0,95	*	250	540	0,52B	0,52A
URS-Taura	$0,39 + 8,39.10^{-4}x - 8,5.10^{-7}x^2$	0,99	*	250	570	0,55B	0,59A
Geral	$0,41 + 6,94.10^{-4}x - 7,55.10^{-7}x^2$	0,85	*	250	555	0,54B	0,56A
sistema milho/aveia							
Brisasul	$0,35 + 7,03.10^{-4}x - 8,2.10^{-7}x^2$	0,99	*	250	570	0,47A	0,48A
URS-Taura	$0,33 + 3,84.10^{-4}x - 4,2.10^{-7}x^2$	0,99	*	250	600	0,40A	0,41A
Geral	$0,34 + 5,435.10^{-4}x - 6,2.10^{-7}x^2$	0,99	*	250	585	0,44A	0,45A

**Tabela 3.** Comportamento e simulação da produtividade biológica, de palha e índice de colheita pela densidade de semeadura recomendada e ajustada.

R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; P(cx<sup>2</sup>): parâmetro que mede a significância em nível de 5% de probabilidade de erro; PG: produtividade de grãos; : valor de produtividade de grãos estimada pelo modelo de regressão; RC: recomendada; AJ: ajustada; AF: ano favorável; AA: ano aceitável.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

No incremento da densidade de semeadura em aveia, a produtividade biológica e de palha evidenciam comportamento linear e a produtividade de grãos e índice de colheita de comportamento quadrático, independente de cultivar e sistema de sucessão. A densidade ajustada mostra benefícios do aumento da densidade de sementes à produtividade de grãos, com a proposta de 550 e 585 sementes m<sup>-2</sup> no sistema soja/aveia e milho/aveia, respectivamente. O incremento de sementes pelo uso da densidade de semeadura ajustada traz contribuição positiva sobre a produtividade biológica, de palha e índice de colheita sobre a recomendação.

## REFERÊNCIAS

- CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F. **Ecofisiologia da aveia branca**. Revista Ciência Agrária Paraná, v.11, n.3, p.1-15, 2012.
- GARCIA, R.A.; MERLIN A.; TOLEDO M.Z.; FERANDES D.M, CRUSCIOL C.A.C.; BÜLL L.T. **Desenvolvimento da aveia branca e disponibilidade de fósforo em razão da aplicação de silicato de potássio**. Revista Ceres, v.59, n.6, p.831–837, 2011.
- HAWERROTH, M.C.; SILVA, J.A.G.; SOUZA, C.A.; OLIVEIRA, A.C.; LUCHE, H.S.; ZIMMER, C.M.; HAWERROTH, F.J.; SCHIAVO, J.; SPONCHIADO, J.C. **Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.50, n.2, p. 115-125, 2015.
- ROMITTI, M.V.; SILVA J.A.G.; MAROLLI A.; ARENHARDT, E.G.; MAMANN Â.T.W.; SCREMIN, O.B.; LUCCHESI O.A.; KRÜGER, C.A.M.B.; ARENHARDT, L.G.; BANDEIRA, L.M. **The management of sowing density on yield and lodging in the Resmain oat biotype grown in Brazil**. African Journal Agricultural Research. v.11, n.2, p.1935–1944, 2016.
- SILVA, J.A.G.; FONTANIVA C.; COSTA, J.S.P.; KRÜGER, C.A.M.B. UBESSI, C.; PINTO, F.B.; ARENHARDT, E.G.; GEWEHR, E. **Uma proposta na densidade de semeadura de um biotipo atual de cultivares de aveia**. Revista Brasileira de Agrociência. v.18, n.4, p.253-263, 2012.
- VALÉRIO, I.P.; CARVALHO F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BENIN, G.; MAIA, L.C.; SILVA, J.A.G.; SCHMIDT, D.M.; SILVEIRA, G. **Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo**. Semina: Ciência Agrária. v.30, n.1, p.1207-1218, 2009.

## MODELAGEM MATEMÁTICA À INOVAÇÃO NA RECOMENDAÇÃO DE NITROGÊNIO NA BASE E COBERTURA À MELHORIA DE EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DO NUTRIENTE NA PRODUTIVIDADE DA AVEIA

### Dênis Sidinei Rossi

Mestrando em Modelagem Matemática; UNIJUÍ  
Ijuí-RS

### Karla Kolling

Mestranda em Modelagem Matemática; UNIJUÍ  
Ijuí-RS

### Luana Henrichsen

Mestranda em Modelagem Matemática/bolsista  
CAPES; UNIJUÍ  
Ijuí-RS

### Adriana Roselia Krausig

Doutoranda em Modelagem Matemática/bolsista  
CAPES; UNIJUÍ  
Ijuí-RS

### Douglas César Reginatto

Mestre em Modelagem Matemática; UNIJUÍ  
Ijuí-RS

### José Antonio Gonzalez da Silva

Professor Orientador, DEAg/UNIJUÍ  
Ijuí-RS

**RESUMO:** O artigo buscou estudar a utilização da adubação nitrogenada na cultivar da aveia, fracionando está adubação na semeadura e na cobertura, portanto o experimento foi desenvolvido nos anos de 2016 e 2017, utilizando delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, seguindo um modelo fatorial simples 3x4, representando três adubações nitrogenadas de base (0 testemunha), 30 e 60 kg

ha<sup>-1</sup>) e quatro épocas de aplicação de adubação nitrogenada em cobertura (0, 10, 30 e 60 Dias Após a Emergência - DAE) no sistema de cultivo soja/aveia, utilizando a cultivar Brisasul. A dose de adubação nitrogenada fornecida a partir das indicações técnicas da cultura, pelo tipo de precedente cultural, teor de matéria orgânica do solo e da expectativa de rendimento de 4000 kg ha<sup>-1</sup>. O objetivo do estudo é determinar por regressão a taxa de produtividade de biomassa dia<sup>-1</sup> e a máxima eficiência técnica da produtividade de grãos nas condições de aplicação do nitrogênio na base com a época de fornecimento em cobertura. Encontrando a melhor combinação entre a semeadura e a cobertura para a utilização desta adubação nitrogenada.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Avena sativa*; otimização; regressão; densidade ideal; soja/aveia.

**ABSTRACT:** The experiment was carried out in 2016 and 2017, using a randomized complete block design with four replications, following a simple 3x4 factorial model. The objective of this study was to study the use of nitrogen fertilization in the oat cultivar, (0, 10, 30 and 60 days after emergence - DAE) in the soybean cultivation system, with three nitrogen fertilizations (0 control, 30 and 60 kg ha<sup>-1</sup>) / oats, using the cultivar Brisasul. The nitrogen fertilization dose provided by the technical indications of the crop,

by the type of cultural precedent, organic matter content of the soil and the expected yield of 4000 kg ha<sup>-1</sup>. The objective of the study is to determine by regression the rate of biomass productivity day<sup>-1</sup> and the maximum technical efficiency of grain yield under the conditions of application of nitrogen in the base with the time of supply in coverage. Finding the best combination between sowing and cover for the use of this nitrogen fertilization. **KEYWORDS:** Avena sativa; optimization; regression; ideal density; soybean / oats.

## 1 | INTRODUÇÃO

A produtividade da aveia está intimamente ligada ao manejo da adubação nitrogenada, onde, a dose e a época de aplicação do nitrogênio são fundamentais para incrementar o rendimento de grãos da cultura (FLORES et al., 2012). Em aveia, a indicação de cultivo sugere a adubação de nitrogênio em cobertura entre 30 a 60 dias após emergência, momentos onde os cereais necessitam maior aporte do nutriente (ARENHARDT et al. 2015). No entanto, a maior eficiência da adubação é diretamente dependente da quantidade fornecida na semeadura e em cobertura, e na cobertura, é dependente de adequada umidade do solo no momento da aplicação, condição nem sempre quando fornecido a adubação (ROCHA et al., 2008; SILVA et al., 2016). Portanto, alguns autores sugerem antecipação da adubação ou mesmo adubações mais tardias buscando aumento da produtividade (TEIXEIRA FILHO et al., 2011; ARENHARDT et al., 2015). Desta forma, o aumento do nitrogênio na semeadura com redução da cobertura pode proteger o nutriente pela reduzida exposição e quando combinado a época mais adequada, seja precoce ou tardia pode trazer resultados vantajosos. O objetivo do estudo é determinar por regressão a taxa de produtividade de biomassa dia<sup>-1</sup> e a máxima eficiência técnica da produtividade de grãos nas condições de aplicação do nitrogênio na base com a época de fornecimento em cobertura.

## 2 | METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em 2016 e 2017, no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR)/DEAg/UNIJUÍ, Augusto Pestana – RS. O experimento foi delineado em blocos casualizados com quatro repetições, seguindo um modelo fatorial simples 3x4, representando três adubações nitrogenadas de base (0 (testemunha), 30 e 60 kg dia<sup>-1</sup>) e quatro épocas de aplicação de adubação nitrogenada em cobertura (0, 10, 30 e 60 Dias Após a Emergência - DAE) no sistema de cultivo soja/aveia, utilizando a cultivar Brisasul. A dose de adubação nitrogenada fornecida a partir das indicações técnicas da cultura, pelo tipo de precedente cultural, teor de matéria orgânica do solo e da expectativa de rendimento de 4000 kg dia<sup>-1</sup>.

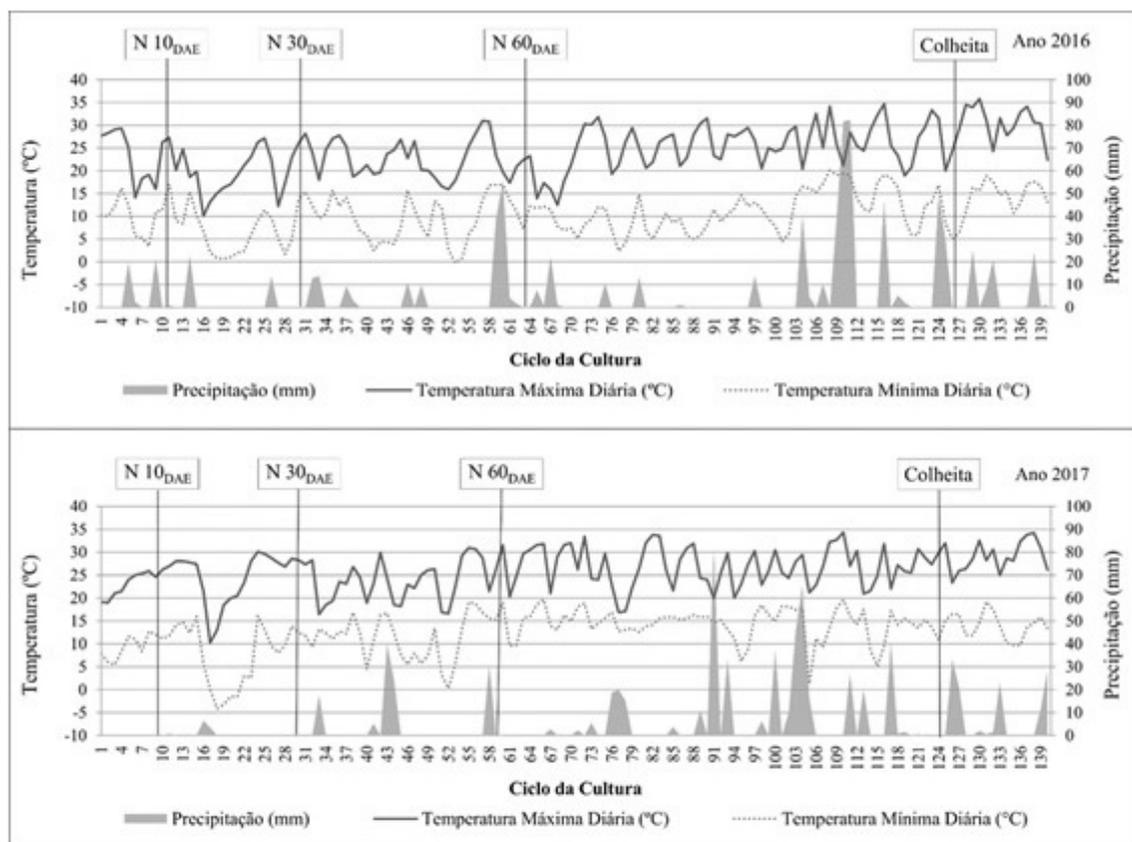
A colheita para a estimativa do rendimento de grãos ocorreu de forma manual pelo corte das três linhas centrais de cada parcela, e direcionadas ao laboratório para correção da umidade de grãos e pesagem para estimativa da produtividade. Além disto,

nos experimentos visando quantificar a biomassa total ao longo do desenvolvimento das plantas, a colheita do material vegetal foi realizada rente ao solo, a partir da coleta de um metro linear das três linhas centrais de cada parcela. Após, as amostras com a biomassa verde foram direcionadas a estufa de ar forçado a temperatura de 65°C até atingir peso constante, pesadas em balança de precisão para a estimativa da matéria seca total, convertida em kg ha<sup>-1</sup>. Estas amostras foram obtidas por cortes feitos aos 30, 60, 90 e 120 (ponto de maturidade fisiológica da planta) dias após a emergência.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2016 (Tabela 1), reduzidas precipitações nos momentos de aplicação de nitrogênio aos 10 e 30 dias após a emergência, porém, umidade de solo suficiente por chuvas que ocorreram em momentos anteriores. Este fato também foi observado na adubação de cobertura aos 60 dias após a emergência (Figura 1). As temperaturas máxima, mínima e média nesse ano agrícola ocorreram com certa estabilidade ao longo do ciclo. Embora as precipitações pluviométricas tenham sido mais reduzidas em relação aos demais anos, a adequada distribuição das chuvas com temperaturas mais amenas ao longo do desenvolvimento da planta promoveram uma média de produtividade de grãos de 3925 kg ha<sup>-1</sup>, similar a expectativa desejada pela adubação nitrogenada de 4000 kg ha<sup>-1</sup>. Tal condição, indica ano favorável ao cultivo de aveia.

Em 2017 (Figura 1), de modo geral, as temperaturas mínima, máxima e média foram superiores aos demais anos evidenciando forte instabilidade. Nas condições de adubação aos 10 e 30 dias após a emergência, a falta de umidade no solo era evidente pela não ocorrência de precipitação, com exceção da adubação aos 60 dias após a emergência. As elevadas temperaturas observadas, com constantes quedas e a reduzida umidade nos momentos de adubação, promoveram uma produtividade de grãos de 1979 kg ha<sup>-1</sup>, muito inferior a expectativa desejada de 4000 kg ha<sup>-1</sup>. Condição que justifica um ano desfavorável ao cultivo da aveia.



**Figura 1.** Dados de precipitação pluviométrica e temperatura mínima e máxima diária na cultura durante o ciclo de cultivo da aveia, nos anos de 2016 e 2017. Dados obtidos da estação meteorológica localizada no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural/IRDeR/UNIJUÍ. Semeadura (2016) – 21/06; Semeadura (2017) – 22/06.

Na tabela 1, o ano favorável de cultivo (2016), sem uso de nitrogênio na base (semeadura), mostrou maior taxa de produtividade de biomassa ( $b_1x$ ) na adubação em cobertura aos 30 dias após a emergência, indicando também, nesta condição, a maior produtividade de biomassa total e de grãos. Por outro lado, no ano desfavorável (2017), a necessidade de antecipação de adubação em cobertura foi observada, pois a melhor combinação conjunta de taxa de biomassa, produtividade de biomassa total e de grãos foi obtida com a aplicação de nitrogênio aos 10 dias após a emergência. Na tabela 1, no uso de nitrogênio na base com 10 e 30  $kg\ ha^{-1}$ , no ano favorável (2016) de cultivo, as maiores taxas de biomassa com produtividade biológica e de grãos também aconteceram quando houve com o fornecimento de nitrogênio aos 30 dias após a emergência. Por outro lado, no ano desfavorável (2017), também a antecipação se mostrou eficiente aos 10 dias após a emergência.

Na tabela 1, no ano favorável (2016), o fornecimento de nitrogênio em cobertura aos 10, 30 e 60 dias após a emergência não alteraram a produtividade de biomassa e grãos, embora a taxa de biomassa tenha sido mais expressiva com adubação aos 30 dias após a emergência. Em ano desfavorável de cultivo (2017) nenhuma das condições de adubação em cobertura promoveram resultados significativos em alterar a taxa de biomassa, biomassa total e de grãos de aveia. De modo geral, na tabela 1, independente das condições de ano agrícola, é observada uma tendência de redução da produtividade de grãos a medida em que se aumentam as doses de adubação de base, o que consequentemente reduz as doses de adubação em cobertura. Portanto,

embora a dose total de nitrogênio aplicada para expectativa de produtividade de grãos de 4000 kg ha<sup>-1</sup> seja com fornecimento de 70 kg ha<sup>-1</sup> no sistema soja/aveia, as formas de particionamento da adubação de base e cobertura para contemplar a dose total alteram significativamente a produtividade da aveia.

**Tabela 1.** Parâmetro de estimativa da taxa ( $b_{1x}$ ) de biomassa e valores médios de produtividade de biomassa total e de grãos sob doses de nitrogênio na base e em cobertura no sistema soja/aveia em distintos anos de cultivo.

NE (dias)	2016				2017			
	$b_{1x}$	R <sup>2</sup>	PB (kg ha <sup>-1</sup> )	PG (kg ha <sup>-1</sup> )	$b_{1x}$	R <sup>2</sup>	PB (kg ha <sup>-1</sup> )	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
N base (0 kg ha <sup>-1</sup> )								
0	87x	99	8051 b	2649 b	50x	96	4624 b	1420 c
10	105x	99	10969 a	3730 a	73x	98	6870 a	2495 a
30	111x	99	11192 a	4055 a	68x	99	6422 a	2006 b
60	97x	99	9073 b	2873 b	55x	97	5334 b	1862 b
N base (10 kg ha <sup>-1</sup> )								
0	92x	99	8586 d	2846 b	55x	94	5071 b	1504 c
10	85x	98	10349 b	3494 a	69x	97	6537 a	2274 a
30	123x	98	11445 a	3795 a	67x	96	6325 a	1951 b
60	101x	95	9415 c	3072 b	58x	99	5288 b	1886 b
N base (30 kg ha <sup>-1</sup> )								
0	104x	98	10004 a	3035 c	56x	98	5118 b	1722 c
10	113x	95	10666 a	3374 b	62x	95	5929 a	2200 a
30	118x	96	11118 a	3611 a	60x	97	5887 a	1941 b
60	110x	98	10585 a	3338 b	63x	95	5874 a	1900 b
N base (60 kg ha <sup>-1</sup> )								
0	107x	96	9817 a	2840 b	67x	98	5492 a	1778 a
10	114x	99	9898 a	3207 a	65x	99	5721 a	1912 a
30	121x	99	10361 a	3375 a	65x	94	5828 a	1881 a
60	112x	98	10275 a	3235 a	67x	96	5879 a	1830 a

NE – Nitrogênio época; PG – Produtividade de grãos; PB – Produtividade de biomassa total; R<sup>2</sup> – Coeficiente de determinação;  $b_{1x}$  – Parâmetro de inclinação da reta que indica a taxa de produtividade de biomassa produzida em kg ha<sup>-1</sup> a cada dia; Médias seguidas pelas mesmas letras constituem grupo estatisticamente homogêneo por dose de nitrogênio pelo teste Skott & Knott a 5% de probabilidade de erro.

Na tabela 2, da equação de regressão no sistema soja/aveia, independente da condição de ano agrícola e das doses de adubação fornecidas na semeadura, o comportamento da produtividade de grãos em função da época de fornecimento do nutriente em cobertura mostra comportamento quadrático. Destaca-se que, o uso da dose ideal no parâmetro  $b_{1x}$  da equação quadrática pela simulação, indica redução da produtividade de grãos com o aumento da dose de nitrogênio na semeadura em ano desfavorável e favorável.

**Tabela 2.** Regressão para estimativa da época ideal de aplicação de nitrogênio à produtividade de grãos nos anos de cultivo no sistema soja/aveia.

N Base	FV	QM (PG)	Equação $PG = b_0 \pm b_1x \pm b_2x^2$	P ( $b_1x^n$ )	R <sup>2</sup>	Época Ideal (dias)	PG <sub>E</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )
2016							
0	L	3388 <sup>ns</sup>	-	ns	95	31	4167
	Q	5172880*	$2759 + 92,24x - 1,51x^2$	*			
10	L	16548 <sup>ns</sup>	-	ns	97	31	3848
	Q	2092366*	$2896 + 60,47x - 0,96x^2$	*			
30	L	134399*	$3240 + 4x$	*	20	32	3643
	Q	527551*	$3053 + 33,66x - 0,53x^2$	*			
60	L	231420*	$3033 + 5,25x$	*	36	32	3435
	Q	363292*	$2878 + 29,86x - 0,46x^2$	*			
2017							
0	L	9610 <sup>ns</sup>	-	ns	33	31	2277
	Q	779579*	$1693 + 37,13x - 0,59x^2$	*			
10	L	31300 <sup>ns</sup>	-	ns	34	33	2148
	Q	383873*	$1696 + 27,23x - 0,41x^2$	*			
30	L	55 <sup>ns</sup>	-	ns	25	31	2069
	Q	119665*	$1850 + 14,21x - 0,23x^2$	*			
60	L	220 <sup>ns</sup>	-	ns	60	33	1915
	Q	24768*	$1806 + 6,59x - 0,10x^2$	*			

N – Nitrogênio; FV – Fonte de variação; PG – Produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>); QM - Quadrado médio; L - Equação linear; Q - Equação quadrática; R<sup>2</sup> - Coeficiente de determinação; P ( $b_1x^n$ ) – Probabilidade do parâmetro de inclinação; \* - Significância do parâmetro de inclinação a 5% de probabilidade de erro pelo teste t; ns - Não significativo a 5% de probabilidade de erro; PG<sub>E</sub> – Produtividade de grãos estimado.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

No modelo de regressão linear a maior taxa de produtividade da aveia é obtida com a redução do nitrogênio em semeadura, aumentando a dose do nutriente em cobertura frente a dose total a ser fornecida. Além disso, a maior eficiência no fornecimento em cobertura se dá quando realizada ao redor de 30 dias após a emergência.

## REFERÊNCIAS

ARENHARDT, E. G. et al. The nitrogen supply in wheat cultivation dependent on weather conditions and succession system in southern Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 48, p. 4322-4330, 2015.

FLORES, R. A. et al. Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim-elefante no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, p.1282-1288, 2012.

ROCHA, F. A. et al. Modelo numérico do transporte de nitrogênio no solo. Parte II: Reações biológicas durante a lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.54-61, 2008.

SILVA, C. A. da et al. Fatores que afetam o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1780–1788, 2016.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.8, p. 797-804, 2011.

## REAPROVEITAMENTO DA CASCA DO OVO PARA ELABORAÇÃO DE FARINHA

### **Caroline Dallacorte**

Universidade Comunitária da Região de Chapecó,  
Área de Ciências Exatas e Ambientais  
Chapecó – Santa Catarina

### **Camila Scheffer de Quadros**

Universidade Comunitária da Região de Chapecó,  
Área de Ciências Exatas e Ambientais  
Chapecó – Santa Catarina

### **Samara Moro Behling**

Universidade Comunitária da Região de Chapecó,  
Área de Ciências Exatas e Ambientais  
Chapecó – Santa Catarina

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivos desenvolver uma farinha a partir da casca de ovo. Tendo em vista o grande número de resíduos gerados nas indústrias de ovos e levando em conta os benefícios proporcionados pela casca do ovo, a fabricação desta farinha pode ser considerada uma opção para evitar o acúmulo de resíduos destinando-os a uma utilização adequada. Os experimentos foram realizados em laboratório, onde após a devida higienização da matéria-prima, a mesma foi submetida ao processo de aquecimento em estufa com ar forçado, ao processo de moagem, e peneiramento, para a posterior obtenção da farinha. Para trabalhos futuros sugere-se a elaboração de uma análise sensorial, para garantir que a farinha não irá interferir nas

características organolépticas do produto final.  
**PALAVRAS-CHAVE:** Cálcio. Balanço. Dimensionamento.

**ABSTRACT:** This study had as objectives to develop a flour from the eggshell. In view of the large number of residues generated in the egg industries and taking into account the benefits of eggshell, the manufacture of this meal may be considered as an option to avoid the accumulation of waste for proper use. The experiments were carried out in a laboratory, where after the proper hygiene of the raw material, it was submitted to the forced air drying process, to the grinding process, and to the sieving process, in order to obtain the flour. For future work it is suggested the elaboration of a sensorial analysis, to guarantee that the flour will not interfere in the organoleptic characteristics of the final product.

**KEYWORDS:** Calcio. Balance. Sizing.

### **1 | INTRODUÇÃO**

A casca de ovo é uma rica fonte de sais minerais, servindo como base para desenvolvimento de produtos nas indústrias cosméticas, suplementos alimentares, entre outros (MURAKAMI et al., 2007). São exemplos destes sais minerais, o carbonato de cálcio,

carbonato de magnésio e fosfato de cálcio (PISSATO, 2010).

O cálcio é um mineral essencial para construção e manutenção dos ossos, é muito importante que seja ingerido em quantidades adequadas principalmente na infância. Está presente em alimentos como leites, iogurtes, queijo e também na casca do ovo.

De acordo com Luft e colaboradores (2005), a ingestão diária de alimentos enriquecidos com a farinha de casca de ovo pode contribuir para a ingestão adequada de cálcio sem comprometer a qualidade nutricional da dieta.

A industrialização de ovos (ovos em pó, congelados, líquidos, etc.) possibilita vantagens econômicas, como fácil transporte e conservação, além de extensão da vida útil do produto. Em contrapartida, ocasiona a geração de um número expressivo de cascas, as quais são consideradas como resíduos. Como a casca representa 10% do peso do ovo, o resíduo gerado corresponde cerca de 5,92 milhões de toneladas por ano em todo o mundo (OLIVEIRA et al., 2009).

Ainda conforme Oliveira e colaboradores (2009), este resíduo é pouco valorizado, porém, o mesmo possui um elevado valor econômico. A utilização das cascas de ovos proporciona aspectos ambientais positivos, amenizando problemas de poluição, quando estas são descartadas diretamente no meio ambiente, já que possuem um teor considerável de proteínas, além de servirem como fonte alternativa de  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de cálcio) podendo diminuir o impacto sobre as reservas naturais de rocha calcária, uma fonte natural não-renovável.

Diversas estratégias vêm sendo propostas nos últimos anos para aumentar o consumo de cálcio dos indivíduos, procurando incentivar a ingestão de alimentos-fonte e de alimentos fortificados bem como a utilização de suplementos de cálcio (NATIONAL, 1994). Porém, como a população de baixa renda não tem acesso a esses produtos e há um número significativo de indivíduos com doenças provenientes da deficiência de cálcio, preconiza-se o uso de fontes alternativas do mesmo.

A utilização de cascas de ovos, para o enriquecimento de alimentos, é viável, já que, além de possuírem alto teor de cálcio, também se encontram disponíveis, tendo como destino o descarte em lixo orgânico e rações animais (NAVES, 2007). Desta forma sentiu-se a necessidade de elaborar um projeto que viabilize o consumo de cálcio através da farinha de casca do ovo, desenvolvendo uma indústria para a produção da mesma.

## **2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Casa de Ovo**

De acordo com Mukami (2006), a casca do ovo é considerada uma rica fonte de sais minerais, podendo ter a finalidade de servir como base para desenvolvimento de produtos em diversos ramos da indústria: cosmética, fertilizantes, suplementos

alimentares, implantes ósseos e dentários, como agentes anti-tártaro em cremes dentais e em bases biocerâmicas.

A utilização da casca de ovo é sugerida como uma alternativa para valorização de resíduos sólidos já que a partir dela são geradas milhões de toneladas de resíduos por ano (OLIVEIRA et al., 2009).

A integridade da casca tem grande influência na qualidade do ovo, sendo um dos fatores que mais têm preocupado os produtores, principalmente quando se explora a produção de ovos por mais um ciclo de postura. A espessura da casca pode variar devido a vários fatores, entre eles a hereditariedade, já que algumas famílias ou linhagens de aves produzem ovos com casca mais grossa que outras. Essas diferenças entre as aves, com relação à qualidade da casca, são definidas pela capacidade das aves de utilizarem o cálcio. Outro fator é o clima, já que altas temperaturas reduzem a espessura da casca e os níveis de cálcio ou bicarbonato de sódio do sangue são reduzidos como resultado dos movimentos respiratórios mais acelerados, visto que as aves procuram, desta forma, controlar a temperatura corporal.

Simultaneamente, o ambiente de temperatura elevada provoca diminuição no consumo de alimentos que, por sua vez, determina uma diminuição no consumo de cálcio, fósforo e vitamina D3. A avaliação da qualidade da casca tem sido feita por vários processos, diretos e indiretos destacando-se, neste último, o método do peso específico pela simplicidade, facilidade e rapidez, baixo custo, sem perda de ovos, sendo este o método indireto mais usado (HAMILTON, 1982).

A idade da ave afeta a espessura da casca, sendo que as cascas mais finas aparecem depois de 10-12 meses de postura. O nível nutricional também interfere, uma vez que a casca do ovo é formada, sobretudo, de carbonato de cálcio e uma deficiência deste elemento pode resultar em ovos de casca mole ou casca fina, também a redução de magnésio e fósforo provoca a mesma situação (EL BOUSHY e RATERINK, 1985).

O cálcio que está presente na casca de ovo na forma de  $\text{CaCO}_3$ , apresenta-se na proporção de cerca de 40% do produto em pó. Além do aspecto econômico, o cálcio da casca de ovo apresenta vantagens nutricionais, pois não está associado a elevadas quantidades de proteína e sódio (como acontece, por exemplo, nos queijos) (WEINSIER e KRUMDIECK, 2000).

## 2.2 Cálcio

O cálcio é um elemento essencial para todos os seres vivos, sendo vital para o crescimento e manutenção dos ossos e dos dentes além de ajudar na coagulação do sangue e na contração muscular (PEIXOTO, 2004).

Em sua forma pura, o cálcio se apresenta como um metal de baixa dureza, prateado, que reage facilmente com o oxigênio presente no ar e na água (SANTANA, 2012).

De acordo com Lerner e colaboradores (2000), a única fonte de cálcio disponível para o organismo humano é aquele proveniente da dieta, sendo importante garantir uma ingestão mínima do mineral para o completo crescimento e maturação dos ossos. O pico de aquisição de massa óssea, geneticamente determinado, se dá até os vinte anos de idade quando 90% do total é adquirido. Os outros 10% se completam até os 35 anos de idade.

A ingestão adequada de cálcio, desde os primeiros anos de vida e, em especial, durante a adolescência, garante melhor densidade do osso, retardando assim o processo de perda óssea e subsequente desenvolvimento de osteoporose (COBAYASHI, 2004).

A perda de cálcio acontece diariamente pela urina, suor e fezes. Grande parte do cálcio consumido é absorvida pelo intestino delgado. Devido a isto, a absorção de cálcio além de influenciada pela ingestão dietética pode também estar relacionada com a idade e às condições clínicas subjacentes como a má absorção intestinal (DE PAULA, 2004).

Baseado no estudo de Gurr (1999), mais de 1/3 do cálcio proveniente dos alimentos é absorvido, via transporte passivo e ativo, o restante sendo excretado nas fezes. Em indivíduos saudáveis que consomem quantidades de cálcio dentro de uma faixa normal, aproximadamente metade da absorção é ativa e a outra metade é passiva.

A necessidade diária de cálcio pode ser obtida pela ingestão de alimentos enriquecidos com cálcio, suplementos farmacológicos ou ambos (BEDANI e ROSSI, 2005).

### 2.3 Indústria de Alimentos

A indústria alimentícia tem utilizado o cálcio como fonte de nutriente na elaboração de alimentos fortificados. Esta iniciativa deve-se não apenas à ação governamental, mas também às estratégias de marketing utilizadas pelas indústrias, as quais lançam novos produtos no mercado adicionados de mais vitaminas e/ou minerais como diferencial (YBARRA et al., 2001).

De acordo com Lobo e colaboradores (2004), a fortificação de alimentos com o cálcio em populações de risco é uma forma encontrada para prevenir e combater algumas deficiências nutricionais, como a osteoporose. Além disso, esta fortificação com cálcio, especialmente em leite e derivados, tem o intuito de prevenir sua deficiência.

Porém, a quantidade de sais de cálcio adicionada no enriquecimento de produtos alimentícios pode ser um empecilho, já que são necessárias de 2,2 g a 3,5 g de sais para se alcançar a IDR (Ingestão Diária Recomendada) deste mineral. Deste modo, as formas de cálcio mais indicadas para se utilizar na fortificação são os sais orgânicos de cálcio, devido a sua solubilidade, e por consequência, melhor absorção pelo organismo (KAJISHIMA et al., 2003).

Além disso, o enriquecimento pode ser realizado com sais de cálcio na forma de citrato de cálcio ou lactato de cálcio, sendo este último, a melhor opção para bebidas

já que o mesmo apresenta boa solubilidade (PEDRÃO, 2008).

Conforme Naves e colaboradores (2007), uma das alternativas para inclusão do cálcio na dieta com baixo custo e fácil preparo é a fortificação de alimentos tradicionais, utilizando a farinha de casca de ovo. A farinha contém cálcio biodisponível, conforme constatado em experimentos in vivo, tanto em dieta padrão quanto em dieta à base da mistura arroz-feijão, sendo considerado como uma fonte adequada para suprir as necessidades de cálcio do organismo, e desta forma prevenindo a população contra as doenças relacionadas (LUFT, 2005).

## 2.4 Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ )

O  $\text{CaCO}_3$  é um material atóxico, apresenta baixa absorção de plastificantes, não é abrasivo, possui boa resistência à decomposição térmica durante o processo e possui uma cor bastante clara (RIBEIRO, 2011).

É utilizado em grande escala em indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas. Existem, basicamente, dois tipos de  $\text{CaCO}_3$ . São eles: o natural, o qual é removido da natureza e moído de acordo com a granulometria desejada, e o precipitado, onde se utiliza um processo químico (com etapas de calcinação, hidratação, carbonatação e secagem) para a fabricação do produto (WIEBECK; HARADA, 2005).

De acordo com Pereira (2010), a tecnologia de produção do Carbonato de Cálcio Precipitado auxilia de forma considerável no aumento de sua aplicabilidade nos mais variados segmentos da indústria. É possível obter um total controle de todas as suas propriedades físicas através do seu processo, o que melhora as características químicas finais do produto, como por exemplo, diminuição dos percentuais de metais pesados, alumínio, ferro e outros elementos químicos.

Baseado no estudo de Murakami e colaboradores. (2007), o carbonato de cálcio extraído da casca do ovo, quando comparado ao produzido industrialmente, possui maior estabilidade e resistência térmica, sendo amplamente utilizado como diluente sólido em produtos farmacêuticos, odontológicos, cosméticos e em suplementos alimentares.

Além disso, o pó de carbonato de cálcio, obtido a partir da casca de ovo, pode atuar como agente na remoção de metais pesados em meio aquoso. Demonstrou ser capaz de remover significativamente os íons chumbo de solução aquosa, podendo chegar a 72 % de eficiência de acordo com o tempo de contato (VIEIRA et al., 2004).

## 3 | METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Operações Unitárias II, da Universidade Comunitária da Região de Chapecó, onde inicialmente foram coletadas as cascas, provenientes de doação, após passarem pelo processo de lavagem, secagem, moagem e peneiramento, para posterior obtenção da farinha.

Utilizaram-se 337 g de casca de ovo, as quais foram devidamente lavadas com 1 L de água e 0,002 L de hipoclorito de sódio, com leve agitação manual. Após a realização desta etapa concluiu-se que se a quantidade de água e hipoclorito de sódio, adicionados fosse reduzida pela metade a eficiência da lavagem seria a mesma, portanto, assumiu-se que 0,5L de água e 0,001 L de hipoclorito de sódio são suficientes para a lavagem de 337 g de casca de ovo.

Em sequência, removeu-se metade da água e pesou-se novamente, obtendo 534 g de casca de ovo adicionada da solução de lavagem. Estas foram transferidas para uma estufa com ar forçado, simulando um secador, e mantidas a 150 °C por 1 hora. Dando sequência ao procedimento, utilizou-se um liquidificador industrial para moagem. Obteve-se, ao final da moagem, 312 g de casca de ovo para serem peneiradas.

Durante 5 minutos, em vibração 8, peneiraram-se as cascas para se obter três granulometrias: Mesh 16, Mesh 48 e fundo. Porém, após este procedimento, percebeu-se que o tempo de moagem foi consideravelmente baixo, portanto, a partir das cascas que ficaram retidas no Mesh 16, um total de 149 g, fez-se nova moagem, por mais 5 minutos, e peneirou-se novamente.

As granulometrias de interesse são as retidas no Mesh 48 e fundo. Após foram calculadas as perdas de casca em cada etapa do processo.

Obteve-se também a densidade da casca do ovo pela técnica de deslocamento de água. Primeiramente, pesou-se o sólido (casca de ovo), em seguida adicionou-se água em uma proveta até a metade de sua capacidade e então se inseriu o sólido na proveta com água e observou-se o deslocamento, através deste processo foi possível encontrar a densidade.

## 4 | RESULTADOS

Os resultados obtidos no processo de peneiramento estão expressos na Tabela 1, a seguir.

Medida (Mesh)	Peso (g)	Retenção (%)
16	56,2	0,376
48	52,7	0,346
Fundo	32,9	0,220

Tabela 1 - Dados referentes ao processo de peneiramento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As granulometrias de interesse são as retidas no Mesh 48 e fundo, de acordo com os dados da Tabela 1, o peso total aproveitado será de 85,6 g. O maior percentual de retenção se observa na peneira com mesh 16 e mesh 48, indicando uma presença

de grossos superior a de finos. Este resultados demonstram que a moagem pode ser realizada em um tempo ainda maior. Considerando uma etapa industrial, as perdas podem ser minimizadas no processo já que a disposição dos equipamentos no laboratório ocasionou manipulação excessiva levando a perdas desnecessárias. O processo de moagem inadequado contribui para maior número de partículas heterogêneas na farinha, comprometendo a qualidade final dos produtos elaborados (LINDEN; LORIENT, 1994).

Através do experimento foi possível obter as perdas de casca em cada etapa. Como a perda de casca na etapa de lavagem foi desconsiderada por não ter apresentado valor significativo, os cálculos iniciaram-se então, pelo processo de secagem (secador rotativo).

Perda de casca no secador: a quantidade de casca + solução de lavagem que entraram no equipamento correspondiam a 337,86g e 195,91g, respectivamente, totalizando 534 g. Após a secagem, pesou-se novamente o recipiente obtendo 314,22 g de produto seco. Assumiu-se que a perda ocorrida entre a transferência da casca do secador para o moinho era a mesma ocorrida no processo contínuo, portanto, pesou-se esta, obtendo um total de 2,82 g. A partir daí, foi possível calcular a perda no secador, sendo que:

$$F6p = \frac{2,82 \text{ g} * 100\%}{337,86 \text{ g}} = 0,83\%$$

Perda de casca no momento da moagem (liquidificador industrial): sabe-se que a quantidade de casca de entrada desta etapa corresponde a 314, . Sendo assim, após a moagem, obteve-se um peso total de produto para enviar ao peneiramento de 311,82 g. Logo, a quantidade de perda corresponde a 2,4 g. Sendo assim, para se encontrar o valor em porcentagem, faz-se a mesma relação seguida no secador, obtendo:

$$F10p = \frac{2,4 \text{ g} * 100\%}{314,22 \text{ g}} = 0,76\%$$

Perda de casca na peneira: a mesma relação foi utilizada para o cálculo da peneira. Conforme dito anteriormente, como a porcentagem de retenção de grossos foi muito alta no primeiro peneiramento, com entrada de 311,86 g de casca, fez-se uma nova moagem e novo peneiramento a partir da quantidade de casca retida na peneira de Mesh 16. Logo, entrou-se para o processo 149,53 g de casca, resultando ao final do peneiramento 140,77 g, resultando numa perda de 8,76 g. Portanto:

$$F13p = \frac{8,76 \text{ g} * 100\%}{149,53 \text{ g}} = 5,9\%$$

A Tabela 2 apresenta de forma simplificada, o percentual de perda em cada

processo.

Etapa	Perda (%)
Lavagem	0
Secagem	0,83
Moagem	0,76
Peneiramento	5,9

Tabela 2 - Percentual de perda nas etapas do procedimento

Fonte: Elaborado pelos autores.

O maior percentual de perda foi observado no momento do peneiramento, essas perdas são atribuídas às reprocesso nesta etapa, e as falhas do processo de moagem, já mencionadas.

De acordo com Dias (2004), é normal que o peso total das frações de peneiração seja um pouco inferior ao da amostra original, devido a partículas que se perderam em todo o processo. São aceitáveis perdas até 1% do peso original.

## 5 | CONCLUSÃO

A farinha da casca do ovo é um material rico em minerais, especialmente no que diz respeito ao cálcio, micronutriente bastante relevante na saúde óssea, e dificilmente ingerido pela população em geral, em quantidades necessárias para a manutenção da homeostase, o que pode contribuir para o desenvolvimento da osteoporose.

Com o aumento da expectativa de vida das populações, em nível global, tem-se a notar a maior incidência de casos dessa doença.

Além do fator econômico, a incorporação da casca de ovo na alimentação, favorece a menor poluição ambiental por reaproveitar um tipo de resíduos que é desperdiçado em grandes quantidades no ambiente. Para tal, a higienização da matéria prima deve ser adequada para evitar que uma fonte mineral seja veiculadora de doença de origem alimentar.

Para trabalhos futuros é importante a realização da análise sensorial, a fim de avaliar se a adição da farinha de casca de ovo pode alterar as características organolépticas dos produtos em que será utilizada.

## REFERÊNCIAS

BEDANI, R.; ROSSI, E. A. **O consumo de Cálcio e a Osteoporose**. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, 2005.

COBAYASHI, F. **Cálcio: seu papel na nutrição e saúde**. Compacta Nutrição, 2004.

DE PAULA, R. A. C. **O impacto de um biscoito fortificado com cálcio sobre o estado nutricional**

**e densidade mineral óssea em adolescentes.** Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Paulista de Medicina, 2004.

DIAS, J. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos.** Universidade do Algarve, 2004.

El Boushy, A. R. E; Raterink, R. **Componentes do ovo.** Avicultura Industrial, Porto Feliz, v.3, p.37-42, 1985.

GURR, M. **Calcium Nutrition.** Washington: *ILDI Press*, 1999.

HAMILTON, R. M. G. **Methods and factors that affect the measurement of egg shell.** Poultry Science, Savoy, 1982.

KAJISHIMA, S.; PUMAR, M.; GERMANI, R. **Efeito de adição de diferentes sais de cálcio nas características da massa e na elaboração de pão francês.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2003.

LERNER, B. R.; LEI, D. L. M.; CHAVES, S. P.; FREIRE, R. D. **O cálcio consumido por adolescentes de escolas públicas de Osasco, São Paulo.** Revista de Nutrição, 2000.

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial.** Espanha (Zaragoza): Acribia, 1994. 426 p.

LOBO, A. S.; TRAMONTE, V. L. C. **Efeitos da suplementação e da fortificação de alimentos sobre a biodisponibilidade de minerais.** Revista de Nutrição, 2004.

MUKAMI, F. S. **Estudo termoanalítico entre carbonato de cálcio industrial e carbonato de cálcio obtido de casca de ovo.** V Congresso Brasileiro de Análise Térmica e Calorimetria – V CBRATEC, 2006.

MURAKAMI, F. G.; RODRIGUES, P. O.; CAMPOS, C. M. T.; SILVA, M. A. S. **Physicochemical study of CaCO<sub>3</sub> from egg shells.** Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2007.

NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH. **Consensus Development Panel on Optimal Calcium Intake.** Optimalcalciumintake, 1994.

NAVES, M. M. V. et al. **Fortificação de alimentos com o pó da casca de ovo como fonte de cálcio.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2007.

OLIVEIRA, D.A.; BENELLI, P; AMANTE, E.R. **Valorização de resíduos sólidos: Casca de Ovos como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos.** Second International Workshop Advances in Cleaner Production, 2009.

PEDRÃO, M. R. **Enriquecimento de preparado sólido para refresco de fruta com cálcio.** I Simpósio Internacional de Alimentos Funcionais, 2008.

PEIXOTO, E. M. A. **Cálcio.** Química Nova na Escola, 2004.

PEREIRA, L. C. **Avaliação das 7 ferramentas da qualidade em uma indústria química: um estudo de caso no setor de envase na produção de carbonato de cálcio precipitado na cidade de pedra do indaiá – MG.** TCC – UNIFOR-MG, 2010.

PISSATO, A. **Desenvolvimento de um biscoito tipo cookie enriquecido com cálcio e vitamina D.** Dissertação de Mestrado, Setor de Tecnologia - UFPR, Curitiba, 2010.

RIBEIRO, C. E. G. **Produção de Rocha Artificial Utilizando Resíduo da Indústria de Mármore em Matriz Poliéster.** Dissertação de Mestrado – UENF,

2011.

SANTANA, G. N. **Cálcio**. Clube da Química, 2012.

VIEIRA, C. A.; FARIA, W. A.; ALVES, R. S.; SILVA, V. V., BARBIERI, R. S.

**Extração de metais pesados com casca de ovo**. III Encontro de Pós-Graduação da UNINCOR, 2004.

WIEBECK H.; HARADA J. **Plásticos de Engenharia – Tecnologia e Aplicações**. Ed. Artliber, 2005.

WEINSIER, R. L.; KRUMDIECK, C. L. **Dairyfoodsandbonehealth: examinationofthevidence**. Am. J. Clin. Nutr., 2000.

YBARRA, L. M.; COSTA, N. M. B.; FERREIRA, C. L. L. F. **Calciumand ir oninteraction: a review**. Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr . = J. Brazilian Soc. Food Nutr., 2001.

## RESÍDUOS MADEIREIROS GERADOS EM DUAS MARCENARIAS DA SERRA GAÚCHA

### Márcia Keller Alves

Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus  
Bento Gonçalves

Bento Gonçalves – Rio Grande do Sul

### Alexandre Gomes Ribeiro

Instituto Federal do Rio Grande do Sul Campus  
Bento Gonçalves

Bento Gonçalves – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** A fabricação de móveis está relacionada à geração de resíduos sólidos, principalmente nas etapas de beneficiamento da madeira. Neste contexto, o maquinário base para a fabricação de produtos de madeira pode influenciar na geração de resíduos, sobretudo no que diz respeito à sua manutenção e tempo de uso. A classificação destes resíduos é de extrema importância para a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos industriais e destinação final adequada. **Objetivo:** Identificar e classificar, de acordo com normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas, os resíduos sólidos provenientes de duas marcenarias localizadas na Serra Gaúcha. **Metodologia:** Tratou-se de um estudo de caso, realizado em duas marcenarias localizadas em Bento Gonçalves e Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul, Brasil. A coleta dos dados se deu no mês de setembro de 2016, através da aplicação de um questionário contendo

questões referentes à produção de resíduos da empresa, abordando os tópicos matéria-prima empregada, equipamentos utilizados, processo produtivo e resíduos gerados na produção. **Resultados:** Os resultados indicaram que os resíduos de maior geração pelas empresas foram serragem, maravalha, cavacos, plástico, resíduos orgânicos e líquidos. Os equipamentos que mais geraram resíduos foram serra circular, plaina, seccionadora, lixadeira e torno CNC. Os resíduos gerados foram classificados como não perigosos. **Conclusão:** Pode-se concluir que a maioria dos resíduos gerados é derivada da madeira e é classificada como resíduos classe IIA – não perigosos e não inertes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústria Moveleira. Resíduos Sólidos e Líquidos. Gestão de Resíduos.

**ABSTRACT:** The furniture manufacturing is related to the generation of solid residues, mainly in the stages of wood processing. In this context, the basic machinery for the manufacture of wood products can influence the generation of residues, especially with regard to its maintenance and time of use. The classification of these residues is of extreme importance for the elaboration of an industrial solid residues management plan and proper final disposal. **Objective:** To identify and classify, according to pertinent norms of the Brazilian Association

of Technical Norms, the solid residues from two woodworking stores located in the Serra Gaúcha. **Methodology:** This was a case study, carried out in two woodworking stores located in Bento Gonçalves and Caxias do Sul, in Rio Grande do Sul, Brazil. The data were collected in September 2016, through the application of a questionnaire containing questions regarding the company's residues production, addressing the topics raw material used, equipment used, production process and residues generated in production. **Results:** The results indicated that the largest residues generation by companies were sawdust, shavings, chips, plastic, organic and liquid residues. The equipments that generated most of residues was circular saw, planer, sectioning machine, sander and CNC lathe. The residues generated were classified as non-hazardous. **Conclusion:** It can be concluded that most of the residues generated is derived from wood and is classified as residues class IIA - non-hazardous and non-inert.

**KEYWORDS:** Furniture Industry. Solid and Liquid Residues. Residues Management.

## 1 | INTRODUÇÃO

Painéis de madeira são estruturas fabricadas com madeiras em lâminas ou em diferentes estágios de desagregação, tendo como principal vantagem desse tipo de produto a aplicação como substituto da escassa e encarecida madeira maciça em diferentes usos, como na fabricação de móveis, portas, pisos e rodapés (BIAZUS et al., 2010).

Em contraste ao benefício da substituição da madeira maciça, verifica-se que o setor de processamento mecânico da madeira investe pouco na gestão de resíduos. Esse fato se deve, em parte, à facilidade de obtenção de matéria-prima e de seu baixo custo; à ideia de que a madeira é um recurso renovável; ao número de empresas de pequeno porte que atuam no setor, com baixa capacidade de investimento em melhoria tecnológica; e, por fim, à ideia de que os resíduos gerados não são perigosos, podendo ser descartados como madeira (ULIANA, 2005).

Neste contexto, são considerados geradores de resíduos sólidos as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo. Por sua vez, resíduo sólido é o material descartado nos estados sólido, semissólido, gasoso e líquido (BRASIL, 2010). A classificação de resíduos sólidos compreende a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e posterior consulta às listagens da norma NBR 10.004 (ABNT, 2004).

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi identificar e classificar, de acordo com normas pertinentes da ABNT, os resíduos sólidos provenientes de duas fábricas de móveis localizadas nas cidades de Bento Gonçalves e Caxias do Sul, ambas na Serra Gaúcha.

## 2 | DESCRIÇÃO

Tratou-se de um estudo de caso, o qual foi realizado em duas marcenarias localizadas nos municípios de Bento Gonçalves e Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul. A coleta dos dados se deu no mês de setembro de 2016. Para a coleta dos dados, foi aplicado um questionário, modificado de Mendoza et al. (2010), contendo 14 questões referentes à produção de resíduos da empresa. Os tópicos abordados foram: matéria-prima empregada, equipamentos utilizados, processo produtivo e resíduos gerados na produção. Respeitando o anonimato das empresas, foi utilizado neste trabalho um código para identifica-las. Assim, para a empresa de Bento Gonçalves será utilizado o código EBG e para a empresa de Caxias do Sul, o código ECS.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As marcenarias participantes do estudo eram familiares, de pequeno porte, capital nacional e operam no mercado há 19 anos (EBG) e 36 anos (ECS). Ambas têm o sistema de produção sob encomenda e utilizam como principal matéria-prima painéis de madeira reconstituída: MDP (*Medium Density Particleboard* – Painel de Partículas de Média Densidade) e MDF (*Medium Density Fiberboard* – Fibra de Média Densidade), respectivamente. A EBG utiliza 1200 m<sup>2</sup> de MDP mensalmente, enquanto que a ECS utiliza 40 chapas de MDF por mês, cada uma com 5 m<sup>2</sup> (ou seja, 200 m<sup>2</sup>). As duas empresas informaram que a produção da matéria-prima é de terceiros (sem plantio próprio) e sua origem é Sul e Sudeste.

A aquisição de madeira nativa certificada tem sido um problema para as empresas do ramo moveleiro. No presente estudo, ambas as empresas adquirem a matéria-prima de terceiros, com origem do Sul e Sudeste. As principais empresas produtoras de painéis de madeira no Brasil e seus respectivos Estados Federativos são: Duratex (São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina), Arauco do Brasil (Paraná), Berneck (Paraná), Eucatex (São Paulo), Fibraplac (Rio Grande do Sul), Masisa do Brasil (Rio Grande do Sul) e Bonet (Santa Catarina) (BIAZUS et al., 2010). A madeira de florestas plantadas – em especial, de eucalipto e de pinus – constitui a principal fonte de matéria-prima MDP e MDF (MATTOS et al., 2008).

Por outro lado, as grandes madeireiras exportam sua produção; ao mercado interno resta a madeira produzida por comunitários, que enfrentam dificuldades para cumprir prazos, viabilizar o transporte e produzir madeira serrada de qualidade (NOLASCO, 2014). Cerca de 92% da produção de MDP é destinada aos polos moveleiros, enquanto que, no caso do MDF, a indústria demanda diretamente 54% da produção nacional (MATTOS et al., 2008). Como a indústria de painéis de madeira reconstituída utiliza somente madeira oriunda de florestas plantadas (BIAZUS et al., 2010), representa uma preocupação ambiental, na medida em que é um recurso escasso e uma preocupação econômica, pois está cada vez mais valorizada.

O MDP, principal matéria-prima utilizada pelas marcenarias analisadas, é o painel mais consumido no mundo, porém apresenta algumas desvantagens em relação ao MDF, pois este último apresenta características mecânicas específicas que o aproximam da madeira maciça, como consistência, boa estabilidade dimensional e grande capacidade de usinagem (BIAZUS et al., 2010).

O MDF é uma chapa fabricada num processo similar ao do aglomerado/MDP, mas utilizando madeira com maior grau de desagregação, ou seja, reduzida a fibras, que são aglutinadas por meio de resinas, com ação de calor e pressão (MATTOS et al., 2008). Com a mudança da visão de produto de baixa qualidade, o reposicionamento do MDP e o sucesso do marketing referente à aplicabilidade e à qualidade do MDF, bem como a facilidade do acesso a esse produto, verifica-se importante potencial de crescimento do consumo per capita no país (BIAZUS et al., 2010).

Os produtos fabricados pela EBG são, principalmente, tampos de mesa, tampos para balcão de cozinha e outras partes. A média de produção mensal (em peças) é acima de 151 peças. Por sua vez, a ECS produz principalmente móveis residenciais e de escritório, estande para feiras e projetos particulares. Sua produção mensal (em peças) é pequena, de 1 a 30 peças.

Os principais resíduos sólidos produzidos pelas empresas são serragem, maravalha, cavacos, plástico e resíduos orgânicos, além de resíduos líquidos. A Tabela 1 apresenta a quantidade de resíduos sólidos gerados no período de um mês de trabalho nas empresas estudadas.

<b>Tipo de resíduo</b>	<b>EBG</b>	<b>ECS</b>
Serragem	-	40 kg
Cavacos	13,33 m <sup>3</sup>	-
Maravalhas	30 m <sup>3</sup>	30 kg
Plástico	-	5 kg
<b>Total</b>	<b>33,33 m<sup>3</sup></b>	<b>75 kg</b>

Tabela 1. Quantidade total de resíduos sólidos mensais gerados em duas marcenarias localizadas na serra gaúcha.

A empresa EBG refere que, além dos resíduos sólidos, gera como resíduo líquido água contaminada com cola branca (à base de água), em média 333 litros por mês. A empresa utiliza como matéria-prima cola branca à base de água (400 kg/mês). Ainda assim, todos os resíduos produzidos foram classificados como pertencentes à classe IIA.

Os principais equipamentos utilizados nas duas marcenarias foram serra-fita, serra circular, tupia e lixadeira. Além destes equipamentos, a EBG referiu fazer uso ainda de torno CNC e seccionadora, enquanto que a ECS usa plaina, desengrossadeira e furadeira. Ambas as empresas relataram que os equipamentos têm entre zero e 10 anos e que a realização da manutenção é periódica, prioritária, de acordo com o

fabricante de cada máquina.

As empresas relataram que os equipamentos que mais geram resíduos são serra circular e plaina (ECS) e seccionadora, lixadeira e torno CNC (EBG). Os equipamentos utilizados nas duas marcenarias são o maquinário base para a fabricação de produtos de madeira, e sua manutenção e o tempo de uso influenciam na maior ou menor geração de resíduos (NOLASCO, 2014). Raramente as unidades de produção dispõem de um plano de gestão para os tipos de resíduos apontados neste estudo (KOZAK et al., 2008). Uma alternativa apresentada por Silva & Figueiredo (2010) é o aproveitamento dos resíduos da indústria para o desenvolvimento de uma linha de produtos, aplicando os conceitos de Design Sustentável e Ecodesign, a fim de evitar o descarte e a extração desnecessária de matéria-prima da natureza. Na Tabela 2 pode-se notar quais são os resíduos produzidos, classificação segundo a NBR 10.004 e suas propriedades físico-químicas.

<b>Tipo de resíduo</b>	<b>Classe (NBR 10.004)</b>	<b>Principais propriedades</b>
Serragem (madeira)	IIA – Não-perigoso	Degradabilidade, combustibilidade
Cavacos (madeira)	IIA – Não-perigoso	Degradabilidade, combustibilidade
Maravalhas (madeira)	IIA – Não-perigoso	Degradabilidade, combustibilidade
Plástico	IIA – Não-perigoso	Combustibilidade

Tabela 2: Classificação dos resíduos sólidos gerados em marcenarias de municípios da serra gaúcha.

A fabricação de móveis esteve sempre relacionada à geração de resíduos sólidos, principalmente nas etapas de beneficiamento da madeira (KOZAK et al., 2008). Neste estudo, foi adotado o conceito de resíduo sólido apresentado na legislação vigente (BRASIL, 2010), que é o material descartado nos estados sólido, semissólido, gasoso e líquido. Todos os resíduos produzidos foram classificados como pertencentes à classe IIA (Não-perigosos e não inertes) e apresentam propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (ABNT, 2003).

A EBG destina os resíduos sólidos (serragem e cavacos) à doação com finalidade de olaria (geração de energia) e o resíduo líquido é transportado pela Ecolíder Sistema Ambiental, empresa especializada em tratamento de efluentes. A ECS queima os resíduos sólidos, sem aproveitamento de energia. O gerenciamento de resíduos deve ser realizado não somente com a finalidade de proteger o meio ambiente, mas também diminuir o desperdício de matéria-prima. Uma das empresas queima os resíduos sólidos, o que pode causar sérios impactos ambientais e pode acarretar na liberação de compostos prejudiciais à saúde humana. Ou seja, a geração de resíduos somada ao gerenciamento inadequado, resultam em impactos negativos para o meio ambiente e para a saúde coletiva.

A tomada de decisões, no que diz respeito ao gerenciamento dos resíduos nas marcenarias e outras indústrias moveleiras, deve ser realizada através da avaliação

do processo produtivo, sem perder o foco no impacto ambiental do ciclo de vida do produto. Neste sentido, a EBG parece estar melhor amparada, uma vez que conta com o serviço de empresas especializadas para destinação de seus resíduos. No entanto, é importante reiterar a importância de que as empresas, mesmo as familiares e de pequeno porte, precisam ser capazes de realizar investimentos para melhoria no processo produtivo, seja visando a redução da produção de resíduos, seja visando o reaproveitamento dos mesmos.

A EBG declarou possuir licença ambiental devidamente regularizada e fazer acompanhamento constante com a empresa Ambiental Assessoria Técnica em Resíduos Ambientais, sob os cuidados de uma engenheira química que orienta a empresa nas melhores práticas ambientais.

#### 4 | CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a maioria dos resíduos gerados nas marcenarias avaliadas é derivada da madeira e é classificada como resíduos classe IIA – não perigosos e não inertes. A identificação e classificação correta dos resíduos permite uma avaliação mais correta do gerenciamento de resíduos sólidos, de modo a verificar a conformidade com a legislação vigente.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colegas da disciplina de Gestão Ambiental do Instituto Federal do Rio Grande do Sul pelo apoio e auxílio na coleta de dados do presente estudo: Jésus Patrick Oliveira Araújo, Natani Casagrande, Flávia Roberta da Costa Dourado, Jair José Quadros Ferreira, Diana Marcon, Vera Lúcia Reis de Oliveira, Patrícia da Rosa Schmaedek.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. **Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 48p.

BEN, F.; SHNEIDER, V. E.; PAVONI, E. T. **Análise dos custos ambientais em uma empresa do polo moveleiro da Serra Gaúcha**. IX Congresso Internacional de Custos - Florianópolis, SC, Brasil - 28 a 30 de novembro de 2005.

BIAZUS, A.; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. **Panorama de mercado: painéis de madeira**. BNDES Setorial, n. 32, set. 2010, p. 49-89, 2010.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei 12305/10 | Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: <http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1024358/politica-nacional-de-residuos-solidos-lei-12305-10>. Última visualização em 18/10/2016.

KOZAK, P. A.; CORTEZ, A. M.; SCHIRMER, W. N.; VINICIUS, M.; CALDEIRA, W.; BALBINOT, R. **Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis**, Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais, v. 6 (2), p. 203–212, 2008.

LOPES, M. A. **Gerenciamento de resíduos madeireiros em pequenas indústrias de produtos de madeira de maior valor agregado**. [Dissertação de Mestrado]. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 101p. Piracicaba, 2016.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas**. BNDES setorial, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, 2008.

MENDOZA, Z. M. S. H.; EVANGELISTA, W. V.; ARAÚJO, S. O.; SOUZA, C. C.; RIBEIRO, F. D. L.; SILVA, J. C. **Análise dos resíduos madeireiros gerados nas marcenarias do município de Viçosa - Minas Gerais**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.34, n.4, p.755-760, 2010.

SILVA, A. F.; FIGUEIREDO, C. F. **Reaproveitamento de Resíduos de MDF da Indústria Moveleira**. Pós-graduação em Design, UFRGS. Design & Tecnologia, v.02, p.77-87.: 2010.

ULIANA, L. R.. **Diagnóstico da geração de resíduos na produção de móveis: subsídios para a gestão empresarial**. [Dissertação de Mestrado]. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 101p. Piracicaba, 2005.

WEBER, C. **Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados**. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2011. 87P.

## VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE GRAUTE PRODUZIDO COM AGREGADOS RECICLADOS PARA O REFORÇO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL

### **Luanna da Silva Diamantino**

Universidade FUMEC/FEA - Faculdade de Engenharia e Arquitetura  
Belo Horizonte – Minas Gerais

### **Edna Alves Oliveira**

Universidade FUMEC/FEA - Faculdade de Engenharia e Arquitetura  
Belo Horizonte – Minas Gerais

### **Jamile Salim Fuina**

Universidade FUMEC/FEA - Faculdade de Engenharia e Arquitetura  
Belo Horizonte – Minas Gerais

### **Luiz Antônio Melgaço Nunes Branco**

Universidade FUMEC/FEA - Faculdade de Engenharia e Arquitetura  
Belo Horizonte – Minas Gerais

**RESUMO:** Este trabalho visa analisar experimentalmente as propriedades físicas e mecânicas do graute produzido com agregados reciclados. Para análise do desempenho mecânico desse graute, foram realizadas análises experimentais em prismas de blocos de concreto conforme especificações das normas da ABNT visando à reciclagem de resíduos da fabricação de blocos de concreto. Foram ensaiados 15 prismas com dois blocos, preenchidos com graute convencional e 15 com graute produzido com resíduos da construção civil. Os resultados obtidos no presente estudo

mostraram que o graute produzido a partir da substituição integral do agregado natural graúdo por resíduo, apresenta propriedades mecânicas adequadas para o reforço de paredes de alvenaria estrutural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alvenaria estrutural, resíduo da construção civil, graute, prismas.

### FEASIBILITY OF THE GRAUTE PRODUCTION USED WITH RECYCLED AGGREGATES FOR THE STRENGTHENING OF CONCRETE BLOCKS FOR STRUCTURAL MASONRY.

**ABSTRACT:** This work aims to analyze experimentally the physical and mechanical properties of grout produced with recycled aggregates. To analyze the mechanical performance of this grate, experimental analyzes were performed on prisms of concrete blocks according to ABNT standards for the recycling of residues from the manufacture of concrete blocks. Fifteen prisms with two blocks, filled with conventional grate and 15 with grate produced with construction residues were tested. The results obtained in the present study showed that the grate produced from the integral replacement of the heavy natural aggregate by residue presents adequate mechanical properties for the reinforcement of structural masonry walls.

**KEYWORDS:** Structural masonry, construction waste, grout, prisms.

## 1 | INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que vem se destacando no Brasil e no mundo, devido às suas vantagens como construção racionalizada, quantidade reduzida de mão de obra, construção limpa e redução no tempo de sua realização. Porém, muitas vezes a sua utilização se baseia em métodos intuitivos, demonstrando que, embora muitos estudos tenham sido realizados, ainda há muito a ser pesquisado a fim de aprimorar o sistema de dimensionamento e a técnica construtiva (CAMACHO, 2006).

É um sistema constituído pela interação de materiais distintos, dimensionados para suportar as cargas solicitantes que atuam nas paredes estruturais, devendo o sistema trabalhar de maneira que bloco, argamassa e graute interajam de forma conjunta, como um sistema monolítico (RAMALHO e CORRÊA, 2008). Por isso, o desempenho estrutural das paredes da alvenaria não pode ser estimado sem a realização de ensaios com paredes ou prismas. Estes ensaios permitem analisar as principais propriedades mecânicas da alvenaria, que são a resistência à compressão, à tração, à flexão e ao cisalhamento.

Assim como todo sistema construtivo, a alvenaria estrutural também contribui para geração de resíduos, seja na fabricação dos blocos, no transporte, na execução de um projeto não compatibilizado, ou na falta de treinamento da mão de obra para a sua execução. Podendo ainda, ser o sistema construtivo que mais gere resíduos na construção, devido, justamente, ao grande número de variáveis, mas que por sua vez, quando controlados e racionalizados, viabilizam o sistema no âmbito sustentável e econômico (MARTINS, 2012).

Esses resíduos gerados por construções e demolições (RCD) podem ser definidos pela mistura de rejeitos oriundos de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, sendo o seu armazenamento muitas vezes realizado de forma inapropriada onde, segundo John e Agopyan (2013), podem ser depositados em bota-fora clandestino, nas margens de rios e córregos ou em terrenos baldios.

No Brasil, a resolução n° 307 do conselho nacional do meio ambiente – CONAMA (2002), estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

A utilização de agregados de concreto reciclado é muito atraente do ponto de vista da redução dos custos e da sustentabilidade. É neste contexto que este trabalho se insere. Será avaliado o comportamento da alvenaria estrutural com blocos de concreto reforçados com graute produzido a partir da substituição integral do agregado graúdo por resíduos da fabricação de blocos de concreto.

## 2 | METODOLOGIA

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos, foi desenvolvido um programa experimental para avaliar as propriedades mecânicas da alvenaria e seus componentes. O estudo experimental foi constituído das seguintes etapas:

- coleta dos materiais: blocos, agregados naturais e resíduo;
- análise granulométrica dos agregados miúdo, graúdo e do resíduo;
- análise de traços de graute, disponíveis na literatura, para posterior avaliação da resistência à compressão axial do graute obtido a partir da substituição integral do agregado natural miúdo por resíduo, e do graute obtido a partir da substituição integral do agregado graúdo por resíduo;
- execução de corpos de prova cilíndricos com graute convencional (confeccionado com agregados naturais) e graute com resíduo (confeccionado com a substituição integral dos agregados naturais por resíduo gerado durante a fabricação de blocos de concreto);
- realização de ensaios em blocos, em corpos de prova cilíndricos de graute convencional e de resíduo, e em corpos de prova prismáticos de argamassa para determinação da resistência à compressão axial e do módulo de deformação;
- realização de ensaios em prismas com 2 (dois) blocos preenchidos com graute convencional e graute com resíduo para determinação da resistência à compressão axial e do módulo de deformação.

Para tais avaliações, foram utilizadas as Normas ABNT NBR 12118: 2013 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio, ABNT NBR 5739: 2007 - Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, ABNT NBR 15961-2: 2011 - Alvenaria estrutural - Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras, ABNT NBR 6136: 2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos, ABNT NBR 13276: 2016 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência, ABNT NBR 13279: 2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, ABNT NBR 10007: 2004 - Amostragem de Resíduos Sólidos e ABNT NBR 8522 : 2008 - Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão.

### 3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar o estudo experimental foram utilizados Blocos estruturais vazados de concreto para amarração tipo “L” com dimensões nominais de 14 cm x 19 cm x 34 cm conforme ilustra a Figura 1.



Figura 1 – Blocos de concreto estruturais utilizados na pesquisa

Fonte: Autores (2018).

Os agregados utilizados nessa pesquisa foram fornecidos em um único lote por empresas da grande Belo Horizonte. O agregado reciclado foi coletado de acordo com a NBR 10007– “Amostragem de Resíduos Sólidos” (ABNT, 2004).

A composição granulométrica foi realizada com o resíduo, agregado miúdo natural e agregado graúdo natural de acordo com as recomendações da NBR 7211 “Agregados para concreto – Especificação” (ABNT, 2009), que, além de determinar a composição granulométrica dos agregados, tem como objetivo a definição do módulo de finura, que é a soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras, dividida por 100 e da dimensão máxima característica que é o valor onde o agregado possui uma porcentagem retida acumulada igual, ou imediatamente inferior, a 5% em massa.

A argamassa de assentamento foi confeccionada com cimento CP IV E 32, cal hidratada e areia industrial de granulometria média. O traço em massa utilizado foi de 1:1:0,6 (cimento:cal:areia) respeitando uma junta de aproximadamente 1,0 cm de espessura entre os blocos de concreto assentados. A mistura dos componentes da argamassa foi realizada obtendo-se a condição plástica e a trabalhabilidade adequada com uma relação água/ cimento  $a/c = 1,51$  em massa. Este traço foi adotado por ser usualmente utilizado em obras de alvenaria estrutural.

Para definir o traço que seria adotado na confecção do graute, foram analisados quatro traços, sendo estes dosados para a obtenção de resistência à compressão média de  $15 \pm 2$  MPa. A adoção dessa resistência média se deve ao valor obtido na resistência característica à compressão dos blocos de concreto.

Diante dos resultados da resistência característica dos blocos, verificou-se que o traço de graute de  $15 \pm 2$  MPa apresentou, aproximadamente, a resistência do bloco e não sendo inferior à resistência mínima estabelecida por norma, conforme descrito

no referencial teórico. A consistência adotada foi determinada a partir do ensaio de abatimento do tronco de cone.

Após análises dos quatro traços, definiu-se o traço em massa do graute convencional e com resíduo de 1:2,21:2,40 (cimento: areia: brita) e relação água cimento (a/c) de 0,950. O cimento empregado na confecção dos grautes foi o mesmo utilizado na argamassa – cimento CP IV E 32.

Denomina-se graute convencional, neste trabalho, o graute confeccionado com brita nº 0 e areia natural, e com resíduo, o graute confeccionado com resíduos gerados na fabricação de blocos de concreto estruturais, provenientes de uma fábrica de blocos de concreto da região metropolitana de Belo Horizonte, MG.

Com o objetivo de analisar o desempenho mecânico da alvenaria reforçada com graute convencional e graute com resíduo foram confeccionados dois tipos de prismas. Em ambos foram utilizados blocos estruturais vazados de concreto para amarração tipo “L” com dimensões nominais de 14 cm x 19 cm x 34 cm. Esses blocos foram justapostos e unidos por juntas horizontais de argamassa para o seu assentamento. O primeiro tipo de prisma denominado “Prisma convencional”, foi preenchido com graute executado com agregados naturais miúdo e graúdo. O segundo tipo de prisma denominado “Prisma com Resíduo” foi preenchido com graute que teve a substituição integral do agregado graúdo natural por resíduo gerado durante a fabricação de blocos de concreto conforme Figura 2.



Figura 2 - Amostras do resíduo utilizado na substituição do agregado natural

Fonte: Autores (2018).

Para a realização do estudo foram confeccionados e ensaiados à compressão aos 28 dias, um total de 15 (quinze) prismas para cada tipo de graute adotado - graute convencional e graute com resíduo. Os quinze blocos do traço convencional foram capeados com pasta de cimento e montados no dia seguinte. A execução dos passos para montagem dos 15 (quinze) prismas com resíduo seguiu os mesmos procedimentos dos prismas convencionais, porém como seria inviável realizar o rompimento dos 30

(trinta) prismas no mesmo dia, os mesmos foram capeados e montados um dia após a montagem dos prismas convencionais que podem ser observados na Figura 3.



Figura 3 - Montagem dos prismas

Fonte: Autores (2018).

Após aguardar o tempo de descanso mínimo de 16 (dezesesseis) horas, os alvéolos dos blocos de 15 (quinze) prismas foram preenchidos com graute convencional. O grauteamento foi realizado em duas camadas que recebiam 12 (doze) golpes em cada camada aplicados com a haste de socamento. Os quinze prismas preenchidos com graute com resíduo obedeceram ao mesmo procedimento de execução, porém foram realizados no dia seguinte em função da logística para realização dos testes de compressão axial.

O equipamento adotado para os testes de compressão e deformação dos corpos de prova cilíndricos foi acoplado a prensa, sendo a velocidade do carregamento comandada automaticamente por um computador. Foram instalados dois transdutores lineares de deslocamentos (LVDT - Transformador Diferencial Variável Linear) para análise das deformações dos grautes convencionais e com resíduo. A Figura 4 ilustra o conjunto de equipamentos e corpo de prova utilizados durante o ensaio.



Figura 4 – Equipamento utilizado no ensaio de compressão para determinar a deformação em corpos de prova cilíndricos

Fonte: Autores (2018).

Para a determinação do módulo de deformação dos prismas, foi desenvolvido um equipamento para auxiliar na fixação dos transdutores de deslocamentos (LVDT) e dos extensômetros analógicos. Foram utilizados dois LVDT's e dois extensômetros analógicos para leitura das deformações longitudinais. Para leitura das deformações transversais foram utilizados quatro extensômetros analógicos, como pode ser observado na Figura 5.



Figura 5 - Equipamento desenvolvido para auxiliar na fixação dos LVDT's e extensômetros analógicos nos prismas

Fonte: Autores (2018).

Para obtenção das deformações fornecidas pelo LVDT, foi feita aquisição direta dos dados pelo computador. Para os extensômetros analógicos, as leituras foram feitas manualmente ao fim de cada intervalo de aplicação de carga.

Após a execução da leitura dos extensômetros, os prismas foram submetidos a carregamento até atingir ruptura, obtendo-se assim a resistência à compressão axial dos prismas.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão apresentados a seguir, os resultados dos ensaios de caracterização dos materiais utilizados para a produção dos grautes e prismas, assim como as suas características, obtidas através dos estudos experimentais.

### 4.1 Índice de absorção de água dos blocos de concreto

O ensaio para obtenção do índice de absorção de água dos blocos de concreto foi realizado de acordo com as normas NBR 12118 (ABNT, 2013) e NBR 6136 (ABNT, 2016), que consideram que a porcentagem do índice de absorção dos blocos que deve estar abaixo de 9,0% para a média e abaixo de 10% para cada bloco utilizado.

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos para o índice de absorção, d'água considerando o número mínimo de amostras exigida pelas normas.

BLOCOS	PESO $m_1$ a g	PESO $m_2$ b g	ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA %
1	5291	5553	5,0
2	5218	5275	1,1
3	5292	5562	5,1
4	5207	5605	7,6
5	5223	5309	1,6
6	5275	5463	3,6
<b>MEDIA</b>	<b>5251</b>	<b>5461</b>	<b>4,0</b>
<b>SD</b>	<b>33,1</b>	<b>117,8</b>	<b>2,1</b>

a Massa do corpo de prova seco em estufa  
b Massa do corpo de prova saturado

Tabela 1 - Índice de absorção de água dos blocos

Fonte: Autores (2018).

É possível verificar que, em nenhum bloco, o resultado de absorção de água ultrapassou o valor estabelecido pela norma, sendo um indicador importante, pois uma grande absorção de água pode interferir no potencial de aderência entre o bloco e a argamassa.

### 4.2 Caracterização dos agregados

Os resultados da composição granulométrica dos agregados naturais encontram-se nas figuras 6,7 e 8 e nos gráficos 1, 2 e 3.

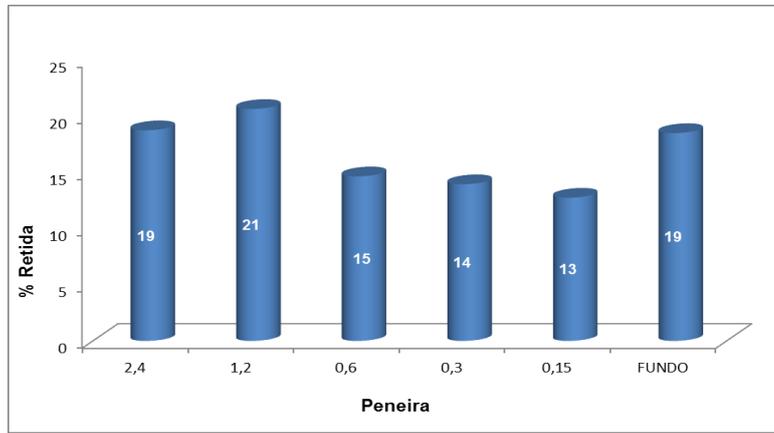


Figura 6 - Porcentagem retida por peneira do agregado natural miúdo  
 Fonte: Autores (2018).

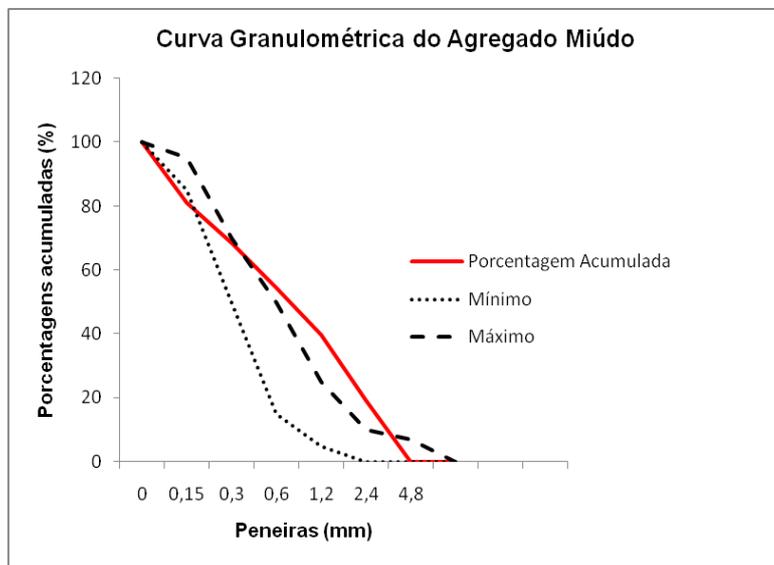


Gráfico 1 – Curva granulométrica do agregado natural miúdo  
 Fonte: Autores (2018).

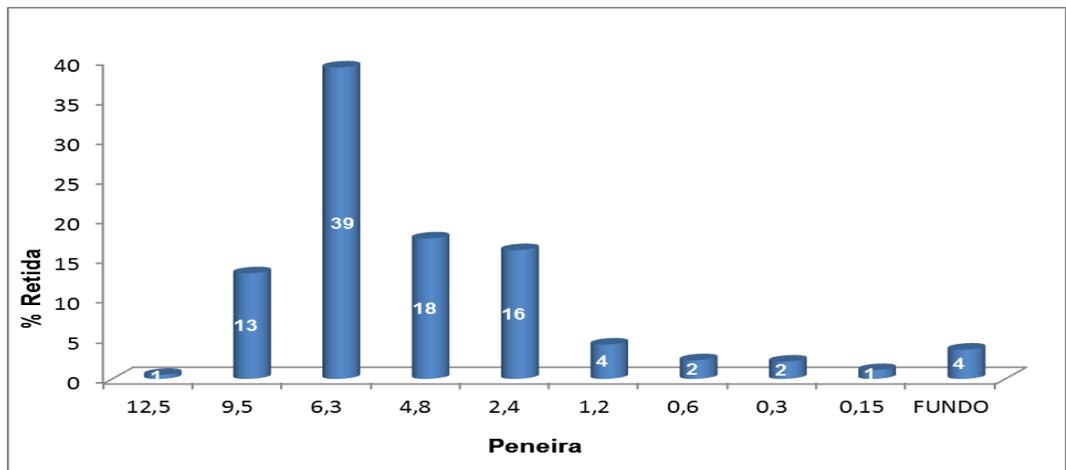


Figura 7 - Porcentagem retida por peneira do agregado natural graúdo  
 Fonte: Autores (2018).

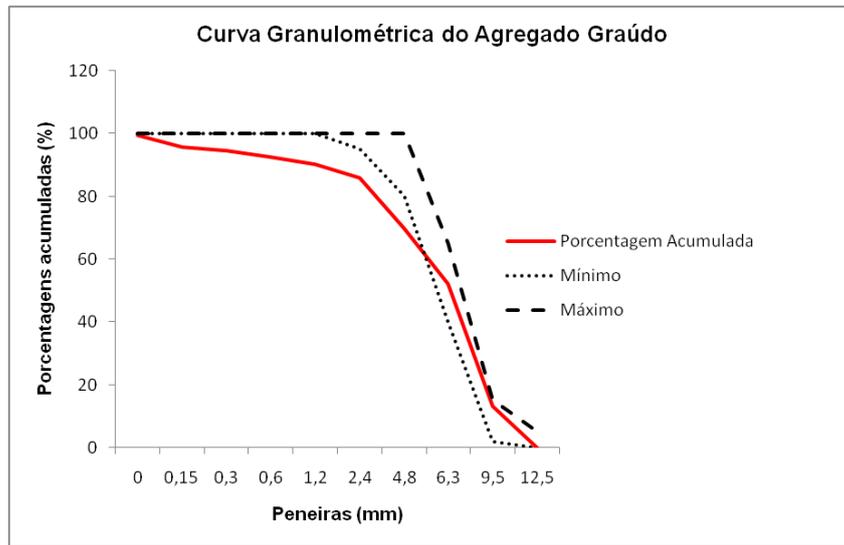


Gráfico 2 - Curva granulométrica do agregado natural graúdo  
 Fonte: Autores (2018).

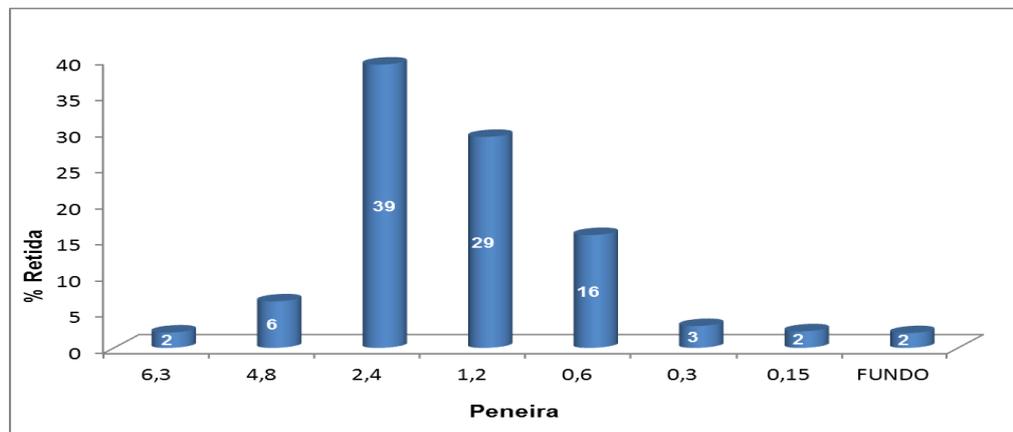


Figura 8 - Percentagem retida por peneira do resíduo  
 Fonte: Autores (2018).

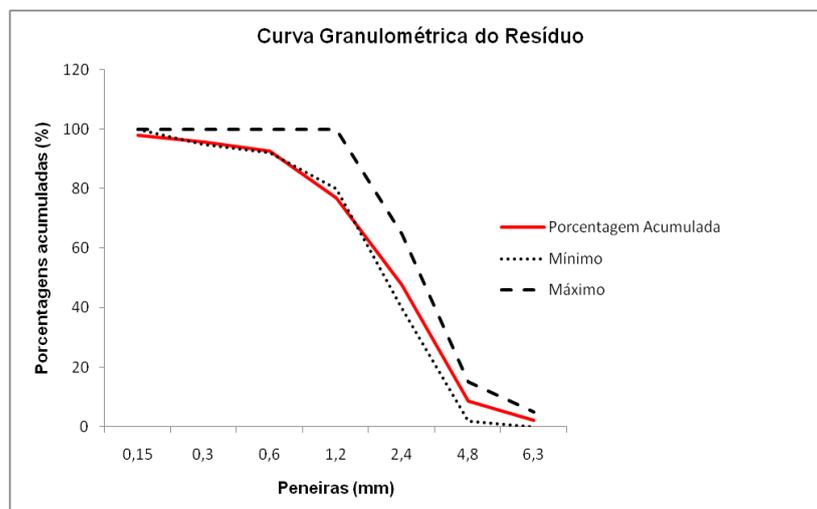


Gráfico 3 - Curva granulométrica do resíduo  
 Fonte: Autores (2018).

De acordo com os resultados apresentados, verifica-se que:

- a maior parte do resíduo possui granulometria menor que 4,8mm e a maioria é composta pelo diâmetro de 2,4 mm;

- o módulo de finura e diâmetro máximo característico do resíduo se encontra entre as características granulométricas dos dois tipos de agregados naturais, que podem ser observados nos gráficos 1, 2 e 3.

Nos traços analisados de graute com resíduo, conforme apresentado no item Materiais e métodos, foi considerada a substituição integral do agregado natural miúdo pelo resíduo. Entretanto, sabe-se que quanto maior o módulo de finura de um agregado que será utilizado em concreto, maior é o número de grãos por unidade de volume de suas partículas, aumentando a área de superfície destes, por consequência, a necessidade de água para envolver os grãos.

Diante dos resultados obtidos na caracterização dos agregados naturais e do resíduo, verificou-se que o resíduo apresentou composição granulométrica que se enquadra entre os agregados naturais miúdos e graúdos, conforme ilustra a Figura 9. Entretanto, é possível concluir que o resíduo apresentou módulo de finura (4,19) mais próximo do agregado graúdo (5,43).

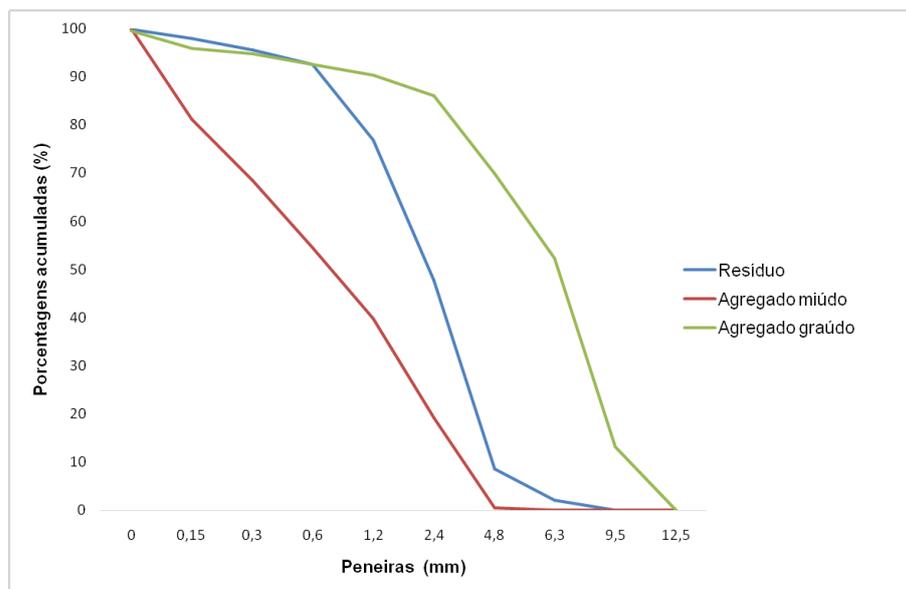


Figura 9 - Comparação entre a curva granulométrica dos agregados naturais e do resíduo

Fonte: Autores (2018).

#### 4.3 Determinação da resistência à compressão dos corpos de prova do graute

A determinação da resistência à compressão dos corpos de prova dos grautes foi realizada conforme as recomendações da norma NBR 5739 “Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos” (ABNT, 2007).

Foram executados seis corpos de prova para cada um dos quatro traços analisados.

O traço 1, denominado traço piloto, foi confeccionado com agregados naturais e fator água/cimento (a/c) igual a 0,76. Porém, este traço não obteve a consistência compatível para realização do preenchimento dos prismas de bloco de concreto.

Com o intuito de alcançar a consistência desejada, foram adicionados 190ml de água no traço piloto (denominado traço 2). O traço 3 foi confeccionado com a substituição integral do agregado graúdo pelo resíduo e relação a/c igual a 0,95. Quanto ao traço 4, foi substituído 100% do agregado miúdo pelo resíduo, com a/c = 0,95 – Tabela 2.

Os dados obtidos através do rompimento dos corpos de prova cilíndricos, aos 28 dias, tiveram a resistência à compressão aproximada à resistência dos blocos de concreto, conforme será apresentado no item 6.1.6. A média das resistências à compressão obtida em cada traço analisado, dos seis corpos de provas ensaiados, encontra-se na Tabela 2.

TRAÇO	CIMENTO (Kg)	AGREGADO MIÚDO (Kg)	AGREGADO GRAÚDO (Kg)	RESÍDUO (Kg)	FATOR a/c	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)
2	1	2,2	2,4	-	0,95	9,7
3	1	2,2	-	2,4	0,95	11,5
4	1	-	2,4	2,2	0,95	12,5

Tabela 2 - Resistência média à compressão dos traços de graute

Fonte: Autores (2018).

Após analisar os resultados comparativos entre os ensaios de caracterização física dos agregados, e levando-se em consideração o objetivo do trabalho que é a produção de um graute que possua características de fluidez e plasticidade aceitáveis, considerou-se a substituição do agregado natural graúdo pelo resíduo da fabricação dos blocos de concreto estruturais, devido a maior semelhança do resíduo com o agregado graúdo. Com base nas análises dos resultados dos traços obtidos e nas considerações descritas acima, o traço 3 foi adotado para ser utilizado na presente pesquisa para o preenchimento dos prismas.

Apesar do traço 4, dentre todos, apresentar maior resistência média à compressão (12,5 MPa), a fluidez e a plasticidade não foram compatíveis com as exigidas para graute utilizado no preenchimento de blocos para alvenaria estrutural.

Após análise dos valores das resistências à compressão axial dos grautes apresentados, é possível afirmar que o graute com a substituição tanto do agregado graúdo, quanto do agregado miúdo pelo resíduo apresentaram maior resistência à compressão quando comparados ao graute confeccionado com agregado natural (convencional).

#### 4.4 Determinação da resistência à compressão e à tração por flexão da argamassa

Os ensaios para a determinação da resistência à compressão e à tração da argamassa foram realizados de acordo com as recomendações da NBR 13279 “Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão” (ABNT, 2005), sendo executados nove corpos de prova.

A resistência média à tração e compressão dos corpos de prova podem ser visualizados na Tabela 3.

CP	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)
1	1,9	5,1
2	1,6	5,3
3	2,0	5,3
4	1,9	5,4
5	2,0	5,0
6	1,8	5,0
7	1,9	5,1
8	2,1	4,9
9	1,7	5,1
MÉDIA:	1,9	5,1

Tabela 3 - Resistência à tração por flexão e compressão da argamassa

Fonte: Autores (2018).

De acordo com Ramalho e Corrêa (2008), a resistência da argamassa é importante apenas quando inferior a 30% ou 40% da resistência do bloco. Os autores citam que argamassas com resistência de até 50% da resistência do bloco dificilmente afetam a resistência dos prismas.

#### 4.5 Determinação da resistência característica à compressão do bloco

A determinação da resistência característica à compressão dos blocos foi realizada conforme as recomendações da norma NBR 6136 (ABNT, 2016).

Foram ensaiados seis blocos, sendo esta quantidade a mínima estabelecida pela norma para lotes de até 5.000 blocos, onde os resultados da resistência à compressão podem ser visualizados na Tabela 4.

BLOCO	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
1	10,0
2	9,7
3	12,1
4	9,2
5	10,1
6	8,8
<b>MÉDIA:</b>	<b>10,0</b>

Tabela 4 - Resistência à compressão dos blocos de concreto

Fonte: Autores (2018).

Obeve-se uma resistência característica à compressão dos blocos igual a 8,3 MPa, superior à resistência de 4,5 MPa definida para blocos com função estrutural conforme pode ser visto Tabela 4.

BLOCOS	$f_{bi}$ (MPa)	$f_{bk,est}$ (MPa)	$\psi \cdot f_{b1}$ (MPa)	RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO (MPa)
1	8,8			
2	9,2			
3	9,7			
4	10,0	8,3	7,8	8,3
5	10,1			
6	12,1			

Tabela 5 - Resistência característica à compressão dos blocos

Fonte: A autora (2018).

#### 4.6 Determinação da resistência à compressão dos prismas

Para determinar a resistência à compressão dos prismas, foram confeccionados 30 (trinta) prismas, sendo 15 (quinze) preenchidos com o graute convencional e 15 (quinze) com o graute produzido com resíduo.

Conforme considerado nos resultados dos ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova do graute, o traço definido para o preenchimento dos alvéolos dos prismas foi com 100% de resíduo em substituição ao agregado graúdo. Os resultados dos ensaios são apresentados na Tabela 5.

TRAÇO	PRISMA	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)	TRAÇO	PRISMA	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
PRISMA CONVENCIONAL	1	10,4	PRISMA COM RESÍDUO	1	11,2
	2	12,2		2	9,5
	3	8,8		3	10,7
	4	11,9		4	7,6
	5	11,6		5	8,8
	6	12,6		6	7,6
	7	13,1		7	8,8
	8	12,3		8	9,8
	9	13,1		9	8,9
	10	12,3		10	10,1
	11	10,4		11	11,5
	12	11,7		12	7,6
	13	11,2		13	10,2
	14	12,2		14	10,6
	15	13,6		15	10,1
<b>MÉDIA:</b>		<b>11,7 (MPa)</b>	<b>MÉDIA:</b>		<b>9,5 (MPa)</b>

Tabela 6 - Resistência à compressão dos prismas preenchidos com graute convencional e graute com resíduo

Fonte: Autores (2018).

Com base nos valores das resistências à compressão axial dos prismas, pode-se dizer que houve uma redução média da resistência mecânica à compressão de 20% do prisma com resíduo em relação ao prisma preenchido com graute convencional, conforme pode ser observado na Figura 10.

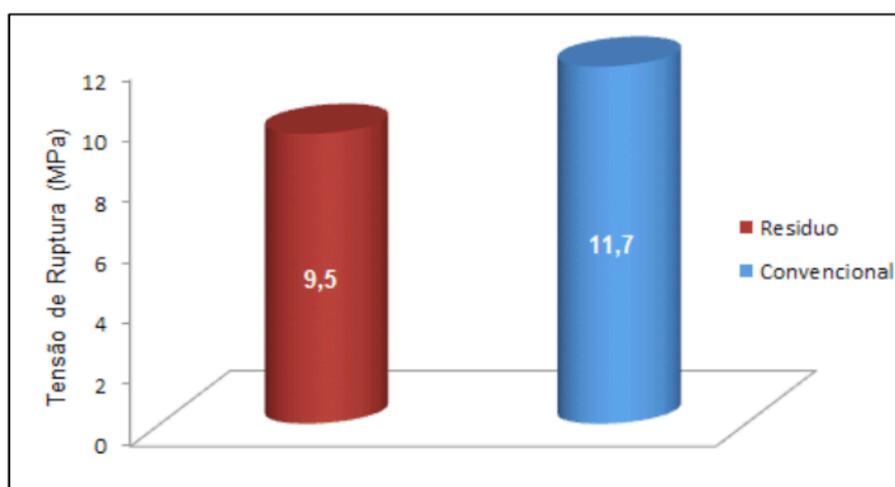


Figura 10 - Resistência média à compressão dos prismas

Fonte: Autores (2018).

De acordo com os resultados obtidos nos testes experimentais de resistência à compressão do graute, esperava-se que os prismas confeccionados com a substituição do agregado graúdo pelo resíduo apresentassem melhor desempenho mecânico, mas

verificou-se uma variação nos resultados. Acredita-se que este efeito tenha ocorrido por consequência da perda de água para os blocos e argamassa, podendo influenciar no fator a/c do graute, conforme observa-se na Figura 11.

Além disso, conforme dito anteriormente, sabe-se que quanto maior o módulo de finura de um agregado, maior é o número de grãos por unidade de volume de suas partículas, aumentando a área de superfície destes, por consequência, a necessidade de água para envolver os grãos. Isto é, a composição granulométrica tem grande influência nas propriedades das argamassas e concretos. A realização da substituição do agregado graúdo que possui o módulo de finura maior que o agregado miúdo, que por sua vez é diferente do módulo de finura do resíduo, conforme caracterização granulométrica, pode ter influenciado na queda do desempenho mecânico dos prismas confeccionados com graute com resíduo.



Figura 11 - Absorção da água do graute pelo prisma

Fonte: Autores (2018).

#### 4.7 Módulo de deformação do graute

Os valores para o módulo de deformação de cada traço foram obtidos através da média dos módulos dos corpos de prova cilíndricos. Os valores médios para os traços estão demonstrados no Gráfico 4. Os traços 3 e 4 que foram confeccionados com a substituição do agregado natural pelo resíduo obtiveram módulo superior ao traço convencional (traço 2).

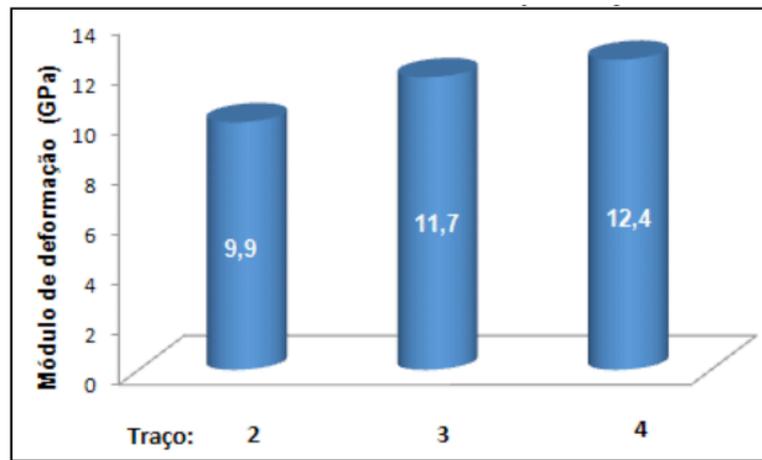


Gráfico 4 – Média do módulo de deformação do graute

Fonte: Autores (2018).

#### 4.8 Módulo de deformação dos prismas

O valor do módulo de deformação longitudinal dos prismas confeccionados com graute convencional e com resíduo foram de 24,9 GPa e 11,6 GPa respectivamente. Na ausência de uma norma específica para determinar o módulo de deformação da alvenaria estrutural, adota-se a NBR 8522 (ABNT, 2008) que descreve o método de obtenção do módulo de deformação tangencial inicial, caracterizando a deformabilidade do concreto submetido às tensões entre 0,5 MPa e 30% da tensão característica de ruptura.

Os dados de alguns prismas foram descartados devido a dispersão entre os resultados. Foram realizadas análises para definir quais pontos seriam descartados com base em conceitos da estatística: desvios estatísticos e dispersão.

#### 4.9 Coeficiente de Poisson

Com os resultados das deformações transversais e longitudinais determinou-se o coeficiente de Poisson. O valor médio do coeficiente de Poisson tanto dos prismas convencionais quanto dos prismas com resíduo foi de 0,2.

### 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho foi possível perceber que a utilização de agregados de concreto reciclado é muito atrativa do ponto de vista da sustentabilidade, visto que existe uma forte relação entre a construção civil e o meio ambiente. Além disso, a indústria da construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, porém, comporta-se ainda como grande geradora de impactos ambientais, sendo responsável por grande porcentagem de geração de resíduos sólidos. Ainda em relação à sustentabilidade, o presente trabalho suscita a continuação de pesquisas com a substituição de agregados naturais por

resíduos, podendo minimizar os impactos ambientais gerados pelo descarte sem controle deste tipo de resíduo e diminuir o consumo de matérias primas naturais.

Considera-se que o recolhimento do resíduo na fábrica de blocos de concreto é um processo simples, pois não há a contaminação durante ou após a prensagem dos blocos durante a fabricação, o que favorece a sua reutilização em graute ou concreto como agregado. Diante dos resultados obtidos nos testes experimentais, foi possível verificar que o graute produzido a partir da substituição integral do agregado natural gráudo ou miúdo apresentou comportamento mecânico adequado, quando se considera a resistência mecânica à compressão axial.

Na avaliação da resistência à compressão dos prismas, os que foram preenchidos com graute convencional obtiveram valor médio de resistência à compressão (11,7 MPa) superior quando comparados aos prismas com substituição integral do agregado gráudo natural por resíduo (9,5 MPa). Este fato pode ser explicado, pela variação da resistência do concreto de fabricação do bloco ou pela absorção da água do graute pelo bloco e pela argamassa, pois em alguns prismas preenchidos com graute com resíduo, a resistência à compressão foi superior a dos prismas preenchidos com graute convencional.

Entretanto, verificou-se que a resistência à compressão axial do graute confeccionado com a substituição integral do agregado natural por resíduo foi superior ao graute convencional. A resistência média à compressão do graute com resíduo foi de 11,5 MPa e a do graute convencional de 9,7 MPa, o que corresponde a um aumento na ordem de 18,55%. O valor do módulo de deformação longitudinal dos prismas confeccionados com graute convencional e com resíduo foram de 24,9 GPa e 11,6 GPa, respectivamente. Os prismas confeccionados com graute convencional apresentaram maior fragilidade, fato que é justificado por um módulo de elasticidade elevado (25 GPa). Já as amostras dos prismas com graute com resíduo apresentaram menores deformações.

Tendo isso em vista, percebe-se a possibilidade do reaproveitamento do resíduo todavia ressaltando-se a necessidade de estudos mais aprofundados, com mais ensaios e simulações numéricas, sobre seu desempenho em função da aplicação pretendida bem como da questão da durabilidade.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS– ABNT. NBR 15961-2/2011: **Alvenaria Estrutural – Execução e controle de obras**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS– ABNT. NBR 12118/2013: **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS– ABNT. NBR 9935/2011: **Agregados - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS– ABNT. NBR 5739/2007: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS– ABNT. NBR 8522/2017: **Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7211/2009: **Agregados para Concreto – Especificação**. Rio de Janeiro 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5738/2015: **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR NM 248/2003: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13279/2005: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13276/2016: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro 2016.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira: [s.n.], 2006.

CONAMA. **Resolução CONAMA n ° 307 Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução N° 307**, Brasília, 05 Julho 2002.

JOHN, V. M.; AGOPYAN,. **Reciclagem de resíduos da construção**. Seminário Reciclagem de Resíduos Domiciliares, São Paulo, 05 Abril 2013.

MARTINS, D. D. G. **Utilização de resíduos gerados na fabricação de blocos de concreto, no momento da prensagem, para confecção de micro concreto**. Dissertação (Mestrado). UFMG, Belo Horizonte, 2012.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. 1º. ed. São Paulo: Pini Ltda, v. 3, 2008.

## UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E DESMATAMENTO EM RONDÔNIA: UMA ANÁLISE DA RESERVA ESTADUAL EXTRATIVISTA – RESEX JACI-PARANÁ

### **Ravele da Silva Santana**

Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Geografia, Porto Velho – RO.

### **Siane Cristhina Pedroso Guimarães Silva**

Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Geografia, Porto Velho – RO.

### **Maria da Conceição Silva**

Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Geografia, Porto Velho – RO.

### **Helen Rose Oliveira da Silva**

Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Geografia, Porto Velho – RO.

### **Liliana Borges Oliveira**

Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Geografia, Porto Velho – RO.

### **Alcione Gomes Botelho**

Universidade Federal de Rondônia, Departamento de Geografia, Porto Velho – RO.

**RESUMO:** A proposta deste artigo será fazer uma análise da Reserva Estadual Extrativista - Resex Jaci-Paraná a partir da ótica do uso e ocupação do território. A importância de estudar tal tema se dá pela necessidade de adquirir informações que são escassas no que se refere a estudar Unidades de Conservação a partir de questionamentos que se proponham a responder questões que são pouco exploradas ou até mesmo esquecidas pelos pesquisadores da temática em questão. É comum lermos

ou assistirmos nos meios de comunicação a situação precária que a questão ambiental está passando em várias de suas formas, o que mais preocupa sem dúvidas é o abuso predatório dos recursos florestais. Mas, o interessante é que essas informações colocadas, são obtidas de dados meramente quantitativos, ou seja, pouco se sabe sobre as causas e as razões do problema o que conseqüentemente dificulta sua atenuação ou mesmo erradicação. Assim, tomando a Resex Jaci-Paraná, no Estado de Rondônia, como objeto de estudo, considerando a variável do Desmatamento, buscar-se-á refletir sobre como, por que e para que se desmatou, pois, embora o crescimento das pressões internas e externas sobre a área de estudo seja uma possibilidade, sua quase total destruição não tem como ser justificada, considerando que seus benefícios enquanto unidade de conservação seria infinitamente superior.

**PALAVRAS-CHAVE:** Unidades de Conservação. Desmatamento. Geoprocessamento.

**ABSTRACT:** The proposal of this article will be to analyze the Extractivist State Reserve-Resex Jaci-Parana from the viewpoint of the use and occupation of the territory. The importance of studying this theme is due to the need to acquire information that is scarce in terms of studying conservation units from questions that

are proposed to answer questions that are poorly explored or even forgotten by the researchers on the subject. It is common to read or assist in the media the precarious situation that the environmental issue is going through in many of its forms, which is most concerned without doubt is the predatory abuse of forest resources. But the interesting thing is that this information is obtained from purely quantitative data, that is, little is known about the causes and reasons for the problem, which consequently hinders its attenuation or even eradication. Thus, taking the Resex Jaci-Parana, in the State of Rondonia, as object of study, considering the variable of deforestation, it will be sought to reflect on how, why and for which it was unkillled, because, although the growth of internal and external pressures on the area of study is a possibility, its almost total destruction has no way to be justified, considering that its benefits as a unit of conservation would be infinitely higher.

**KEYWORDS:** Conservation units. Deforestation. Geoprocessing.

## 1 | INTRODUÇÃO

Diante da enorme preocupação em proteger as florestas e os demais insumos naturais do mundo, as Unidades de Conservação – UCs tem sido talvez a forma mais eficaz no controle das ações que vem agredindo de forma trágica o meio ambiente. Devido ao aumento desordenado da procura de matéria-prima para assegurar o avanço das novas tecnologias proporcionadas pelo modo capitalista de produção, essas Unidades de Conservação começaram a sofrer ou então, viraram alvos para suprir tal necessidade.

É claro que para falarmos de Unidades de Conservação, antes precisamos entender o que são e como podem ser entendidas, assim: As Unidades de Conservação-UCs, são áreas instituídas e geridas pelo poder público federal, estadual ou municipal. De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC – Lei nº 9.985/2000), são definidas como espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

As UCs podem ser classificadas em dois grupos: de Proteção Integral e de Uso Sustentável. Por sua vez, cada grupo é sub-classificado em diversas categorias, de acordo com o grau e o tipo de restrição de uso.

As UCs de Uso Sustentável são aquelas destinadas tanto à conservação da biodiversidade como à extração racional dos recursos naturais. Nessas Unidades são permitidos o turismo, a educação ambiental e a extração de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, com base no manejo sustentável e de acordo com o plano de manejo da unidade.

As populações denominadas tradicionais podem permanecer em seu interior,

desde que realizem atividades sob regime de manejo, de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável (SNUC, 2002, p. 19).

As categorias desse grupo são: Área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE, Floresta Nacional/Estadual (Flona/ Flota), Reserva Extrativista – Resex, Reserva da Fauna – RF, Reserva de Desenvolvimento Sustentável – RDS, Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN.

Nesse sentido, tomaremos como área de estudo deste trabalho a Reserva Estadual Extrativista (Resex) Jaci-Paraná, localizada no Estado de Rondônia, pois se trata de uma unidade de uso sustentável, onde a extração mesmo que racional é permitida, assim, sua seguridade está mais propensa à degradação, sobretudo por essa UC está em uma área onde os índices de desmatamento são altos.

É verdadeiro que o modelo tradicional da ocupação da Amazônia tem levado a um aumento significativo do desmatamento em toda a Amazônia legal, sendo este um fenômeno de natureza bastante complexa, que não pode ser atribuído a um único fator (Alencar et al., 2004).

Desse modo, as questões mais urgentes em termos de conservação e uso dos recursos naturais da Amazônia dizem respeito à perda em grande escala de funções críticas da Amazônia frente ao avanço do desmatamento ligado às políticas de desenvolvimento na região, tais como especulação de terra ao longo das estradas, crescimento das cidades, aumento dramático da pecuária bovina, exploração madeireira e agricultura familiar (mais recentemente a agricultura mecanizada), principalmente ligada ao cultivo da soja e algodão (Alencar et al., 2004).

Esse aumento das atividades econômicas em larga escala sobre os recursos da Amazônia brasileira tem aumentado drasticamente a taxa de desmatamento que, no período de 2002 e 2003, foi de 23.750 km<sup>2</sup>, a segunda maior taxa já registrada nessa região, superada somente pela marca histórica de 29.059 km<sup>2</sup> desmatados em 1995 (Inpe, 2004).

Um caso alarmante de desmatamento em Unidades de Conservação vem acontecendo na Reserva Estadual Extrativista Jaci – Paraná. Segundo o Grupo de Trabalho Amazônico – GTA/RO (2008), a Reserva Extrativista Estadual Jaci-Paraná está entre as Unidades de Conservação do Estado de Rondônia, e da Amazônia brasileira com ritmo mais acelerado de desmatamento.

Neste contexto, tomando o desmatamento como um dos problemas mais grave no que se refere à destruição dos insumos naturais, buscar-se-á descobrir quais são as atividades que estão tornando a Resex Jaci-Paraná uma das áreas mais desmatadas.

Assim, este trabalho irá buscar fazer um análise dos impactos ambientais causados na Resex Jaci-Paraná pelas altas taxas de desmatamento, que vem se mostrando como uma das piores ações frente à destruição da biodiversidade amazônica. É relevante expor que a pesquisa irá utilizar o Sensoriamento Remoto, e Sistemas de

## 2 | CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

No início da década de 1980 o Governo Federal preocupado com a ocupação desordenada da Região e constatando a capacidade mínima que os governantes estaduais tinham em apoiar socioeconomicamente a população migrante, implantou o Programa de Desenvolvimento da Região Noroeste do Brasil (POLONOROESTE), visando proporcionar maior integração nacional por meio de estradas e promover de forma organizada a ocupação da região, assegurando o aumento da produção e proporcionando o desenvolvimento sustentável.

Porém, mesmo com esta intervenção, sentiu-se a necessidade de promover o ordenamento da ocupação segundo critérios mais sustentáveis. Por volta de 1986 o Estado de Rondônia desencadeou um processo de correção de rumos do POLONOROESTE, incorporando a ideia do ordenamento territorial, numa ótica de sustentabilidade em longo prazo, surgindo então o Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia – PLANAFORO, que teve como base a 1ª aproximação do Zoneamento Socioeconômico-Ecológico. (RONDÔNIA, 2010).

O aprofundamento nos estudos do 1º Zoneamento deu origem a 2ª aproximação, que gerou informações básicas para o ordenamento territorial, segundo a capacidade da oferta ambiental, de modo a subsidiar o planejamento das intervenções públicas e privadas, a fim de atingir a auto sustentabilidade dos recursos naturais, mediante emprego de processos de exploração economicamente viáveis e ecologicamente equilibrados.

A 2ª aproximação do zoneamento do Estado de Rondônia constituiu-se no principal instrumento de planejamento da ocupação e controle de utilização dos recursos naturais de Rondônia, e foi aprovado pela lei complementar nº 233, de 06 de junho de 2000 (RONDÔNIA, 2010). A segunda aproximação do zoneamento dividiu o Estado de Rondônia em Três zonas distintas, onde, cada zona possui uma ou mais subzona.

A zona 1, subdividida em 4 subzonas com características específicas, é composta de áreas de uso agropecuário, agroflorestal e florestal, abrange 120.310,48 km², equivalentes a 50,45% da área total do Estado. As subzonas da zona 2 são áreas destinadas a conservação dos recursos naturais, passíveis de uso sob manejo sustentável. Na zona 3, as subzonas são áreas institucionais, constituídas pelas Unidades de Conservação de uso restrito e controlado. A Resex Jaci-Paraná está inserida na subzona 3.1, que é constituída pelas Unidades de Conservação de Uso Direto.

É importante trazer para a nossa discussão que, a Reserva Estadual Extrativista Jaci-Paraná, no ano de sua criação pertencia originalmente aos municípios de Porto

Velho, Nova Mamoré e Campo Novo de Rondônia, mas no dia 01 de janeiro de 1997 foi instalado o município de Buritis, criado no dia 27/12/1995 através da Lei nº. 649, assinada pelo então Governador de Rondônia Valdir Raupp, o município de Buritis compreende as áreas desmembradas dos municípios de Porto Velho e Campo Novo de Rondônia.

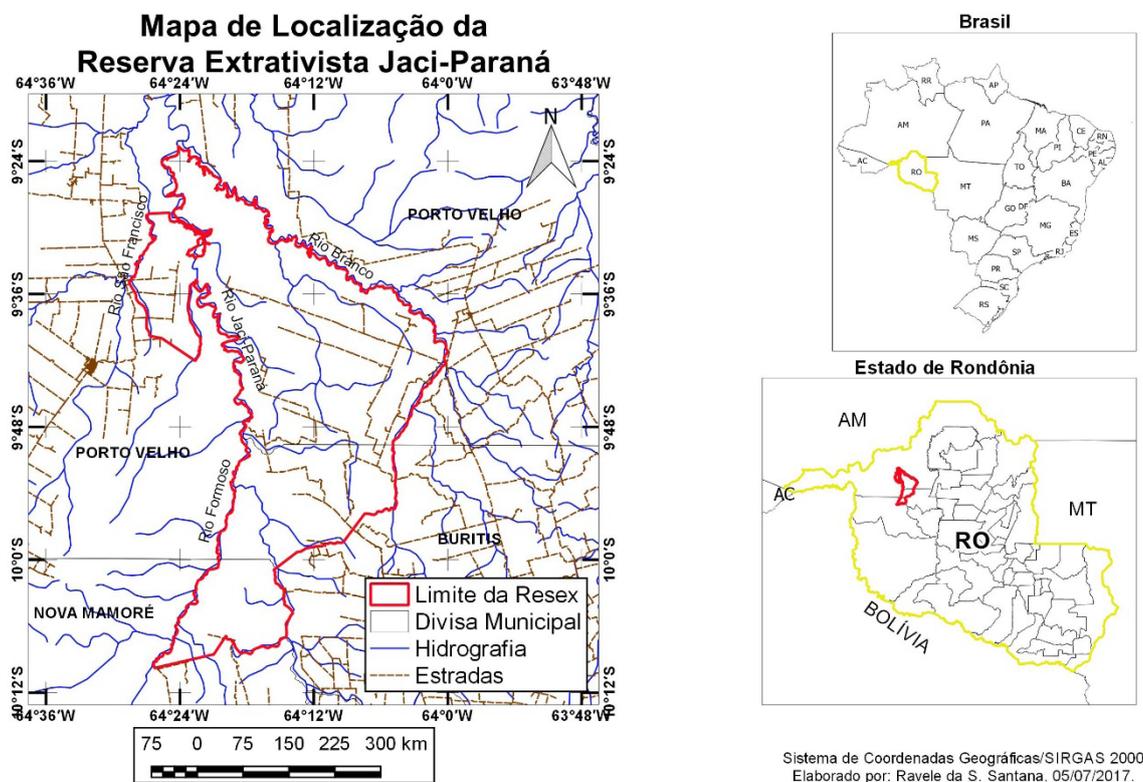


Figura 01: Mapa de Localização da Área de Estudo.

### 3 I FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conhecer o espaço em que se vive é uma das principais ações que deve ser feita para se ter um uso consciente dos insumos que estão a nosso dispor. Isso é fundamental para o pleno desenvolvimento social e econômico de uma região, além de proporcionar um desenvolvimento ambiental autossustentável, o que é de extrema importância se tratando uma Unidade de Conservação de uso direto.

Assegurar sua vitalidade necessita de um monitoramento constante, daí a importância de se ter dados e informações sobre seu atual estado de conservação. É notório que uma das principais barreiras contra o estudo e monitoramento de tais áreas se dá pelo alto custo logístico em chegar e manter-se nessas unidades. Majoritariamente, são áreas extensas, com morfologias distintas e em boa parte, longe da civilização.

Uma das formas possíveis que, aliás, vem tornando muito útil e eficaz no que se refere a monitoramento, bem como coleta de dados e informações de determinada

região é pelo uso de imagens de satélites, obtidas por Sensoriamento Remoto. O Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre sem o contato físico com eles.

É uma das inovações em tecnologias de informação e de preocupações ambientais que vem crescendo, e, é de interesse de muitas áreas do conhecimento como a biologia, a geografia, a geologia, a agronomia, a pedologia, entre outros.

Os conceitos sobre o que é Sensoriamento Remoto são muitos, dentre eles talvez alguns dos mais citados, são de autores pioneiros no desenvolvimento de seus variados usos e aplicações. De acordo com NOVO (1993), “sensoriamento remoto é a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, através da análise de dados coletados por aparelhos denominados sensores, que não entram em contato direto com os alvos em estudo”.

Para FLORENZANO (2011, p. 9):

“sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície”.

A aplicação do Sensoriamento Remoto tem aumentado devido à disponibilidade gratuita, ou ao custo bem acessível de imagens de satélite. Claro que o avanço da Cartografia principalmente aliada ao progresso acelerado da informática, que deu origem a chamada Cartografia Digital, tem um importante papel na utilização dessa tecnologia que está se tornando um marco respeitável em estudos científicos.

Neste contexto, os estudos feitos a partir do sensoriamento remoto estão se tornando muito comuns e aceitos. PONZONI et al. (2012) apresenta algumas possibilidades de aplicação das técnicas de sensoriamento remoto no estudo da vegetação, onde caracterizando espectralmente objetos existentes na superfície terrestre é possível fazer o mapeamento de cobertura vegetal de grandes áreas, monitoramento de queimadas e de áreas desmatadas.

Agora, o Sensoriamento Remoto enquanto uma tecnologia por si só, não é capaz ou o suficiente para se trabalhar. Logo se faz necessário incorporar outras tecnologias que por sua vez formam um conjunto, a qual se chama de Geotecnologias. De uma forma bem simples, podemos entender as Geotecnologias como um conjunto de tecnologias para análise, processamento e disponibilização de informações geográficas georreferenciadas.

Alguns dos principais componentes das Geotecnologias são: Sensoriamento Remoto, GPS, Topografia, Aerofotogrametria, a Cartografia Digital, e também os Sistemas de Informação Geográficas – SIGs. Este último geralmente se apresenta como uma coleção de equipamentos como Hardwares, softwares, dados geográficos, além de pessoas, que é projetado para capturar, armazenar, manipular e analisar dados geográficos georreferenciados (FITZ, 2008 e, FLORENZANO 2011).

Para MENEZES & FERNANDES (2013, p. 207):

“O SIG é visto como uma geotecnologia do geoprocessamento capaz de trabalhar com o grande volume e complexidade de dados requeridos em estudos integrativos, além de possibilitar a manipulação das informações geográficas nele armazenado, dando condições para atualizá-las, e capacitar o sistema para o monitoramento dos temas estudados com a implantação de uma base de dados”.

A partir disso, podemos notar que as geotecnologias estão inseridas em outro conceito, desta vez, o Geoprocessamento. De acordo com XAVIER DA SILVA E ZAIDAN (2011): “O geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de conceitos desenvolvidos a partir da utilização de métodos e técnicas computacionais que são destinados a transformar dados ambientais georreferenciados em informação ambiental”.

O Geoprocessamento vem se constituindo, como uma técnica indispensável para a realização de pesquisas de natureza geográfica, pois ele surge como uma ferramenta capaz de conduzir com segurança as abordagens de análise e de previsão de cenários futuros (XAVIER DA SILVA E ZAIDAN, 2011).

Neste contexto, de acordo com GUIMARÃES (2008): “o geoprocessamento aliado ao sensoriamento remoto e aos sistemas de informações geográficas torna-se imprescindível no desenvolvimento de estudos ambientais”. Os estudos de ALVARENGA NETO (2010) propõem o monitoramento a partir do uso de técnicas de geoprocessamento para analisar o uso e cobertura do solo em uma unidade de conservação federal, a Floresta Nacional Bom Futuro – localizada no Estado de Rondônia, que apresenta problemas relativos à invasão e exploração inadequada de seus recursos.

## **4 | MATERIAIS E METODOLOGIA**

### **Produtos Cartográficos:**

- Cartas da Diretoria do Serviço Geográfico – DSG/IBGE, escala 1:100.000
- Malha Hidrográfica do estado de Rondônia, da Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental - SEDAM.
- Malha Fundiária do estado, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA.
- Mapas do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia.

### **Produtos de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas:**

- Imagens de Satélites LANDSAT 7, banda 3, 4 e 5 dos anos de 1996, 2004 e 2014, órbita/ponto: 232/67, 233/66 e 233/67.

- Software SPRING versão 5.2.6 do INPE.
- Software ArcGIS versão 9.3.
- Software Global Mapper versão 11.

### **Desenvolvimento da Pesquisa**

A metodologia para a elaboração deste trabalho seguiu regras básicas e fora dividida em quatro partes que serão detalhadas a seguir, e pode ser observada no Organograma abaixo:

- i) Aquisição de dados secundários: compreende a definição do tema, das imagens orbitais, das cartas topográficas, dos mapas temáticos pré-existentes, dados bibliográficos, elaboração da base cartográfica.
- ii) Processamento Digital de dados e imagens orbitais: Compreende o pré-processamento, o realce, o contraste, e mosaicos elaborados nas imagens.
- iii) Análise e Interpretação de Imagens Orbitais: Delimitação da Unidades de Paisagens Natural e dos Polígonos de pressão Antrópica.
- iv) Resultado Final: Compreende a Geração e análise dos Mapas Temáticos

## **5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A Amazônia se caracteriza pela abundância de recursos, seja pelas terras agricultáveis, depósitos minerais, florestas naturais e etc. Enfim, sua rica biodiversidade é notória e além disso, boa parte dessa riqueza nem se quer ainda foi dimensionada. É claro que por muito tempo essas prosperidades que a Amazônia oferece permaneceram sem exploração ou ação privada.

Fora as ações da colonização, foi a partir da implementação de projetos rodoviários planejados, tais como a reconstrução das rodovias BR – 163 (Cuiabá – Santarém) e a BR -319 (Manaus – Porto Velho) que implicam na abertura de grandes áreas de florestas que permitiram a entrada desenfreada de agentes do desmatamento. Na realidade, somente o anuncio de projetos e melhorias já levam a uma corrida especulativa da terra.

A redução dos custos de transporte propiciados pelos investimentos governamentais, tornaram lucrativa a implantação de atividades agropecuárias, que antes eram inviáveis na região. Em toda Amazônia a pecuária de acordo com FEARNSSIDE (2006) é um dos maiores agentes do desmatamento. Isso de fato pode ser atribuído a degradação em massa da Resex Jaci-Paraná.

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2014 Porto Velho e Nova Mamoré foram os municípios de Rondônia que

detinham o maior rebanho bovino do Estado, com o total de cabeças de 741.165 e 518.311 respectivamente. Neste mesmo ano, o município de Buritis ficou com a quarto maior rebanho em Rondônia com 460.992 cabeças de gado, ficando atrás somente do município de Jaru que possuía um número de 512.236 cabeças de gado.

Nota-se que aí está uma das maiores forças contra a manutenção das florestas das Unidades de Conservação de Rondônia, nesse caso em específico, a Resex Jaci-Paraná está em uma zona de intensa pressão com avanço da pecuária. No entanto, ressalta-se que a pecuária enquanto maior agente do desmatamento, pode ter suas implicações sociais e ambientais para o lado positivo.

Do ponto de vista social, a pecuária pode incorporar tanto benefícios locais como a geração de empregos, o aumento de renda, o acesso a serviços básicos, bem como melhorias das condições gerais da vida, quanto benefícios nacionais como menores preços da carne, maior consumo proteico pela população etc.

Em geral, os grandes e médios fazendeiros respondem pela grande maioria das atividades do desmatamento, mas os pequenos agricultores podem atuar com forças importantes nos lugares onde estão concentrados. Os municípios em que a Resex Jaci-Paraná está inserida, tiveram um aumento considerável um período de cinco anos. Porto Velho teve um aumento de quase oitenta mil pessoas de 2010 a 2015. Nova Mamoré em 2015 conta com uma população de 27.600, enquanto Buritis está 37.838 habitantes, aproximadamente cinco mil a mais que em 2010 quando tinha uma população de 32.383 habitantes.

Neste contexto, dentro do ponto de vista do desmatamento, o Brasil tem se beneficiado enormemente dos avanços na área de sensoriamento remoto e processamento de imagens de satélite na última década, o que tem permitido um conhecimento muito maior sobre os comportamentos temporais e regionais dos desmatamentos da Amazônia. Em 2015 o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, constatou que 5.831 km<sup>2</sup> fora desmatado em toda a Amazônia Legal, sendo que o Estado de Rondônia foi responsável por 963 km<sup>2</sup> deste total.

Sendo os municípios de Porto Velho e Nova Mamoré os maiores detentores da quantidade do rebanho bovino de Rondônia, não é estranho que estes sejam os municípios com as maiores taxas de desmatamento do Estado até o ano de 2014. Porto Velho na primeira posição conta com um total de mais de 8.850 km<sup>2</sup> de desmatamento, o que corresponde a 25,58% da área total do município. Em segundo lugar Nova Mamoré até 2014 detinha um total de 3.266 km<sup>2</sup> de desmatamento (INPE, 2015).

O município de Buritis, também possui altas taxas de desmatamento, com os 2.380,5 km<sup>2</sup> desmatados até 2015, o município está ente os mais devastados municípios a qual está inserida a Resex Jaci-Paraná, pois possui mais de 70% de sua área desmatada.

Com o uso de Geotecnologias como o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica foi possível fazer uma evolução do desmatamento na Resex Jaci-Paraná em três momentos distintos: o ano de sua criação em 1996, o ano de

2004 e 2014.

Nos últimos anos, vem se intensificando as invasões feitas por grileiros e madeireiros na Resex Jaci-Paraná. Para tanto, para esta pesquisa considerou-se a necessidade de estudar também a zona de amortecimento – ZA da Resex em tela. Em poucas palavras ZA significa uma “faixa de proteção”, ou seja, uma área no entorno da Unidade de Conservação em que, as atividades humanas em todas as suas formas estão sujeitas a normas e restrições, com o propósito de suavizar os efeitos negativos sobre a unidade de conservação. Nesta pesquisa está se utilizando a ZA com raio de 10 quilômetros conforme estabelecido pela resolução CONAMA nº 013 de 06 de dezembro de 1990.

No ano de sua Criação, em 1996, a Resex Jaci-Paraná já apresentava uma pequena área desmatada, algo em torno de 334,29 hectares, o que representa menos de 1% de sua área total. No entanto, na ZA já era perceptível um desmatamento maior, principalmente, nas partes Norte, Noroeste e sudeste. A área total da Zona de Amortecimento é de 293. 489, 68 hectares, destes, 11.048,99 hectares já se encontravam desmatados no ano de 1996, o que equivale a aproximadamente 3,76% da área total.

A evolução do desmatamento do ano de 1996 para o ano de 2004 é considerado amplo, e bastante preocupante. Em 2004, constatou-se uma área de 8.200,72 hectares de desmatamento na Resex Jaci-Paraná, o que corresponde a 4,09% de sua área total. Na ZA a devastação é ainda maior, pois 52.155,70 hectares já se encontravam desmatado, o que equivale a 17,77% da área total da ZA.

No ano de 2014 a situação da Resex Jaci-Paraná já é bem crítica. Foram quantificados mais de 60.000 hectares desmatado na Resex, ou seja, aproximadamente 30,25 % de área desmatada. E na ZA a situação ainda é mais drástica, pois foi evidenciado um número superior a 110.000 hectares desmatados, isto é, aproximados 37,65 % considerando a área total da ZA.

DOUROJEANNI e JORGE PÁDUA (2013) afirmam que quanto maior a densidade da população humana, maior seu impacto sobre o entorno natural ou no meio ambiente como um todo. É importante lembrar que a população humana não é estática, sua tendência é aumentar em números e nas suas demandas. Quando foram criadas as primeiras reservas extrativistas, elas continham pouca gente, hoje, nelas cresceu a população e esta exige com todo direito, condições de vidas melhores.

## Evolução do Desmatamento na Resex Jaci-Paraná - RO

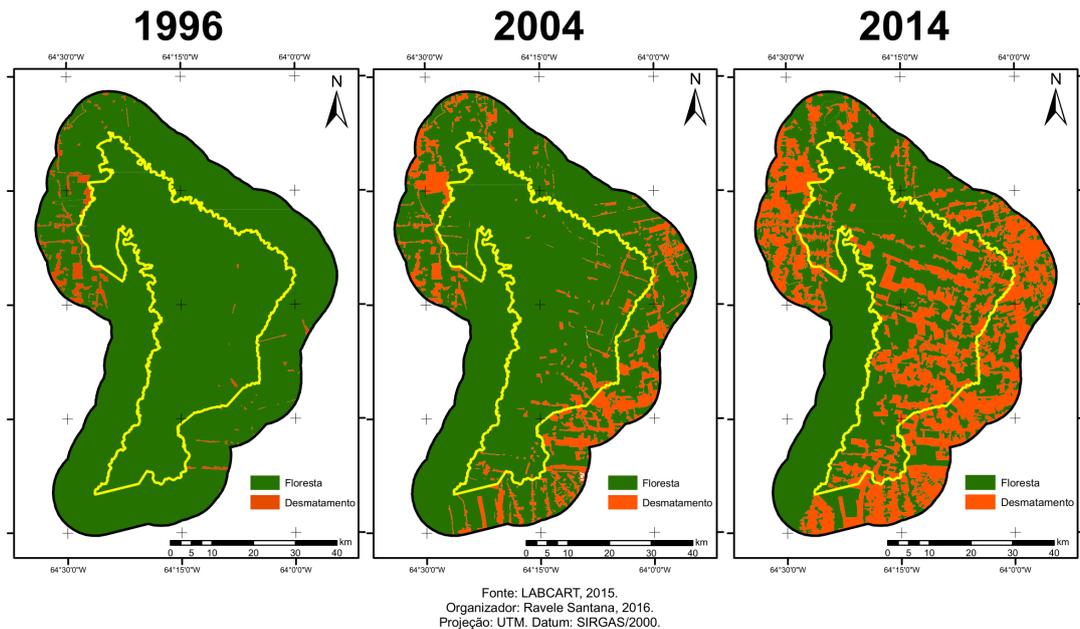


Figura 02: Mapa da Evolução do Desmatamento na Resex Jaci-Paraná.

### 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao contrário de algumas décadas atrás quando se tinha uma ideia de incentivo ao desmatamento para posse de terras, atualmente, sobretudo com a grande pressão mundial para com a conservação dos insumos naturais, em especial da Amazônia, essa ideia se tornou um tanto quanto preocupante. Em Rondônia como o processo de ocupação se intensificou de forma drástica, frear o desmatamento está se mostrando uma tarefa difícil.

No entanto, o elemento fundamental para a redução do desmatamento predatório ou quem sabe para um dia pará-lo é a vontade política para fazer isto. É claro que a ação do governo pode ajudar tanto positivamente quanto negativamente, mas, acima de tudo, são os líderes do país que tem que ter a confiança de que a ação do governo realmente pode frear e até parar o desmatamento.

Com relação as atividades agropecuárias, o fator fundamental para a sua sustentação econômica deverá ser a adaptação de tecnologias para atender as especificidades da região, tecnologias que em boa parte são financiadas pelo governo. Os objetivos geopolíticos de soberania do território e controle do potencial econômico dos recursos naturais da região complementam os objetivos econômicos estritamente privados da ocupação e desmatamento da região.

Sobre as Reservas Extrativistas, ressalta-se, que elas surgiram de uma estratégia válida em termos sociais e interessantes para a natureza, pois implicava em um freio a expansão desenfreada da pecuária e da agricultura. No entanto, o que se pode

verificar, principalmente tomando como exemplo a evolução da degradação da Resex Jaci-Paraná nos anos estudados, é que as reservas extrativistas vêm perdendo o seu valor de conservar a natureza.

É importante frisar que o controle sobre os madeireiros é fundamental, pois a extração desordenada, predatória e largamente ilegal que é praticada, deve ser combatida, não só por ser ilegal, mas também porque elimina a possibilidade de implantação, presente ou futura, de uma prática sustentável econômica, social e ambientalmente superior a pecuária.

O extrativismo, enquanto uma prática de manejo florestal é uma possibilidade na Amazônia, por exemplo, a exploração de madeira com práticas de rotação das áreas de corte e manejo de baixo impacto. É claro que o manejo não é mais atrativo financeiramente que a pecuária, porém seus ganhos sociais e ambientais são infinitamente superiores. Os zoneamentos podem ser usados como instrumentos de negociação entre os agentes econômicos e o governo.

A Coordenadoria de Geociências da Secretaria de Desenvolvimento Ambiental – RO aguarda somente a licitação do projeto de atualização da 2ª Aproximação do Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Rondônia. A atualização abrangerá, principalmente, as áreas da qual a Resex Jaci-Paraná faz parte, como as regiões de Nova Mamoré, Buritis, Campo Novo, União Bandeirantes, e microrregiões ao Norte de Porto Velho, Cujubim, Machadinho do Oeste, Pimenta Bueno, Cerejeiras, Cabixi, Alta Floresta que são consideradas áreas de conflitos (CARDOSO, 2015).

Sobre as Reservas Extrativistas, ressalta-se, que elas surgiram de uma estratégia válida em termos sociais e interessantes para a natureza, pois implicava em um freio a expansão desenfreada da pecuária e da agricultura. No entanto, o que se pode verificar, principalmente tomando como exemplo a evolução da degradação da Resex Jaci-Paraná nos anos estudados, é que as reservas extrativistas vêm perdendo o seu valor de conservar a natureza.

As ferramentas de Sensoriamento Remoto aliada ao Sistema de Informação Geográfica estão cada vez mais baratas e acessíveis, e se constituem em ferramentas fundamentais que podem e devem ser incluídas em qualquer tipo de estudo. A sua eficiência pode ser, de fato comprovada, uma vez que com a aplicação dessas ferramentas, que são fornecidas gratuitamente, conseguiu-se obter uma análise das alterações ocorridas na Resex Jaci-Paraná, bem como, em sua Zona de Amortecimento, desde o ano de sua criação em 1996.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA NETO, Itagyba. **Uso de ferramentas de SIG e sensoriamento remoto para o monitoramento do desmatamento em unidades de conservação: estudo de caso da Floresta Nacional do Bom Futuro - RO**. Porto Velho, Rondônia, 2010.

ARAÚJO, Marcos Antonio Reis. **Unidades de Conservação no Brasil: da república à gestão de**

**classe mundial.** Belo Horizonte: SEGRAC, 2007.

BRASIL. **Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. **RESOLUÇÃO/conama/Nº 013 de 06 de dezembro de 1990.**

CARDOSO, Abdoral. Portal do Governo de Rondônia. **Segunda aproximação do zoneamento socioeconômico busca reduzir conflitos agrários em Rondônia.** Disponível em: <http://www.rondonia.ro.gov.br/2015/04/55016/>, acessado em: 22/04/2015.

DOUROJEANNI, Marc J.; JORGE PÁDUA, Maria Tereza. **Arcas à deriva: Unidades de Conservação no Brasil.** 1ª edição. Rio de Janeiro: Technical Books, 2013.

FEARNSIDE, P.M. **Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle.** Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas – INPA, vol. 36, n. 3. P. 395 – 400, 2006.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Texto, 2008.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** 3ª edição. São Paulo: Oficina de Texto, 2011.

GTA. **O Fim da Floresta? A devastação das Unidades de Conservação e Terras Indígenas no Estado de Rondônia.** Regional Rondônia: Grupo de Trabalho Amazônico (GTA). Porto Velho, 2008.

GUERRA, Antônio José Teixeira; COELHO, Maria Célia Nunes. **Unidades de Conservação: Abordagens e características geográficas.** 2ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

GUIMARÃES, Siane Cristhina Pedroso. **Sistema de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto na avaliação do processo de mudança de uso da terra para subsidiar o planejamento de bacias hidrográficas,** 2008, 165 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). UNESP, São Paulo, 2008.

MENEZES, Leal Márcio Paulo; FERNANDES, Couto Manoel. **Roteiro de Cartografia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações.** 2ª edição. São Paulo: EDGARD BUCHER, 1993.

PONZONI, Flavio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; KUPLICH, Tatiana Mora. **Sensoriamento Remoto da Vegetação.** 2ª edição. São Paulo: Oficina de Texto, 2012.

RONDÔNIA. **Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Rondônia: “Planejamento para o Desenvolvimento Sustentável e Proteção Ambiental” 21 anos 1988 – 2009.** Porto Velho, 2010.

SILVA, Ricardo Gilson da Costa. **Dinâmicas Territoriais em Rondônia: Conflitos na Produção e Uso do Território no período de 1970-2010.** 2010, 222 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

XAVIER DA SILVA, Jorge; ZAIDAN, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento e Meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

WWF-BRASIL; SEDAM/RO; ICMBio. **Efetividade de gestão das unidades de conservação no Estado de Rondônia.** Brasília: WWF-BRASIL, 2011.

## PROTÓTIPO DE UMA PORTA DESLIZANTE COM O MICROCONTROLADOR ARDUINO APLICADO À DISCIPLINA ELEMENTOS DE AUTOMAÇÃO

**Felipe José Serpa da Silva**

Universidade de Fortaleza

Fortaleza - Ceará

**José Claudenio da Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia.

Fortaleza - Ceará

**César Vinicius Mota da Silva**

Universidade de Fortaleza

Fortaleza - Ceará

**RESUMO:** O presente artigo tem como objetivo explicar a aplicação didática de um protótipo de uma porta deslizante integrada com sensores e o microcontrolador Arduino. A construção do protótipo foi baseada nos conhecimentos desenvolvidos na graduação sobre desenho mecânico e de lógica de programação. A metodologia aplicada ao desenvolvimento da porta deslizante foi um projeto integrado entre disciplinas diferentes ofertadas na graduação da engenharia como desenho mecânico, lógica de programação e elementos de automação. Um questionário foi respondido por 10 alunos os quais avaliaram a metodologia de ensino e o protótipo como uma ferramenta de aprendizado. Todos os 10 alunos avaliaram o conteúdo ministrado e o protótipo como claro e objetivo bem como a sua aplicação na prática, foi questionado sobre a relação do conteúdo

ministrado e do protótipo com as disciplinas do curso de Engenharia, 40% dos alunos avaliou o protótipo relacionado à disciplina de Elementos de Automação enquanto 30% avaliaram à disciplina de Mecanismos. A aula ministrada demonstrou aos alunos a integração de conhecimento interdisciplinar e a aplicação desse conhecimento em sistemas automatizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arduino .Porta deslizante . Sensores.

**ABSTRACT:** The present article aims to explain the didactic application of a prototype of a retractable door with sensors and the Arduino microcontroller. The construction of the prototype was based on the research on the graduation of the drawing and the logic of programming. The methodology applied to data structure development is an integrated model of disciplines at different levels of education, such as design logic, programming logic and automation elements. A questionnaire was answered by 10 students who evaluated the teaching methodology and the prototype as a learning tool. All 10 levels were evaluated and applied as protagonists of the engineering course, 40% of the students made the prototype of the course Controlling Elements of Automation while 30% of Mechanisms process evaluation. The lecture taught the students an integration

of interdisciplinary knowledge and an application of knowledge in automated systems.

**KEYWORDS:** Arduino. Sliding port. Sensors

## 1 | INTRODUÇÃO

A disciplina Elementos de Automação, no curso de Engenharia Mecânica, apresenta aos alunos o conhecimento sobre a eletrônica e a eletromecânica aplicada à automação. Nesse contexto a utilização do microcontrolador Arduino é de grande importância para a construção do conhecimento de automação de processos na prática

Em termos práticos, um Arduino é um pequeno computador programável para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados. A programação do Arduino utiliza a IDE (Integrated Development Environment, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do Arduino, um software livre o qual escreve-se o código na linguagem que o Arduino compreende (baseada na linguagem C) (MCROBERT, 2011).

O botão (figura 1) foi conectado ao circuito através de um resistor *pull-down* o qual tem a função de permitir a passagem da corrente elétrica ao pino através do acionamento do botão evitando possíveis variações da tensão na porta de entrada (MCROBERTS, 2011).

Um motor DC (DirectCurrent) 5V (figura 2) foi empregado para promover o deslizamento da porta, segundo Instituto Newton C. Braga (2011), é composto por dois ímãs permanentes, um comutador e uma bobina móvel (rotor) a qual ao ser atravessada por uma corrente elétrica manifesta uma força magnética de caráter repulsivo em relação aos ímãs, o que ocasiona a rotação do rotor.

O Driver motor ponte H L9110s (figura 3) é um módulo o qual contém componentes eletrônicos como diodos e quatro transistores. O Driver tem por finalidade alterar a rotação do motor e proteger o arduino de corrente elétrica reversa (quando o motor envia corrente elétrica para o arduino).

O sensor indutivo (figura 4) é composto por uma bobina, um oscilador, um circuito detector e um circuito de saída. Quando um objeto metálico penetra no campo magnético do sensor são induzidas correntes elétricas em sua superfície e o circuito detector monitora essas variações e as envia para o circuito de saída o qual gera um sinal para comutar o atual estado em ligado ou desligado (CAMARGO, 2014).

O objetivo desse estudo é demonstrar aos alunos a aplicabilidade e a integração do conhecimento adquirido ao longo do curso de Engenharia através de um protótipo de uma porta deslizante que é um exemplo prático presente na indústria ou no cotidiano dos alunos.

## 2 | METODOLOGIA

A estrutura foi inicialmente projetada no software CATIA V5 R20 e posteriormente montada utilizando MDF. Com projeto definido e o MDF em mãos, com o auxílio de um esquadro e um lápis foi delimitado os contornos de cada peça da maquete (figura 6), em seguida foram realizados os cortes e os furos nas peças. Os eixos foram colocados coaxiais entre si e cuidadosamente alinhados de forma paralela a base da maquete. A união e fixação entre as peças foram implementadas por parafusos e cola quente.

Após a montagem da estrutura, foi feita a colagem de dois imãs, um a esquerda e o outro a direita da região anterior da porta, e foi realizada as conexões dos fios aos componentes até a placa arduino, em seguida o arduino foi conectado ao computador para o upload da programação.

O Driver motor ponte H L9110s (figura 3), recebeu as duas saídas do motor (figura 2) nos bornes “Motor A”, os pinos do driver “A-1A” e “A-1B” foram conectadas aos seus respectivos pinos de programação do arduino, GND e VCC foram conectados as entradas GND e 5V do arduino através da protoboard.

Foi incluído um botão que possui dois terminais os quais um deles foi conectado diretamente ao VCC (+5V) e o outro foi conectado à dois pinos, ao pino de entrada e ao GND (terra) ambos passando por um resistor de 220 Ohms.

O sensor indutivo (figura 4) foi posicionado próximo aos imãs os quais foram colados nas extremidades da porta. O sensor indutivo foi instalado na protoboard observando-se cuidadosamente a polaridade de cada fio. Foi colocado um resistor de 220 Ohms em série no sensor indutivo, bem como no botão. A ligação do botão não necessita verificação das polaridades.

Com o protótipo construído seu funcionamento é descrito com o acionamento do botão para promover o deslizamento da porta limitando o movimento da mesma até o sensor indutivo detectar cada imã colado na região anterior da porta. Foi ministrada uma aula sobre o microcontrolador Arduino (figura 5) com a utilização e o desenvolvimento da programação de cada componente do protótipo, evidenciando no fim da aula a integração dos componentes para o funcionamento da porta deslizante.



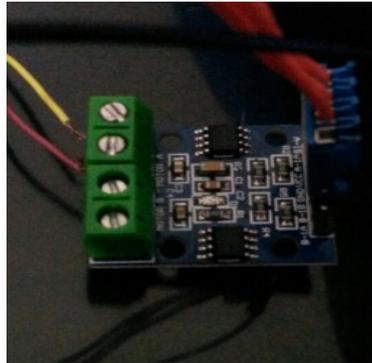
**Figura 1** – Botão

Fonte: Do Próprio Autor



**Figura 2** – Conjunto do motor

Fonte: Do Próprio Autor.



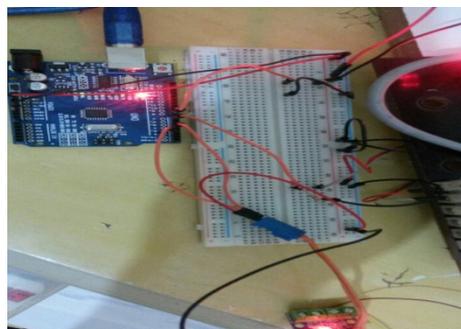
**Figura 3** – Ponte H L9110s

Fonte: Do Próprio Autor.



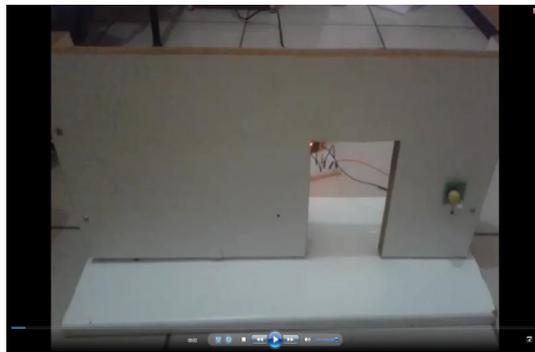
**Figura 4** – Sensor indutivo

Fonte: Do Próprio Autor.



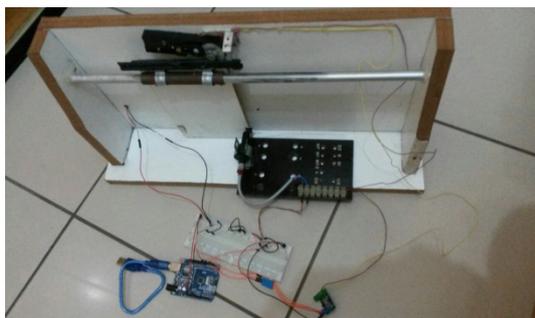
**Figura 5** – Arduino e protoboard.

Fonte: Do Próprio Autor.



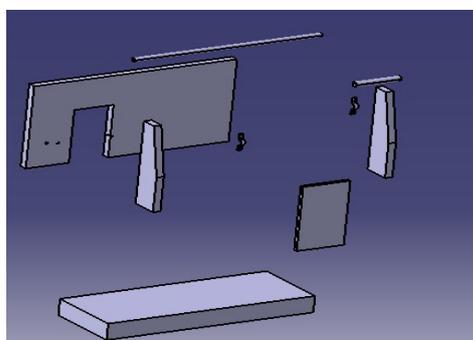
**Figura 6 – Maquete**

Fonte: Do Próprio Autor.



**Figura 7 - Componentes**

Fonte: Do Próprio Autor.



**Figura 8 – Vista explodida**

Fonte: Do Próprio Autor.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi elaborado um questionário com cinco perguntas as quais todas foram respondidas pelos 10 alunos que participaram da aula ministrada com protótipo.

O primeiro questionamento refere-se à clareza do conteúdo ministrado aos alunos para que haja uma base sólida para avaliar os resultados seguintes.

O conteúdo da aula foi claro e objetivo em relação ao protótipo?

O conteúdo da aula foi claro e objetivo em relação ao protótipo?

10 respostas



Gráfico 1 – Resultado quanto à clareza do conteúdo.

O segundo questionamento avaliou o conhecimento dos alunos sobre cada componente do protótipo.

Havia algum componente apresentado, o qual você nunca viu funcionando?

Havia alguma componente apresentado, o qual você nunca viu funcionando?

10 respostas

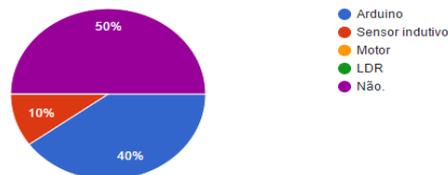


Gráfico 2 – Resultado quanto ao conhecimento individual de cada componente.

O terceiro e o quarto questionamento avaliam a aplicabilidade do protótipo na prática.

Em sua opinião o protótipo tem aplicação prática?

Na sua opinião o protótipo tem aplicação prática?

10 respostas

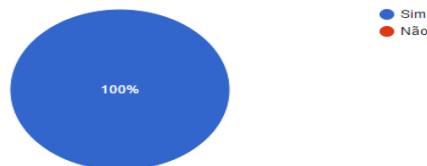


Gráfico 3 – Resultado quanto à aplicação prática do protótipo.

Individualmente cada componente do protótipo tem aplicação prática?

Individualmente cada componente do protótipo tem aplicação prática?

10 respostas

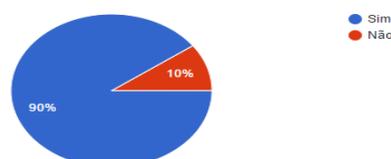


Gráfico 4 – Resultado quanto à aplicação prática de cada componente do protótipo.

O último questionamento, com a resposta em texto, avalia a associação do protótipo com as disciplinas já cursadas na graduação.

Considerando a apresentação do protótipo em sala de aula, quais disciplinas, em sua opinião, há uma associação com o protótipo?

Considerando a apresentação do protótipo em sala de aula, quais disciplinas, em sua opinião, há uma associação com o protótipo?	
Automação	4
Mecanismos e Instalações Elétricas	3
Algoritmos e Elementos de Automação	2
Sim	1

Quadro 1 – Resultado quanto à associação das disciplinas com o protótipo.

Dos 10 alunos, 4 associaram o protótipo a disciplina de Automação, 3 a disciplina de Mecanismos e Instalações Elétricas, 2 a Algoritmos e Elementos de Automação e 1 não citou as disciplinas mas considerou que há aplicação do protótipo com as disciplinas do curso.

O gráfico 2 demonstra que a maioria dos alunos já conheciam todos os componentes envolvidos, para 4 alunos o Arduino era desconhecido e um afirma não conhecer o sensor indutivo. O gráfico 3 e 4 afirma que o protótipo tem aplicação prática e cada componente para 9 alunos tem aplicação prática de maneira individual. O último resultado mostra as disciplinas elementos de automação, instalações elétricas e mecanismos como as disciplinas com maior relação ao protótipo dando destaque a primeira.

## 4 | CONCLUSÃO

Diante os resultados, a aula ministrada com o exemplo prático do protótipo, trouxe aos alunos o conhecimento sobre a lógica de programação, a integração entre os sensores e o microcontrolador bem como a aplicação desse protótipo em outras disciplinas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor César Vinicius pela orientação e auxílio no financiamento dos custos. Aos amigos e colegas, pelo incentivo e apoio constante. À UNIFOR pelo ambiente criativo e amigável que nos proporciona.

## REFERÊNCIAS

Camargo, Valter Luís Arlindo. **Elementos de Automação**. 1.ed.São Paulo : Érica, 2014.

Cipelli, Antonio Marco V; Otávio Markus; Waldir João Sandrini. **Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos**. 23. ed.São Paulo: Érica, 2007.

INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. **Como funciona o motor de corrente contínua (ART476)**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>>. Acesso em: 07 out. 2016.

McRoberts, Michael. **Arduino básico**. São Paulo : Novatec Editora, 2011.

## CARTOGRAFIA E ICONOGRAFIA ANTIGAS NO PROCESSO EVOLUTIVO DAS TORRES MILITARES, CIVIS E RELIGIOSAS NA CIDADE DE ÉVORA - PORTUGAL

### **Maria do Céu Simões Tereno**

Universidade de Évora, Departamento de  
Arquitetura  
Évora — Portugal

### **Maria Filomena Mourato Monteiro**

Câmara Municipal de Évora, Divisão de Cultura e  
Património  
Évora — Portugal

### **Marizia Clara de Menezes Dias Pereira**

Universidade de Évora, Departamento de  
Paisagem, Ambiente e Ordenamento do Território  
Évora — Portugal

**RESUMO:** No início, as urbes foram construídas com recintos amuralhados para a defesa e, estes sistemas defensivos eram pontuados por torres, cujo objetivo era a observação da área envolvente. Évora é uma cidade de origem remota tendo sido habitada sucessivamente por vários povos, os romanos, os godos e os sarracenos, entre outros. Integra atualmente três circuitos de muralhas: a da Alta Idade Média no período romano-godo-árabe, a da Baixa Idade Média nos séculos XIII/XIV e o conjunto abaluartado construído no período das guerras da restauração, com o sistema Vauban. Nesta cidade existe uma grande diversidade de torres de naturezas diferenciadas que podem ser perceptíveis através do diversificado espólio cartográfico e iconográfico representativo da

evolução da mesma. O objetivo deste trabalho é analisar os vários tipos de cartografia disponível que foi sendo produzido ao longo dos tempos, de cariz militar, regional, urbana, projeto e iconografia urbana, para perceber a influência da presença das torres no desenvolvimento da cidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** torres, evolução urbana, iconografia, cartografia.

**ABSTRACT:** In its genesis, the great cities were built with walled enclosures for its defence. These defensive systems were punctuated by towers whose goal would be the observation of the surrounding area. Évora is a city of ancient origin, and was inhabited successively by several people, the Romans, Goths and Saracens, among others. It integrates currently three sets of walls: The Roman-Gothic-Arab period, the Late Middle Ages in the XIII / XIV century, and the bastion built in the period of the wars of the Restoration, with the Vauban system. In this city there is a great diversity of different kinds of towers that can be noticeable for several mapping and pictorial assets representative of its evolution. The objective of this study is to analyse the various types of available mapping that was being produced throughout the ages, military-oriented, regional, urban, urban design and iconography, to realize the influence of the presence of the towers in the development of

the city.

**KEYWORDS:** towers, urban development, iconography, cartography.

## 1 | INTRODUÇÃO

### 1.1. Localização

A cidade de Évora, de origem muito remota, localiza-se em Portugal continental integrado na Península Ibérica com as coordenadas 38° 34' de latitude norte e 7°54' longitude este. Pertence ao concelho e distrito de Évora e à província do Alto Alentejo (fig. 1). A figura seleccionada integra um atlas de 1570 de *Abraham Ortelius* (1528-1598), inserido na obra *Theatrum Orbis Terrarum* mapa muito pormenorizado e de um detalhe muito aprofundado, mas, em que as fronteiras não estão perfeitamente definidas.



Fig. 1 – Localização de Portugal na Península Ibérica. Mapa de *Abraham Ortelius*, 1570 in *Atlas Theatrum Orbis Terrarum*. Fonte: *abcblogs.abc.es*.

### 1.2. Caracterização Biofísica

A região envolvente a cidade de Évora é, de acordo com Feio & Martins (1993), uma peneplanície que a sul é interrompida por relevos de baixa altitude. A oeste da cidade, são os contrafortes do relevo Montemor-o-Novo a Valverde, que chegam até ao alto de S. Bento a uma altitude de 364 m. Na posição oposta encontra-se uma elevação arredondada onde está implantada a cidade (310 m) separada dos relevos anteriores e relacionada com a dureza das rochas eruptivas (granodioritos e quartzodioritos). A este da cidade, segundo os mesmos autores, encontram-se alguns relevos de xistos metamórficos que alcançam cerca de 280 a 290 m de altitude.

Em relação ao estudo do relevo no que respeita ao perímetro da cidade de Évora, constata-se escassa informação e os poucos estudos que existem dizem respeito à periferia. No entanto, no trabalho de Feio e Martins (1993) é dado um contributo sintético.

Évora pertence às bacias hidrográficas dos rios Sado, Tejo e Guadiana, onde as ribeiras do Xarrama, Degebe, Peramanca, Valverde e Viscososa são os principais cursos de água, com regimes irregulares, típicos de um clima mediterrâneo, com invernos húmidos e frescos e verões prolongados, quentes e secos. A paisagem vegetal dominante na região são os carvalhais perenifólios e esclerofíticos, os sobreirais (*Quercus suber* L.) e os azinhais (*Quercus rotundifoliae* Lam.). Na Figura 2 apresenta-se um pormenor do Mapa de *España y Portugal* de *Forlani*, 1560 editado por *Bertch*,

muito pormenorizado, com uma vista do enquadramento geográfico da cidade com a envolvente ondulada.



Fig. 2 – Mapa de Espanha e Portugal Forlani, 1560. Editado por Bertch.

## 2 | CRONOLOGIA DAS FORTIFICAÇÕES DE ÉVORA

A atual cidade de Évora integra três conjuntos de muralhas de épocas distintas, com características específicas: da Alta Idade Média (período romano, visigótico e árabe), da Baixa Idade Média (século XIV) e da Idade Moderna (sistema *Vauban*, século XVII).

O circuito romano (FARINHA, B. 1785:57) que remonta provavelmente ao início da era cristã, aquando do domínio romano na Península Ibérica, tinha cerca de 1080 m de perímetro que envolvia o núcleo mais elevado da cidade (LIMA, M., 2004:15). Apresentava as melhores características defensivas, visível ainda hoje em muitos troços, e popularmente designado como a “Cerca Velha” (BEIRANTE, M. 1995:40). O segundo circuito começou a ser construído no reinado de D. Afonso IV (aproximadamente em 1350) durante o período em que este residia no paço real eborense e terminou algumas décadas depois no reinado de D. Afonso V. Conhecida como a “Cerca Nova” ou Muralhas Fernandinas tinha um perímetro de aproximadamente 3500 m de comprimento e abrangia o atual núcleo histórico que está classificado como Património Mundial (Classificação atribuída em 1986 pela UNESCO). Esta muralha tinha na época cerca de 30/40 torres de plantas circulares e/ou quadrangulares com 10 portas e 2 postigos (que consistiam em aberturas na muralha com o objetivo de observação, e como saídas de emergência).

Durante e após a Guerra da Restauração contra Filipe IV e nos tempos que se seguiram na luta pela Independência de Portugal, tornou-se necessário reforçar e alterar a configuração da “Cerca Nova” em alguns troços com o sistema *Vauban*.

### 2.1 Fortificações Romanas/Visigodas/Árabes

O recinto amuralhado mais antigo da cidade remonta provavelmente ao século III da nossa era (ESPANCA, T. 1966:4). Foi uma época de grandes conturbações socioeconómicas consequentes da crescente fragilidade do império romano, e que determinaram a necessidade de proteger os seus habitantes das sucessivas investidas dos invasores. É nesta época que muitas cidades se começam a rodear de recintos amuralhados. No entanto de todo o conjunto que terá existido só chegou aos nossos

dias uma série de troços que terão sido naturalmente muito intervencionadas ao longo dos tempos. Seguindo o sentido horário, e numa descrição sumária, mencionando os troços mais relevantes, inicia-se o percurso definido pelo recinto amuralhado romano: a única porta que subsiste até aos nossos dias é a porta de D. Isabel (PEREIRA, G. 1947-1951:141), atualmente conhecida como o Arco de D. Isabel que ainda possui um troço de calçada romana. Em seguida e integrando também o antigo recinto amuralhado, podem encontrar-se troços visíveis no embasamento do Jardim Diana, com silhares de granito de grandes dimensões. Na perpendicular a este troço e com embasamento de silhares semelhantes ao anterior, surge a Torre das Cinco Quinas pertencente ao Palácio Cadaval (considera-se que esta torre de carácter eminentemente militar terá sido torre de menagem do antigo castelo. Cf. LIMA, M, 2004: 50). Existe neste seguimento um troço de assinalar que corresponde ao embasamento e a uma torre pertencente ao Palácio dos Condes de Basto. Continuando o percurso avistam-se as duas torres que definem as Portas de Moura. Mais adiante e para sul, no túnel da Alcárcova de Baixo, está um troço maciço de muralha já intervencionada e que seria parte do antigo recinto (LIMA, M, 2004:32). Continuando encontra-se a Torre da antiga rua da Selaria que teria tido também a mesma função de uma das portas da urbe (segundo Túlio Espanca esta torre teria a designação de Torre do Anjo, que lhe teria fronteira a Torre do Caroucho, demolida em 1530 por se encontrar em estado de ruína iminente). Mais adiante depara-se com o troço de muralha existente na Alcárcova-de-Cima onde se nota uma evidente sobreposição desta a anteriores habitações romanas do século I (de que são visíveis vestígios de alguns espaços de uma habitação, onde ainda se distinguem alguns frescos nos remanescentes das paredes). Este troço de muralha encontra-se assimilado na parte posterior da casa nobre situada na Rua de Burgos. Na extremidade deste troço, encontra-se uma torre, designada como de Sisebuto e pertencente ao antigo Paço da família Melo de Carvalho. Escavações decorrentes de uma obra em edifícios num imóvel da Rua João de Deus puseram a descoberto um troço desconhecido da muralha entre a torre atrás referida e a Torre do Colégio de S. Paulo (LIMA, M, 2004:20). Bem próxima desta a torre do antigo convento do Salvador do Mundo, envolvida na mole construída, e elevando-se de forma proeminente no largo do Sertório. Deste recinto amuralhado existe uma planta de Cristóvão Aires com a designação:” Trecho da planta da cidade d<sup>a</sup>Évora indicando a muralha romana”, sem escala (AIRES, C, 1902) datada de 1902, onde se encontram assinalados o perímetro possível das muralhas e algumas das suas torres (fig. 3).



Fig. 3 – Planta com a definição do recinto amuralhado romano com as suas torres. Obra de Cristóvão (1853-1930) tem a designação:” Trecho da planta da cidade d<sup>a</sup>Évora indicando a

## 2.2 Fortificações Medievais

A cidade foi reconquistada aos sarracenos em 1166, com apoio de uma ordem religiosa militar (Templo) – que na época ficaram conhecidos como Freires de Évora, antecessora da Ordem de Avis – e integrada no Reino de Portugal. As minorias religiosas que permaneceram após a reconquista aos sarracenos circunscreveram-se a áreas delimitadas e restritas, no interior das quais teriam alguma autonomia administrativa e religiosa até finais do século XV. Do período temporal referido, poder-se-á afirmar que da ocupação romana subsistiu por um lado uma estrutura urbana essencialmente reticulada resultante da administração vigente e por outro, um circuito quase completo de muralhas e algumas torres defensivas executadas com a técnica romana (Alta Idade Média).

Com a reconquista cristã passariam a ser outros tipos de torres e portas que contribuiriam para a formação e densificação da malha urbana envolvente durante a Baixa Idade Média (BEIRANTE, M, 1995: 44). Habitualmente estas portas eram ladeadas por torres que contribuiriam como incentivo à fixação da população ou até de conventos na área envolvente. Posteriormente com a evolução das cidades surgiram outro tipo de torres que funcionavam como habitações fortificadas da nobreza, assim como as torrinhas que tinham um significado simbólico de estatuto nobre. Mais tarde com a implantação de inúmeras casas religiosas femininas foram edificadas algumas torres de fresco onde estas poderiam beneficiar de um espaço de lazer com brisas refrescantes e lhes dada a oportunidade de observar o espaço envolvente. Assim ao longo dos séculos, o tipo de torres foi sendo alterado tendo em conta a cultura da população residente, determinante para o desenvolvimento urbano da cidade. Posteriormente, o povo godo, oriundo do norte da Europa, dominou a cidade. Devido aos conhecimentos técnicos rudimentares e disponibilidade material limitada, apenas se consolidaram tais estruturas, reutilizando possivelmente as ruínas de antigos edifícios pré-existentes. Quanto à malha urbana certamente sofreu alterações e na ocupação seguinte, os sarracenos provenientes de um ambiente diferente, de territórios com climas quentes e ou desérticos, implementaram alterações drásticas nos espaços urbanos, públicos e privados, donde se destacam alguns exemplos: os arruamentos que passaram a ser progressivamente mais sinuosos buscando o ensombramento e as casas mais intimistas e construídas em redor de espaços ajardinados interiores, onde o pátio central está presente. A religião muçulmana impunha que as mesquitas tivessem minaretes para o chamamento à oração e, provavelmente, a área em redor destes complexos religiosos seriam edificadas contribuindo para a fixação da população. O progressivo desenvolvimento de arrabaldes e a fixação de casas religiosas exteriores ao recinto amuralhado romano/visigodo/árabe determinaram a construção de uma estrutura defensiva que englobasse estes conjuntos (RIBEIRO, M. e alt.).

Esta nova cintura de muralhas de alvenaria, de granito irregular que apresenta cunhais em silhares de granito aparelhado é descrita de forma muito objetiva na legenda da “Planta do Recinto e Fortificação de Évora, cerca de 1856, possivelmente em elementos extraídos da obra “Évora Ilustrada” de 1703, do Padre Manuel Fialho: “Compreendia em tempo o âmbito de 3452 passos na forma seguinte: da Porta de Aviz á do Moinho de Vento 416: d’esta á da Traição 154: d’esta á de Machede 262: d’esta à de Mendo Estevens 190: d’esta á da Mesquita 370: d’esta á do Rocio 370: d’esta á do Raymundo 488: desta á de Alcousel 300: d’esta á da Lagõa 532: e d’esta á de Aviz 370 passos” (FIALHO, P. M, 1703). Este novo perímetro amuralhado era, pois, constituído por um conjunto de novas portas, normalmente ladeadas de torres, a saber: Portas de Aviz, da Traição, de Machede, de Mendo Estevens, da Mesquita, do Rossio, do Raimundo, de Alconchel, e finalmente a da Lagoa (fig. 4). Este perímetro medieval amuralhado está bem documentado no foral concedido à cidade por D. Manuel em 1 de Setembro de 1501, onde estão identificadas algumas das portas da cidade de então, bem como as torres que as ladeavam (Torre de Alconchel). Do perímetro desta muralha desapareceram quatro portas, a do Moinho de Vento e a da Traição pela edificação dos *Collegiaes* da Purificação e a do Espírito Santo. Não são visíveis as portas de Machede devido à construção do forte com a mesma designação e ainda a da Mesquita (LIMA, M. 2004:67) por estar próxima da dos Mouros.



Fig. 4 – Extrato do Foral Manuelino da Cidade de Évora mostrando o seu recinto amuralhado.  
Fonte: Câmara Municipal de Évora.

### 2.3 Fortificações Do Século XVII (Sistema Vauban)

O último recinto amuralhado deveu-se à defesa empreendida pelos portugueses contra Felipe IV, para a obtenção e manutenção da Independência, num período bastante alargado entre 1640 e 1668. Nos projetos de edificação deste recinto estiveram envolvidos alguns engenheiros militares (ESPANCA, T; 1966:5), de renome, como *Charles Lassart*, *Jean Gillot* no período de 1642, a quem se seguiu *Nicolau de Langres* entre 1648-1660, com a sua proposta de intervenção para Évora (fig 5), (LANGRES, N.). Seguiu-se *Bartelolomy Zanit* e *Pierre de Saint Colombe* no período de 1657 a 1663. Mais tarde sucederam-lhes *Simão Joquet* e *Jean Brivois*, e finalmente o artista que era apoiado pelo Mestre de Campo General Conde de *Shomberg*, *Allain Manesson Mallet* (1666). Deste salientam-se as figuras 6 e 7 onde se pode ver uma estampa e seu pormenor extraídos da obra *Les Travaux de Mars* ou *L’ Art de la Guerre*, tomo I (MALLET, A, 1666:321). Nesta figura surge a planta de Évora com a

cintura amuralhada, encimada por uma imagem representativa da cidade onde se vislumbram as muralhas e os baluartes do Príncipe e do Conde de *Lippe*. Na figura 8 (LE PREVOUST, E, 1704:44) podemos observar um desenho mais generalista do mesmo autor, representando uma fortificação, um perfil ou corte de terreno onde esta se implantaria.

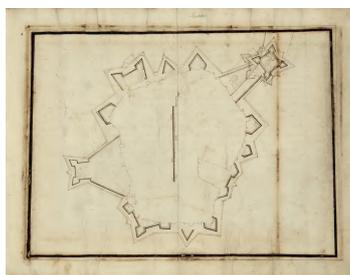


Fig. 5 – Representação do recinto amuralhado numa proposta de Nicolau de Langres. Fonte: Desenhos e plantas de todas as praças do Reyno de Portugal...[Ca 1661], B.N.P.

Contudo, os planos definitivos da fortificação de Évora foram elaborados pelos engenheiros Barão de *Silincourt*, engenheiro-mor do Alentejo e pelo capitão engenheiro D. Diogo Pardo de Osório. As posteriores retificações aos anteriores traçados foram propostas pelo cosmógrafo-mor e tenente general de artilharia Luís Serrão Pimentel, que foram aprovadas pela Junta dos Três Estados do Reino em 1660 (LE PREVOUST, E, 1704/5). Mais tarde, foi criado em documento de 20 de Abril de 1682, o Regimento da Fortificação da Cidade de Évora (documento que regulamenta a construção do recinto amuralhado da cidade de Évora in “Miscelânea” 1499/1750, Manuscritos da Livraria 1280/1900, PT/TT/MSLIV/1634/00058) assinado pelo Príncipe Regente D. Pedro, cujo contributo para a finalização da fortificação foi muito significativo.

Esta, no seu projeto definitivo, chegou intacta ao início do séc. XIX e só foi alterada, por algumas demolições determinadas pelos sucessivos arranjos urbanísticos no decurso do desenvolvimento desta urbe. Dos baluartes construídos passamos a referir: os do Castelo Novo (Castelo Manuelino, atualmente na posse do exército), o de Nossa Senhora de Machede, o dos Apóstolos, o de São Bartolomeu, o do Príncipe, o do Conde de *Lippe*, o do Picadeiro, o do Assa, e os fortes de Santo António e dos Penedos. Este conjunto de fortes e baluartes completavam a defesa eficaz do perímetro urbano de então (LIMA, M. 2004: 85). Existem diversas representações cartográficas de várias épocas com a cidade já rodeada pelas novas construções (fig. 9). De salientar um mapa de Pedro Teixeira Albernaz (1595-1662) com o título *Description del reyno de Portugal y de los reynos de Castilla que confinan con su frontera... / onde para o mapa de Portugal se encontra rodeado pelas suas principais praças fortes* (ALBERNAZ, P.). De interesse referir também a obra *Praças-fortes em Portugal* (sem autor), sem autor e sem data definida, situada talvez entre 1680 e 1690, onde a praça-forte de Évora aparece representada em preto e branco, com o circuito amuralhado e onde estão integrados os fortes de S. António e dos Penedos (fig. 10).



Fig. 6 – Representação da cidade de Évora, em planta e numa vista perspeticada. Desenho de MALLET, Allain Manesson . *Les Travaux de Mars ...* Paris: Denys Thierry, 1661, p. 321.

Fig. 7 – Vista perspeticada num pormenor da gravura anterior. Desenho de MALLET, Allain Manesson . *Les Travaux de Mars...* Paris: Denys Thierry, 1661, p. 321.

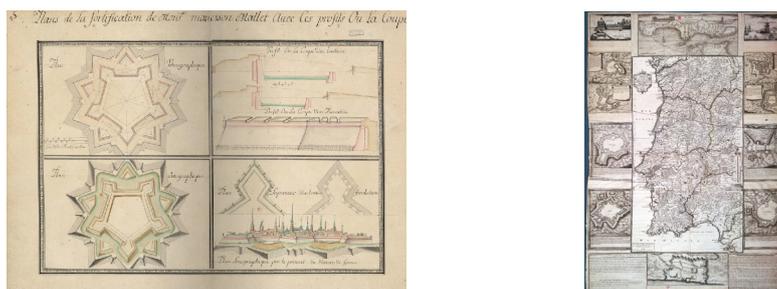


Fig. 8 – Num desenho de Allain Mallet, podem observar-se vistas de possíveis fortificações, bem como perfis e perspetivas. LE PREVOUST, Etienne, *L'abregé de l'art de la guerre...* ,Manuscrit 273, Havre, 1705, p. 44.

Fig. 9 – Mapa de Pedro Teixeira de Albernaz (1595-1662), onde está representado Portugal, rodeado pelas praças-fortes mais relevantes. Fonte: BNP.

Também de interesse, apesar de bastante semelhante à anterior existe a representação de A. Coquart, com a fortificação de Évora, datada de 1705. A fortificação de Elvas aparece representada a par da de Évora (fig. 11). De data posterior, mas pouco definida, situada talvez entre 1648?-1709? o mapa de Carel Allard, com a região sul do país aguarelada e na cartela inferior do mapa um conjunto de fortificações onde se inclui Évora (fig.12). Importa referenciar um mapa da cidade eborense de grande beleza e muito pormenorizado, onde é notório o recinto amuralhado completo e as torres diferenciadas (fig.13). Referimo-nos à Planta da Cidade de Évora, sem escala determinada e sem data muito definida podendo situar-se entre 1750 e 1790(?). De mencionar ainda o mapa executado por Gaspar Baillieu (Fig. 14), onde Portugal encontra-se rodeado nas suas margens laterais por diversas fortificações nacionais. Sensivelmente de época coeva existe de José Monteiro Carvalho, a “Carta Geográfica da Província do Alentejo que a S. Magestade Fidelissima e Augustissima Senhora D. Maria I e Raynha de Portugal oferece o Sargento-mor Engenheiro Jozé Monteiro de Carvalho de 1750-1780”. Nesta carta, surge a província do Alentejo rodeada por uma cartela onde estão representadas as praças-fortes portuguesas mais relevantes, e onde se insere a de Évora (fig. 15), (CARVALHO, J. M., 1777-1780?).

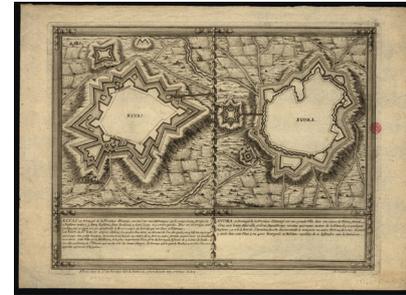


Fig. 10 – Este mapa integrado na obra *Praças-fortes em Portugal*, mostra a cintura a muralhada da cidade onde estão também incluídos os Fortes de Santo António e dos Penedos. Fonte: BNP.

Fig. 11 – Vistas das Praças-fortes de Elvas Évora executadas por A. Coquart. Fonte BNP.



Fig. 12 – Mapa representando o sul de Portugal de Carolo ALLARD (1648? -1709?), onde se salienta a de Évora. Escala [ca 1:720000]. Fonte: BNP.

Dos baluartes referidos conservam-se ainda bem visíveis na malha urbana o Castelo Novo, os vestígios do dos Apóstolos, as ruínas do de São Bartolomeu e da ermida, o do Príncipe onde se encontra a Mata do Jardim Publico, o do Conde de *Lippe*, no local que foi a porta do Rossio, o do Picadeiro na envolvente do Quartel dos Dragões, sendo a primeira figura datada de 1908 e a segunda de 1931 (figs. 16 e 17), o do Assa de que existem ainda alguns vestígios perceptíveis. No que respeita aos fortes, o de Santo António ainda se encontra com a sua traça original sem adulterações e o dos Penedos foi demolido.



Fig. 13 - Planta da Cidade de Évora, podendo situar-se entre 1750 e 1790(?), em que o grau de pormenorização é muito minucioso, quer a nível da representação das fortificações quer mesmo de toda a sua envolvente, vendo-se mesmo a diferenciação dos campos agricultados.

Fig. 14 - José Monteiro de CARVALHO (1750-1780) executou esta belíssima planta da província do Alentejo, e como era corrente na época, cercou o mapa pelas fortificações mais significativas. A designação do mapa é: *Carta geografica da Provincia do Alentejo ...*, [entre 1777 e 1780?]. Fonte: BNP.

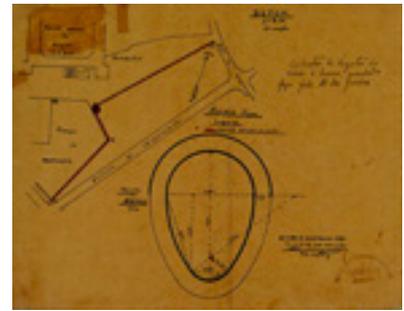
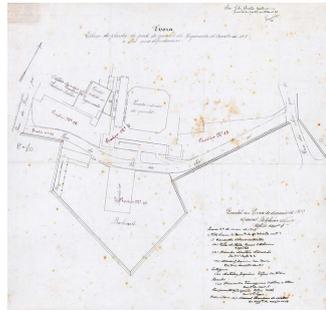


Fig. 15 – Neste mapa executado por *Gaspar Baillieu*, Portugal encontra-se rodeado nas suas margens laterais por diversas fortificações nacionais. O mapa tem a designação: *Le Portugal et ses Frontières: Levée sur les lieux ... 1735*. Fonte: Biblioteca Nacional de França.

Fig. 16 – Alterações a realizar no baluarte do Picadeiro em 1908. Fonte: Arquivo História Militar.

Fig. 17 – Projeto para um coletor adossado ao Baluarte do Picadeiro, num desenho de 1931. Fonte: Arquivo História Militar.

### 3 I TIPOLOGIAS DE TORRES EBORENSES

Os circuitos amuralhados eram constituídos por torres edificadas com plantas diversificadas (poligonal, circular ou quadrada (fig. 18), que poderiam ser classificadas de acordo com a sua função, isolamento ou integrando um conjunto (ESCUDERO, LP, 2014). De entre o conjunto de numerosas torres que definem o *sky-line* da cidade, podemos considerar três tipologias diferenciadas que estão assinaladas na figura 19.

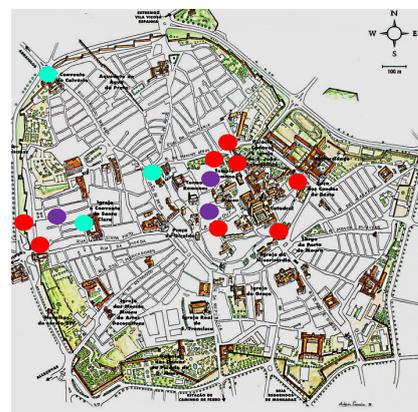


Fig. 18 – Desenho de Allain Mallet representando diferentes tipologias construtivas de fortificações. Fonte: *Les Travaux de Mars ...*, Paris: Denys Thierry, 1661, p.47.

Fig. 19 – Planta da cidade de Évora, tendo assinaladas as três tipologias de torres consideradas. A azul as Torres religiosas, a vermelho as torres militares, e a roxo as torres civis. Fonte: A base do desenho é de António Couvinha. C.M.E.

#### 3.1 Torres Militares

Até à Idade Média, o equipamento defensivo de tiro existente reduzia-se a engenhos relativamente simples cujo elemento propulsor era a força consequente da flexão ou torção designada como neurobalística. De entre estes engenhos de guerra salientam-se o arco, a besta, a catapulta, entre outros. Os projeteis assim lançados procuravam atingir o inimigo em altura, necessitando-se para essa finalidade como elementos defensivos, construções bastante elevadas (BARROCA, M. J, 1998: 51.

Este autor distingue entre defesa passiva, toda a que foi feita até ao período românico, à defesa ativa com início no período gótico, ou seja a partir do século XIII). Posteriormente já em meados do século XIV teve início a utilização da pólvora como força propulsora, dando lugar a uma nova “tecnologia de guerra” a pirobalística (LE PREVOUST, E, 1704: 28, onde se podem observar algumas das armas coevas, incluindo canhões), (fig. 20), permitindo o desenvolvimento de novos tipos de armas de que se salientam o canhão e mais tarde armas de fogo portáteis como o arcabuz, o mosquete e a pistola. É a alteração do paradigma da guerra e a passagem da neurobalística à pirobalística que vai determinar alterações na arte da guerra e que tem consequências nos sistemas defensivos e determina alterações na arquitetura militar. Um dos aspetos mais relevantes é o caso das torres que progressivamente vão sendo substituídas pelos baluartes e os edifícios deixam de crescer em altura para se desenvolverem na horizontal (MALLET, A. M, 1661:p. 47). É interessante observar nesta imagem as diferentes tipologias de fortificações preconizadas por *Mallet*).

Integrava a muralha mais antiga e a medieval (idem, p.51), um conjunto considerável de construções deste género e da sua evolução temporal, que permitiu acompanhar o progresso do armamento utilizado em cada época (fig. 20). As torres militares mais antigas situam-se na designada muralha romana e a continuidade da utilização de torres como elementos defensivos associados às portas da cidade mantêm-se na cintura medieval de fortificações. No cômputo das torres militares incluem-se a Torre das Cinco Quinas, a quadrangular (ambas particulares), a do Sertório (BARATA, A, 1909: 192, onde refere que esta torre terá integrado o castelo antigo, e nela terá colocado um moinho de vento, o inventor português em 1497) (fig. 21) (organismo público), a do Palácio dos Condes de Basto ou dos Capitães (fig. 22) (particular), as das Portas de Moura (fig. 23) (uma particular outra pertencente a um banco), a do Sisebuto (particular), a do Anjo (particular) a dos Falcoeiros (particular) (fig. 24) e a de Alconchel (organismo público) e a torre que existiu sobre o Templo romano (este templo serviu em tempos idos como torre integrada no castelo velho. Mais tarde foi reutilizada como açougues. Trata-se de um edifício que teve uma multitude de utilizações), (fig. 25). De entre estas torres salientam-se:

- Torre de Sisebuto – quadrangular que, pelas suas características e método construtivo pode ser atribuível à cerca romana. Localiza-se no gaveto entre as ruas Nova e Alcárcova-de-Cima. Foi, naturalmente intervencionada em diferentes épocas e os silhares que apresenta na vertical vão sendo diferenciados, atestando diversas épocas de construção (fig. 26).

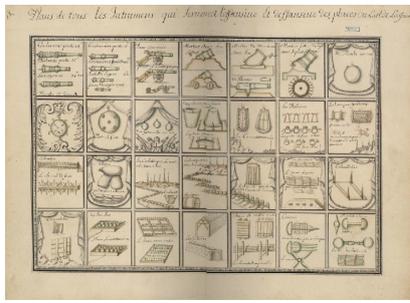


Fig. 20 – É interessante ver nesta imagem algumas representações do armamento então utilizado. Fonte: LE PREVOUST, Etienne, *L'abregé de l'art de la guerre, ...*, Manuscrit 272, Havre, 1704, p. 44.



Fig. 21 – Torre do Palácio dos Conde de Basto ou Torre dos Capitães.



Fig. 22 – Torre de Sertório – incluída no perímetro do Palácio dos Condes de Basto.



Fig. 23 – Torres das Portas de Moura, que ladeavam as portas do mesmo nome.



Fig. 24 – Torre dos Falcoeiros, próxima da torre da Porta de Alconchel.



Fig. 25 – Templo Romano – que após a sua função inicial de templo passou a ter a função de torre militar, posteriormente á qual foi utilizado como açougue. Fonte: Viver Évora: janeiro 2015.



Fig. 26 – Torre de Sisebuto integrada na cerca mais antiga.

- Torre de Alconchel (BARATA, A, 1909: 37, informa sobre algumas personagens ilustres que aí estiveram presas. PEREIRA, G, 1934:187. Desenhos em vista e de um piso).

– As duas torres (figs. 27 e 28), com acesso pela Rua Serpa Pinto, n.º 4, são exemplos de construção defensiva que, embora alterada no seu conjunto, possui em alguns troços, o seu traçado original. Uma das torres constituía a Porta de Alconchel, que remonta ao século XV e cuja designação em árabe queria dizer torre coroada por coruchéus, com a particularidade, pouco comum de integrar um reduto defensivo. O espaço também funcionou em época determinada, como cadeia da cidade. A outra torre que completa o conjunto é de dimensões muito reduzidas, tornando muito saliente a primeira.

- Torre dos Falcoeiros – tem a entrada pela rua dos Penedos, nº13 (particular). De secção quadrangular está parcialmente integrada na construção adjacente.

- Torre da Porta da Selaria – ou a do Anjo apresenta base quadrangular, com 9 m de lado e 13,5 m de altura e a porta a ela associada era designada como Porta da Praça Grande que teria 4,5m de largura. Tinha 4 pisos e embasamento com grandes silhares de granito (fig.29), ladeada por outra torre que foi demolida em 1530 (BARATA, A, 1909: 171).

- Torre das Cinco Quinas – trata-se de uma torre de grandes dimensões de secção pentagonal irregular, cujos panos de parede revelam as diferentes épocas que atravessou, integrando o designado Castelo Velho. Podemos observar na pintura de João Barata (s/d), a representação do espaço fronteiro ao Colégio do Espírito Santo (sede da Universidade de Évora), vendo-se em pano de fundo a Torre das Cinco Quinas. Também no Foral Manuelino se pode observar essa torre, que se encontra localizada por detrás do templo romano (figs. 30, 31 e 32).

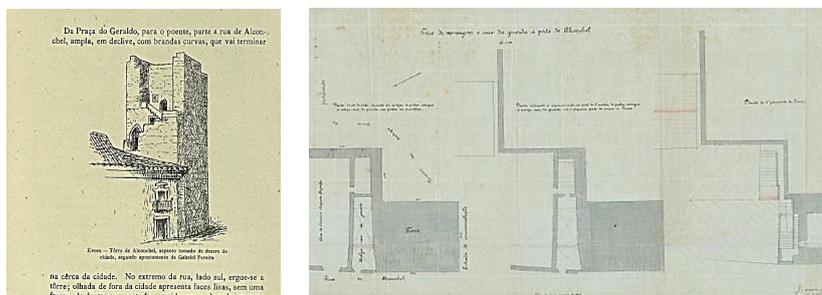


Fig. 27— Desenho de Gabriel Pereira em *Estudos Diversos* (Arqueologia. História. Arte. Etnografia), Coimbra: Imprensa da Universidade, 1934, p.187.

Fig. 28 — Desenho em planta da Torre de Alconchel (vários pisos). Fonte: C.M.E.



Fig. 29 – Torre do Anjo – na antiga rua da Selaria que tinha fronteira outra torre, demolida com a qual constituíam a Porta da Praça Grande.

Fig. 30 – Pintura de João Barata, sem data, representando o Palácio dos Condes de Basto, e ao fundo a Torre das Cinco Quinas. Fonte: Acervo C.M.E.

Fig. 31 – Representação da Torre das Cinco Quinas no Foral Manuelino de Évora. Fonte: Acervo C.M.E.



Fig. 32 – Torre das Cinco Quinas, uma das torres de construção mais remota.

Fig. 33 — Torres de Santa Clara, elevando-se bastante acima do conjunto edificado.

Fig. 34 – Torres do Calvário.

### 3.2 Religiosas

**Torres religiosas** – Em Évora, cidade de inúmeras casas religiosas, verificou-se em determinadas épocas, um progressivo abrandamento das regras de recolhimento a que estavam sujeitas as monjas dos mosteiros femininos. Tais conjuntos de edificações passaram a ter “torres de fresco” onde, embora em clausura, poderiam beneficiar não só de ar puro, mas também donde lhes era possível observar (ainda que a distâncias muito longínquas, visto que o espaço envolvente mais próximo era dificilmente observável dadas as características das grelhas de ventilação), outros conventos e mosteiros, assim como o espaço urbano em redor. Como exemplos relevantes de torres religiosas podem apontar-se as torres de fresco edificadas no mosteiro de Santa Clara, cenóbio de clausura, com génese no século XV. Também de cariz religioso encontram-se as torres do Convento de Santa Clara (escola pública), a do Convento do Calvário (particular) e a do Convento do Salvador (organismo público).

- Torres de Santa Clara – tem entrada pela Rua de Santa Clara, e nele existem três “torres de fresco”, a última das quais constitui na reformulação funcional da própria torre sineira (fig. 33).

- Torre do Convento do Calvário – com entrada pelo convento e encontra-se em estado de conservação bastante degradado (fig.34).

- Torre do Convento do Salvador – inicialmente com funções militares integrando a antiga cerca romana, passou a estar incorporada no edifício do convento. Em bom estado de conservação destaca-se na envolvente do Largo do Sertório (fig. 35).

### 3.3 Civis

**Torres Civis** – Tendo sido Évora local de estadia regular da corte portuguesa durante a época medieval (nesta época viveu-se um período áureo no que respeita ao desenvolvimento da urbe e da qualidade das edificações que foram erguidas, enquanto a corte estanciou em Évora. Posteriormente a cidade entrou em período de estagnação), a pequena nobreza local tentou de modo implícito demonstrar o seu prestígio e ascensão social. O embelezamento de palácios e casas senhoriais, com a edificação de pequenas e graciosas torrinhas construídas em alvenaria, foi comum. Tais elementos construtivos integravam uma escada de acesso ao piso superior, só por si solução diferenciadora e sinónimo de poder económico. Tendo sido pontos de referência, assinalados na iconografia antiga da cidade eborense, atualmente persistem como peças de inegável valor estético. Contudo, são difíceis de identificar devido à densificação da malha urbana e, por vezes, acentuadas cérceas da envolvente. Nos casos mais remotos e raros de edificações senhoriais de génese medieva, algumas adotaram a forma das antigas torres defensivas militares, embora funcionando como habitação e refúgio protetor. De alguns exemplos desta tipologia de torres salientam-se:

- O Palácio dos Mendanhas, com a torrinha bem visível no Beco da Carta Velha,

nº33, de entrada particular (fig. 36).

- Torre medieval situada na Rua Vasco da Gama, nº 8 (particular), (fig.37).



Fig. 35 – Torre do antigo Convento do Salvador, integrada na malha urbana.

Fig. 36 – Torre dos Mendanhas, de forma cônica envolvida em ameias.

Fig. 37 – Torre medieval da Rua Vasco da Gama.

#### 4 | CONCLUSÕES

Passaram-se muitos séculos sobre a edificação das torres mais antigas. Sem utilização efetiva, muitas delas caíram no esquecimento. Contudo, dado o seu posicionamento no tecido urbano, de modo generalizado continuam a permitir uma visão magnífica da cidade. Simultaneamente, o seu legado arquitetónico é de inegável valor histórico, donde o interesse em as dar a conhecer e preservar.

A definição da malha urbana através dos primeiros recintos amuralhados, que foram sendo gradualmente preenchidos e substituídos por outros de maiores dimensões que iam abrangendo novas áreas de expansão, são muito evidentes na leitura da cidade. Pontuada por torres das várias naturezas, podem observar-se as sucessivas épocas de construção. Estas evoluções surgem nos documentos cartográficos e iconográficos analisados, e neles se observam as sucessivas construções e configurações diferenciadas ao longo do tempo. Do ponto de vista cronológico é possível também ter essa leitura, o que demonstra a importância dos documentos analisados.

A urbe amuralhada eborense é facilmente entendida a nível urbanístico do alto das suas torres. Com diversificadas origens e fazendo parte do imaginário da cidade, estas assumem, por vezes um papel marcante também na sua leitura paisagística. Torres militares, religiosas e civis, todas elas foram construídas com fins específicos, que iam da defesa da cidade à obtenção ilusória de alguma liberdade, ou até à afirmação social.

#### REFERÊNCIAS

ALLARD, C. 1648? -1709(?). *Portugalliae meridionales plagae: geo-hydrographice descriptie*. Escala [ca 1:720000].

BARROCA, M.J. 1998. *D. Dinis e a arquitetura militar portuguesa*. Revista da Faculdade de Letras,

História. Porto, II Série, Vol. XV, Tomo I.

BEIRANTE, M.Â.V. R. 1995. **Évora na idade média**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica.

CARVALHO, J.M. **Carta geográfica da Provincia do Alentejo que A S. Magestade Fidelissima e Augustissima Senhora D. Maria I e Raynha de Portugal oferece o Sargento-mor Engenheiro Jozé Monteiro de Carvalho**. [Escala não determinada] [entre 1777 e 1780?]. - 1 Mapa: manuscrito, p&b; 133x95, Cota do exemplar digitalizado: d-157-r.

CARVALHO, A. 2004. **Da toponímia de Évora: dos meados do século XII a finais do século XIV**. Lisboa: Colibri.

ESCUADERO, L.P. 2014. **Dicionário Visual de Arquitetura**. Lisboa: Quimera.

ESPANCA, T. 1945. **Fortificações e Alcaidarias de Évora**. A Cidade de Évora. Évora: nº 9-10.

ESPANCA, T. 1966. **Inventário Artístico de Portugal – Concelho de Évora vol. VII. Concelho de Évora, vol. I**. Lisboa: Academia Nacional de Belas-Artes.

FARINHA, B.J.S. 1785. **Colleçam das antiguidades da cidade de Évora**. Lisboa: Na Officina de Fellipe da Silva e Azev.

FEIO, M. & MARTINS, A. 1993. **O relevo do Alto Alentejo (traços essenciais)**. Lisboa: Finisterra, XXVIII, 55-56, pp. 149-199.

LANGRES, N. **Desenhos e plantas de todas as praças do Reyno de Portugal Pello Tenente General Nicolau de Langres Francez que serviu na guerra da Aclamação (Ca 1)**. – (58) f. enc.: 57 desenhos e plantas; 36x 48 cm.

LE PREVOUST, E. 1704. **L'abregé de l'art de la guerre, ou l'architecture militaire, contenant les six ordres militaires du comte de Pagan, le chevalier de Ville, Manesson Mallet, Errard, Methode de renforce, les nouveaux sistemes de Monr de Vauban, avec les plans qui montrent l'offensive, la defencive et les instrumens de l'art de la guerre**. Manuscrit 272, Havre.

LE PREVOUST, E. 1705. **L'abregé de l'art de la guerre, ou l'architecture militaire, contenant les six ordres militaires du comte de Pagan, le chevalier de Ville, Manesson Mallet, Errard, Methode de renforce, les nouveaux sistemes de Monr de Vauban, avec les plans qui montrent l'offensive, la defencive et les instrumens de l'art de la guerre**. Manuscrit 273, Havre.

LIMA, M.P. 2004. **Muralhas e Fortificações de Évora**. Lisboa: Argumentum.

MALLET, A.M. 1661. **Les Travaux de Mars ou L' Art de la Guerre**. Paris: Denys Thierry, p.321.

PEREIRA, G. 1886 – 1889. **Estudos eborenses: história, arte, arqueologia**. Évora: Minerva Eborensis.

PIMENTEL, L.S. 1680. **Methodo Lusitânico de Desenhar as Fortificações das Praças Regulares e Irregulares**. Lisboa.

\_\_\_\_\_ **Planta da Cidade de Évora**. [Escala não determinada] [entre 1750 e 1790?]. - 1 Planta: ms. tinta-da-china e aguadas várias cores; 37,5x46 cm em folha de 38,8x48 cm.

## ESFERA DE BLOCH: INTERAÇÃO ENTRE TRENS DE PULSOS E SISTEMAS ATÔMICOS

**Ronaldo Adriano do Nascimento Rodrigues**

Fundação Universidade Federal de Rondônia

Ji-paraná - Rondônia

**Marco Polo Moreno de Souza**

Fundação Universidade Federal de Rondônia

Ji-paraná - Rondônia

**RESUMO:** O estudo da interação de um laser no sistema atômico de dois níveis, neste trabalho, está voltado à esfera de Bloch, onde estudaremos a trajetória do vetor de Bloch na esfera. Buscamos analisar a evolução temporal do sistema por meio de vários pulsos com diferentes áreas, onde essas áreas são as responsáveis por diferentes trajetórias do vetor. Para nosso estudo usamos os dados do rubídio, na transição  $5S_{1/2} \rightarrow 5P_{3/2}$ . A área usada varia de  $\pi/10$  a  $2\pi$ , a, onde por meio dos gráficos podemos ver a evolução do sistema.

### INTRODUÇÃO

O estudo da interação de um pulso para um sistema de dois níveis, que é o objetivo desse trabalho, será representado por uma forma geométrica conhecida como esfera de Bloch. Na esfera de Bloch o vetor percorre um trajeto conforme a evolução temporal do sistema quântico.

Para esse trabalho, usaremos dados do

rubídio, por possuir apenas um elétron em seu último nível de energia, onde focaremos na transição  $5S_{1/2} \rightarrow 5P_{3/2}$  (780nm).

Todos os dados e informações do sistema atômico e do laser são aplicados num programa, onde por meio de um algoritmo conhecido como método de Runge-Kutta de quarta ordem, tiramos os resultados e aplicamos no OriginPro 8.5, e em seguida conseguimos obter os gráficos.

Os gráficos nos mostram a evolução do sistema. Focamos o nosso estudo na excitação dos átomos por pulsos de laser e no decaimento dos átomos excitados.

### Equações de Bloch ópticas

Ao se discutir mecânica quântica tudo volta à equação de Schrödinger, mas em nosso trabalho usamos a equação de Liouville-Neumann [1], que nos permite analisar uma grande quantidade de átomos. Esse formalismo pode incluir tanto estados de superposição quanto estados mistos. A equação de Liouville-Neumann pode ser escrita como:

$$\frac{\partial \hat{\rho}}{\partial t} = -\frac{i}{\hbar} [\hat{H}, \hat{\rho}]. \quad (1)$$

Nesta equação o hamiltoniano  $\hat{H}$  descreve a energia do sistema, tanto da interação com o laser quanto do átomo livre. Podemos escrever

o  $\hat{H}$  como:

$$\hat{H}(t) = \hat{H}_0 + \hat{H}_I(t). \quad (2)$$

Assim temos o hamiltoniano total, onde  $\hat{H}_0$  descreve a energia do átomo livre e  $\hat{H}_I(t)$  dá a informação da energia da interação do sistema atômico com o laser. Ainda partindo da Eq. (1), temos  $\hat{\rho}$  como o operador da matriz densidade, e a partir dele temos uma análise mais precisa das transições que ocorrerão no sistema. Sua representação por uma matriz 2x2, válida para sistemas de dois níveis, nos mostra a probabilidade de encontrar a população nos estados  $|1\rangle$  e  $|2\rangle$ . Podemos representar a matriz densidade da seguinte forma:

$$\hat{\rho} \doteq \begin{pmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} \\ \rho_{21} & \rho_{22} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Nessa matriz, os termos da diagonal representam as populações nos estados fundamental e excitado, enquanto que os termos fora da diagonal representam as coerências do sistema. Essas coerências estão relacionadas à quantidade de átomos no estado de superposição:

$$|\psi\rangle = \alpha|1\rangle + \beta|2\rangle, \quad (4)$$

onde  $\alpha$  e  $\beta$  são números complexos.

A energia da interação átomo-campo, na aproximação de dipolo elétrico, pode ser escrito como  $\hat{H}(t) = -\hat{\mu} \cdot E(t)$  onde  $\hat{\mu}$  é o momento de dipolo elétrico do átomo e  $E(t)$  é o campo elétrico do pulso.

A partir da equação de Liouville-Neumann, podemos escrever as equações de Bloch ópticas [2]:

$$\dot{\rho}_{12} = (i\omega_{21} - \gamma_{12})\rho_{12} - i\Omega(t)(1 - 2\rho_{22}) \quad (5a)$$

$$\dot{\rho}_{22} = -\gamma_{22}\rho_{22} + i\Omega(t)\rho_{12} + c.c., \quad (5b)$$

onde  $\Omega(t) = \frac{\mu_{12}E(t)}{\hbar}$ . Nesse caso, onde  $\mu_{22}$  é o momento de dipolo da transição de  $1 \rightarrow 2$ ,  $\gamma_{22}$  e  $\gamma_{12}$  se referem às taxas de decaimento da população excitada e da coerência criada no sistema. A frequência de ressonância dos átomos é representada por  $\omega_{21}$ , já para a frequência do laser usamos a notação de  $\omega_c$ .

Com a frequência de oscilação do campo próximo à frequência de ressonância dos átomos ( $\omega_{21} \approx \omega_c$ ), o dipolo atômico induzido pelo laser oscilará aproximadamente na mesma frequência do campo do laser. Dessa forma, é importante a mudança de variáveis  $\rho_{12}(t) = \sigma_{12}(t)e^{i\omega_c t}$ . Essa mudança é importante porque nos permite trocar uma variável que oscila muito rápido ( $\sim$  THz) para uma variável que oscila bem mais lentamente ( $\sim$  MHz), o que facilita os cálculos numéricos e sua análise.

Assim, reescrevemos as equações de Bloch seguindo os termos que foram trocados:

$$\dot{\sigma}_{12} = (i\delta - \gamma_{12})\sigma_{12} - i\Omega_0(t)(1 - 2\rho_{22}) \quad (6a)$$

$$\dot{\rho}_{22} = -\gamma_{22}\rho_{22} + i\Omega_0(t)\sigma_{12} + c. c, \quad (6b)$$

onde também consideramos que  $\Omega(t) = \Omega_0(t)e^{i\omega_c t}$ , no qual  $\Omega_0(t) = \frac{\mu_{12}E_0(t)}{\hbar}$  é a frequência de Rabi do sistema, que está relacionada à taxa de excitação dos átomos pelos pulsos do laser. O termo  $E_0(t)$  descreve a envoltória do pulso do laser. Ainda nessas equações, usamos  $\delta = \omega_{21} - \omega_c$ , que é a dissintonia do campo.

## Vetor de Bloch e esfera de Bloch

A esfera de Bloch é uma forma diferente de estudar a evolução de sistemas atômicos. Nessa esfera, cada ponto representa um estado do sistema, que se move conforme o sistema evolui. O vetor delimitado por esse ponto é chamado de vetor de Bloch.

Uma representação do vetor de Bloch pode ser conseguida a partir da mudança de variáveis

$$\begin{cases} u = \text{Re}\sigma_{12} \\ v = \text{Im}\sigma_{12} \\ w = \rho_{11} - \rho_{22} \end{cases} \quad (7)$$

Dessa forma, o vetor de Bloch é representado por  $(u, v, w)$ . Podemos notar agora que  $u$  e  $v$  estão relacionados à coerência do sistema, e  $w$  à diferença de população entre estados fundamental e excitado. Além disso,  $u, v$  e  $w$  são números reais.

Assim apresentamos as equações responsáveis por essas componentes do vetor de Bloch, sendo:

$$\dot{u} = \delta v - \frac{\gamma u}{2} \quad (8)$$

$$\dot{v} = -\delta u + \Omega w - \frac{\gamma v}{2} \quad (9)$$

$$\dot{w} = -\Omega v - \gamma(w - 1) \quad (10)$$

Nessas equações, usamos  $\gamma_{22} = \frac{\gamma_{22}}{2} \equiv \gamma$ .

A variação das componentes do vetor de Bloch, devido à interação do sistema com o laser, mostrará o caminho feito pelo vetor. Esse caminho estará limitado à superfície de uma esfera (de Bloch). Entretanto, no decaimento espontâneo (sem a presença do pulso), essa restrição deixa de ser válida.

Os pulsos com diferentes áreas nos mostrarão diferentes caminhos na esfera de Bloch. Neste trabalho variamos as áreas de  $\pi/10$  a  $2\pi$ , com a variação da dissintonia  $\delta$  de 0 a 1 GHz.

A área  $\theta$  de um pulso é definida pela equação [3]:

$$\theta = \frac{\mu_{12}}{\hbar} \int_{-\infty}^{\infty} E_0(t) dt. \quad (11)$$

Neste trabalho, usamos para a envoltória do pulso uma secante-hiperbólica [3], que é um formato muito próximo para pulsos reais de lasers *mode-locked*:

$$E_0(t) = E_0 \operatorname{sech}\left(\frac{1,763t}{T_P}\right), \quad (12)$$

onde  $E_0$  é a amplitude do pulso e  $T_P$  é a sua largura temporal.

## RESULTADOS

Os resultados mostrados pelos gráficos abaixo foram retirados da solução das Eqs.(8), e mostram a evolução temporal do vetor de Bloch a partir das condições iniciais  $u(0) = 0, w(0) = 0$  e  $v(0) = -1$ . Ou seja, partimos da condição onde o sistema não possui coerência e toda a população se encontra no estado fundamental. Para a taxa de relaxação do sistema, usamos  $\frac{\gamma}{2\pi} = 5$  MHz, que é bem próximo da taxa de decaimento do rubídio na transição  $5P \rightarrow 5S$ , e para a largura temporal de um pulso do laser, usamos  $T_p = 100$  fs, valor que é muito próximo dos pulsos emitidos por um laser comercial de Ti:safira típico.

As equações de Bloch (8) foram integradas usando método de Runge-Kutta de 4ª ordem, cujo código-fonte do programa em C se encontra no Anexo. O passo temporal da integração numérica foi escolhida para ser 1 fs, que é um centésimo da largura temporal do pulso do laser.

Na Fig. 1 temos o resultado quando o sistema de dois níveis interage com um pulso de área  $\theta = \pi/10$ . Na Fig. 2 temos o equivalente para  $\theta = \pi/2$ . Notamos nesse caso que o vetor de Bloch descreve um quarto de circunferência. Podemos notar que nesse último caso metade da população é excitada ( $w = 0$ ), e uma circunferência máxima  $v = -1$  é criada no sistema. Para  $\theta = \pi$  (Fig. 3), por outro lado, o pulso inverte a população completamente ( $w = 1$ ), e o sistema é deixado sem nenhuma coerência.

Como podemos ver na Fig. 4, um pulso  $2\pi$  ( $\theta = 2\pi$ ), deixa o sistema da mesma forma que o encontrou. Isso pode ser entendido pelo fato de que a metade  $\pi$  do pulso excita toda a população para o estado fundamental, como já discutido acima, ao passo que a outra metade desexcita o sistema, jogando todos os átomos de volta ao estado fundamental. Esse último processo é chamado de emissão estimulada.

Todos os resultados discutido acima estão de acordo com o discutido por Eberly[4].

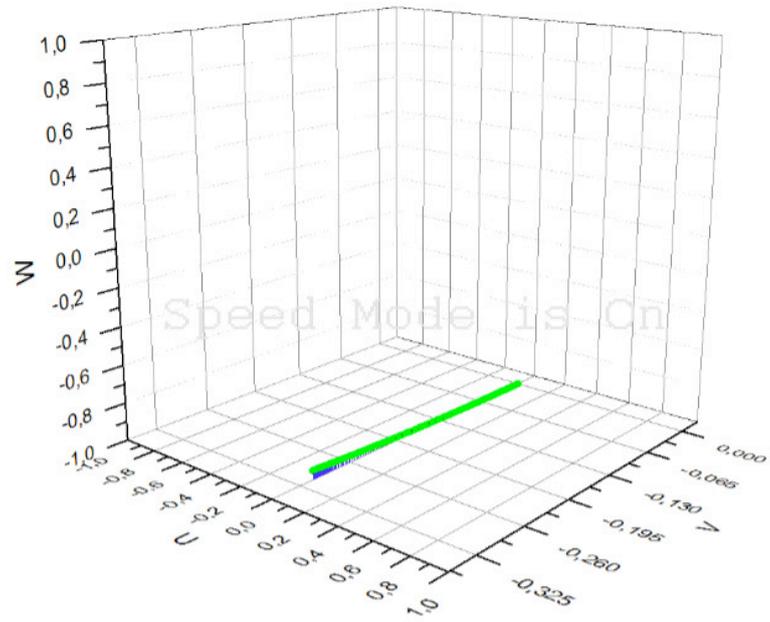


Figura1. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch para um pulso com área /10 e dissintonia  $\delta = 0$ .

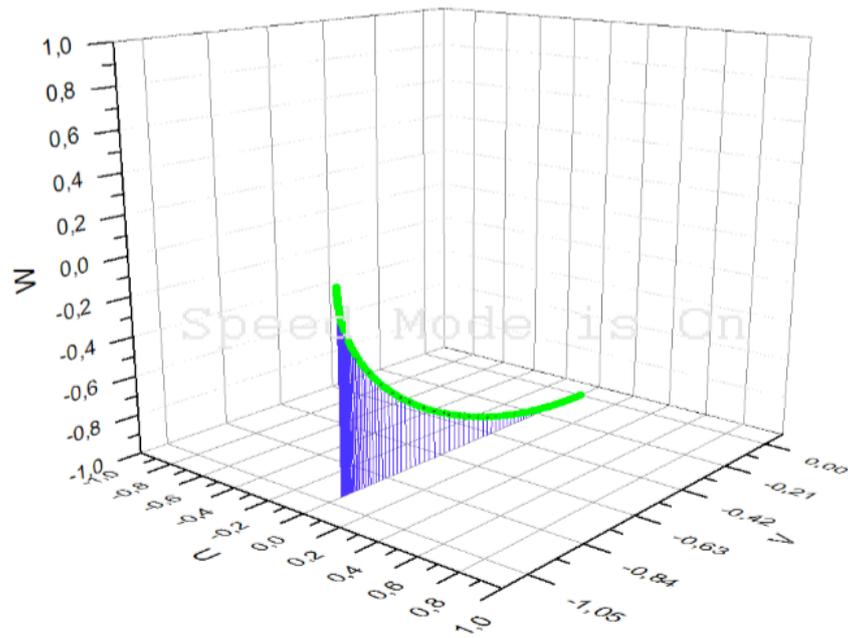


Figura2. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch para um pulso com  $\delta = 0$ .

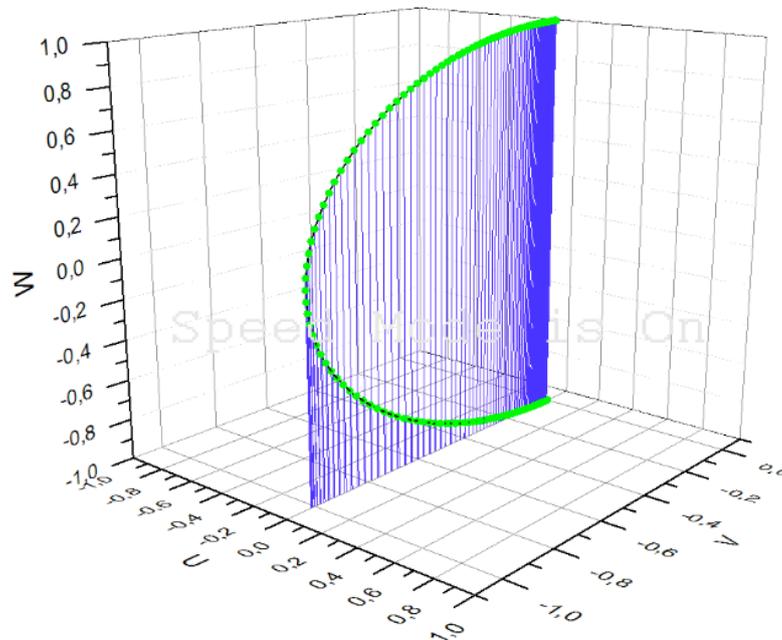


Figura3. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch para um pulso com  $\delta = 0$ .

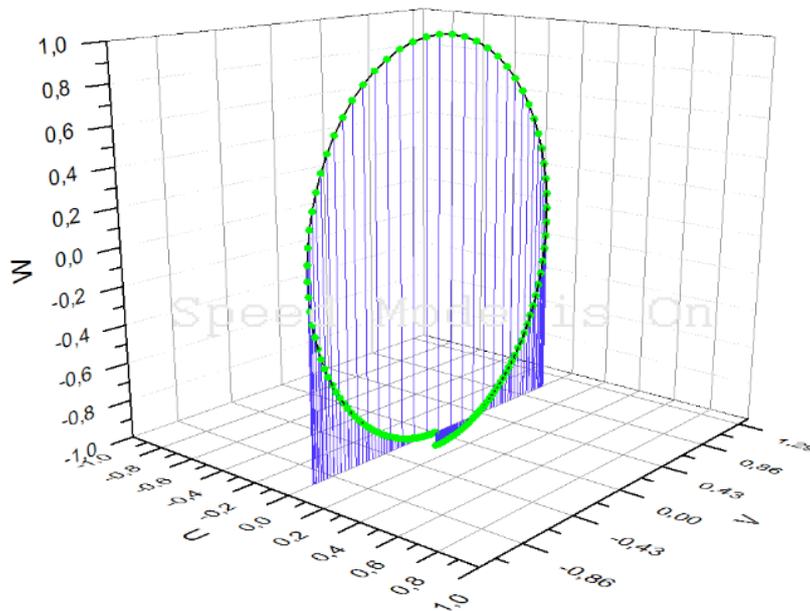


Figura4. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch para um pulso com  $\delta = 0$ .

### Dados com dissintonia $\delta = 1\text{GHz}$ .

As informações relacionadas aos quatro gráficos abaixo e suas diferenças se dá pelas mudanças de alguns valores no programa, assim como a dissintonia que antes era  $\delta = 0$ , e alteramos seu valor para  $\delta = 1\text{GHz}$ . As outras configurações em relação aos quatro primeiros gráficos apresentado anteriormente permanecem as mesmas.

As figuras 5, 6, 7 e 8 mostram a evolução do sistema com dissintonia  $\delta = 1\text{GHz}$ , com as mesmas áreas usadas nas figuras anteriores. Notamos agora que a trajetória

do vetor de Bloch não mais descreve uma circunferência. Isso se deve ao fato de que agora  $u$  deixa de ser nula, porque esse termo está ligado à dispersão no sistema (da mesma forma,  $v$  está ligado à absorção). Para um pulso  $2\pi$  (Fig. 8), o sistema continua voltando à condição inicial, porém percorrendo um caminho diferente de uma circunferência.

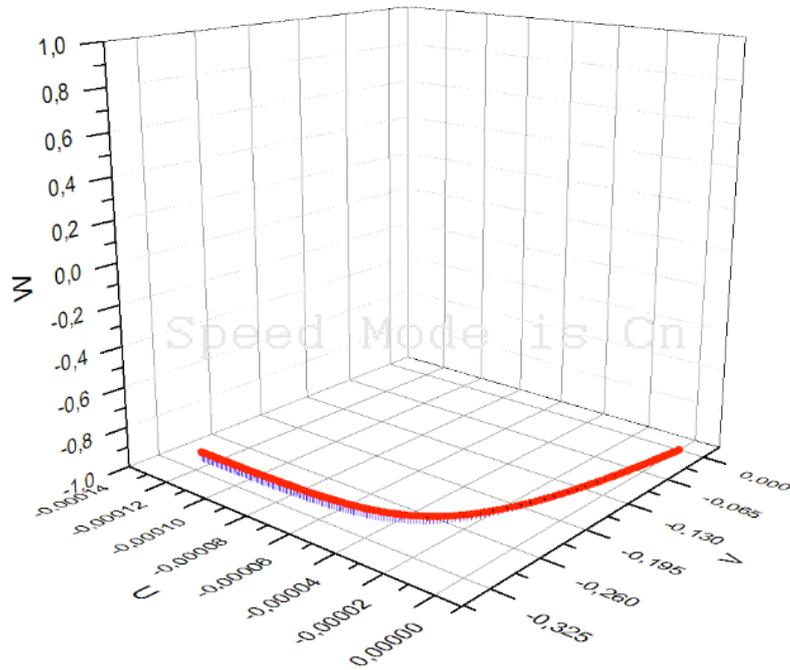


Figura5. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch para um pulso com  $2\pi$  e dissintonia  $\delta = 1\text{GHz}$ .

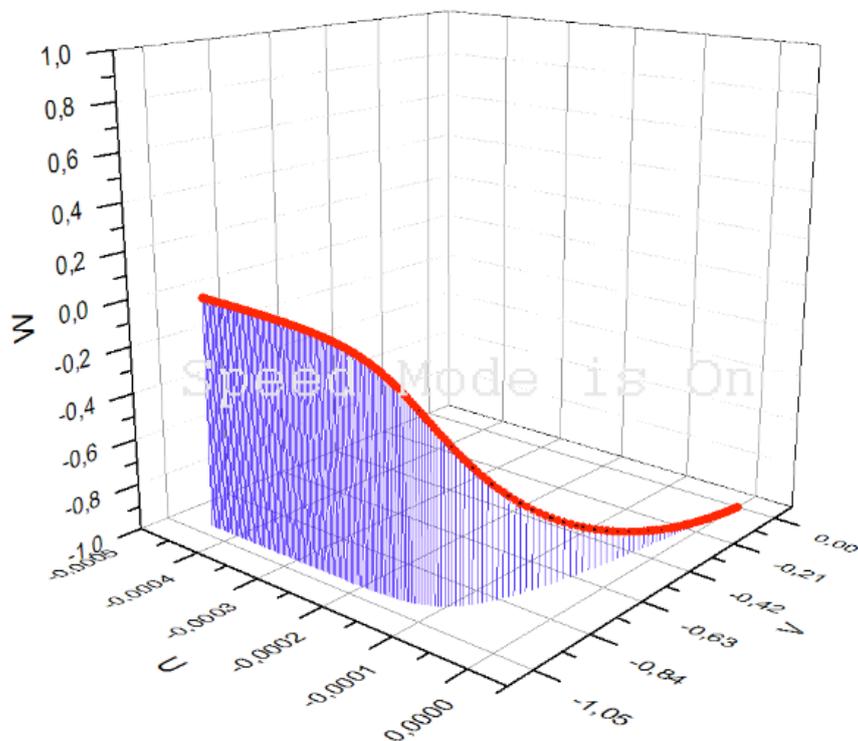


Figura6. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch para um pulso com  $2\pi$  e dissintonia  $\delta = 1\text{GHz}$ .

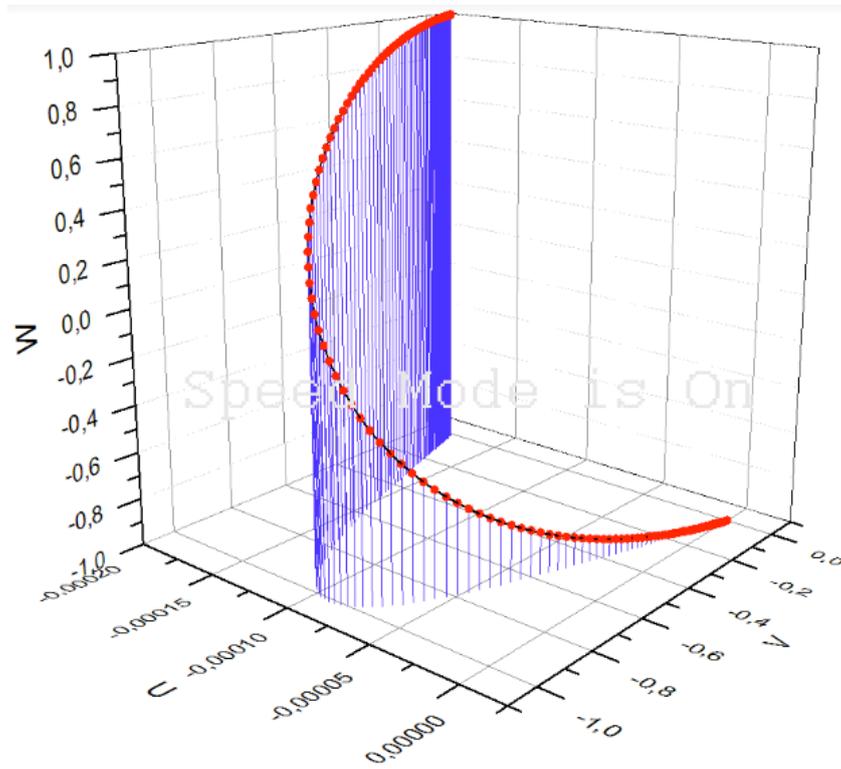


Figura7. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch para um pulso com  $\delta = 1\text{GHz}$ .

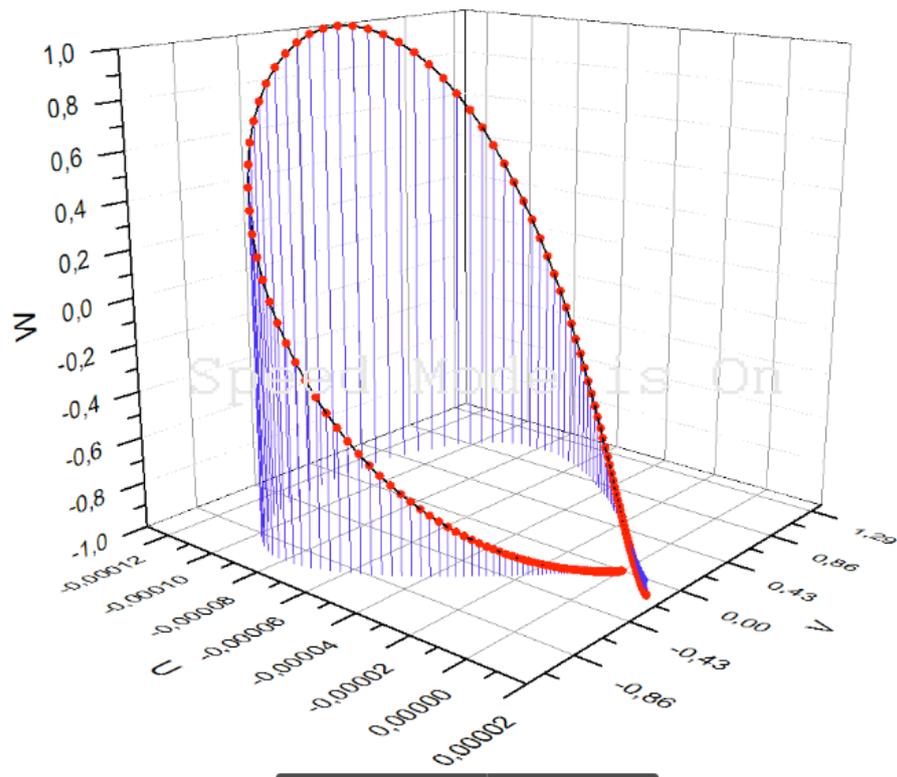


Figura8. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch para um pulso com  $\delta = 1\text{GHz}$ .

### Trajétória do vetor de Bloch no decaimento

Nas informações para os próximos quatro gráficos analisamos o decaimento do

sistema. Isto é, quando sistema se encontra inicialmente no estado excitado e sem a presença de um pulso.

Enquanto que um pulso de femtossegundos interage com o sistema por um tempo igual a centenas de femtossegundos, o decaimento é muito mais longo. Para o caso da transição estudada, esse tempo é da ordem de 30 ns. Dessa forma, tivemos que mudar o passo na integração numérica de 1 fs para 1 ps, com o intuito de evitar longos períodos de computação.

Para o gráfico apresentado na Fig. 9, adotamos a seguinte condição inicial do sistema:  $u = 0$ ,  $v = 0$  e  $w = 0$ , isto é, sistema sem coerência e com a população dividida entre os estados fundamental e excitada.

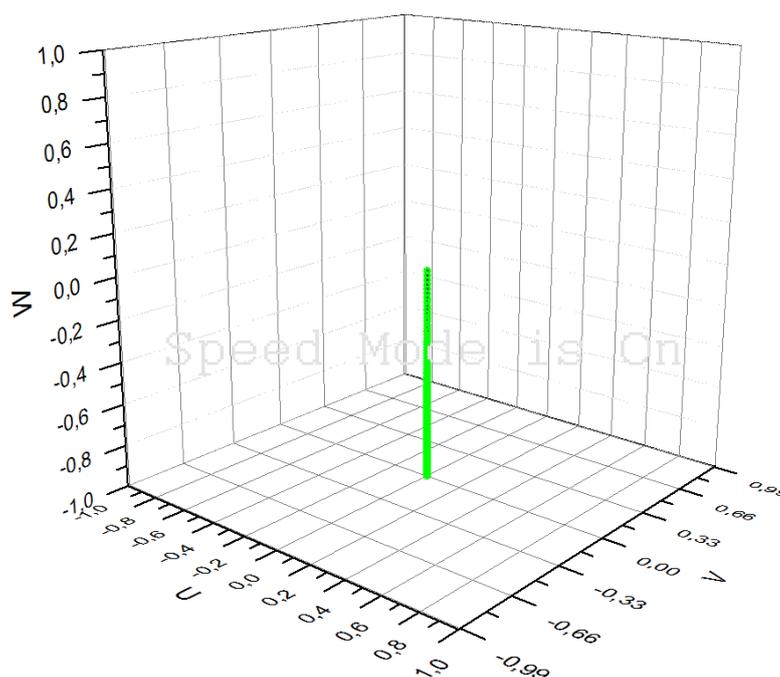


Figura9. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch sem pulso e dissintonia  $\delta = 0$ , com a condição inicial  $u = 0$ ,  $v = 0$  e  $w = 0$ ;

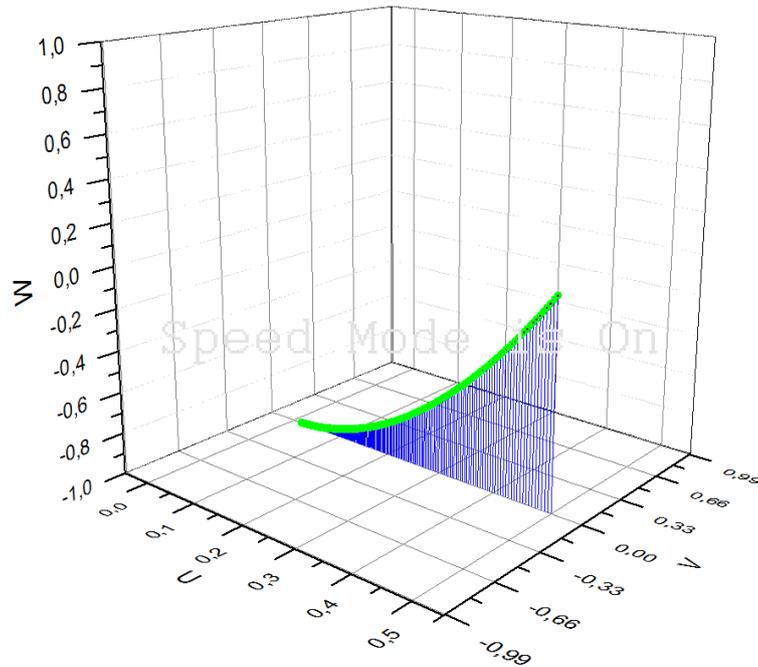


Figura10. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch sem pulso e dissintonia  $\delta = 0$

Na Fig. 10, trabalhamos com a condição inicial  $u = 0,5$ ,  $v = 0$  e  $w = 0$ , indicando nesse caso que o sistema possui uma coerência inicial. Podemos observar uma trajetória curva em direção à condição de equilíbrio.

Por fim, na Fig. 11, trabalhamos com as mesmas condições iniciais da Fig. 10, mas com uma dissintonia de 1 GHz. Podemos observar uma trajetória em espiral, que é uma precessão do vetor de Bloch. Essa precessão está descrita em [4], cuja taxa segundo as equações é de 1 GHz para campo nulo, que é o caso dessa figura.

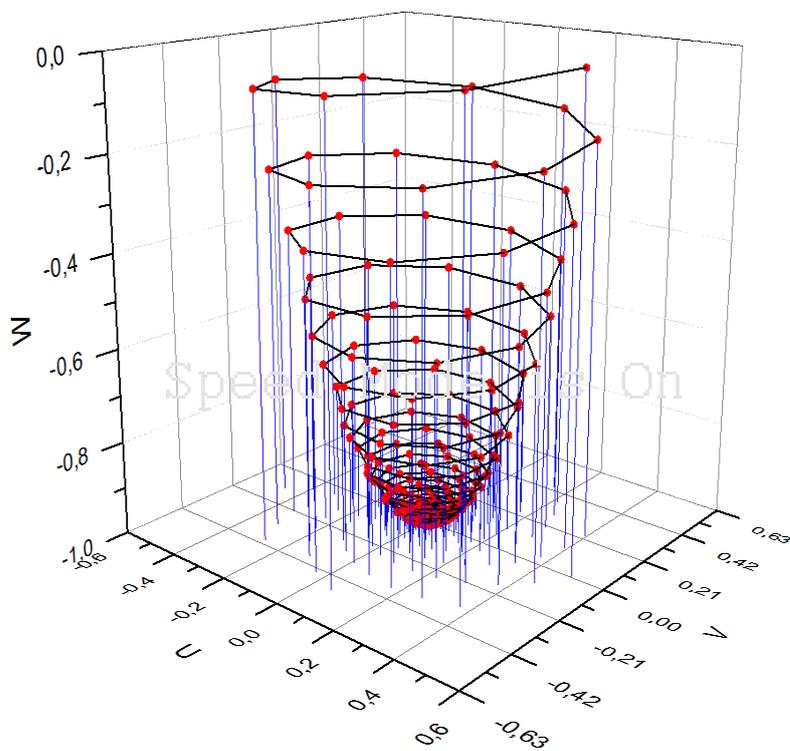


Figura11. Gráfico da evolução temporal do vetor de Bloch sem pulso e dissintonia  $\delta = 1\text{GHz}$ .

## CONCLUSÕES

Ao longo dos últimos 12 meses, aprendi os fundamentos da linguagem de programação C e também um método numérico de solução de equações diferenciais ordinárias, o algoritmo de Runge-Kutta de quarta ordem. Aprendi também os fundamentos da interação entre lasers e sistemas quânticos de dois níveis. Por fim, usamos o método Runge-Kutta para resolver as equações que descrevem a interação entre pulsos de luz e sistemas de dois níveis. Analisamos diversas situações, onde variamos a área dos pulsos, a dissintonia e as condições iniciais.

Ficou faltando apenas à interação entre muitos pulsos (trem de pulsos) com o sistema atômico. Essa situação apresentou grande dificuldade, de forma que não pudemos terminá-lo. Enquanto que é relativamente fácil estudar a dependência de cada variável com o tempo, o estudo da evolução do vetor de Bloch devido à interação com muitos pulsos não é simples. Isso se deve ao fato dos diferentes parâmetros de tempo do sistema (pulsos com 100 fs, mas com 10 ns de intervalo entre os pulsos, considerando lasers realistas). Isso implica naturalmente no uso obrigatório de um passo da integração numérica de 1 fs para um resultado razoável. Isso deixou a integração muito lenta e também levou a um arquivo de dados muito grande (próximo de 1 Gb), tonando difícil a leitura dos dados por um software gráfico. Essas dificuldades precisam ser contornadas para um estudo da trajetória do vetor de Bloch em um sistema interagindo com muitos pulsos.

## REFERÊNCIAS

- [1] J. J. Sakurai e Jim Napolitano. **Mecânica Quântica Moderna**, segunda edição, editora Bookman (2013).
- [2] Christopher J. Foot. **Atomic Physics**. Oxford master series in atomic, optical and laser physics (ano).
- [3] Marco P. M. de Souza. **Excitação coerente de um vapor atômico por trens de pulso ultracurtos e lasers contínuos**. Tese de Doutorado (Recife, UFPE, 2012).
- [4] L. Allen and J. H. Eberly, **Optical Resonance and Two-Level Atoms** (Dover, 1975).

## ANEXO

Modelo do programa usado para obtenção dos gráficos mostrado à cima. Essas duas imagens refere-se aos oito primeiro gráficos.

```
#include<stdio.h>
#include<math.h>

float pi = 3.141592654;          float Gama = 2 * pi * 5e6;
float Omega0 = 1 * pi * 1.7852e5 * Gama;  float T = 1/Gama;
double Tp = 100e-15;          float Delta = 0;
double Omega;

float funU(float u, float v)
{
    return (Delta * v - (Gama/2.0) * u);
}

float funV(float t, float u, float v, float w)
{
    Omega = Omega0 * 1/cosh( 1.76 * t/Tp);
    return (- Delta * u - (Gama * v)/2.0 + w * Omega);
}

float funW(float t, float v, float w)
{
    Omega = Omega0 * 1/cosh( 1.76 * t/Tp);
    return (- Omega * v - Gama * ( w + 1));
}

main()
{
    int i, n;
    float t, h, k1a, k1b, k1c, k2a, k2b, k2c, k3a, k3b, k3c, k4a, k4b, k4c, D, G, 0, u, w, v;

    t = -400e-15;
    u = 0;
```

```

v = 0;
w = -1;
h = 1e-15;
n = 800;
FILE *Arq;
Arq = fopen("Curva_DUAS_VEZES_PI_(Delta = 0 ).txt", "w");
for (i = 0; i <= n; i++)
{
    t = t + h;
    k1a = funU( u, v);
    k1b = funV( t, u, v, w);
    k1c = funW( t, v, w);

    k2a = funU( u + ( h/2.0 ) * k1a, v + ( h/2.0 ) * k1a );
    k2b = funV( t + ( h/2.0 ), u + ( h/2.0 ) * k1b, v + ( h/2.0 ) * k1b, w + ( h/2.0 ) * k1b );
    k2c = funW( t + ( h/2.0 ), v + ( h/2.0 ) * k1c, w + ( h/2.0 ) * k1c );

    k3a = funU( u + ( h/2.0 ) * k2a, v + ( h/2.0 ) * k2a );
    k3b = funV( t + ( h/2.0 ), u + ( h/2.0 ) * k2b, v + ( h/2.0 ) * k2b, w + ( h/2.0 ) * k2b );
    k3c = funW( t + ( h/2.0 ), v + ( h/2.0 ) * k2c, w + ( h/2.0 ) * k2c );

    k4a = funU( u + h * k3a, v + h * k3a);
    k4b = funV( t + h, u + h * k3b, v + h * k3b, w + h * k3b);
    k4c = funW( t + h, v + h * k3c, w + h * k3c);

    u = u + ( h/6.0 ) * ( k1a + 2 * k2a + 2 * k3a + k4a );
    v = v + ( h/6.0 ) * ( k1b + 2 * k2b + 2 * k3b + k4b );
    w = w + ( h/6.0 ) * ( k1c + 2 * k2c + 2 * k3c + k4c );

    printf("%d %.12f %.12f %.18f\n", i, u, v, w);
    fprintf(Arq, "%.18f %.12f %.12f %.18f\n", t*1e15, u, v, w);
}

```

Este modelo de programa está representado os seus resultados nos três últimos gráficos.

```

#include<stdio.h>
#include<math.h>

float pi = 3.141592654;          float Gama = 2 * pi * 5e6;
float Omega0 = 11.2050*1e5 * Gama;  float T = 1/Gama;
double Tp = 100e-15;            float Delta = 1e9;
double Omega;

float funU(float u, float v)
{
    return (Delta * v - (Gama/2.0) * u);
}

float funV(float t, float u, float v, float w)
{
    Omega = 0;
    return (- Delta * u - (Gama * v)/2.0 + w * Omega);
}

float funW(float t, float v, float w)
{
    Omega = 0;
    return (- Omega * v - Gama * ( w + 1));
}

main()
{
    int i, n;
    float t, h, k1a, k1b, k1c, k2a, k2b, k2c, k3a, k3b, k3c, k4a, k4b, k4c, D, G, O, u, w, v;

    t = 0;
    u = 0.5;

```

```

v = 0;
w = 0;
h = 1e-12;
n = 216000;
FILE *Arq;
Arq = fopen("sem_função_de_onda-(Delta_1Ghz).txt", "w");
for (i = 0; i <= n; i++)
{
    t = t + h;
    k1a = funU( u, v);
    k1b = funV( t, u, v, w);
    k1c = funW( t, v, w);

    k2a = funU( u + ( h/2.0 ) * k1a, v + ( h/2.0 ) * k1a );
    k2b = funV( t + ( h/2.0 ), u + ( h/2.0 ) * k1b, v + ( h/2.0 ) * k1b, w + ( h/2.0 ) * k1b );
    k2c = funW( t + ( h/2.0 ), v + ( h/2.0 ) * k1c, w + ( h/2.0 ) * k1c );

    k3a = funU( u + ( h/2.0 ) * k2a, v + ( h/2.0 ) * k2a );
    k3b = funV( t + ( h/2.0 ), u + ( h/2.0 ) * k2b, v + ( h/2.0 ) * k2b, w + ( h/2.0 ) * k2b );
    k3c = funW( t + ( h/2.0 ), v + ( h/2.0 ) * k2c, w + ( h/2.0 ) * k2c );

    k4a = funU( u + h * k3a, v + h * k3a);
    k4b = funV( t + h, u + h * k3b, v + h * k3b, w + h * k3b);
    k4c = funW( t + h, v + h * k3c, w + h * k3c);

    u = u + ( h/6.0 ) * ( k1a + 2 * k2a + 2 * k3a + k4a );
    v = v + ( h/6.0 ) * ( k1b + 2 * k2b + 2 * k3b + k4b );
    w = w + ( h/6.0 ) * ( k1c + 2 * k2c + 2 * k3c + k4c );

    printf("%d %.12f %.12f %.18f\n", i, u, v, w);
    fprintf(Arq, "%.18f %.12f %.12f %.18f\n", t*1e9, u, v, w);
}

```

## ESTUDO DO GELO DE METANOL BOMBARDEADO POR AGENTES IONIZANTES EM AMBIENTES ASTROFÍSICOS SIMULADOS EM LABORATÓRIO

### Fabricio Moreira Freitas

Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP -  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D).  
São José dos Campos-SP

### Sergio Pilling Guapyassu de Oliveira

Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP -  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D).  
São José dos Campos-SP

**RESUMO:** Trabalho sobre o gelo de metanol e seu comportamento quando bombardeado por dois agentes ionizantes distintos: raios-X moles e elétrons rápidos. Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) é uma das mais abundantes moléculas orgânicas em vários locais do meio interplanetário e do meio interestelar. A análise in-situ da molécula é realizada através de espectros no infravermelho (IR) em gelos astrofísicos simulados em laboratório. A partir dos dados foi feita uma investigação experimental e teórica sobre a formação das moléculas de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  durante a fotólise de gelo de  $\text{CH}_3\text{OH}$  ou seu bombardeio com elétrons. Também, através deste trabalho, foi possível determinar a fluência de equilíbrio químico ( $F_E$ ). Essas fluências foram responsáveis por comparações com o Sistema Solar Exterior (na órbita de Saturno).

**PALAVRAS-CHAVE:** Astroquímica experimental; Astrofísica; Gelos Astrofísicos.

**ABSTRACT:** Work about methanol ice and its behavior when bombarded by two distinct ionizing agents: soft X-rays and fast electrons. Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) is one of the most abundant organic molecules at various sites in the interplanetary medium and the interstellar medium. The in-situ analysis of the molecule is performed through infrared (IR) spectra in astrophysical ice simulated on laboratory. From the data, a theoretical and experimental investigation was made on the formation of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CH}_4$  molecules during the photolysis of  $\text{CH}_3\text{OH}$  ice or your electron bombardment. Also, through this work, it was possible to determine the chemical fluence of equilibrium (FE). These fluences were responsible for comparisons with the outer solar system (in the orbit of Saturn).

**KEYWORDS:** Experimental astrochemistry; Astrophysics; Astrophysical ices.

### 1 | INTRODUÇÃO

O metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) que também pode ser denominado álcool metílico ou hidroximetano tem ponto de fusão em 175,5 K e ponto de ebulição em 337,8 K na pressão de 1 atm ( $10^5$  Pa). Essa molécula foi escolhida por despertar interesse astroquímico devido a sua considerável abundância em ambientes protoestelares (MARET et al., 2006), em nuvens

interestelares (FRIBERG et al., 1988) além de cometas (BOCKELÉE-MORVAN et al., 1993). Em relação aos gelos interestelares, observa-se a presença de gelo de metanol em uma taxa que varia de 1% até próximo de 30% (GRIM et al., 1991; GIBB et al., 2004; ÖBERG et al., 2011). Sua primeira detecção ocorreu com o radiotelescópio NRAO na faixa de frequência de 834 MHz na direção do centro da Galáxia, mais precisamente em *Sagittarius B2* (BALL et al., 1970).

Além disso, o metanol é tido como precursor não somente de espécies simples como o metanoato de metilo ( $\text{HCOOCH}_3$ ) e o éter dimetílico ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ), mas também de muitas espécies pré-bióticas como açúcares e aminoácidos (ALLAMANDOLA & HUDGINS, 2000; HOLLIS, LOVAS & JEWELL, 2000; ANDRADE et al., 2009).

Nesse trabalho foi realizada uma análise do comportamento da destruição dessa molécula na fase sólida na presença de dois agentes ionizantes: raios-X moles (6 a 2000 eV) e elétrons rápidos (1 keV) de forma similar ao que ocorre nos meios interestelar e interplanetário e, também, o comportamento da formação de espécies filhas na presença desses agentes no decorrer do tempo.

## 2 | METODOLOGIA

O experimento foi realizado em dois locais: no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS/CNPEM) onde buscou simular os efeitos causados por raios-X moles (de 6 a 2000 eV) sobre um gelo de metanol, em temperatura constante de 12 K e no Laboratório de Astroquímica e Astrobiologia (LASA) da Universidade do Vale do Paraíba onde buscou simular os efeitos causados por elétrons rápidos (1 keV) sobre um gelo de metanol, em temperatura constante de 12 K. O experimento foi realizado com a câmara experimental Stark construída com recursos FAPESP (JP 2009/18304-0. Coord. Sergio Pilling) - Figura 1.

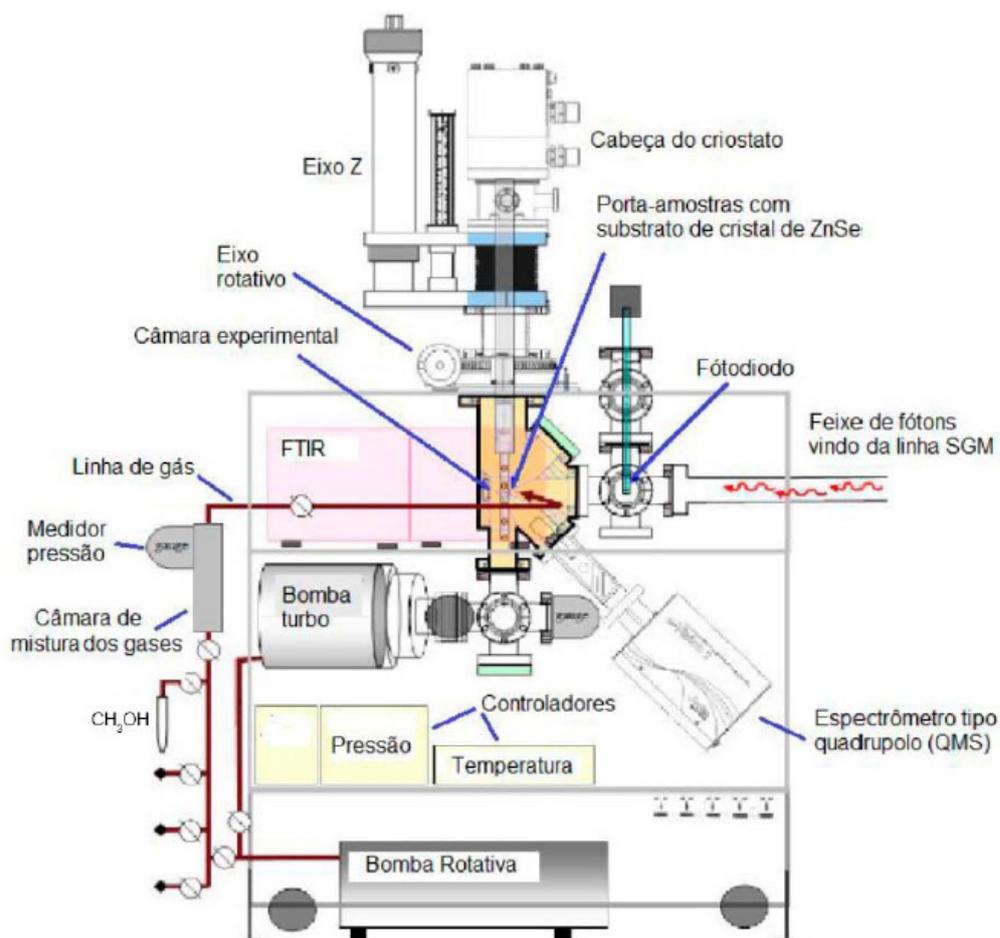


Figura 1: Desenho esquemático da câmara experimental do LASA, chamada de Câmara Stark, que foi acoplada à linha de luz SGM do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, em meados de junho de 2013. Fonte: Adaptado de Pilling & Bergantini (2015).

Para realização dos experimentos com o gelo de metanol puro, a câmara foi previamente evacuada à pressão de base de aproximadamente  $5 \times 10^{-8}$  mbar utilizando uma bomba de vácuo turbo-molecular, acoplada a uma bomba de vácuo rotativa que se encontra em temperatura ambiente. Após atingir a pressão de trabalho, um criostato de ciclo fechado de hélio (ARS Inc. modelo CS204AB-450) resfria um porta amostras rotativo que se encontra a temperatura de  $(12 \pm 0,3)$  K. O porta amostras contém um cristal de seleneto de zinco (ZnSe), no qual o gás é depositado.

Uma ampola com metanol no estado líquido foi inserida na entrada do equipamento (indicado pela seta na figura 1) e, após a abertura da válvula de admissão, se transferiu para a pré-câmara (em fase gasosa) devido a diferença de pressão no local (pré-câmara mantida em vácuo, à temperatura ambiente). Posteriormente o  $\text{CH}_3\text{OH}$  foi sendo lentamente depositado no porta amostras através de um tubo capilar, mantido à cerca de 0,5 cm do cristal no decorrer de aproximadamente 5 minutos. A pressão na câmara, durante a deposição do metanol no cristal de ZnSe foi mantida em  $\sim 1 \times 10^{-7}$  mbar.

Ao longo do bombardeio com agentes ionizantes o espectrômetro FTIR analisa os comprimentos de onda por um interferômetro de Michelson. O interferograma é

gerado pelo deslocamento de um espelho móvel e o espectro é obtido pela média de transformada de Fourier de vários interferogramas. Quanto maior a quantidade de interferogramas, maior é a razão sinal-ruído. Os espectros de infravermelho deste trabalho foram obtidos com resolução de  $1 \text{ cm}^{-1}$  e intervalo espectral de  $4000 \text{ cm}^{-1}$  a  $900 \text{ cm}^{-1}$ .

Os experimentos no LNLS foram feitos como parte de uma sessão de experimentos que durou aproximadamente 20 dias no primeiro semestre de 2013, enquanto os experimentos no LASA foram realizados em junho de 2015, sob a supervisão do Dr. Sérgio Pilling e seus estudantes. No presente trabalho esses dados foram processados e comparados entre si e com a literatura da área.

### 3 | RESULTADOS

Cada experimento foi analisado separadamente: raios-X moles com energias entre 6 a 2000 eV e elétrons rápidos com 1 keV. Em cada situação foi medida a destruição a partir de 3 modos de vibração característicos do gelo de  $\text{CH}_3\text{OH}$ : o estiramento OH que corresponde a banda em  $3347 \text{ cm}^{-1}$ , o estiramento simétrico e antissimétrico  $\text{CH}_3$  que ocorre na região de  $2900 \text{ cm}^{-1}$  e o estiramento CO que ocorre na região de  $1030 \text{ cm}^{-1}$ .

Para avaliar a formação de espécies filhas a partir de cada irradiação foi tomado o espectro da amostra pura e comparado com o espectro após 250 minutos de irradiação com raios-X moles (6 a 2000 eV) identificando, assim, 4 espécies cujas áreas de banda podem ser consideradas e identificadas. As forças de banda de cada modo vibracional foram devidamente elencadas a partir das informações da literatura da área (Tabela 1).

Espécie Filha	$\nu$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\lambda$ (mm)	B ( $\text{cm}/\text{molécula}$ )
$\text{CO}_2$	2342	4,27	$1,4 \times 10^{-16}$
CO	2136	4,68	$1,4 \times 10^{-17}$
$\text{H}_2\text{O}$	1657	6,04	$1,0 \times 10^{-17}$
$\text{CH}_4$	1301	7,69	$3,8 \times 10^{-18}$

Tabela 1: Espécies filhas, números de onda, comprimentos de onda e forças de banda em centímetros molécula<sup>-1</sup> de cada modo vibracional das espécies filhas geradas após a seção de choque de formação para a temperatura de 12 K.

Fonte: Adaptado de Hudgins et. al (1993), e trabalhos ali citados.

No experimento 1 realizado no laboratório nacional de luz síncrotron em Campinas, usando a câmara experimental do LASA (Univap), foram realizadas as medidas para gerar espectros do gelo de metanol em determinadas fluências. Utilizando os dados experimentais e realizando ajuste em função de uma exponencial associativa indicada em cada figura foi possível gerar gráficos de destruição de cada banda da molécula

e evolução da densidade de coluna de cada uma das 4 espécies filhas (Figura 2), usando (para definir cada ponto) a diferença entre as densidades de coluna ( $N - N_0$ ) em função da fluência (medida em fótons por centímetro quadrado).

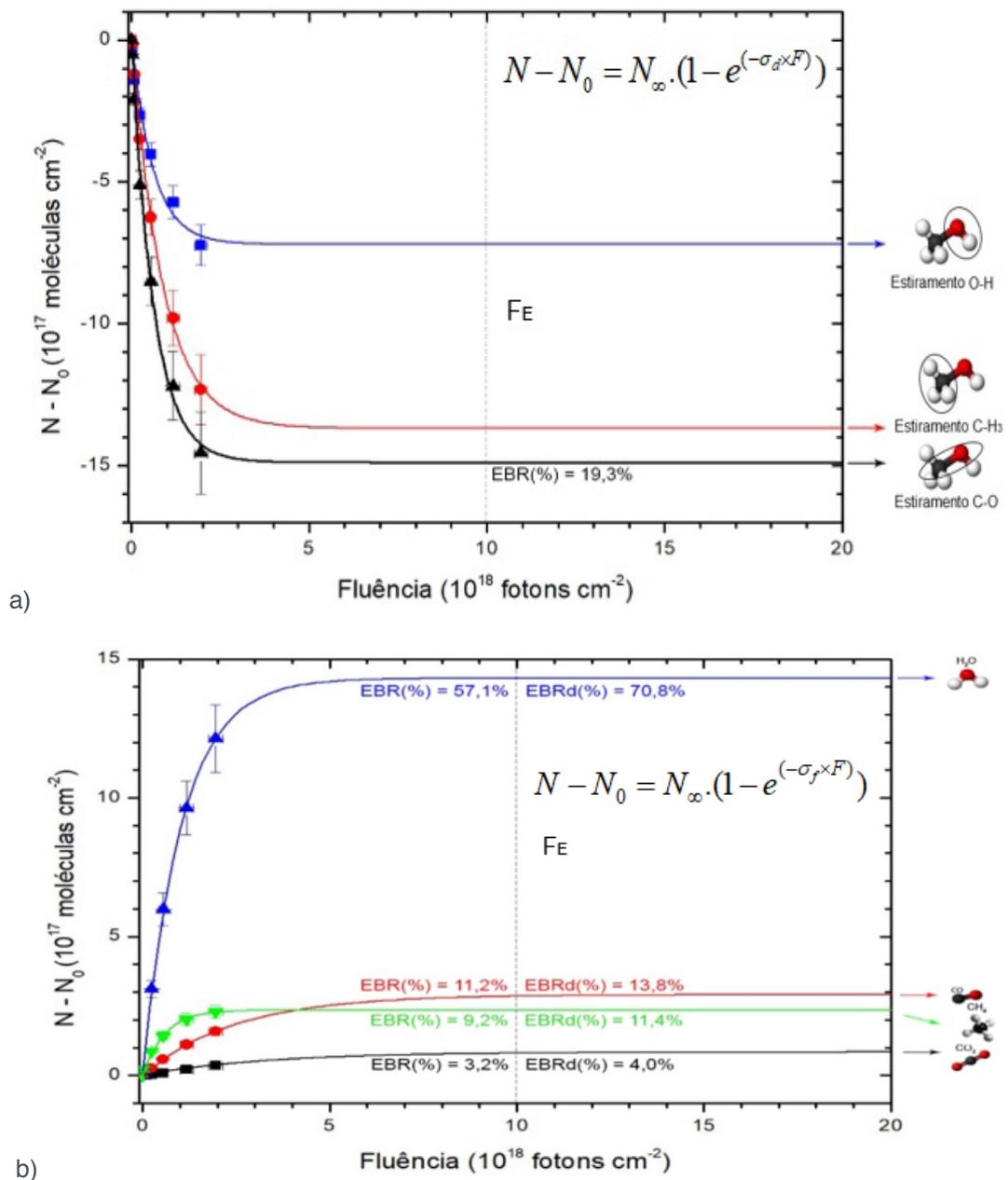


Figura 2: a) Gráfico da curva de destruição das bandas do metanol irradiado com raios-X moles, indicados através da diferença entre densidades de coluna em função da fluência de fótons. b) Gráfico da evolução da abundância das espécies filhas do metanol irradiado com raios-X moles indicados através da diferença entre densidades de coluna em função da fluência de fótons. A linha pontilhada vertical indica a posição estimada da fluência de equilíbrio químico ( $F_E$ ). Dessa fluência em diante a composição química da amostra praticamente não sofre alterações durante o processamento pela radiação ionizante (mais evidenciado ao combinarmos essas figuras).

No experimento 2 realizado no laboratório de astroquímica e astrobiologia da Univap (LASA), foram realizadas as medidas para gerar espectros do gelo de metanol em determinadas fluências. O comportamento dos gráficos apresentados na Figura 3 apresenta a destruição do gelo de metanol devido a irradiação contínua com os elétrons rápidos e o surgimento de espécies filhas devido ao mesmo motivo já com

o mesmo ajuste realizado na figura através de exponencial associativa. No que diz respeito a destruição da molécula, os dados conseguidos experimentalmente a partir dos espectros no infravermelho foram usados para determinar a evolução numérica da abundância de cada banda do metanol. Devido as características experimentais foi indicado um erro de 10% na medida da diferença entre densidades de coluna ( $N - N_0$ ) e de, no máximo, 20% na medida da fluência de cada agente ionizante. Foi indicado, ainda, nas figuras uma linha vertical pontilhada que se refere a fluência de equilíbrio químico ( $F_E$ ) do sistema (VASCONCELOS et al, 2017). Essa posição indica que, a partir daquela fluência, praticamente não haverá mais variação na diferença entre densidades de coluna de metanol na presença daquele agente ionizante em específico. Abaixo das curvas de destruição da banda C-O (representada em preto nos gráficos), adotada como referência de destruição da molécula de metanol. Foi indicado, ainda, o valor da abundância percentual de cada espécie após o equilíbrio químico identificada pelo termo em inglês equilibrium branching ratio ( $EBR(\%)$ ).

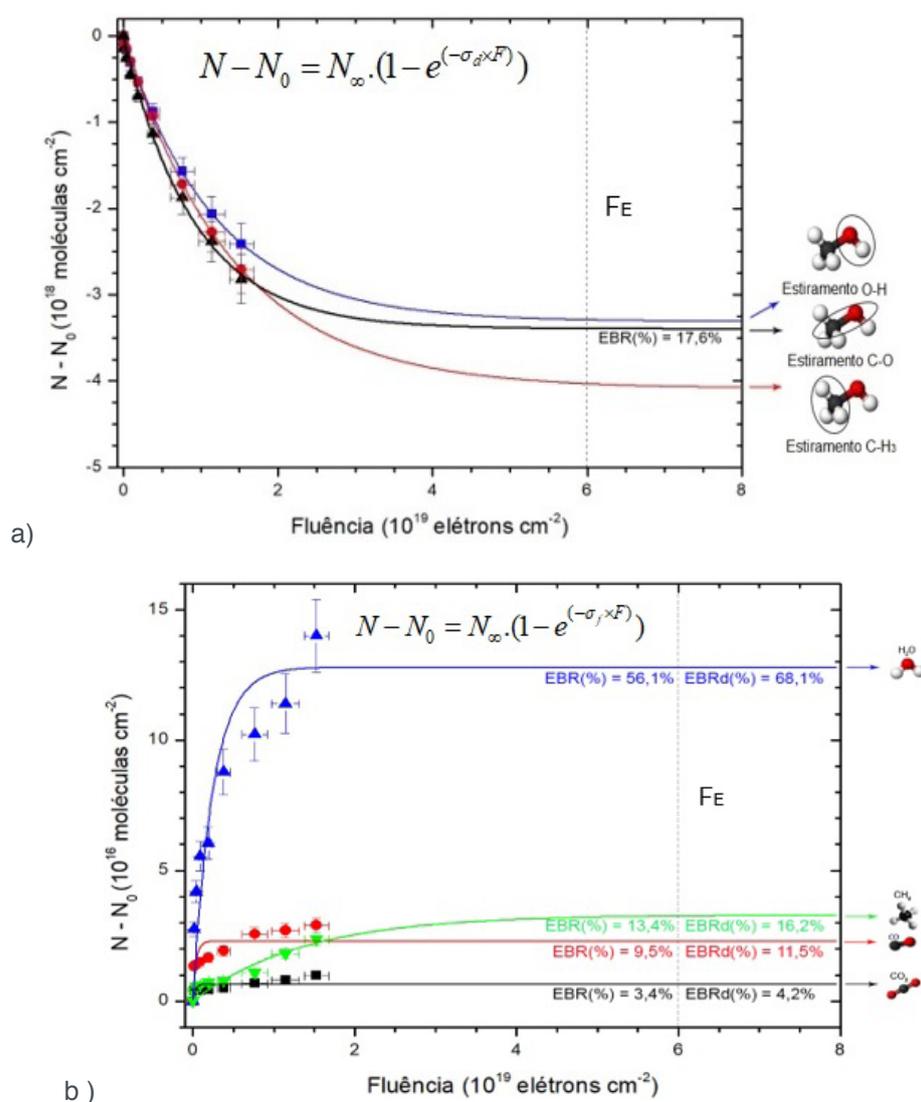


Figura 3: a) Gráfico da curva de destruição das bandas do metanol irradiado com elétrons rápidos, indicados através da diferença entre densidades de coluna em função da fluência de fótons. b) Gráfico da evolução da abundância das espécies filhas do metanol irradiado com elétrons rápidos indicados através da diferença entre densidades de coluna em função da fluência de elétrons. A linha pontilhada vertical indica a posição estimada da fluência de equilíbrio químico ( $F_E$ ). Dessa fluência em diante a composição química da amostra

praticamente não sofre alterações durante o processamento pela radiação ionizante (mais evidenciado ao combinarmos essas figuras).

As equações da evolução numérica da abundância do metanol ajustaram as curvas dos gráficos apresentados e originaram a tabela (Tabela 2) com a indicação das seções de choque efetivas de destruição de cada banda. Para uma análise do comportamento da destruição da molécula foi determinada a média aritmética das destruições de cada banda significativa e chamado de valor médio. Este valor serve de referência para notarmos que o estiramento C-O (indicado em negrito na tabela) é o melhor representante para a destruição efetiva do gelo de metanol por corresponder a ‘espinha dorsal’ (backbone) desta molécula e por ser, independente do agente ionizante, recorrentemente o valor mais intenso dessa grandeza.

Condição	$s_d$ (raios-X moles)	$s_d$ (elétrons 1 keV)
Estiramento O-H	$1,5 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$	$8,5 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$
Estiramento C-H	$1,1 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$	$7,1 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$
<b>Estiramento C-O</b>	<b><math>1,6 \times 10^{-18} \text{ cm}^2</math></b>	<b><math>1,1 \times 10^{-19} \text{ cm}^2</math></b>
Valor médio	$1,5 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$	$8,9 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$

Tabela 2: Seções de choque efetivas de destruição do gelo de metanol puro a 12 K irradiado por elétrons rápidos ou raios-X moles. Estiramento C-O, referência deste artigo, indicado em negrito.

Sobre as formações de espécies filhas devido aos agentes ionizantes, os dados obtidos experimentalmente foram usados para determinar a evolução numérica da abundância de cada espécie indicada ( $\text{CO}_2$ , CO,  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$ ). Na figura 6 está indicado o comportamento da curva de formação molecular na presença da irradiação de cada agente. Devido as características experimentais conserva-se o erro de 10% na medida das diferenças de densidade de coluna e de, no máximo, 20% na medida da fluência de cada agente ionizante (já indicados no processo de destruição deste gelo).

As equações da evolução numérica da abundância de cada espécie filha ajustaram as curvas dos gráficos apresentados e deram origem a tabela (Tabela 3) com a indicação das seções de choque efetivas de formação de cada molécula.

Usando a fluência de equilíbrio químico e informações do fluxo de agentes ionizantes nas proximidades de Sturno, foi construída uma tabela de comparação de tempo de equilíbrio químico que está disposta na discussão desse artigo.

Espécie Filha	$s_f$ (raios-X moles)	$s_f$ (elétrons 1 keV)
$\text{CO}_2$	$3,0 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$	$3,1 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$
CO	$4,1 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$	$2,6 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$
$\text{H}_2\text{O}$	$9,7 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$	$4,1 \times 10^{-19} \text{ cm}^2$
$\text{CH}_4$	$1,7 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$	$7,4 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$

Tabela 3 – Seções de choque efetiva de formação de cada molécula no gelo de metanol puro a 12 K irradiado por elétrons rápidos ou raios-X moles.

## 4 | DISCUSSÃO

Nas proximidades de cada curva de formação nos gráficos foram indicados dois valores distintos identificados como  $EBR(\%)$  e  $EBRd(\%)$ . Esses valores correspondem, respectivamente, ao equilibrium branching ratio (abundância percentual de cada espécie após o equilíbrio químico) e ao equilibrium branching ratio for daughter species only (abundância percentual de cada espécie filha após o equilíbrio químico). A tabela 4 apresenta a reunião dos valores de  $EBR(\%)$  e  $EBRd(\%)$  indicados em função dos agentes ionizantes estudados e separados por espécie molecular.

Molécula	Raios-X moles		Elétrons (1 keV)	
	EBR(%)	EBRd(%)	EBR(%)	EBRd(%)
CH <sub>3</sub> OH*	19,3	---	17,6	---
CO <sub>2</sub>	3,2	4,0	3,4	4,2
CO	11,2	13,8	9,5	11,5
H <sub>2</sub> O	57,1	70,8	56,1	68,1
CH <sub>4</sub>	9,2	11,4	13,4	16,2

Tabela 4 – Abundância percentual de cada espécie ( $EBR(\%)$ ) e de cada espécie filha ( $EBRd(\%)$ ) após a fluência de equilíbrio químico ( $F_E$ ) do sistema para as condições experimentais estudadas.

\* molécula pai.

Nota. Os valores calculados de  $EBR(\%)$  e  $EBRd(\%)$  correspondem, na prática, a limites superiores dessas medidas uma vez que eventuais espécies filhas podem estar sendo produzidas e serem invisíveis na faixa de espectro IR, motivo pelo não foram incluídas na realização desse cálculo.

Além das abundâncias, também foi determinada a escala de tempo (timescale) necessária para um sistema atingir o equilíbrio químico ( $T_E$ ). Para concluir esse processo foi efetuada a razão entre a fluência de equilíbrio químico ( $F_E$ ) de cada sistema e o fluxo de radiação ( $f$ ) do agente ionizante em cada situação. A tabela 5 apresenta os valores de fluxo para o laboratório e para o Sistema solar exterior na vizinhança de Saturno (identificado como meio interplanetário).

Localização	Variável	Raios-X moles	Elétrons (1 keV)
Laboratório	Fluxo [cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]	1,3 × 10 <sup>14</sup>	1,1 × 10 <sup>15</sup>
	T <sub>E</sub> [h]	21,4	15,2
	T <sub>E</sub> [anos]	2,4 × 10 <sup>-3</sup>	1,7 × 10 <sup>-3</sup>
aMeio interplanetário	Fluxo [cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ]	4,9 × 10 <sup>5</sup>	1,7 × 10 <sup>5</sup>
	T <sub>E</sub> [anos]	6,5 × 10 <sup>5</sup>	1,1 × 10 <sup>7</sup>

Tabela 5 – Fluxo dos agentes ionizantes nas condições experimentais e no meio interplanetário

(em torno de 10 UA). Escalas de tempo necessárias para os sistemas atingirem  $F_E$  indicadas para os experimentos realizados em laboratório e para o meio interplanetário.

<sup>a</sup> Fluxo de fótons fornecido como uma soma de UV e raios-X moles ( $\sim 10 - 2000$  eV) fornecido para o Sistema Solar Exterior nas proximidades de Saturno (BENNETT et al., 2007). Fluxo de elétrons fornecido no Sistema Solar Exterior nas proximidades de Saturno (PILLING & BERGANTINI, 2015).

Em trabalhos anteriores, como Pilling et. al. (2010), foi usado ainda o conceito de tempo de meia vida molecular típica, determinado pela razão entre o  $\ln(2)$  e a taxa de dissociação da molécula ( $k_d$ ), considerando que a abundância da espécie pai estudada tendia a zero para grandes fluências, o que significa que o comportamento da curva de destruição da molécula irradiada era o de uma exponencial decrescente. Entretanto, existe uma nova concepção (adotada nesse artigo) de que o comportamento da curva de destruição é uma exponencial associativa decrescente que tende a um valor limite correspondente ao equilíbrio químico do sistema (quando a destruição e formação molecular do sistema atinge o valor máximo e a espécie pai forma espécies filhas que, por sua vez, também são destruídas e formam a espécie pai realimentando o sistema). Este limite pode ser maior ou menor do que a metade da abundância inicial da espécie pai dependendo apenas das condições da irradiação. A figura 4 ilustra a diferença entre os dois tipos de exponenciais decrescentes.

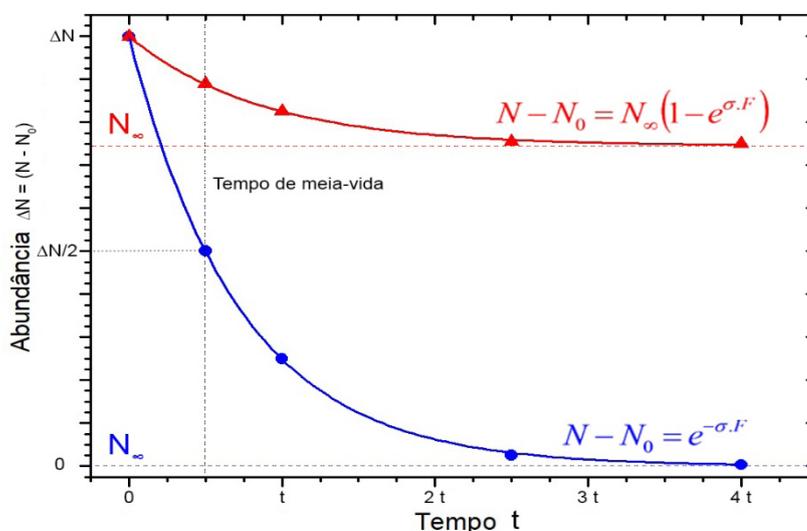


Figura 4: Gráfico teórico que apresenta a diferença entre o modelo de destruição molecular por exponencial decrescente (curva em azul) e o modelo de destruição molecular por exponencial associativa decrescente (curva em vermelho).

Como é possível notar pelo gráfico da figura 4, no intervalo de tempo  $t/2$  a abundância do material se reduziu a metade do valor inicial na exponencial decrescente (motivo da expressão tempo de meia-vida). Essa medida é interessante porque é possível compreender que, toda vez que esse intervalo de tempo se passa, a abundância é novamente reduzida à metade da abundância anterior se aproximando cada vez mais do limite zero. Para a curva exponencial associativa decrescente o valor do tempo de meia vida molecular típico ainda é matematicamente válido, porém

simboliza o tempo necessário para a abundância da molécula ser reduzida à metade do valor limite atingido na fluência de equilíbrio químico. Como esse resultado não tem a mesma aplicação prática da curva de destruição por exponencial decrescente, foi substituído por  $T_E$  que nos apresenta uma relação mais relevante ao comportamento das espécies moleculares no decorrer das irradiações.

É importante salientar que os valores de  $T_E$  do laboratório são muito menores que os obtidos no meio interplanetários justamente para que se possa analisar, de forma viável, processos que levariam milênios para ocorrer em irradiações feitas em minutos ou horas de irradiações.

## 5 | CONCLUSÃO

Através dos valores determinados para a seção de choque efetiva de formação de cada espécie filha encontrada durante a fotólise / eletrólise do gelo de  $\text{CH}_3\text{OH}$  foi possível notar que a destruição no gelo puro foi mais intensa quando ocorreu a fotólise do que a eletrólise. Esse resultado sugere que a maior profundidade de penetração obtida pelos raios-X moles permite que esse agente destrua um maior volume de gelo do que os agentes com menor profundidade (elétrons rápidos).

A partir da determinação dos resultados de Equilibrium Branching Ratio (*EBR*(%)) dos três experimentos foi possível perceber que quanto maior a energia irradiada sobre a amostra, menor a proporção de formação das espécies  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ . A inferência mais provável é que isso ocorra devido a dependerem de canais de formação mais complexos.

A partir de fluxos extraídos na literatura e correspondentes ao meio interplanetário na vizinhança de Saturno foi estimada a escala de tempo de equilíbrio químico de gelos astrofísicos de metanol puro irradiados por determinados agentes ionizantes presentes nesse local (cerca de  $10^6$  anos).

## 6 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro das agências FAPESP (2009-18304-0), FINEP, CAPES e CNPQ (473772 / 2013-2). Agradecemos também o FVE / Univap pelo apoio na produção deste artigo.

## REFERÊNCIAS

ALLAMANDOLA, L. J.; HUDGINS, D. M. From interstellar polycyclic aromatic hydrocarbons and ice to astrobiology. **Solid State Astrochemistry**. [s.l.] Springer, 2003. p. 251–316.

ANDRADE, D.P.P. et al. Frozen methanol bombarded by energetic particles: Relevance to solid state astrochemistry. **Surface Science**, v. 603, p. 1190–1196, 2009.

BALL, J.A.; GOTTLIEB, C.A.; LILLEY, A. E. and RARDFORD, H. E. Detection of Methyl Alcohol in Sagittarius . **The Astrophysical Journal**, v. 162, p. L203, 1970.

BENNETT, C. J. et al. Mechanical Studies on the Irradiation of Methanol in Extraterrestrial Ices. **The Astrophysical Journal**, v. 660, n. 2, p. 1588–1608, 2007.

BOCKELEÉ-MORVAN, D. et al. The rotational lines of methanol in comets Austin 1990 V and Levy 1990 XX. **Astronomy & Astrophysics**, v. 287, n. 2, p. 647–665, 1993.

FRIBERG, P. et al. Methanol in Dark Clouds. **Astronomy & Astrophysics**, v. 195, p. 281–289, 1988.

GIBB, E. L. et al. Interstellar Ice: The Infrared Space Observatory Legacy. **The Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 151, n. 1, p. 35–73, 2004.

GRIM, R. J. A. et al. Infrared spectroscopy of astrophysical ices: new insights in the photochemistry. **Astronomy & Astrophysics Supplementary Series**, v. 78, n. Copyright (C) 2012 American Chemical Society (ACS). All Rights Reserved., p. 161–186, 1989.

HOLLIS, J. M.; LOVAS, F. J.; JEWELL, P. R. Interstellar Glycolaldehyde: The First Sugar. **The Astrophysical Journal**, v. 540, p. 107-110, 2000.

HUDGINS, D. M. et al. Mid- and far-infrared spectroscopy of ices: optical constants and absorbances. **The Astrophysical Journal Supplement Series**, v. 86, p. 713-870, 1993.

MARET, S. et al. Testing grain surface chemistry: a survey of deuterated formaldehyde and methanol in low-mas class 0 protostars. **Astronomy & Astrophysics**, v. 453, n. 3, p. 949–958, 2006.

ÖBERG, K. I. et al. the Spitzer Ice Legacy: Ice Evolution From Cores To Protostars. **The Astrophysical Journal**, v. 740, n. 2, p. 109, 2011.

PILLING, S. et al. Radiolysis of H<sub>2</sub>O:CO<sub>2</sub> ices by heavy energetic cosmic ray analogs. **Astronomy & Astrophysics**, v. 523, p. A77, 2010.

PILLING, S.; BERGANTINI, A. The effect of broadband soft X-rays in SO<sub>2</sub> - containing ices: Implications on the photochemistry of ices toward young stellar objects. **The Astrophysical Journal**, v. 811, n. 2, p. 151, 2015.

VASCONCELLOS, F. A. et al. Energetic processing of N<sub>2</sub>:CH<sub>4</sub> ices employing X-rays and swift ions: Implications for icy bodies in the outer solar system. **The Astrophysical Journal**, submetido, 2017.

## POTENCIAL DE INIBIÇÃO DE CORROSÃO DO EXTRATO ETANÓLICO DOS FRUTOS DE *Azadirachta indica* A. Juss (NIM, MELIACEAE)

### **Francisco Idelbrando Lima Rodrigues**

Escola de Ensino Médio de Tempo Integral Lili  
Feitosa  
Tauá – Ceará

### **José Eduardo da Silva**

Escola de Ensino Médio José Ferreira Barbosa  
Aiuaba – Ceará

### **Francisco Lucas Alves Batista**

Universidade Regional do Cariri, URCA  
Crato – Ceará

### **Franciglauber Silva Bezerra**

Centro de Educação, Ciências e Tecnologia da  
Região dos Inhamuns, CECITEC/UECE  
Tauá – Ceará

### **Luisa Célia Melo**

Centro de Educação, Ciências e Tecnologia da  
Região dos Inhamuns, CECITEC/UECE  
Tauá – Ceará

### **Francisco Ernani Alves Magalhães**

Centro de Educação, Ciências e Tecnologia da  
Região dos Inhamuns, CECITEC/UECE  
Tauá – Ceará

### **Francisco André Andrade de Aguiar**

Centro de Educação, Ciências e Tecnologia da  
Região dos Inhamuns, CECITEC/UECE  
Tauá – Ceará

**RESUMO:** Na atualidade o fenômeno da corrosão tem representado um sério problema para a economia mundial, sendo encontrado

em vários materiais que podem ser metais ou até mesmo não metais, causando ao longo do tempo perdas irreversíveis. Com o passar dos anos surgiu métodos de controle e de prevenção da corrosão, tais como proteção anódica, proteção catódica, revestimentos, uso de inibidores, entre outros. Nos dias atuais a aplicação de inibidores tornou-se um método de suma importância principalmente quando os produtos naturais apresentam alta eficiência de inibição e sua composição não oferece riscos de intoxicação. Este trabalho teve como objetivo investigar o potencial de inibição de corrosão do extrato etanólico dos frutos de *Azadirachta indica* A. Juss. O teste foi realizado através do método de perda de massa, na presença de aço-carbono em meio contendo ácido sulfúrico diluído (0,1 M). Discos de aço-carbono ficaram imersos, por 24 - 120 horas, em soluções do extrato (1.000 - 10.000 mg/L). Como resultado, o EtFrNim apresentou potencial de inibição de corrosão, chegando a um valor máximo de 69,60% na concentração de 10.000 mg.L<sup>-1</sup>. Vale salientar que esta eficiência de inibição está bem próxima do valor mínimo de 70% necessário para a classificação de bom inibidor de corrosão. A deterioração sobre a superfície dos discos de aço-carbono é característica de uma corrosão alveolar generalizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inibidores de corrosão; *Azadirachta indica* A. Juss; Discos de aço-

carbono.

**ABSTRACT:** At present the phenomenon of corrosion has been a serious problem for the world economy, being found in several materials that can be metals or even nonmetals, causing irreversible losses over time. Over the years, methods of control and prevention of corrosion, such as anodic protection, cathodic protection, coatings, use of inhibitors, among others emerged. Nowadays the application of inhibitors has become a very important method especially when the natural products have high inhibition efficiency and its composition does not pose risks of intoxication. The objective of this work was to investigate the potential for corrosion inhibition of *Azadirachta indica* A. Juss. The test was performed using the mass loss method in the presence of carbon steel in medium containing dilute sulfuric acid (0.1 M). Carbon steel discs were immersed for 24 - 120 hours in extract solutions (1.000 – 10.000 mg/L). As a result, EtFrNim showed corrosion inhibition potential, reaching a maximum value of 69.60% at the concentration of 10.000 mg.L<sup>-1</sup>. It is worth mentioning that this inhibition efficiency is very close to the minimum value of 70% necessary for the classification of good corrosion inhibitor. Deterioration on the surface of carbon steel discs is characteristic of generalized honeycomb corrosion.

**KEYWORDS:** Inhibitors of corrosion; *Azadirachta indica* A. Juss; Carbon steel discs.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os materiais, sejam os metálicos ou em menor intensidade os orgânicos, estão suscetíveis à corrosão, um processo que é resultado da interação entre o meio e o material, causando sua deterioração (MERÇON; GUIMARÃES; MAINIER, 2004). No caso dos encanamentos a corrosão deteriora o material das tubulações que está em contato com o ambiente de serviço. Em gasodutos as falhas podem resultar em possíveis reparos e despesas de monitoramento, que custam à economia mundial bilhões de dólares anualmente (VANAEI, ESLAMI; EGBEWANDE, 2017).

Dentre os vários métodos de controle e de prevenção da corrosão, temos a proteção catódica, anódica, uso de inibidores, entre outros. Nos últimos anos o uso de inibidores se tornou muito popular, em razão de sua praticidade de aplicação nos setores da indústria e no cotidiano (de ALENCAR *et al.*, 2013). Inibidores são substâncias ou misturas de substâncias que quando presentes no meio têm a capacidade de reduzir ou até mesmo parar o processo de corrosão (GENTIL, 2003).

Na indústria, exemplo disso são as soluções ácidas utilizadas nos processos de decapagem dos metais para a remoção de produtos indesejáveis e ferrugem, sendo os ácidos clorídrico e sulfúrico os largamente utilizados nesses processos. O uso de inibidores nesses processos confere proteção contra a corrosão evitando a dissolução de metais e o consumo de ácido (CHAUHAN; GUNASEKARAN, 2007).

Algumas condições devem ser observadas na hora de se escolher um bom

inibidor de corrosão, são elas: o custo do inibidor, que não pode ser alto em relação ao metal que deve ser protegido, a quantidade e a toxicidade em relação aos seres vivos e ao meio ambiente. Neste sentido, tem-se buscado por inibidores de corrosão que sejam baratos e não tóxicos, como por exemplo, os inibidores naturais, isto é, aqueles oriundos de plantas. Dos estudos com o nim, uma planta não-nativa do bioma Caatinga, se chegou a identificar que o extrato das folhas era inibidor de corrosão para alguns metais, entre esses, o aço, o zinco e o cobre (de ALENCAR *et al.*, 2013).

Este trabalho teve como objetivo investigar o potencial de inibição de corrosão do extrato etanólico dos frutos de *Azadirachta indica* A. Juss, utilizando método de perda de massa.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Extrato dos frutos de *Azadirachta indica* A. Juss (Nim)

O extrato dos frutos do Nim (EtFrNim) utilizado nestes experimentos encontrava-se armazenado em geladeira (5°C) no nosso laboratório e foi preparado com etanol comercial (96°GL) por extração a frio, conforme da Silva (2014).

### 2.2 Discos de aço-carbono e ensaios de imersão

Foram utilizados discos de aço-carbono com composição de 96% de ferro e 4% de carbono, apresentando uma área superficial de 1.055,04 mm<sup>2</sup> cada, com variações de massas entre 9,2370 - 9,5667 g. As amostras passaram por lixamento com lixa d'água Advance nº 400 para retirada de imperfeições existentes na superfície, posteriormente foram lavadas e secas seguindo metodologia de Alencar *et al.*, (2013) com modificações.

Os ensaios de imersão foram realizados a uma temperatura de 25°C, em 35 mL de solução de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 0,1 M). As amostras foram divididas em cinco sistemas, sendo 1 somente em meio ácido e os outros 4 variando a concentração de 1.000 – 10.000 mg/L do EtFrNim a partir da adição de duas gotas do agente solubilizante Tween polissorbato 80 (Tween 80). As amostras foram submetidas a tempos de imersão de 24, 48, 72, 96 e 120 horas.

### 2.3 Taxa de corrosão

Com base nas medidas de massa e área superficial foi calculado o valor da taxa de corrosão dos discos nas soluções ácidas seguindo Oliveira *et. al.*, (2010), representado na Equação (1).

$$P = \frac{(m_i - m_f)}{St} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:  $m_i$  e  $m_f$  (g) representam a massa inicial e final do disco, respectivamente,  $S$  ( $\text{mm}^2$ ) corresponde a área superficial,  $t$  (h) equivale o tempo de exposição e  $P$  ( $\text{g} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ) a taxa de corrosão do disco.

## 2.4 Eficiência de inibição

Após ser calculado a taxa de corrosão dos discos de aço, foi possível determinar a eficiência de inibição do extrato natural (CHAUHAN; GUNASEKARAN, 2007), representado pela equação (2).

$$E_i = \left( \frac{P_e - P_a}{P_e} \right) \cdot 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:  $P_a$  e  $P_e$  ( $\text{g} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ) representam a taxa de corrosão no disco de aço-carbono sem e com o extrato, respectivamente, e  $E_i$  representa a eficiência de inibição em porcentagem.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Perda de massa em função do tempo

A partir dos resultados da corrosão no aço-carbono em solução de ácido sulfúrico  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  na presença e na ausência do extrato dos frutos do nim, foi traçado o gráfico do tempo versus a perda de massa. De acordo com os valores encontrados, pode-se perceber que a faixa de concentração em que a corrosão ocorre de forma mais acentuada é a que usa  $1.000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  do extrato, só perdendo para os tempos de 24 e 48 horas na faixa de concentração de  $2.500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Observe a figura 1.

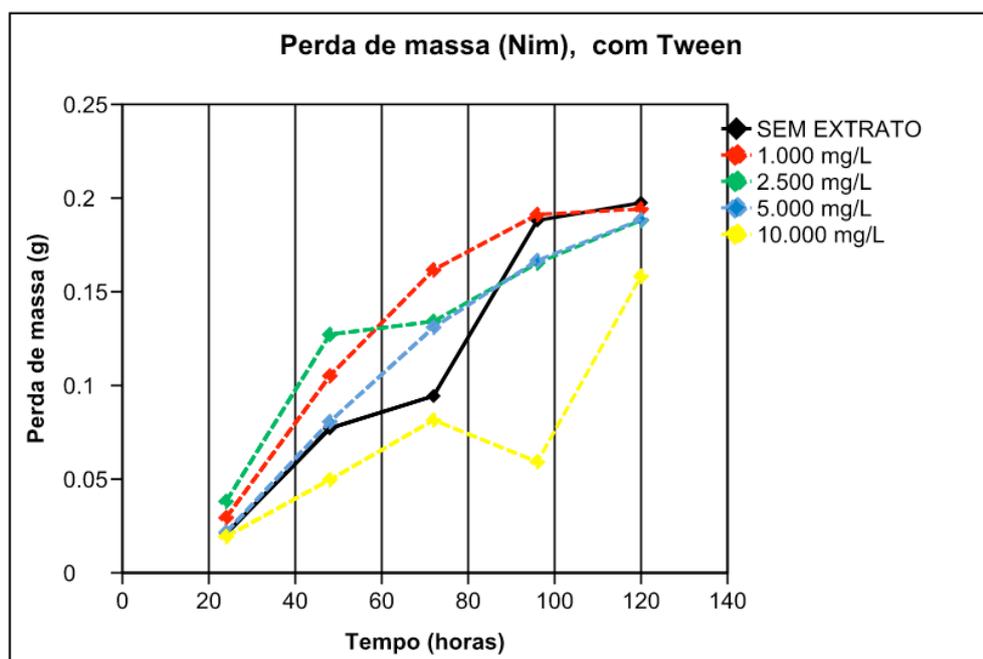


Figura 1: Perda de massa em função do tempo. Ensaios experimentais de corrosão em discos

de aço-carbono. Condições experimentais: solução 0,1 M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; temperatura de 25°C; volume de 35 mL; agente solubilizante tween 80.

Na figura 1 à medida que o tempo varia, ocorre uma perda de massa nos discos sem extrato e naqueles com diferentes concentrações. Essa perda de massa é sempre progressiva, ocasionada pelo ataque das espécies do meio ácido sobre a superfície metálica do material, para valores bem definidos observe a tabela 1. A maior perda de massa ocorreu no ensaio sem extrato no tempo de 120 horas e foi de 0,1975 g do material.

Concentração do extrato	Tempo em Horas				
	24	48	72	96	120
	Perda de massa (g)				
Sem extrato	0,0208	0,0771	0,0944	0,1881	0,1975
1.000 mg.L <sup>-1</sup>	0,0294	0,1051	0,1617	0,1912	0,1942
2.500 mg.L <sup>-1</sup>	0,0381	0,1272	0,1342	0,1653	0,1881
5.000 mg.L <sup>-1</sup>	0,0216	0,0807	0,131	0,1667	0,1885
10.000 mg.L <sup>-1</sup>	0,0193	0,0497	0,0815	0,0592	0,1583

Tabela 1: Perda de massa em função do tempo em discos de aço-carbono na ausência e presença de extrato de frutos de *Azadirachta indica* A. Juss.

### 3.2 Taxa de corrosão em função da concentração

A perda de material expressa como a taxa de corrosão (g.mm<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) para os discos de aço-carbono contendo diferentes concentrações de extratos é um dado muito importante, uma vez que diz qual a melhor concentração para uma boa inibição da corrosão. O que há de se esperar é que as taxas de corrosão diminuam com o aumento da concentração do extrato, indicando que a extensão da inibição é dependente da quantidade de extrato presente (UWAH *et al.*, 2013). Na tabela 2 observa-se a menor taxa de corrosão de 5,84x10<sup>-7</sup> g.mm<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> na concentração de 10.000 mg.L<sup>-1</sup>, em contraponto a uma maior taxa de corrosão de 2,51x10<sup>-6</sup> g.mm<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, que se dar na concentração de 2.500 mg.L<sup>-1</sup>. Em termos de comparação simples pela razão entre a maior e a menor taxa, tem-se que nas melhores condições a corrosão pôde ser reduzida em mais de 4 vezes.

Concentração do extrato	Tempo em Horas				
	24	48	72	96	120
	Taxa de corrosão (g.mm <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )				
Sem extrato	8,21x10 <sup>-7</sup>	1,52x10 <sup>-6</sup>	1,24x10 <sup>-6</sup>	1,86x10 <sup>-6</sup>	1,56x10 <sup>-6</sup>
1.000 mg.L <sup>-1</sup>	1,16x10 <sup>-6</sup>	2,08x10 <sup>-6</sup>	2,13x10 <sup>-6</sup>	1,89x10 <sup>-6</sup>	1,53x10 <sup>-6</sup>
2.500 mg.L <sup>-1</sup>	1,50x10 <sup>-6</sup>	2,51x10 <sup>-6</sup>	1,77x10 <sup>-6</sup>	1,63x10 <sup>-6</sup>	1,49x10 <sup>-6</sup>
5.000 mg.L <sup>-1</sup>	8,53x10 <sup>-7</sup>	1,59x10 <sup>-6</sup>	1,72x10 <sup>-6</sup>	1,65x10 <sup>-6</sup>	1,49x10 <sup>-6</sup>
10.000 mg.L <sup>-1</sup>	7,62x10 <sup>-7</sup>	9,81x10 <sup>-7</sup>	1,07x10 <sup>-6</sup>	5,84x10 <sup>-7</sup>	1,25x10 <sup>-6</sup>

Tabela 2: Taxa de corrosão em função da concentração de extrato de frutos de *Azadirachta*

### 3.3 Eficiência de inibição em função da concentração

Observando o gráfico da figura 2, bem como a tabela 3, fica claro que a eficiência de inibição do extrato sobre os discos de aço-carbono aumenta à medida que se adiciona mais extrato. A maior eficiência de inibição é de 69,60%, em uma concentração de 10.000 mg.L<sup>-1</sup>.

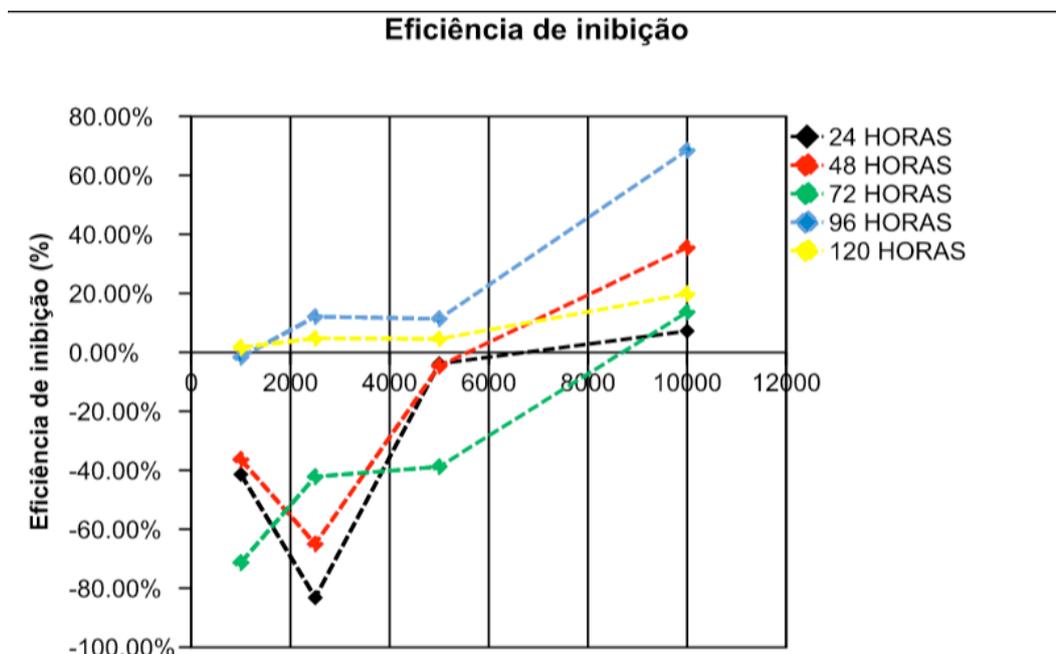


Figura 2: Eficiência de inibição em função da concentração do extrato de frutos de *Azadirachta indica A. Juss*. Ensaios experimentais de corrosão em discos de aço-carbono. Condições experimentais: solução 0,1 M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; temperatura de 25°C; volume de 35 mL; agente solubilizante tween 80.

Para um inibidor de corrosão ser considerado bom, a eficiência de inibição deve ser  $\geq 70\%$ . Para o extrato dos frutos de *Azadirachta indica A. Juss* utilizado neste artigo, a máxima eficiência de inibição não apresenta valor tão discrepante com o da literatura, e pouco falta para esse extrato ser considerado como bom inibidor. Abaixo na tabela 3 a eficiência de inibição em cada uma das concentrações.

Concentração do extrato	Tempo em Horas				
	24	48	72	96	120
	Eficiência de inibição (%)				
1.000 mg.L <sup>-1</sup>	-41,29	-36,84	-71,77	-1,61	1,92
2.500 mg.L <sup>-1</sup>	-82,70	-65,13	-42,74	12,37	4,49
5.000 mg.L <sup>-1</sup>	-3,90	-4,61	-38,71	11,29	4,49
10.000 mg.L <sup>-1</sup>	7,19	35,46	13,71	69,60	19,87

Tabela 3: Eficiência de inibição em função da concentração de extrato de frutos de *Azadirachta indica A. Juss* em discos de aço-carbono.

### 3.4 Tipo de corrosão

Na figura 3 tem-se a representação dos discos utilizados nos ensaios de corrosão. Percebe-se que o disco 1 é o que apresenta a superfície mais danificada e o 5 a superfície mais lisa, refletindo a ação corrosiva dos meios em que estavam em contato. O disco 5 tinha como contato o meio ácido contendo  $10.000 \text{ mg.L}^{-1}$ , nessa concentração ocorre a maior eficiência de inibição. A deterioração sobre a superfície dos discos é característica de uma corrosão alveolar generalizada, onde ocorrem sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos, tendo esses, fundo arredondado e profundidade geralmente menor que seu diâmetro (GENTIL, 2003).

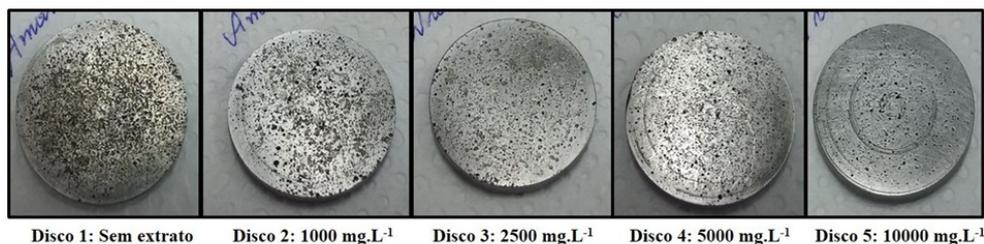


Figura 3: Superfície dos discos de aço-carbono depois de submetidos em meio corrosivo com extrato de frutos de *Azadirachta indica* A. Juss.

No final dos ensaios de corrosão os discos de aço apresentaram uma película em toda extensão de sua área superficial, semelhante a que pode ser observada na figura 4. Essa película de proteção oferece resistência a difusão de espécies entre o material e o meio corrosivo, diminuindo a perda de massa.

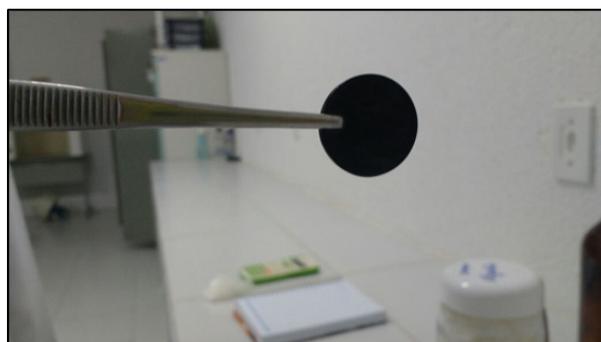


Figura 4: Superfície de disco de aço-carbono com película em toda a extensão de sua área superficial decorrido tempo de 24 horas. Meio ácido sem presença de extrato.

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados aqui apresentados demonstram que o extrato etanólico dos frutos do Nim apresentou potencial inibidor de corrosão, chegando a um valor máximo de 69,60 % na concentração de  $10.000 \text{ mg.L}^{-1}$ . Vale salientar que esta eficiência de inibição está bem próxima do valor mínimo de 70% necessário para a classificação de bom inibidor de corrosão. A deterioração sobre a superfície dos discos de aço-carbono

foi característica de uma corrosão alveolar generalizada.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os colaboradores do Grupo de Pesquisa Biotecnologia em Recursos Naturais (BIOREN-CECITEC-Tauá-CE) e ao CECITEC-UECE pelo suporte.

## REFERÊNCIAS

CHAUHAN, L. R; GUNASEKARAN, G. Corrosion inhibition of mild steel by plant extract in dilute HCl medium. **Corrosion Science**, v. 49, ed. 3, p. 1143-1161, 2007;

DA SILVA, D. A. **Prospecção de metabólitos especiais e atividade larvicida de extratos etanólicos de *Azadirachta Indica* A. Juss. (Nim), coletada em Tauá-Ce frente a larvas de mosquitos *Aedes aegypti***. 56p. Monografia: Graduação em Licenciatura em Química. Universidade Estadual do Ceará, Tauá, Ceará, Brasil, 2014;

DE ALENCAR, M. F. A; DE OLIVEIRA, L. R. F; GOMES, R. S; GOMES, F. F. S; ARAÚJO NETO, J. A. M; FERREIRA JÚNIOR, J. M; DA SILVA, R. C. B; Extratos de plantas da Caatinga como inibidor de corrosão. In: **V Congresso Norte-Nordeste de Química**, Natal, Rio Grande do Norte. Anais 570, p. 15, 2013;

DE LIMA, D. R. **Prospecção de metabólitos especiais e avaliação da toxicidade frente a *Artemia salina* de extratos etanólicos de folhas, cascas, galhos e raízes de *Cnidocolus phyllacanthus*, *Euphorbiaceae*, coletada na Caatinga da Região dos Inhamuns do Nordeste Brasileiro**. Monografia. Graduação em Licenciatura em Química. Universidade Estadual do Ceará, Tauá, Ceará, Brasil, 2011;

GENTIL, V. Corrosão. Livros Técnicos e científicos editoriais **Editora S. A**, quarta edição, Rio de Janeiro, 2003;

MERÇON, F; GUIMARÃES, P. I. C; MAINIER, F. B; Corrosão: Um exemplo usual de fenômeno químico. **Química Nova na Escola**, v. 19, p. 11-14, 2004;

OLIVEIRA JUNIOR, E. P; PEREIRA, W. G; ARAÚJO, S. V. L; ABREU, F. D; SILVA, R. C. B. Caracterização do extrato de *Z. syncarpum* Tull como inibidor da corrosão do cobre metálico em HCl 1 M. **50º Congresso Brasileiro de Química**, Cuiabá – MT, 2010;

UWAH, I. E; OKAFOR, P. C; EBIEKPE, V. E. Inhibitive action of ethanol extracts from *Nauclea latifolia* on the corrosion of mild steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions and their adsorption characteristics. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 6, ed. 3, p. 285-293, 2013;

VANAEI, H. R; ESLAMI, A; EGBEWANDE, A. A review on pipeline corrosion, in-line inspection (ILI), and corrosion growth rate models. **International Journal of Pressure Vessels and Piping**, v. 149, p. 43-54, 2017.

## PROPOSTA AVALIATIVA EM QUÍMICA GERAL A PARTIR DO ASSUNTO OLIMPÍADAS

### **Veronica de Melo Sacramento**

Rede Educacional Prisma- Faculdades Prisma-  
Química  
Montes Claros- Minas Gerais

### **Gliciane Ramos Azevedo Oliveira**

Rede Educacional Prisma- Faculdades Prisma-  
Química  
Montes Claros- Minas Gerais

### **Jessyka Mylleny Soares**

Rede Educacional Prisma- Faculdades Prisma-  
Química  
Montes Claros- Minas Gerais

### **Anne Caroline Oliveira Araújo**

Rede Educacional Prisma- Faculdades Prisma-  
Química  
Montes Claros- Minas Gerais

### **Melquisedeque Seixas Neves**

Rede Educacional Prisma- Faculdades Prisma-  
Química  
Montes Claros- Minas Gerais

### **Renato Lucas Vieira Magalhães**

Rede Educacional Prisma- Faculdades Prisma-  
Química  
Montes Claros- Minas Gerais

### **Matheus Filipe Ramos Souza**

Rede Educacional Prisma- Faculdades Prisma-  
Química  
Montes Claros- Minas Gerais

desempenha uma considerável função de introdução aos conteúdos presentes em cursos de graduação. As queixas sobre a disciplina são recorrentes dentro das academias e a falta de contextualização é um fato que concebe o descontentamento. Tendo em vista a relevância desta disciplina que comumente apresenta base conteudista e fragmentada percebeu-se numa turma de primeiro período de Licenciatura em Química a necessidade de adequar metodologias que valorizassem a busca pelo conhecimento tornando a aprendizagem mais flexível, autônoma e contextualizada. Neste trabalho a abordagem do tema: Química nas Olimpíadas foi proposta com o objetivo de enriquecer o conhecimento científico proporcionando um processo de ensino-aprendizagem a partir de um debate entre equipes com a atuação mediadora do docente. Todo o trabalho desenvolvido tornou-se uma oportunidade para avaliar os acadêmicos e também para que os mesmos percebessem que o conhecimento construído a partir de abordagens contextualizadas são estratégias interessantes para a compreensão do papel social desempenhado pelo aprendiz que será um futuro professor. Muito além dos aspectos científicos investigados, as evidências relativas às atitudes éticas também foram consideradas e geraram ainda mais interação entre os participantes.

**RESUMO:** A disciplina Química Geral

**PALAVRAS-CHAVE:** Contextualização, Ensino - aprendizagem, Química Geral, Olimpíadas, Debate

**ABSTRACT:** The General Chemistry discipline performs a considerable function of introducing content present in undergraduate courses. Complaints about discipline are recurrent within academies and the lack of contextualization is a fact that conceives of discontent. Considering the relevance of this discipline that usually presents a content and fragmented basis, it was noticed in a class of first degree of Chemistry the need to adapt methodologies that value the search for knowledge making learning more flexible, autonomous and contextualized. In this work the approach of the theme: Chemistry in the Olympics was proposed with the aim of enriching the scientific knowledge, providing a teaching-learning process based on a debate between teams with the mediating role of the teacher. All the work developed has become an opportunity to evaluate academics and also for them to realize that knowledge built from contextualized approaches are interesting strategies for understanding the social role played by the learner who will be a future teacher. Beyond the scientific aspects investigated, the evidences regarding the ethical attitudes were also considered and generated still more interaction among the participants.

**KEYWORDS:** Contextualization, Teaching - learning, General Chemistry, Olympiads, Debate

## 1 | INTRODUÇÃO

A disciplina Química Geral é considerada um desafio para acadêmicos por ser introdutória e algumas vezes decisiva em relação a sua permanência na graduação. Essa disciplina tem um papel muito importante no sentido de reforçar a motivação dos calouros em continuar se dedicando ao estudo da Química, que é área escolhida para se profissionalizarem (FILHO, 2000).

A prática docente caracterizada pela transmissão de saberes adquiridos nos livros e que mantém os estudantes apenas como expectadores torna os conteúdos ainda mais mecânicos, abstratos e descontextualizados, podendo ocasionar menor ou ausência de aprendizagem (SILVA et al., 2016). Para Mendes (2011), essa forma tradicional de ensino é muito recorrente na Química, sendo descrita como verticalizada, no sentido professor- aluno; em que o primeiro é o detentor do conhecimento e o segundo, quem, retém informações. Com papéis bem definidos as relações de ensino e aprendizagem tornam-se pouco interessantes, em que fica perceptível o reducionismo do “processo formativo.”

Trata-se de um desafio para o professor na licenciatura em Química, especialmente por abordar temas de cunho geral, que posteriormente servirão como base para um melhor prosseguimento dos discentes na academia (TEODORO et al., 2011) iniciar, ampliar e conseguir manter os estudantes motivados, curiosos e participativos ao longo

do processo ensino-aprendizagem. Além do conteúdo programático há uma constante preocupação com os tipos de avaliações a que os discentes serão submetidos.

Para Schnetzler (2002), a realização de trabalhos que também incorporem dimensão sócio-interacionista à análise do processo de ensino-aprendizagem vem ocorrendo desde a década de 90. E a caracterização dessa construção de conhecimentos se dá em interações discursivas e pela negociação social de significados que devido as dimensões que pode gerar pode ser reaproveitada sob forma de momentos avaliativos.

Os desafios relativos ao estudo da Química não são restritos ao ensino superior, vê-se que também no ensino médio já existe constante preocupação em relacionar o conhecimento científico ao senso comum com vistas a proporcionar ao estudante a aprendizagem significativa (MENDES, 2011).

Uma prática pedagógica diferenciada que gere afinidade entre estudante e conteúdo pode proporcionar ao aprendiz liberdade e responsabilidade para que o mesmo adquira autonomia e supere dificuldades a serem enfrentadas no processo de aprendizagem. Compete ao professor pequenas ações que criem um ambiente de estímulos, de empolgação capazes de gerar ações interativas (LEITE & LIMA, 2015).

Na tentativa de uma abordagem construtiva em relação ao pensamento científico (ZUCCO, 2007), foi proposto para uma turma no primeiro período de Licenciatura em Química um debate em que fosse evidenciada a Química nas Olimpíadas.

A seleção das temáticas relativas às Olimpíadas deveu-se às dimensões dos eventos que ocorreram no Brasil em 2016. A partir daí muitas informações veiculadas pelas emissoras de TV, sites e mídias em geral possibilitaram uma aproximação entre as ciências e o senso comum, despertando na população em geral, mais especificamente entre os acadêmicos, algumas curiosidades que necessitavam de respostas mais elaboradas.

Neste contexto, aspectos relativos à saúde, alimentação, vestuário, materiais, preparação física e psicológica, sustentabilidade e ameaças globais (agentes químicos, biológicos, radionucleares) poderiam se tornar componentes especiais para serem explorados na sala de aula de forma interdisciplinar e edificante.

Por se tratar de um assunto atual e ao mesmo tempo de ocorrência prevista, pretendeu-se com a realização deste trabalho a prática construtivista com o intuito de permear conteúdo de Química que estavam por vir de maneira compreensível e reflexiva.

O objetivo deste trabalho foi relatar sob a ótica docente e discente os principais pontos observados durante o debate avaliativo realizado com acadêmicos das Faculdades Prisma em Montes Claros - MG e estimular a aplicação de atividades que tenham relação com o momento que é vivenciado a partir de proposta didática de cunho cooperativo que desperte a curiosidade científica.

## 2 | METODOLOGIA

A proposta do debate ocorreu em concomitância com o período das preparações finais para o início dos Jogos Olímpicos realizados no Brasil em 2016.

Os acadêmicos do primeiro período do curso Licenciatura em Química foram separados em equipes e incentivados a buscar por material jornalístico e outras mídias, que tratassem do assunto Olimpíadas. Não foi limitado o tipo de assunto, ou material, tratou-se de uma atividade livre em que as escolhas individuais se manifestaram pela facilidade de encontrar o material a ser explorado, ou compatibilidade científica, ou por simples afinidade com o assunto.

Num segundo momento, com o auxílio docente fez-se a seleção dos conteúdos de interesse, em que os discentes seguiram investigando as relações com a química ou nas ciências em geral, ou seja, tratou-se de um tema da atualidade que oferecia a oportunidade de levar para a sala de aula uma nova consciência, numa abordagem mais ampla de conceitos, valores e críticas sob o ponto de vista da química.

Na última etapa as equipes iniciaram o debate e puderam utilizar o material físico selecionado (digitado, ilustrado e devidamente referenciado) para consultas ao longo das discussões e por fim entregá-lo ao professor que foi apenas um mediador do conhecimento.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes das diretrizes curriculares nacionais para ensino básico (DCNEB), era difícil para os licenciados em Química fazerem associações ou contextualizarem a disciplina visto que, durante a graduação as abordagens eram mais teóricas, acrílicas e descontextualizadas da prática docente (GARCIA e KRUGER, 2009).

Ao longo da última década, porém, tem sido priorizada a formação de professores com o auxílio de temas norteadores que estruturam de maneira articulada as competências e habilidades que um educador deve apresentar. As abordagens contextualizadas são estratégicas na compreensão do papel social desempenhado pelo aprendiz que será um futuro professor (PINHEIRO et al., 2010).

Fundamentando-se nos conhecimentos prévios e curiosidades que o acadêmicos possuíam a cerca das Olimpíadas, verificou-se momentos interacionistas, refletidos em diálogos e pesquisas realizados entre eles e na mediação proporcionada pelo docente. A atividade proposta corrobora com o entendimento de modelo construtivista sócio - interacionista de Mendes (2011) em que há obtenção de bons resultados no processo de ensino- aprendizagem. De maneira complementar nota-se a importância de evidenciar o docente como orientador, norteador para a articulação de ideias abstratas e generalizantes às vezes comuns para alguns discentes.

A execução do trabalho permitiu a compreensão de que o corpo discente não se limita a aceitar o estudo da Química Geral com cunho apenas teórico, normativo,

individualizado. Apesar da fragmentação naturalmente estabelecida entre o conhecimento científico e o senso comum, nota-se que o exercício de uma atividade com caráter que transita entre esses dois argumentos serve para enriquecer o diálogo na sala e que posteriormente servirá na atuação dos mesmos enquanto futuros docentes.

Ao vivenciarem discussões ao longo da Licenciatura, os discentes podem perceber enquanto aprendizes que a apropriação do conhecimento é mais relevante quando se trata de algo formado a partir de investigações e interações (GONÇALVES & FERNANDES, 2010). As interações foram vivenciadas nos três momentos propostos para a atividade e tiveram diferentes naturezas: interações entre estudante-estudante (mesma equipe), interação estudante-estudante (equipes diversas) e interação estudante- professor; todas com a devida significância.

De acordo com Wartha et al.(2013), ao contextualizar, o docente permite que o estudante assuma que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto. O debate foi o momento propício para a construção do conhecimento, a partir da interação e integração de um conjunto de situações que se articulavam e privilegiavam o conhecimento científico, o senso comum, a comunicação verbal e escrita, as múltiplas inteligências, e a reflexão sistemática.

Ao experienciarem conteúdos formais de forma interdisciplinar, mais abrangente, reflexiva e interessante, novos conhecimentos foram adquiridos. Como consequência intrínseca ao debate tem-se que as variações, na maneira de avaliar o discente, levam a concepção de que o ato de ensinar está intercalado ao ato de aprender, e que o conhecimento prévio de um conteúdo específico juntamente com a técnica pedagógica produz resultados satisfatórios.

Em virtude de abordar um tema atual, os discentes não encontraram dificuldades em conseguir material bibliográfico e atualizado.

Observou-se que algumas buscas repetiram-se ao longo dos trabalhos e também do debate. Com isso um ou outro assunto foi registrado de maneira recorrente, apresentando maior importância que outros (Tabela 1), e também que alguns eram exibidos de forma mais vigorosa e compreensível que outros, já que os discentes encontravam-se no primeiro período do curso.

Assuntos	Equipes		
	1	2	3
História, simbologia, tocha, medalhas	X		X
Propriedades físicas e químicas dos uniformes, sapatos e material esportivo		X	X
Metabolismo, anabolizantes e doping	X	X	X

**Tabela 1.** Assuntos gerais desenvolvidos e apontados por mais de uma equipe nos trabalhos e durante o debate

\*X corresponde às equipes que desenvolveram os assuntos.

As investigações realizadas pelas equipes enriqueceram as aulas de Química Geral e são, em parte, descritas a seguir.

Dentre as abordagens selecionadas pelas equipes 1 e 3 tem-se informações sobre as tochas olímpicas que na antiguidade eram acessas com pólvora e azeite, com variações para o uso de naftalina e hexamina. A tocha na década de 50 foi acessa com magnésio e alumínio provocando queimaduras sendo observada a necessidade de intervenção do conhecimento científico para a criação de novos modelos. Em 2008, a tocha podia manter-se acessa durante 15 minutos sendo o propano o combustível. As tochas inicialmente eram de aço e posteriormente foi substituído por alumínio (BATISTA, 2016). Nesse caso, pode-se abordar as propriedades químicas e físicas dos materiais e também alguns elementos químicos na tabela periódica.

Aspectos físicos (densidade, brilho, temperaturas de fusão e ebulição de metais) e químicos foram explorados quando se abordou a composição química das medalhas. Quanto ao valor econômico este foi incorporado com aspectos sustentáveis que foram expostos, tais como: ouro livre de mercúrio durante a extração, e cordões feitos com fios de garrafas PET (Politereftalato de etileno), surgiu a partir deste levantamento outras situações derivadas como preservação da natureza e poluição em geral.

As equipes 2 e 3 evidenciaram aspectos relativos aos uniformes e materiais esportivos específicos de algumas modalidades olímpicas. Inicialmente enfatizaram o quanto a ciência e tecnologia foram importantes ao longo dos tempos, bem como os diferentes investimentos que cada país ou patrocinador faz para manter-se no *racking* entre os melhores do mundo. Foram relacionados detalhes como tecidos inteligentes, tecnológicos que proporcionam a melhoria na *performance* de atletas. A tecnologia “knit” e shorts com “aeroswift” funcionam como uma segunda pele que produz compressão capaz de reduzir a fadiga muscular, manter braços e pernas aquecidos e também afastar o suor.

Os materiais que serviram para confeccionar as bolas foram os mais explorados. São 11 esportes em que a bola com suas diversas formas e propriedades torna-se elemento central. Materiais como: microfibras, plásticos, couros; características como: leveza, peso, aderência, absorção de umidade tem sua devida importância.

Questões relacionadas à presença de anabolizantes ou interações entre medicamentos no organismo dos atletas também foram alvo de buscas e destaques para as três equipes.

Na oportunidade, a discussão se direcionou para aspectos orgânicos e éticos, evidenciando conceitos sobre anabolizantes, drogas e *doping*. De acordo com as regras e os princípios éticos pré-estabelecidos em competições como as Olimpíadas, o uso dos esteróides anabolizantes por atletas é vetado, pois, os mesmos aumentam a síntese protéica e promovem aumento da agressividade proporcionando ao atleta

melhor quantidade e qualidade do treinamento de força.

Todas as equipes evidenciaram as regras *antidoping* estabelecidas pelo Comitê Olímpico Internacional (COI) que prediz como pilares da competição: a igualdade de condições e o *fair play* (jogo justo).

A ingestão ou administração de substância exógena ou endógena em quantidade anormal com a intenção de melhorar a atuação do jogador torna a competição desleal, pelo seu aspecto claramente antiético e deve ser combatido. Para isso, procedimentos eficientes de detecção de drogas são realizados. Na fase analítica do processo, a urina coletada é verificada por meio de técnicas de cromatografia e também espectrometria de massas. O cromatógrafo serve como separador dos componentes da urina, enquanto o espectrômetro fragmenta cada componente para a devida quantificação. Caso sejam evidenciadas substâncias proibidas, faz-se uma contraprova obedecendo as mesmas metodologias para posterior comparação.

Muito além dos aspectos científicos investigados, as evidências relativas às atitudes éticas foram constantemente motivo de interação nas equipes. Agregado a isso, os conhecimentos relativos aos riscos à saúde dos competidores que podem ocasionar até a morte, também sustentaram diálogos que repudiaram o “vencer a qualquer custo”.

#### 4 | CONCLUSÕES

A utilização de um tema amplo como a Olimpíadas em um debate possibilitou mais do que a avaliação dos discentes na disciplina Química Geral, privilegiou um momento de construção do conhecimento, contribuindo como sugestão para a melhoria da formação docente em Química. Este trabalho é uma estratégia didática para avaliação a partir da aprendizagem significativa que ocorreu em vários momentos.

O desenvolvimento autônomo dos discentes atuando em equipe ou de forma individual e o compartilhamento e gerenciamento das buscas exercido pelo docente propiciou permanentemente a motivação, fator que contribuiu para a qualidade do produto obtido.

Ao longo prazo, espera-se que atividades como estas, contribuam para a boa formação dos discentes, futuros professores, e que gerem oportunidades para refletir situações e explorar suas capacidades a fim de que se tornem melhores profissionais.

O debate foi muito produtivo, rico em contextualizações e interdisciplinaridades, tratou-se de um espaço de reflexão coletivo contribuindo de forma significativa no processo ensino - aprendizagem e criando perspectivas para o desenvolvimento de novos trabalhos acadêmicos visto que a abrangência do mesmo foi muito além dos conteúdos afins da Química Geral.

## REFERÊNCIAS

- BATISTA, R. **“Como funciona a tocha olímpica”**; *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/curiosidades/como-funciona-tocha-olimpica.htm>>. Acesso em 11 de julho de 2016.
- FILHO, P. F. S. **Uma disciplina teórica de química para alunos ingressantes no curso de graduação em Química**. *Química Nova*, v.23, n.5, p.699-702, 2000.
- GARCIA, I. T. S., KRUGER, V. **Implantação das diretrizes curriculares nacionais para formação de professores de química em uma instituição federal de ensino superior: desafios e perspectivas**. *Química Nova*, v. 32, n. 8, p. 2218-2224, 2009.
- GONÇALVES, F. P. e FERNANDES, C. S. **Narrativas Acerca da Prática de Ensino de Química: Um Diálogo na Formação Inicial de Professores**. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 120- 127, 2010.
- LEITE, L. R. e LIMA, J. O. G. **O aprendizado da Química na concepção de professores e alunos do ensino médio: um estudo de caso**. *Rev. Bras. Estud. Pedagog.*, v. 96, n. 243, p.380-398, 2015.
- MENDES, M. P. L. **Uma visão interacionista para a aprendizagem em Química**. *Cientefico*, v. 2, Ano 11, p 9- 22, 2011.
- PINHEIRO, A. N., MEDEIROS, E. L., OLIVEIRA, A. C. **Estudo de casos na formação de professores de Química**. *Química Nova*, v. 33, n. 9, p. 1996-2002, 2010.
- SCHNETZLER, R. P. **A pesquisa em ensino de Química no Brasil: Conquistas e perspectivas**. *Química Nova*, v. 25, Supl. 1, p. 14-24, 2002.
- SILVA, E. K. S., LIMA, J. P. F., FERREIRA, M. L. **“Descobrimos os elementos químicos”**: **Jogo Lúdico proporcionando uma aprendizagem significativa sobre a tabela periódica**. *Revista de Pesquisa Interdisciplinar Cajazeiras*, v. 1, Ed. Especial, p. 228 – 237, 2016.
- SILVA, R. M. G., SCHNETZLER, R. P. **Processos de desenvolvimento profissional docente: interações e mediações significativas na (re)construção da prática docente no ensino superior de química**. *Educação Química em ponto de vista*, v. 1, n. 1, p. 1- 18, 2017.
- TEODORO, D. L., PAGOTTO, J. F., MOTHEO, A. J., QUEIROZ, S. L. **Formação docente no ensino superior de Química: contribuições dos programas de aperfeiçoamento de ensino**. *Química Nova*, v. 34, n. 4, p. 714-719, 2011.
- WARTHA, E. J., SILVA, E. L. S., BEJARA, N. R. R. **Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química**. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.
- ZUCCO, C. **Graduação em Química: Avaliação, perspectivas e desafios**. *Química Nova*, v. 30, n. 6, p. 1429-1434, 2007.

## UMA ABORDAGEM BASEADA EM WEBSOCKET PARA COMUNICAÇÃO EM TEMPO REAL NO GENEMAISLAB

**Eliseu Germano**

Embrapa Arroz e Feijão

Santo Antônio de Goiás – GO – Brasil

**Marcelo Gonçalves Narciso**

Embrapa Arroz e Feijão

Santo Antônio de Goiás – GO – Brasil

**Edgard Henrique dos Santos**

Embrapa Informática

Campinas – SP – Brasil

**RESUMO:** É crescente a quantidade de projetos de desenvolvimento de software que utilizam arquitetura orientada a serviços com APIs RESTful stateless. No entanto, há uma série de desafios para desenvolver sistemas computacionais com essas características, principalmente quando é necessário garantir alguma lógica de sincronização e uma consistência de dados entre os clientes ativos. Neste artigo são apresentadas algumas abordagens para lidar com essa questão, dando ênfase ao uso do protocolo WebSocket em um sistema da Embrapa chamado GeneMaisLab. Para isso, é apresentada uma arquitetura de software que representa a forma na qual o protocolo foi empregado e são discutidos os resultados obtidos a partir de uma implementação.

**PALAVRAS-CHAVE:** WebSocket, APIs RESTful stateless.

**ABSTRACT:** There is a growing number of software development projects that use service-oriented architecture with RESTful stateless APIs. However, there are a number of challenges to developing computer systems with these characteristics, especially when it is necessary to ensure some synchronization logic and data consistency between the active client applications. In this article some approaches are presented to deal with this issue, emphasizing the use of the WebSocket protocol in an Embrapa system called GeneMaisLab. For this, a software architecture is presented that represents the way in which the protocol was used and the results obtained from an implementation are discussed.

**KEYWORDS:** WebSocket, RESTful APIs stateless.

### 1 | INTRODUÇÃO

As práticas contemporâneas de desenvolvimento de *software* incentivam a construção de sistemas seguindo abordagens baseadas em componentes, ou seja, fomentam a construção de conjuntos de componentes funcionais e lógicos de forma independente e o agrupamento deles de acordo com a arquitetura de cada sistema [Kaur and Mann 2010]. Apesar de alguns benefícios oferecidos por esta

estratégia, como a facilidade de reutilização de componentes, a complexidade em relação a integração e implantação do sistema é consideravelmente maior.

Como forma de viabilizar a construção de serviços escaláveis em uma arquitetura cliente/servidor, uma estratégia utilizada consiste no desenvolvimento APIs RESTful *stateless*. Essa estratégia funciona a partir do desenvolvimento de serviços *web* que não guardam em sessão os estados (informações) das aplicações clientes. Dessa forma, pode ser viabilizado a construção de sistemas com escalabilidade horizontal a partir da replicação em tempo de execução de recursos implementados na forma de serviços. No entanto, a decisão de não guardar essas informações em sessão implica na necessidade de adotar um mecanismo de sincronização para trocas de mensagens entre os clientes e os serviços que executam os recursos no servidor.

Neste artigo são abordados os mecanismos utilizados para viabilizar uma lógica de sincronização e garantir a consistência de dados entre diferentes usuários que utilizam simultaneamente um sistema implementado com APIs RESTful *stateless*. Esse sistema, chamado de GeneMaisLab, é responsável por automatizar o processo de gerenciamento de ensaios de genotipagem de experimentos realizados na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Durante o desenvolvimento deste texto são apresentados tanto os procedimentos implementados no GeneMaisLab, que seguem uma abordagem baseada no protocolo WebSocket, quanto os procedimentos alternativos acompanhado das justificativas de não utilizá-los.

O conteúdo deste artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados os conceitos em torno do projeto GeneMais a partir de uma visão arquitetural do GeneMaisLab; A Seção 3 traz alguns requisitos de adaptação do sistema e algumas decisões de projeto; A Seção 4 apresenta o componente de notificação implementado no sistema; e na Seção 5 são apresentadas as considerações finais.

## 2 | VISÃO ARQUITETURAL DO GENEMAISLAB

O GeneMaisLab, referenciado como Gene+ em [Germano et al. 2016], é um sistema desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão, cujo o propósito é gerenciar os dados de ensaios de genotipagem desde o planejamento até as etapas em que são feitas as considerações finais. A partir da centralização desses dados, o sistema permite o registro de eventos durante a execução dos ensaios, viabiliza o rastreamento das informações registradas e possibilita consultas aos resultados obtidos durante um processo de genotipagem.

Do ponto de vista computacional, o GeneMaisLab é composto por um conjunto de componentes de *software* implementados na forma de serviços *web stateless* e um conjunto de componentes de interfaces que compõem aplicações *web* que realizam chamadas aos serviços. A Figura 1 apresenta, de forma simplificada, a arquitetura do sistema dando destaque a duas regiões, uma região à esquerda representada por dispositivos que podem acessar o sistema a partir de *web browsers* e uma região à

direita contendo os componentes de *software* que recebem, processam e respondem a requisições das aplicações.

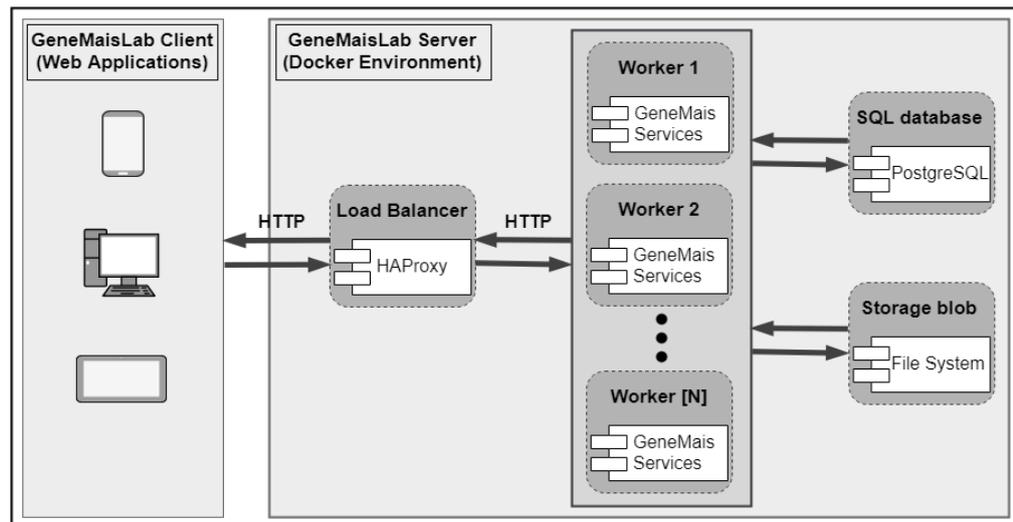


Figura 1: Arquitetura do GeneMaisLab.

Os componentes que recebem as requisições das aplicações são executados em um ambiente composto por *containers* da plataforma Docker (Docker – <https://www.docker.com/>). Os *containers* são uma forma de virtualização em nível de sistema operacional que viabiliza a execução de múltiplos componentes de *software* em um mesmo *host* com um nível de isolamento [Bernstein 2014]. Na Figura 1 há um *container* que recebe as requisições (*Load Balancer*) e, de acordo com um algoritmo de balanceamento de carga, realiza o redirecionamento de cada uma delas para um serviço que possa processá-la (*Worker*). Além disso, há dois outros *containers*, sendo um deles para persistência de dados (*SQL database*) e um outro para gerenciamento de arquivos estáticos (*Storage blob*).

Uma outra observação que deve ser considerada nessa arquitetura é que os componentes que implementam os serviços do GeneMaisLab são acessados a partir do protocolo *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Além disso, o mecanismo de acesso a esses serviços segue uma abordagem baseada em uma arquitetura RESTful, que é derivada de um estilo arquitetural conhecido como *Representational State Transfer* (REST) [Fielding 2000]. Uma característica comum das implementações de serviços *web* realizadas a partir de arquiteturas RESTful é que geralmente são utilizadas APIs *stateless*, ou seja, os recursos executados no servidor não guardam em sessão o estado de aplicações cliente. Assim, toda requisição HTTP acontece em completo isolamento, de forma que qualquer requisição feita por uma aplicação cliente deve conter todas as informações necessárias para o servidor possa atendê-la. Uma das vantagens de utilizar APIs *stateless* está relacionada a possibilidade escalar os serviços de acordo com a demanda de acesso em um determinado momento.

Por outro lado, utilizar APIs *stateless* em serviços implementados a partir do protocolo HTTP pode implicar na necessidade de tratar requisitos de sincronização

e consistência de dados em aplicações clientes, principalmente quando há acesso simultâneo a recursos compartilhados (eg., diferentes navegadores *web* acessando uma mesma página). Um cenário comum para esse tipo de situação ocorre em interfaces de aplicações que apresentam dados que são registrados em um banco de dados e que são compartilhados com vários usuários de um sistema. Nesse cenário, sempre que um dado é alterado no banco, as interfaces que estejam apresentando esses dados também precisam ser atualizadas para evitar inconsistências entre os valores registrados e os valores apresentados.

Uma vez que serviços *web* implementados com o protocolo HTTP são agentes passivos em uma comunicação cliente/servidor, é necessário que as aplicações clientes acessem o(s) servidor(es) para realizar qualquer tipo de sincronização de dados. Dessa forma, é necessário que sejam utilizados mecanismos de comunicação que geram eventos nas aplicações para que elas busquem algo em um servidor. Os detalhes em relação a esses mecanismos são apresentados na próxima seção.

### 3 | ADAPTAÇÃO DE COMPONENTES DE INTERFACE EM TEMPO REAL

Uma das principais motivações para realizar o desenvolvimento de um sistema gerenciador de ensaios de genotipagem na Embrapa está relacionada a falta de padronização em relação a forma em que os dados de um ensaio são estruturados. Essa falta de padronização se deve ao fato de que os tipos de dados que podem compor um ensaio cresce e modificam constantemente. Os marcadores moleculares, por exemplo, que são regiões sequenciais no *Deoxyribonucleic acid* (DNA) geralmente utilizadas em laboratórios para distinguir células, indivíduos, populações ou espécies, é um tipo de dado que deve ser usado na composição de um ensaio. No entanto, constantemente são descobertos novos marcadores moleculares e algumas informações em relação aos marcadores existentes são frequentemente modificadas (ex., custo de utilizá-lo em uma análise).

A solução encontrada no GeneMaisLab para representar os dados de um ensaio foi identificar padrões entre os dados que podem compor um ensaio e agrupá-los em um conjunto de listas. Dessa forma, além dos marcadores moleculares, outros tipos de dados como, métodos de extração de DNA, plataformas de genotipagem, natureza das amostras, entre outros, foram padronizados e agrupados em listas de padrões. Diante disso, foram criados mecanismos para cadastrar/modificar essas listas no sistema.

As listas de padrões do GeneMaisLab contém apenas dados que são comuns a diferentes tipos de ensaios. Por exemplo, a cultura arroz é um tipo de dado que é comum a todos ensaios em que são analisadas amostras de arroz, logo ela é um padrão no sistema. Os dados que possuem uma alta variabilidade entre os ensaios são importados de planilhas preenchidas pelo usuário ou de outros sistemas. Assim, o cadastro de um ensaio no GeneMaisLab consiste de um formulário dinâmico,

constituído de vários campos cujo os possíveis valores são determinados pelas listas de padrões. Dessa forma, no campo de marcadores moleculares, por exemplo, deve conter todos os marcadores registrados no sistema. Caso um novo marcador seja adicionado ou modificado na lista de padrões de marcadores, o campo que contém os marcadores no formulário de cadastro deve ser automaticamente modificado na *interface*. Essa ideia se aplica a todos os outros componentes que possuem elementos dinâmicos na *interface* do sistema.

Considerando que o GeneMaisLab é um sistema *web* onde múltiplos usuários podem utilizá-lo simultaneamente, sempre que um dado é adicionado ou modificado em uma das listas de padrões, as interfaces *web* precisam ser adaptadas para todos os usuários que estejam utilizando o sistema naquele momento. Caso contrário, o sistema não poderia garantir a consistência de dados entre esses usuários. Diante disso, um das preocupações durante o desenvolvimento desse sistema consistiu em analisar o estado da arte em relação às técnicas de comunicação de em tempo real para lidar com o problema de sincronização de dados entre aplicações que consomem serviços a partir de APIs *stateless*.

Atualmente, considerando os métodos de conexão entre aplicações clientes e servidoras na *web*, os que são mais conhecidos são: *Polling* (ou *Short Polling*), *Long Polling* e *WebSocket* [Zhang and Shen 2013]. A técnica conhecida como *Polling* consiste em um processo pelo qual o cliente solicita regularmente novos dados ao servidor. De modo geral, a técnica pode ser realizada de duas formas, sendo conhecidas como *Short Polling* e *Long Polling*.

O *Short polling* é um procedimento que conta com um temporizador utilizado no cliente que determina a periodicidade em que são realizadas chamadas ao servidor. Assim, caso essa periodicidade seja baixa, o cliente pode ficar desatualizado por um longo tempo. Por outro lado, caso a periodicidade seja alta, deve haver uma sobrecarga de requisições ao servidor e um aumento de tráfego na rede. Diante disso, o *Short polling* não se mostra como um bom método para lidar com sistemas que precisam de algum tipo de sincronização em tempo real.

Como alternativa ao *Short polling*, o *Long polling* consiste em um procedimento em que o cliente inicia e mantém uma conexão aberta por um determinado tempo. Usando esse método o servidor responde uma requisição de um cliente apenas quando ocorre um evento ou quando o tempo limite conexão é excedido (*timeout*). Portanto, esse mecanismo minimiza a latência e o uso de recursos de processamento no servidor e de rede se comparado ao *Short polling*. No entanto, alguns problemas ainda persistem, como a necessidade do cliente ficar bloqueado aguardando uma resposta e de reenviar requisições “desnecessárias” ao servidor (que embora sejam menor que no *Short polling* elas ocorrem até que a informação requisitada ao servidor seja atualizada).

Há outros mecanismos de comunicação que não possuem os problemas mencionados a técnica de *polling*. A opção adotada pelo GeneMaisLab foi por meio

de um protocolo chamado WebSocket. A partir desse protocolo é possível criar uma conexão bidirecional por canais *full-duplex* utilizando um *socket* baseado no protocolo TCP. Isso permite que cliente e servidor possam trocar dados em ambas direções a qualquer momento em que conexão estiver ativa. Dessa forma, diferentemente da técnica de *polling*, com o WebSocket o cliente não precisa realizar múltiplas requisições ao servidor para obter uma informação, pois, uma vez que é estabelecida a conexão entre eles é criado um canal de comunicação que pode permanecer ativo até que o mesmo seja explicitamente fechado [Sparkes et al. 2016][Maia and Silva 2017].

A Figura 2 apresenta uma análise comparativa entre as abordagens que lidam com comunicação em tempo real discutidas nesta seção. A partir dela, percebe-se a ocorrência de dois eventos dentro de um determinado intervalo de tempo em um servidor, assim como o comportamento de aplicações clientes usando *Polling*, *Long Polling* e WebSocket. No caso da comunicação usando *polling*, são realizados acessos de forma periódica e contínua ao servidor antes e após a ocorrência dos eventos. No caso da comunicação usando *Long Polling* o procedimento é parecido, exceto pelo fato da periodicidade em que são feitas as requisições ser menor. Dessa forma, o cliente com *Long Polling* faz uma requisição e fica aguardando até que ocorra um evento no servidor (ex., Evento 1) ou que ocorra um *timeout* (ex., Evento 2). Por fim, na abordagem baseada em WebSocket é realizado uma única requisição do cliente ao servidor. Após essa requisição, é criado um canal de comunicação persistente entre eles e sempre que ocorre um evento no servidor o cliente pode ser notificado.

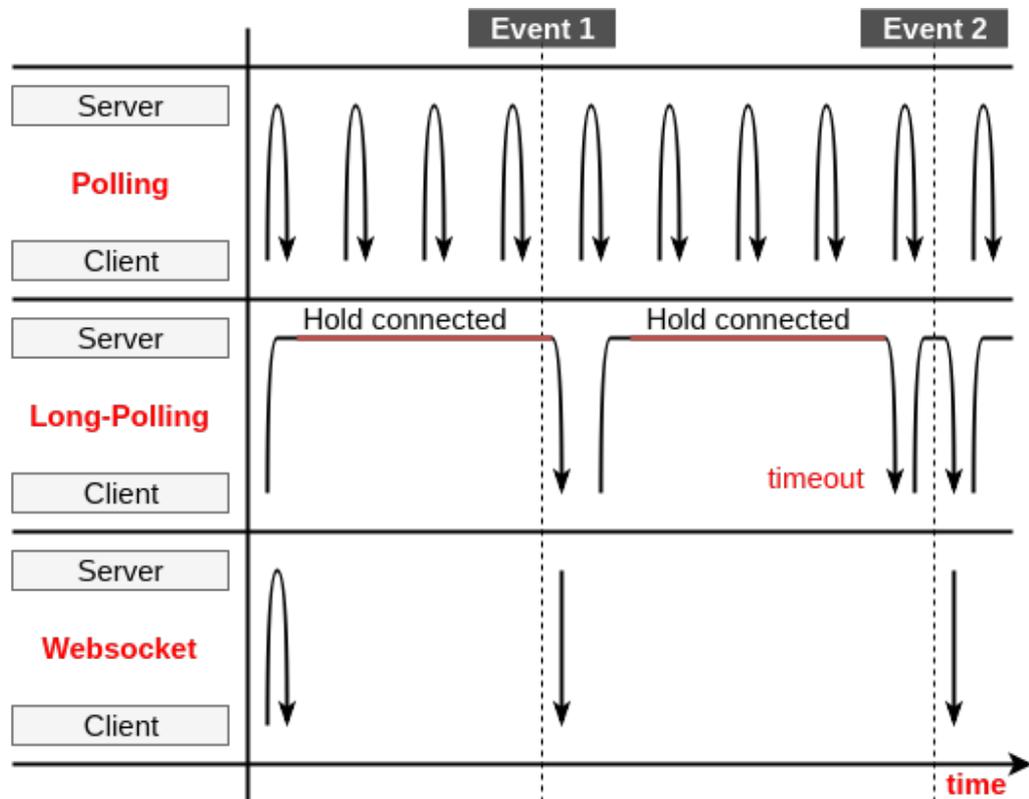


Figura 2: Comparação entre as Abordagens de Comunicação em Tempo Real.

Devido a conexão bidirecional viabilizada a partir do protocolo WebSocket, não há necessidade de um cliente fazer requisições a um servidor apenas para saber se há uma nova informação disponível. Dessa forma, isso pode intervir no desempenho de um sistema em virtude da redução do processamento e da latência proveniente da diminuição do número de requisições [Jiang and Duan 2012]. Isso influenciou na escolha dessa abordagem durante o desenvolvimento do GeneMaisLab.

#### 4 | USANDO WEBSOCKET PARA CONTROLE DE NOTIFICAÇÕES NO GENEMAISLAB

Diante da decisão em utilizar WebSocket como um protocolo para viabilizar em tempo real a consistência dos dados entre diferentes usuários do GeneMaisLab, foram analisados os conceitos, técnicas e tecnologias em torno do protocolo. Em [Wirasingha and Dissanayake 2016] são apresentados os estilos arquiteturais que podem ser utilizados, além das APIs e frameworks que oferecem suporte a essa tecnologia.

No GeneMaisLab o WebSocket é utilizado como um mecanismo de *server push*, ou seja, uma vez que é criado um canal de comunicação entre um cliente e um servidor *web* do sistema, alguns serviços podem enviar notificações para os clientes. Como o GeneMaisLab foi desenvolvido em Java utilizando o Spring Framework (Spring – <https://spring.io/>) e Google Web Toolkit (GWT – <http://www.gwtproject.org/>), não foi necessário adicionar nenhuma biblioteca ou *framework* novo no sistema para que fossem utilizadas as APIs de WebSocket, pois tanto o Spring quanto o GWT oferecem suporte a essa tecnologia. Em [Zhang and Shen 2013] pode ser verificado *frameworks* de outras linguagens de programação com suporte a WebSocket.

A Figura 3 apresenta a arquitetura do sistema após a adição de um módulo para lidar com as notificações. Esse módulo está encapsulado no componente *Notifications* e que é diretamente acessado pela aplicação cliente a partir do protocolo WebSocket. Assim, enquanto a transmissão de dados entre o cliente e um serviço do sistema (por intermédio de um balanceador de carga) ocorre de forma *half-duplex*, a transmissão de dados entre o cliente e o módulo de notificação ocorre de forma *full-duplex*. Isso permite que a partir do uso do protocolo WebSocket os dados sejam enviados de forma bidirecional entre o cliente e o módulo que foi concebido para realizar as notificações.

De modo geral, esse módulo de notificação funciona como um sinalizador para lidar com a consistência de dados entre diferentes usuários ativos simultaneamente no sistema. Dessa forma, sempre que um usuário realiza um novo acesso ao sistema (*login*) é criado um canal de comunicação entre a sua aplicação e o módulo de notificação. Logo, esse módulo mantém uma lista de usuários ativos no sistema, de forma que quando o usuário sai (*logout*) ele é removido dessa lista. Diante disso, sempre que é adicionado, removido ou modificado um dado de uma das listas de padrões do sistema, o módulo de notificações informa a um conjunto de usuários

ativos (*multicast*) as alterações que devem ser realizadas. Assim, cada aplicação ao receber uma notificação, pode então consultar os serviços do GeneMaisLab para obter as atualizações.

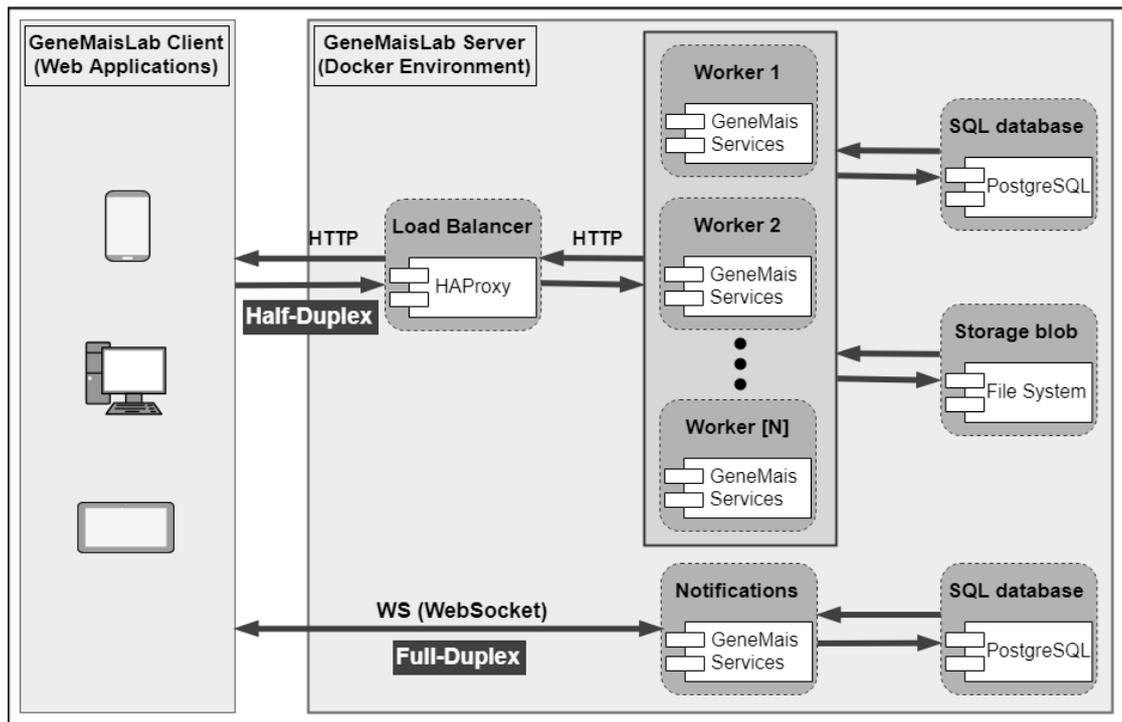


Figura 3: Arquitetura do GeneMaisLab Após a Adição do Módulo de Notificação.

A Figura 4 apresenta um trecho de código contendo os principais métodos do componente de notificações do GeneMaisLab. Desses métodos, dois deles são herdados da classe `TextWebSocketHandler` do Spring Framework, sendo eles o método 1 e o método 2, representado na figura. O método 1 é chamado sempre que um novo cliente solicita uma conexão. Sua função é de adicionar os dados do cliente em uma lista de sessões. Quando algum dos clientes que estão nessa lista enviam uma mensagem a partir do protocolo WebSocket, esta é recebida a partir do método 2. No método 2 as mensagens recebidas são recuperadas e colocadas em um objeto de notificação que é instanciado. Posteriormente é chamado o método 3, que recebe a mensagem já em um formato serializado (em JSON) e encaminha para todos os clientes com conexão ativa, com exceção do cliente que enviou a mensagem. A interpretação e o processamento de cada mensagem ocorrem nos clientes.

```

public class SocketHandler extends TextWebSocketHandler {
    final List<WebSocketSession> sessions = new ArrayList<WebSocketSession>();

    @Override
    protected void handleMessage(WebSocketSession session, TextMessage message) throws Exception {
        System.out.println("received a new message " + message.getPayload());
        NotificationService service = new NotificationService();
        service.addNotification(message.getPayload());
        multicastMessage(service.getNotification(), session);
    }

    @Override
    public void afterConnectionEstablished(WebSocketSession session) throws Exception {
        sessions.add(session);
    }

    public void multicastMessage(String message, WebSocketSession current){
        sessions.forEach((s) -> {
            try {
                if (s.isOpen() && !s.getId().equals(current.getId()))
                    s.sendMessage(new TextMessage(message));
            } catch (IOException e) {
                e.printStackTrace();
            }
        });
    }
}

```

... → Other Methods

Figura 4: Implementação das Notificações.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da necessidade construir componentes de *software* para o GeneMaisLab que possam ser escaláveis em tempo de execução, foi implementada a partir de uma arquitetura cliente/servidor, um conjunto de APIs RESTful *stateless*. Com base nessa implementação, as aplicações do sistema acessam seus recursos em um servidor a partir do protocolo HTTP. Apesar dessa abordagem de implementação se mostrar adequada às características do sistema, houve a necessidade de desenvolver um mecanismo de sincronização e gerenciamento de dados trocados entre as entidades do sistema.

Neste artigo foram apresentadas as decisões de projeto em relação a coordenação do fluxo de dados entre os clientes do GeneMaisLab. Para isso, foi analisado alguns requisitos do sistema, como a necessidade de garantir a consistência de dados entre um conjunto de usuários ativos. Além disso, foi apresentada uma análise comparativa que levou a escolha do protocolo WebSocket como uma alternativa para lidar com as questões de sincronização em tempo real. Diante disso, foi apresentada a modificação realizada no sistema a partir da implementação de um novo componente que notifica as aplicações clientes sempre que uma nova atualização precisa ser realizada.

Em suma, a abordagem utilizada na implementação do componente de notificação do GeneMaisLab pode ser reproduzida em outros sistemas que utilizam serviços a partir de APIs RESTful *stateless* e que dependem de algum tipo sincronização em tempo real entre os usuários dessas APIs. Algumas escolhas como, o uso do protocolo e das APIs de WebSocket, podem propiciar um ganho de desempenho nos servidores a partir da redução do processamento e da latência proveniente da diminuição do

número de requisições.

## REFERÊNCIAS

BERNSTEIN, D.. **Containers and cloud: From lxc to docker to kubernetes**. IEEE Cloud Computing, (3):81–84, 2014.

FIELDING, R.. **Representational state transfer**. *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architecture*, pages 76–85, 2000.

GERMANO, E., Oliveira, H., Narciso, M. G., and Santos, E. H.. **Gene+: uma solução computacional distribuída para gerenciar ensaios de genotipagem e marcadores moleculares**. Comunicado Técnico Embrapa Informática Agropecuária, v. 126, p. CGPE 14076, 2016.

JIANG, F.-y. and Duan, H.-c.. **Application research of websocket technology on web tree component**. In *Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, 2012 International Symposium on, volume 2, pages 889–892, 2012. IEEE.

KAUR, A. and Mann, K. S.. **Component based software engineering**. *International Journal of Computer Applications*, 2(1):105–108, 2010.

MAIA, A. d. O. and Silva, D. A.. **Proposal to use of the websocket protocol for web device control**. In *Proceedings of the 23rd Brazillian Symposium on Multimedia and the Web*, pages 253–260, 2017. ACM.

SPARKES, D., Schmidlin, K., and Hsu, M.. **Virtual learning environment for entrepreneurship: a conceptual model**. 2016.

WIRASINGHA, T. and Dissanayake, N.. **A survey of websocket development techniques and technologies**. 2016.

ZHANG, L. and Shen, X.. **Research and development of real-time monitoring system based on websocket technology**. In *Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC)*, Proc. 2013 International Conf. on, pages 1955–1958, 2013. IEEE.

## UMA PRÁTICA DE DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE SOLAR

**Alessandro Chicarelli Pereira**

Sistema Servita de Educação/Escola Regina  
Pacis,  
Carangola – Minas Gerais

**Lev Vertchenko**

PUC Minas,  
Belo Horizonte – Minas Gerais

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi elaborar um material com ênfase em um experimento abrangendo a observação do Sol, que consiste em submeter uma bacia de fundo preto contendo água, à luz do Sol, e cronometrar o tempo que a água leva para sofrer uma variação  $\Delta T$  na sua temperatura, nos permitindo fazer estimativas de grandezas que levam à conclusão da existência de fusão nuclear no interior do Sol, mecanismo responsável pela geração da energia do astro. A proposta metodológica foi aplicada, em forma de minicurso, a um grupo de 10 professores de Física do Ensino Médio de escolas da rede estadual de ensino das cidades de Fervedouro, Ponte Alta de Minas, Carangola e Divino no estado de Minas Gerais. A proposta do trabalho foi o de apresentar uma metodologia que pudesse dar significado ao conhecimento adquirido, com a preocupação de mostrar a concatenação lógica dos acontecimentos, visando o aperfeiçoamento do processo de ensino e aprendizagem da Física presente em

um tópico de Astrofísica. A escolha deste tema se deu por entendermos que ele é altamente motivador e capaz de permitir o estabelecimento de conexões com diversas áreas do saber. A base teórica deste trabalho foi fundamentada na teoria sócio-histórica desenvolvida por Vigotski. Os indícios da aprendizagem significativa foram obtidos por meio de um instrumento de avaliação que os professores responderam no final da participação no minicurso. Nesse instrumento, os professores apresentaram um índice de aproveitamento satisfatório, e os resultados apontaram que o assunto é reconhecido por eles como potencialmente significativo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Astrofísica; Ensino de Física; Aprendizagem Significativa.

**ABSTRACT:** The objective of this study was to develop a material with emphasis on an experiment involving the observation of the Sun, which is to submit a black background bowl containing water, sunlight, and time how long the water takes to undergo a  $\Delta T$  variation in its temperature, allowing us to estimate quantities that lead to the finding of nuclear fusion inside the sun, mechanism responsible for the energy star. This material allows an introduction to astrophysics in Physics Degree. The methodology was applied in a short course for a group of 10 Physics teachers who work at public schools in Fervedouro, Ponte Alta de

Minas, Carangola and Divino cities in the state of Minas Gerais. This study introduces a methodology in order to give a meaning for acquired knowledge, concerning about showing the logical concatenation of events, aiming to improve the physics teaching and learning that is present in an astrophysics topic. This theme was chosen because it is extremely motivator and it is able to afford connections among different areas of knowledge. This project was founded in the socio-historical theory developed by Vygotsky. Evidence of meaningful learning were obtained through an assessment tool that teachers responded at the end of participation in short course . In this instrument , the teachers presented a satisfactory utilization rate , and the results showed that it is recognized by them as potentially significant.

**KEYWORDS:** Astrophysics; Physics Teaching; Meaningful Learning.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Ensino de Astronomia, bem como da Astrofísica nos cursos de Licenciatura em Física é marcado pela descontinuidade e por uma literatura insuficiente para atender os objetivos a que se propõe, e cumprir o estabelecido pela Constituição Federal de 1988 BRASIL (1988).

Entretanto, sabe-se que é notável o encanto que as pessoas sentem pelo céu. Contudo, os fenômenos celestes e atmosféricos que fazem parte do nosso cotidiano não são compreendidos por grande parte de nós, sendo, muitas vezes entendidos como de natureza mística e não como fenômenos naturais.

O objetivo deste trabalho foi apresentar a proposta de um experimento que possibilite dentro de certas limitações, uma introdução à Astronomia e à Astrofísica para os cursos de Licenciatura em Física, através da apresentação de estimativas de grandezas como a determinação da constante solar, que se constitui um importante parâmetro que leva à conclusão da existência de fusão nuclear no interior do Sol. Isso envolve a determinação da distância da Terra ao Sol, da constante gravitacional  $G$  e da luminosidade do astro. A determinação das grandezas foram apresentadas em perspectiva cronológica, e com a preocupação de mostrar a sua concatenação lógica em direção à evolução da concepção da fonte de energia do Sol, nos auxiliando a fazer inferências importantes sobre a Física presente nos fenômenos celestes aqui estudados.

O referencial teórico-pedagógico aqui adotado é inspirado em Gaspar & Monteiro (2005), em artigo publicado sobre a realização de demonstrações. Apesar de realizarmos apenas uma experiência, o artigo sugere que tais atividades, quando fundamentadas na teoria de Vigotski (2001), podem funcionar como facilitadoras do processo de ensino aprendizagem.

Escolhemos um tópico de Astrofísica a ser desenvolvido, apresentando como importante concepção, o mecanismo responsável pela geração de energia nas estrelas.

Optou-se pelo conteúdo, pois, além de apresentar um elevado grau de dificuldade, é um tema que, às vezes, não chega a ser abordado nos cursos de licenciatura em Física.

Considerando o aspecto motivacional que a Astronomia e a Astrofísica podem proporcionar, os fenômenos que observamos no céu e no mundo que nos cerca, possibilitam indagações muito ricas, que se fazem presentes em diversos campos do conhecimento humano, bem como nos sensibilizam significativamente. De onde viemos? – Como surgiu o universo? Esses são alguns exemplos de perguntas que temos nos feito, “em todos os tempos e em todas as civilizações, essas perguntas sempre inquietaram a humanidade e receberam diferentes respostas” (MARTINS, 1994, p.7).

Acreditamos que a introdução de uma atividade experimental abrangendo a observação do Sol servirá tanto de apoio para contribuir para a formação dos conceitos como também de motivação para o estudo da Física presente nos tópicos de Astronomia e Astrofísica propostos para os cursos de Licenciatura em Física. Desta forma, estamos propondo uma nova metodologia que utilizará um experimento com o intuito de inserir novos signos para formar princípios que servirão de pré-requisitos para uma aprendizagem mais significativa.

Nos cursos de Licenciatura em Física ou outras matérias afins como, por exemplo, na Astronomia e na Astrofísica, as atividades experimentais e as observações exercem um papel importante na formação dos acadêmicos. Quando o aluno verifica e/ou interpreta um problema prático, desenvolve capacidades e competências que dificilmente seriam alcançadas com uma aula teórica convencional.

Utilizamos um experimento que consiste de uma bacia com água, um termômetro, um recipiente graduado para medida de volume, relógio cronômetro e uma calculadora, porque alguns sistemas mais complexos, além de impraticáveis, podem não funcionar da primeira vez, necessitando de diversas revisões e ajustes. Além disso, a precisão do processo pode ser aumentada através do aprimoramento do modelo, pois, como o problema está simplificado, temos condições de exercer um controle maior sobre o seu comportamento. Isso acontece porque estão envolvidas, neste caso, menos variáveis para serem controladas durante a realização do experimento.

O objetivo do experimento foi medir a quantidade de energia proveniente do Sol e recebida na Terra a cada minuto, calcular a constante solar e relacionar essa constante com a potência emitida pelo Sol.

Com esses dados fomos capazes estabelecer o conceito de luminosidade, compreender a relação entre a altitude do Sol no céu e o valor da constante solar medido na superfície da Terra, relacionar a luminosidade com a energia emitida e chegarmos à temperatura efetiva do Sol. Através de condições de equilíbrio, estimaremos o valor da temperatura e da pressão no núcleo do Sol, os participantes do minicurso perceberam que elas se tornam tão altas a ponto de ocorrer fusão nuclear no interior da estrela.

## 2 | DETERMINAÇÃO DA LUMINOSIDADE DO SOL, METODOLOGIA UTILIZADA NO EXPERIMENTO DA BACIA COM ÁGUA E EQUIPAMENTO NECESSÁRIO

- uma bacia;
- água;
- termômetro;
- fita adesiva preta;
- recipiente graduado para medida de volume;
- relógio cronômetro;
- calculadora.



Figura 1 – Bacia utilizada no experimento

Fonte: Foto do autor



Figura 2 – Cronômetro digital

Fonte: Foto do autor



Figura 3 – Becker utilizado para a medida do volume da água

Fonte: Foto do autor



Figura 4 – Termômetro graduado na escala Celsius.

Fonte: Foto do autor

A ideia básica desta experiência foi colocar uma bacia com água sob o Sol e observar o aumento da temperatura da água devido à absorção da energia solar. A partir deste aumento da temperatura, pode-se calcular a quantidade de energia absorvida. Sabemos que, por definição, é necessária uma caloria para aumentar a

temperatura de um centímetro cúbico de água em um grau Celsius.

Para um melhor resultado na experiência utilizamos uma bacia vazia e cobrimos seu interior com material plástico preto. O objetivo desta cobertura preta é propiciar a maior absorção de energia possível. Ao lado da cobertura preta, instalamos com fita adesiva um termômetro para medir a temperatura da água.

Os participantes foram orientados que de preferência, fizessem o experimento num dia sem nuvens e sem vento. Foram feitas medidas de temperatura ao Sol e depois na sombra. As medidas de temperatura na sombra devem ser feitas para determinar a quantidade de calor que fluirá para dentro ou para fora da bacia, que não seja devido à incidência solar direta.

Orientamos que deveriam ser feitas pelo menos quatro medidas de temperatura, que foram anotadas na tabela abaixo, duas no Sol e duas na sombra. Para cada medida, colocamos água fria na bacia.

Orientamos ainda que a quantidade de água deveria ser sempre a mesma, tomando o cuidado de não encher a bacia completamente evitando assim um possível transbordamento.

Para um mesmo intervalo de tempo de exposição da bacia com água ao Sol e na sombra, determinamos a quantidade de energia absorvida pela amostra de água, que é aproximadamente igual ao número de calorías emitidas pelo Sol.

Para determinar a constante solar, calculamos a área coletora da bacia. Finalmente, dividimos as calorías calculadas anteriormente pela área coletora, e pelo intervalo de tempo de exposição ao Sol e obtemos o número de calorías absorvidas por minuto e por  $\text{cm}^2$  □ CONSTANTE SOLAR, desconsiderando os efeitos atmosféricos como: altitude do local e altura do Sol.

Pedimos então, que os participantes fizessem as seguintes atividades:

1. Determine a constante solar como descrito acima;
2. Calcule a luminosidade do Sol a partir do valor da constante solar determinada anteriormente. Compare com o valor da luminosidade do Sol contido em tabelas astronômicas;
3. Preencha a tabela abaixo com os dados coletados.

	Hora Início	Temperatura	Hora Fim	Temperatura	$\Delta T$
Sol					
Sol					
Sombra					
Sombra					

### Orientação:

1ª medida:

Coloque a bacia com água sob o Sol, e meça imediatamente a temperatura. Anote na tabela 1 a hora e a temperatura medida. Procure maximizar a superfície

preta exposta ao Sol. Talvez seja necessário reajustar a posição da bacia ao longo da exposição, de modo a mantê-la o mais perpendicular possível em relação aos raios do Sol. Após 15 minutos de exposição ao Sol, anote novamente a hora e a temperatura medida.

2ª medida:

Repita o procedimento descrito para a 1ª medida.

3ª e 4ª medidas:

Repita os procedimentos da 1ª medida colocando o mesmo volume de água fria usada na 1ª e 2ª medidas, porém deixando a bacia na sombra, “protegendo-a” dos raios do Sol, medindo a temperatura imediatamente e após 15 minutos.

Calcule a variação de temperatura durante 15 minutos. As duas medidas no Sol e as duas medidas na sombra devem ser semelhantes. Se não forem, algum erro deve ter sido cometido durante o experimento (por exemplo, passagem de nuvens, etc.).

	Hora Início	Temperatura	Hora Fim	Temperatura	$\Delta T$
Sol	10:55	19,0°C	11:10	23,5°C	4,5°C
Sol	11:15	19,0°C	11:30	23,6°C	4,6°C
Sombra	10:55	19,0°C	11:10	19,3°C	0,3°C
Sombra	11:15	19,0°C	11:30	19,4°C	0,4°C

**Tabela 01:** Dados obtidos em uma realização do experimento

Fonte: Dados da pesquisa

Varição da temperatura no Sol:  $[(23,5^\circ - 19,0^\circ) + (23,6^\circ - 19,0^\circ)] / 2 = 4,55^\circ\text{C}$ .

Varição da temperatura na sombra:  $[(19,3^\circ - 19,0^\circ) + (19,4^\circ - 19,0^\circ)] / 2 = 0,35^\circ\text{C}$ .

Varição total da temperatura:  $\Delta t = 4,2^\circ\text{C}$ .

Volume de água utilizado no experimento: 2 litros.



Figura 5 – Medida da temperatura inicial da água (sombra e sol)

Fonte: Foto do autor

Propusemos que o estudante de física (no nosso caso os professores participantes do minicurso) calculassem a luminosidade do Sol utilizando os dados obtidos no experimento anterior, o que permite estabelecer uma relação da luminosidade do astro com a temperatura efetiva  $T_{\text{ef}}$  da sua fotosfera (camada visível do astro).

Conforme podemos constatar na literatura, OLIVEIRA FILHO & OLIVEIRA

SARAIVA (2004, p. 122 – 123), só podemos observar uma delgada camada superficial do Sol, a fotosfera, que emite a luz que faz o Sol visível, por isso, estaremos considerando, a fotosfera a superfície do Sol.

Medidas realizadas com maior precisão mostram que a energia emitida por segundo, por metro quadrado, e que chega ao topo da atmosfera da Terra (a constante solar) vale:  $f = 1,36 \times 10^3 \text{ W/m}^2$  (valor medido fora da atmosfera da Terra e que usamos para posteriores considerações), e com base na conservação da Quantidade de Energia, podemos calcular a luminosidade  $L$ , que é a potência total irradiada pelo sol.

$$E = mc\Delta t \rightarrow \frac{mc\Delta T}{A \Delta t} = f$$

$$\frac{2000g \cdot \frac{1cal}{g^{\circ}C} \cdot 4,2^{\circ}C}{363cm^2 \cdot 15min} = f$$

$$f = 1,54cal/min.cm^2 = 1,54 \cdot 4,2 / 10^{-4} \cdot 60 = 1078W/m^2,$$

valor que é muito próximo do valor que encontramos na literatura, como por exemplo no livro “Astronomia & Astrofísica, Oliveira Filho, Kepler de Souza e Saraiva, Maria de Fátima Oliveira (2004) 2ª edição página 127”.

### 3 | APLICAÇÃO DO MATERIAL

No início do minicurso os professores assistiram a apresentação de slides sobre o objeto de estudo e a motivação para o trabalho. Neste momento, os professores reconheceram que têm sérias dificuldades ao ensinar conceitos básicos de fenômenos relacionados à Astronomia/Astrofísica, devido às deficiências encontradas em sua formação, uma vez que nenhum deles havia estudado durante a graduação tópicos relacionados com Astronomia/Astrofísica.

Na sequência, os professores resolveram um exercício para determinar a distância da Terra ao Sol, relacionando a 3ª Lei de Kepler com a determinação da Unidade Astronômica, resolveram ainda um segundo exercício e calcularam o diâmetro do Sol, conheceram como Cavendish obteve o valor da constante  $G$  que foi usada na determinação da massa solar e da massa da Terra.

Com o conhecimento do conceito de fluxo de radiação luminosa emitido pelo Sol a chamada “constante solar”, com a equação  $f = \frac{L}{4\pi d^2}$ , relacionaram  $f$  com a luminosidade do astro e com a distância à Terra.

De posse do material e do roteiro que receberam, os professores se dividiram em dois grupos e realizaram a atividade experimental da bacia com água, registrando os dados obtidos em uma tabela.

Dando continuidade, os professores conheceram uma nova equação que

relacionava a energia recebida pela bacia com água com a constante solar “ $E = fAt$ ”, e como esta energia estava sendo usada para variar a temperatura da água, estabeleceram uma relação com a equação  $E = mc\Delta T$  e puderam verificar que a constante solar poderia ser determinada por:  $f = \frac{mc\Delta T}{At}$ .

Tomando a nova equação para  $f$ , os professores retornaram aos dados experimentais e estimaram o valor da constante solar. Em seguida, os professores resolveram um exercício que questionava o porquê de o valor encontrado no experimento da bacia com água ser diferente do valor tabelado de  $f$ , resolveram o outro exercício que possibilitou que estimassem a luminosidade do astro. Os valores da luminosidade, da constante solar e da unidade astronômica, permitiram estimar a temperatura efetiva do Sol.

Para entender a luminosidade do Sol, os professores resolveram outro exercício que os levou a se questionarem se seria possível, explicar a energia do Sol através da queima de algum combustível que faz parte do nosso dia-a-dia, caso toda a sua massa fosse formada de um desses combustíveis.

Ao resolver os exercícios percebemos que os professores sinalizaram para o entendimento de que com tais combustíveis o tempo de vida do Sol seria muito curto, o que não estaria de acordo com o tempo de vida da Terra que é mais nova que o Sol.

Para prosseguirmos, os professores conheceram o conceito de equilíbrio hidrostático do Sol, sinalizando que o Sol deve estar em equilíbrio, o chamado equilíbrio hidrostático, e resolveram um exercício para entender se seria possível explicar a luminosidade do astro caso sua energia se devesse à contração gravitacional.

Ao resolverem o exercício, a maioria dos professores concluíram que ainda assim, o tempo de vida do Sol seria pequeno, ao comparar com a idade de fósseis de algas encontradas na Terra.

Neste momento, os professores resolveram um exercício que possibilitou estimar o valor da pressão e da temperatura no interior do Sol, chegando à conclusão de que os valores eram extremamente altos, o que sinalizava para a possibilidade de haver fusão nuclear por estarem de acordo com a quantidade de energia no qual se dão a maioria das reações nucleares nas estrelas.

Prosseguindo com os textos, foram apresentados aos professores fatores que impedem que as reações de fusão dos prótons sejam mais rápidas: a barreira coulombiana e o fato de nêutrons livres serem raríssimos na natureza.

Nesse momento, os professores questionaram de que forma seria possível que os lentos prótons solares ultrapassem a barreira coulombiana.

A partir do questionamento pudemos introduzir a teoria relacionada com o fenômeno denominado efeito túnel, pelo qual existe efetivamente a possibilidade de um próton atravessar a barreira coulombiana, não importando qual velocidade tenha, conheceram ainda o chamado Pico de Gamow, teoria que mostra a maior probabilidade de ocorrer tunelamento, quando a distribuição de Maxwell-Boltzmann indica um máximo, sendo esta, a região da energia onde a maioria das reações ocorrem.

Por fim, os professores resolveram um exercício onde calcularam o tempo de vida do Sol, levando em consideração a relação existente entre massa e luminosidade.

Após a resolução do exercício, os professores compararam o tempo encontrado com o do aparecimento de algas na Terra e suas respostas sinalizaram que o problema do tempo, relacionado ao “combustível” responsável pela geração da energia na estrela estaria resolvido.

Ao final do minicurso, formulamos um questionário que além de propiciar o desenvolvimento da habilidade de comunicação escrita dos participantes, nos forneceu um material para avaliarmos nossa proposta de trabalho.

Analisando as respostas verificamos um fator agravante presente nos cursos de formação de professores, confirmando o que previmos inicialmente, que a Astronomia/Astrofísica não são estudadas durante sua formação. Além disso, assuntos de Física relacionados à Astronomia, que fazem parte dos currículos da educação básica, são pouco ou quase nada abordados durante o curso de Licenciatura. Dessa forma, os estudantes, futuros professores, sentem-se inseguros conceitual e metodologicamente para trabalhar com tópicos que abordem a Astronomia/Astrofísica em sala de aula.

Uma das finalidades do trabalho foi dar significado ao conhecimento adquirido, visando o aperfeiçoamento do processo de ensino e aprendizagem, investindo em novas propostas que possam viabilizar a motivação dos alunos e dirigir a aprendizagem para objetivos bem definidos através de problemas práticos.

Com esta abordagem, podemos afirmar que foi possível instigar nos professores o raciocínio, o espírito investigativo, a cooperação mútua na solução dos problemas e a troca de conhecimentos. Outra contribuição que já esperávamos e foi confirmada, foi a tese de que com a atividade experimental o ensino poderia ser planejado para oferecer estratégias favoráveis à apropriação dos conceitos físicos.

Durante o minicurso, observamos o interesse e motivação dos participantes com o que estava sendo trabalhado. Eles reconheciam a importância da compreensão significativa dos temas para suas possíveis aplicações em sala de aula. Constantemente indagavam, comentavam e confrontavam seus conhecimentos iniciais com os novos conceitos apresentados.

#### **4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Analisando os resultados encontrados com a aplicação da atividade experimental, comprovamos que a aprendizagem se concretizou por meio da interiorização dos conceitos, fazendo com que novas estruturas de pensamento se originassem nas interações entre os grupos e se internalizassem por meio da linguagem.

Pelos resultados apresentados e analisados, cremos que a proposta desenvolvida alcançou os objetivos propostos. Acreditamos que o minicurso foi exitoso e pode ser repetido, com convicção de sucesso, com estudantes do curso de Licenciatura em Física. No entanto, nada impede que ele seja adaptado e aplicado a outros cursos de

formação de professores principalmente da área de ciências.

Por fim, considerando os bons resultados aqui alcançados, este trabalho se apresenta como uma boa alternativa metodológica capaz de desenvolver conceitos científicos nos alunos. Com esta proposta, temos a expectativa de ter lançado uma importante contribuição para os futuros professores de Física do ensino médio.

## REFERÊNCIAS

- ASTRONOMIA: **Uma Visão Geral do Universo**. Orgs. Amâncio Friaça, Elisabete Dal Pino, Laert Sodré, Jr. E Vera Jatenco-Pereira, EDUSP, 2000.
- BAZZO, Walter Antônio; PEREIRA, Luiz Teixeira. **Introdução à Engenharia**. 6ª edição. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.
- BOCZO, R. **Astronomia**. In: Maciel, W. J. ed. *Astronomia e Astrofísica: texto do curso de extensão universitária do Departamento de Astronomia do Instituto Astronômico e Geofísico, USP*. São Paulo, 1991.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei 9394/96 de 20.12.96. Diário Oficial da União, nº 284 de 23.12.1996 Brasília/DF/BRASIL.1996.
- MARTINS, R. de Andrade (1994). **O Universo: Teorias Sobre Sua Origem e Evolução**. 1ª ed. São Paulo, SP: Moderna, v. 1.
- MEGID NETO, J. **Tendências de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia no Brasil**. Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira, v. 24, n. 2, p. 35-43, 2005.
- NEVES, Margarida Saraiva, MOREIRA, Marco Concesa Caballero. **Repensando O papel do trabalho experimental, na aprendizagem da Física em sala de aula: um estudo exploratório**. *Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre*, v.11, n. 3, dez./2006.p.383-401.
- OLIVEIRA FILHO, K. S.; Saraiva, M. F. O. **Fundamentos de astronomia e astrofísica**, Porto Alegre: Departamento de Astronomia do Instituto de Física – UFRGS, 1999.
- OLIVEIRA FILHO, K. S.; Saraiva, M. F. O. **O Sol – a nossa estrela**. (on-line) <http://astro.if.ufrgs.br/esol/esol.htm>, 22/06/2001.
- VIGOTSKI, Lev S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução de Paulo Bezerra. 1ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- VIGOTSKI, Lev S. **Pensamento e linguagem**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. 2ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

## RELAÇÃO ENTRE VÓRTICES CICLÔNICOS DE ALTOS NÍVEIS E FORMAÇÃO DE DUTOS ATMOSFÉRICOS DE SUPERFÍCIE NA ÁREA DO AEROPORTO DE PETROLINA PE

### **Magaly de Fatima Correia**

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Campina Grande Paraíba

### **André Gomes Penaforte**

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Campina Grande Paraíba

### **Maria Regina da Silva Aragão**

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Campina Grande Paraíba

**RESUMO:** O desenvolvimento desta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência de vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) na distribuição vertical do vapor d'água, mudanças no padrão de refração atmosférica e na formação de dutos atmosféricos na região de Petrolina-PE. A estratificação vertical do vapor d'água e a precipitação pluvial desempenham papel fundamental em atenuações significativas e podem impactar diretamente a qualidade dos sinais radioelétricos.

Dentro desta perspectiva, dados de ar superior provenientes de sondagens realizadas em Petrolina, e de observações realizadas em

estações meteorológicas de superfície foram utilizados para avaliar como perturbações atmosféricas em diferentes escalas, modificam a estrutura termodinâmica e dinâmica da atmosfera. Os resultados mostram que não existe uma relação do tipo causa-efeito entre a frequência de dutos de superfície e a posição geográfica do VCAN. O número elevado de dutos de superfície registrados no mês de janeiro de 2001 e 2007 na área do aeroporto de Petrolina resultou da ação conjunta de processos atmosféricos locais e sistemas meteorológicos de grande escala.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vórtices ciclônicos de altos níveis, refração atmosférica, dutos de superfície

### RELATIONSHIP BETWEEN UPPER LEVEL CYCLONIC VORTICES AND FORMATION OF SURFACE ATMOSPHERIC DUCTS IN THE AREA OF THE PETROLINA-PE AIRPORT

**ABSTRACT:** The objective in developing this research was to evaluate the influence of upper level cyclonic vortices (ULCV) on the: water vapour vertical distribution, changes on the atmospheric refraction pattern and formation of atmospheric ducts, in the region of Petrolina-PE. The water vapour vertical distribution and rainfall play a major role in significant attenuations and

may directly impact the quality of radioelectric signals. Under this perspective, data of upper air soundings made in Petrolina and of surface meteorological stations were used to evaluate the manner in which atmospheric perturbations at various scales modify the atmospheric thermodynamic and dynamic structure. The results show that there is no direct cause-effect relationship between the frequency of surface ducts and the ULCV geographic location. The high number of surface ducts registered in January 2001 and 2007 in the Petrolina airport area was a result of the combined action of local atmospheric processes and large scale meteorological systems.

**KEYWORDS:** Upper level cyclonic vortices, atmospheric refraction, surface ducts

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente a rotina da vida moderna é inconcebível sem uma boa rede de telecomunicações. Com o avanço da tecnologia é possível a troca de informações de forma rápida independentemente do meio de comunicação (rádio, televisão, celular, internet, satélite, radares meteorológicos). No entanto, é primordial evoluir e aprimorar os conhecimentos acerca não apenas dos equipamentos eletrônicos, mas também sobre mecanismos relacionados a propagação de ondas eletromagnéticas que permitam o uso de técnicas capazes de diminuir ou eliminar atenuações e/ou perdas de sinais radielétricos.

A modernização das telecomunicações é de fato importante tanto socialmente quanto do ponto de vista econômico. Nos setores de gestão de atividades aeroportuárias incluindo segurança dos voos, a eficiência na comunicação entre a torre de controle e o piloto, é determinante no planejamento de rotas de voo, alertas de condições adversas de tempo, e definição de períodos de embarques e desembarques. Atrasos ou perdas de sinais radioelétricos podem ser decorrentes de mudanças no padrão do índice de refração atmosférica associadas com variações na distribuição vertical do vapor de água, pressão e temperatura do ar.

A troca de calor e umidade entre a superfície terrestre e o ar vizinho, modifica a estratificação térmica das camadas mais baixas da atmosfera. Esse processo leva a uma atmosfera com diferentes características refrativas e pode favorecer a formação de dutos, camadas de sub-refração e de super-refração. Mudanças antrópicas tais como agricultura, urbanização e construção de Usinas Hidrelétricas estão entre as principais causas de variações na transferência de água e energia entre a superfície e a atmosfera.

Em latitudes altas as inversões de temperatura representam o principal mecanismo de formação de dutos atmosféricos. Já nas latitudes tropicais as inversões térmicas geralmente não são suficientemente intensas para gerar condições necessárias para formação de dutos a não ser quando associadas à estratificação da umidade na vertical (BEAN & DUTTON, 1968; AMORIM et. al., 1998, PATEL, 2001; CHAVES FILHO, et. al., 2013; KAISSASSOU, et. al., 2015).

Entre os principais sistemas meteorológicos que influenciam o tempo na região Nordeste do Brasil (NEB) e podem alterar de forma substancial a distribuição vertical da temperatura e do vapor d'água, estão os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Vários estudos destacam aspectos relevantes da dinâmica e termodinâmica da atmosfera em períodos de atuação dos VCAN (SILVA ARAGÃO et. al., 2000; SILVA ARAGÃO, et al., 2007). Portanto, monitorar variações do gradiente vertical da refratividade e conseqüentemente o desenvolvimento de dutos de superfície é importante no controle da qualidade de informações provenientes de sistemas radioelétricos fundamentais em operações de pousos e decolagens em condições adversas de tempo.

## 2 | MATERIAS E METÓDOS

### 2.1 Área de Estudo

A cidade de Petrolina-PE está inserida no semiárido brasileiro e engloba um dos polos agroindustriais mais importantes do Brasil. A localização geográfica da área de estudo é apresentada na Figura 1. Com a construção do reservatório de Sobradinho no início da década de 80, pela CHESF (companhia hidrelétrica do rio São Francisco) a região passou por grandes modificações ambientais. O crescimento urbano e a expansão agrícola em áreas do bioma caatinga estão entre as principais mudanças na cobertura e uso da terra.

O surgimento de vários perímetros de irrigação no entorno da Usina Hidrelétrica de Sobradinho, alterou substancialmente o balanço de energia em superfície em virtude da substituição da vegetação nativa (caatinga) por agricultura irrigada (CORREIA, 2001; CORREIA et al., 2006). Essa mudança culminou com a expansão do agronegócio e o crescimento econômico e social da região.

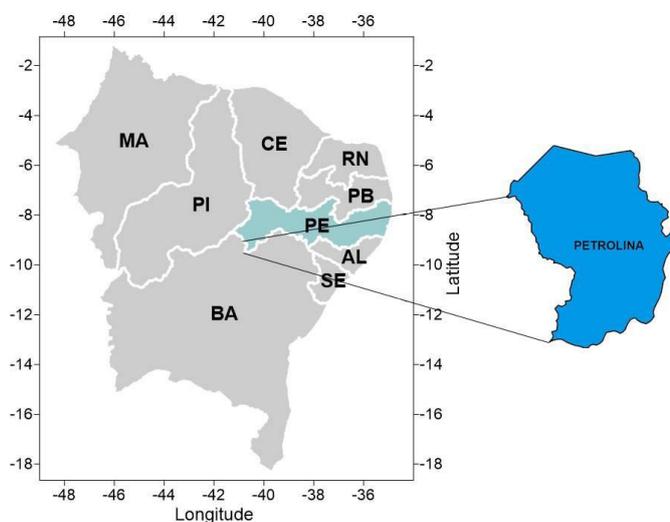


Figura 1. Localização geográfica da cidade de Petrolina PE.

## 2.2 Dados

O principal conjunto de dados utilizados nas análises apresentadas neste trabalho é constituído por:

- Dados diários de ar superior provenientes de sondagens atmosféricas realizadas em Petrolina-PE (09° 38'S –40° 48'W; 370,0 m) às 12 UTC, no período de 2000 até 2014; disponíveis no site da Universidade de Wyoming – EUA <<http://weather.uwyo.edu>>;
- Imagens do satélite GOES no canal infravermelho, disponíveis no site do CPTEC <<http://clima1.cptec.inpe.br/>>;
- Boletins de Monitoramento e Análise Climática (CLIMANÁLISE) disponíveis no site do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos);
- Dados de superfície provenientes da estação automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

## 2.3 Metodologia

Para atingir os objetivos propostos neste estudo as análises foram concentradas no mês de janeiro, período de maior atuação de vórtices ciclônicos de superfície (VCAN) na região Nordeste. Enfoque especial foi dado aos anos com maior frequência de dutos em superfície.

### 2.3.1 Estatística de dutos atmosféricos

A detecção e estimativa da frequência de formação de dutos atmosféricos foram feitas com base na construção de perfis verticais do índice de refração modificado (M) obtido pela Equação 1.

$$M = N + 0,157Z \quad (1)$$

Em que,  
N é a refratividade;  
Z é a altura (m).

A relação entre as variáveis meteorológicas e a refratividade N é dada pela equação 2.

$$\begin{aligned} N &= 10^6(n - 1) = N_s + N_u = 77,6 \frac{P}{T} + 3,73 \times 10^5 \frac{e}{T^2} \\ &= 10^6(n - 1) = N_s + N_u = 77,6 \frac{P}{T} + 3,73 \times 10^5 \frac{e}{T^2} \quad (2) \end{aligned}$$

Em que,

$$N_s = \frac{77,6}{T} P; \text{ é o termo seco da refratividade;}$$

$$N_U = (3,73 \times 10^5) \frac{e}{T^2}; \text{ é o termo úmido da refratividade;}$$

P é a pressão atmosférica (mb);

T é a temperatura atmosférica (K);

A pressão atmosférica (P) foi determinada a partir da equação 3.

$$P \cong \frac{e0,622}{r} \times 10^3 \quad (3)$$

Em que,

$$r = 622 \frac{e}{(P - e)} \text{ é a razão de mistura em (g/kg);}$$

e, é a pressão de vapor (mb) e;

$$e_s(T) = 6,11 \times \exp\left[\frac{(17,67T)}{(T + 243,5)}\right] \text{ é a pressão de vapor de saturação (mb).}$$

$$UR = \frac{e}{e_s(T)} \text{ é a umidade relativa;}$$

### 2.3.2 Condições de propagação

Quatro regimes de refração são considerados:

1. Condições de Sub-refração: quando  $dN/dZ > 0$ ; nestes casos, as ondas são desviadas para cima da trajetória original, diminuindo, assim, o alcance máximo da propagação;
2. Condições de Refração Normal: quando,  $-79 < dN/dZ < 0$ . Nesta situação, as ondas podem sofrer uma pequena mudança na direção inicial, acompanhando a curvatura da Terra e aumentando o alcance das ondas eletromagnéticas em relação ao horizonte geográfico;
3. Super-refração: este tipo de condição ocorre quando  $-157 < dN/dZ < -79$ . Nestes casos, a curvatura da trajetória aumenta para baixo, ou seja, o feixe é desviado na direção da superfície terrestre;
4. Receptação (Dutos): condição atmosférica em que uma determinada camada pode aprisionar ondas radioelétricas em propagação. Ocorre quando  $dN/dZ < -157$ . Nestes casos, a super-refração é tão intensa que a onda eletromagnética fica oscilando dentro de uma mesma camada. O esquema apresentado na Figura 2 ilustra os diferentes regimes de refração atmosférica.

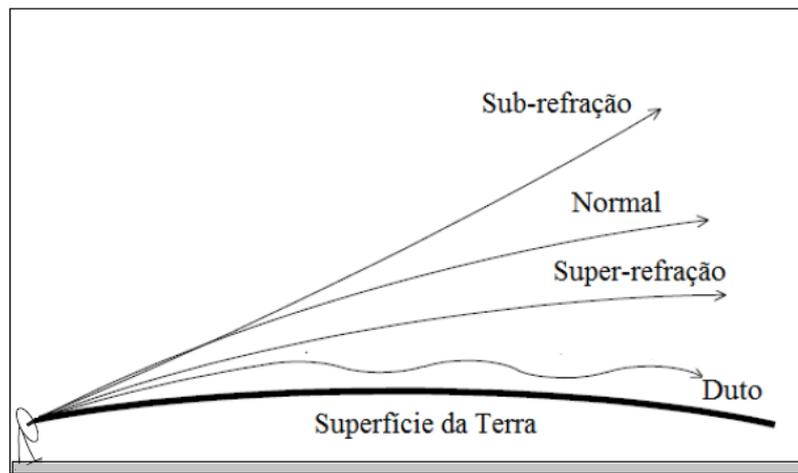


Figura 2. Regimes de refração atmosférica. Fonte: Modificado de Turton (1988)

### 2.3.3 Aspectos climáticos, posicionamento geográfico do VCAN e relação com a frequência de dutos em superfície

A estrutura dinâmica dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) consiste numa circulação ciclônica fechada, de escala sinótica, cujo centro é mais frio que sua periferia. Geralmente, são observados no período da primavera, verão e outono com maior frequência no mês de janeiro.

No processo de evolução do VCAN o sistema pode em alguns casos se deslocar de maneira relativamente rápida. Com o propósito de avaliar a influência do posicionamento geográfico do sistema na formação de dutos em superfície procurou-se dividir o número de casos de VCAN que atuaram na região de estudo em dois grupos: situações cujo centro do sistema se encontrava no oceano atlântico, ao norte da latitude de  $20^{\circ}$  S e ocorrências cujo centro do sistema estava posicionado no continente também situados ao norte da latitude de  $20^{\circ}$  S. Mapas de trajetórias do centro do VCAN disponibilizados no site do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) foram utilizados como principal ferramenta de análise.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Estatística

O número de ocorrências de camadas atmosféricas com gradientes de refratividade anômalos no mês de janeiro, detectado no período de 2000 e 2014 é apresentado na tabela 1.

Condições Anômalas	Dutos de Superfície	Dutos Elevados	Sub-refração	Super-refração
2000	2	8	24	50
2001	14	13	26	45
2002	0	0	5	7

2003	0	9	22	55
2004	8	7	14	12
2005	6	5	20	39
2006	3	2	4	5
2007	15	17	28	57
2008	2	30	55	47
2009	3	29	45	44
2010	1	11	36	27
2011	2	15	49	54
2012	6	16	46	44
2013	3	19	31	48
2014	2	60	67	89
Total	67	241	473	623

Tabela 1. Distribuição das ocorrências das camadas atmosféricas com gradientes anômalos de refratividade.

Verifica-se uma alta variabilidade no registro de dutos atmosféricos elevados e de superfície. De um total de 367 dias com observações diárias de dados de ar superior, realizadas às 12 UTC, foram detectados 473 casos de sub-refração, 623 de super-refração, 241 registros de dutos elevados e 67 dutos de superfície.

### 3.2 Dutos de Superfície

A frequência de dias com registros de dutos de superfície (DS) no mês de janeiro, com e sem atuação de VCAN (vórtice ciclônico de altos níveis) no período de 2000 a 2014, é apresentada no Quadro 1. Conforme mencionado na metodologia, em dias com registros de atuação de VCAN, foram considerados apenas os casos em que o sistema se encontrava acima da latitude de 20° S.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1					DSC			DSO						DSC	
2		DSC		DSO	DSC		DSS								
3					DSC		DSO	DSO						DSC	
4	DSO	DSC			DSO		DSO	DSO							
5								DSO		DSO					DSC
6													DSO		
7		DSS		DSO		DSC		DSO					DSO		
8					DSS								DSO	DSC	
9															
10	DSO							DSO					DSS		
11						DSO		DSO	DSO				DSS		
12		DSC			DSS										
13		DSC			DSS										
14															
15		DSC							DSO						
16		DSC				DSS									
17		DSC													
18		DSC						DSO							
19		DSC			DSS			DSO							
20															
21					DSS					DSS					
22								DSC							DSO
23		DSC													
24				DSO		DSO									
25		DSC													
26		DSC						DSO							
27				DSO		DSO		DSO							
28		DSO						DSO							
29										DSO			DSO		
30								DSO		DSC					
31				DSO		DSO		DSO							

Quadro 1. Ocorrência de dutos de superfície (DS) classificados de acordo com a posição geográfica do centro do vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN). As siglas DSO e DSC indicam que o centro do VCAN estava em média situado no oceano ou no continente respectivamente. A sigla DSS indica dias com registro de duto de superfície sem atuação de VCAN.

A estimativa foi feita de acordo com o posicionamento geográfico do centro do sistema. Observa-se que 55% das ocorrências de DS se formaram em condições atmosféricas sob a influência de VCAN cujo centro se posicionou predominantemente no Oceano Atlântico. Esses dutos são identificados na tabela com a sigla DSO.

Em 30% dos casos, os DS se formaram em situações nas quais os VCANs se encontravam centrados no continente. Esses casos são identificados com a sigla DSC. Também foi possível verificar que em torno de 26 % dos casos os DS se formaram em dias sem registros de atuação de VCAN. Essas ocorrências são identificadas com a sigla DSS.

Quando considerado todo o período analisado os anos de 2001 e 2007 se destacam nitidamente pelo número significativo de dias com dutos de superfície. No ano de 2001, os VCAN se posicionaram predominantemente sobre o continente enquanto que em 2007 os sistemas em sua maioria atuaram com o centro sobre o oceano atlântico. Esse resultado é mais evidente no histograma apresentado na Figura

3. O ano de 2004 se destaca por apresentar o maior número de casos de formação de DS sem registros de VCAN.

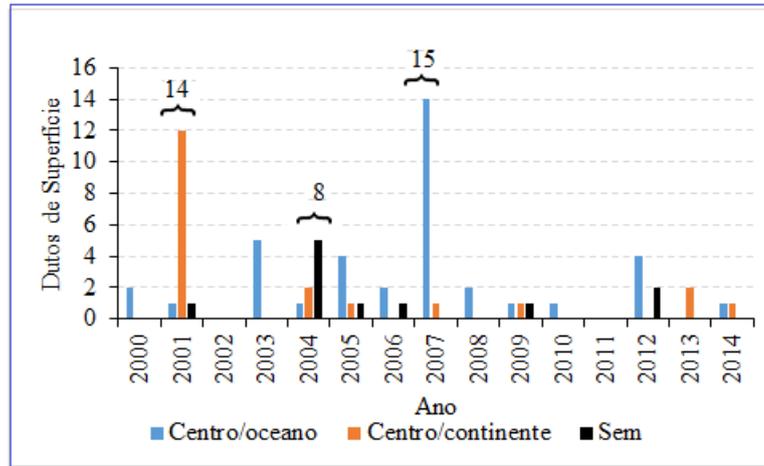


Figura 3. Ocorrência de dutos de superfície no período de 2000 a 2014.

### 3.3 Variações no Regime pluviométrico

Os histogramas apresentados na Figura 4 permitem uma comparação entre o total mensal de precipitação nos anos de 2001, 2004 e 2007 e a média climatológica em Petrolina (PE).

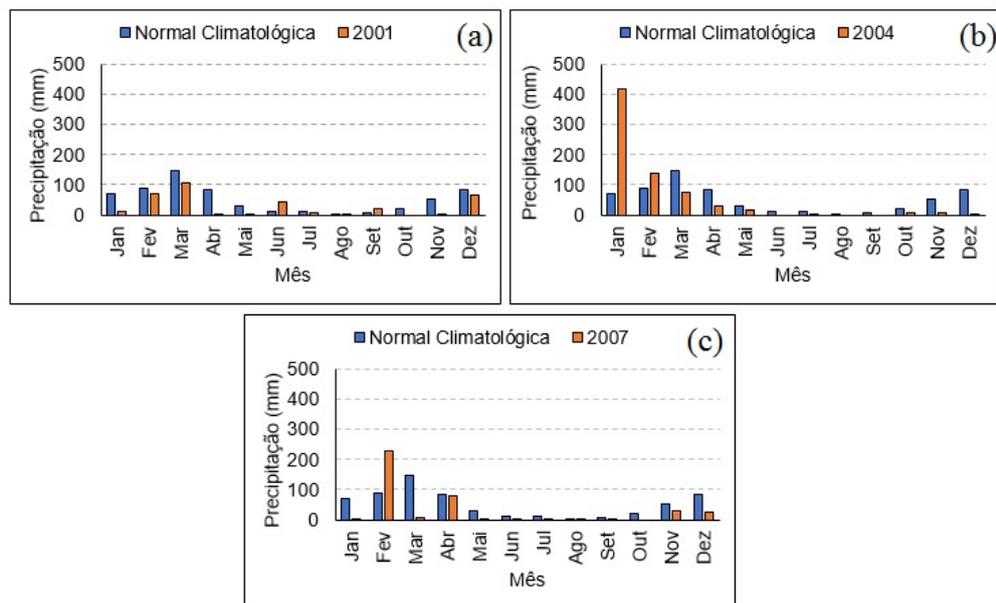


Figura 4 Média mensal climatológica e total mensal de precipitação em Petrolina (PE) em 2001 (a), 2004 (b) e 2007 (c).

A trajetória dos vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) no decorrer do mês de janeiro de 2001 e imagens do satélite GOES 8 no canal infravermelho dos dias 13 e 19 de janeiro de 2001 são apresentadas na Figura 5. O círculo na cor vermelha destaca a localização da área de estudo. As setas na cor vermelha que aparecem no mapa das trajetórias indicam a posição média do centro do VCAN nos dias 13 e 19 de

janeiro. Uma descrição detalhada sobre o método de elaboração dos mapas com o posicionamento dos centros do VCAN pode ser encontrada em Coutinho (2008).

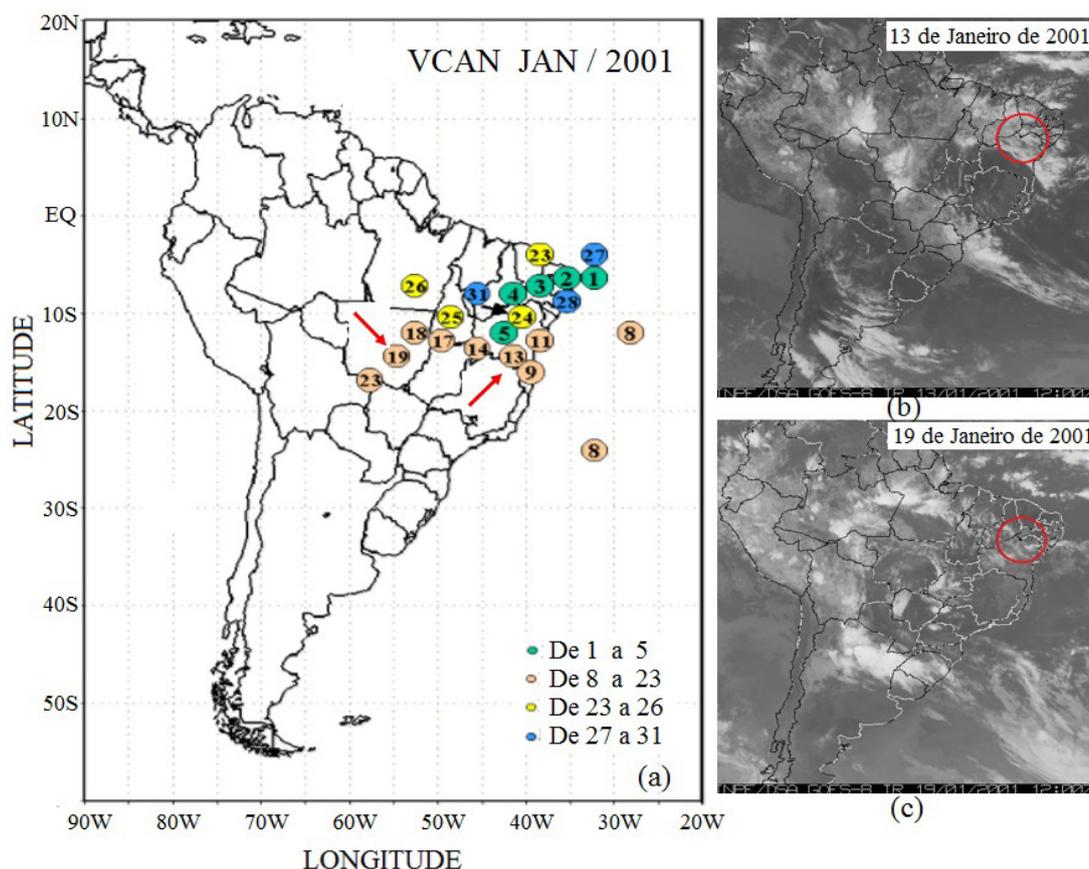


Figura 5. Trajetória dos vórtices ciclônicos de altos níveis em janeiro de 2001 (a) e imagens do satélite GOES 8 as 12 UTC dos dias 13/01/2001 (b) e 19/01/2001 (c). Fonte: CPTEC/INPE. Disponível em <<https://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 09 nov. 2018.

Embora o centro do sistema, nas duas situações, esteja posicionado no continente a organização e características das nuvens diferem bastante no horário das 12:00 UTC. Observa-se na imagem do dia 13 de janeiro de 2001 (Fig. 5.b) uma intensa atividade convectiva na região de Petrolina (delimitada com o círculo na cor vermelha). No dia 19 de janeiro as 12 UTC (Fig. 5c), poucas nuvens são observadas.

Perfis verticais do índice de refração modificado (M), da razão de mistura (g/kg) e das temperaturas do ar e do ponto de orvalho obtidos com dados dos dias 13 e 19 de janeiro as 12:00 UTC são apresentados na Figura 6.

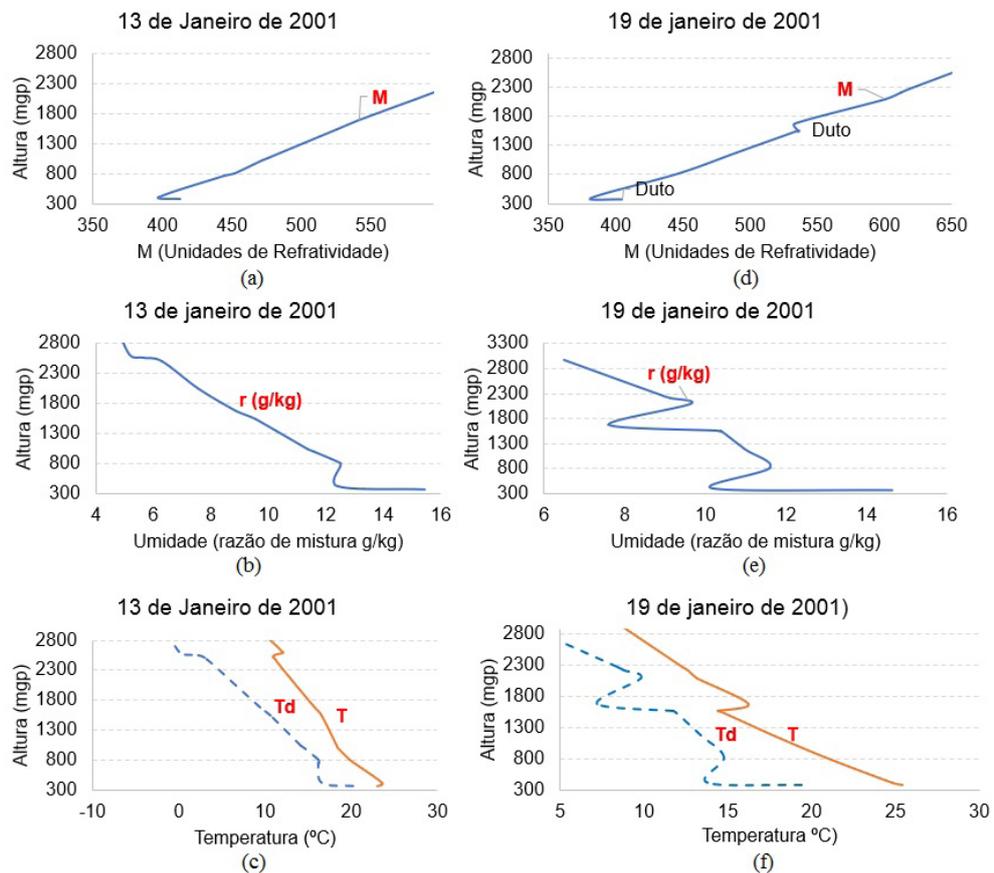


Figura 6. Perfis verticais do índice de refração modificado, da razão de mistura e das temperaturas do ar e do ponto de orvalho as 12 UTC, para: 13 de janeiro de 2001 (a,b,c) e 19 de janeiro de 2001 (d,e,f).

A queda abrupta do índice de refração modificado com altura ( $dM/dZ < 0$ ) na camada mais baixa da atmosfera indica a presença do duto de superfície (DS). Esse é um comportamento observado nos dois casos analisados (Fig. 6a e Fig. 6d).

Comportamento semelhante é verificado nos perfis da razão de mistura e da temperatura do ponto de orvalho. Esse resultado indica uma forte redução na umidade atmosférica na camada entre a superfície e topo da camada do DS. No entanto, nota-se uma diferença significativa entre os dois casos, na estrutura termodinâmica da camada limite atmosférica.

Um duto elevado caracterizado pela queda no valor de  $M$  no nível de 1560 mgp é observado no dia 19 de janeiro de 2001 (Fig. 6d). A formação deste duto é associada com a inversão de subsidência caracterizada pelo afastamento brusco entre as curvas da temperatura e temperatura do ponto de orvalho.

Esse resultado indica que a subsidência na área do centro VCAN, parece ter maior influência sobre o duto elevado. Resultado semelhante foi encontrado por Chaves Filho, et. al., (2013) em um estudo sobre formação de dutos atmosféricos no semiárido brasileiro.

A trajetória dos vórtices ciclônicos de altos níveis no decorrer do mês de janeiro de 2007 e imagens do satélite GOES 12 no canal infravermelho dos dias 26 e 31 de

janeiro de 2007 são apresentadas na Figura 7. O círculo na cor vermelha destaca a localização da área de estudo. No mapa das trajetórias do VCAN as setas na cor vermelha indicam a posição média do centro do sistema nos dias 26 e 31 de janeiro de 2007.

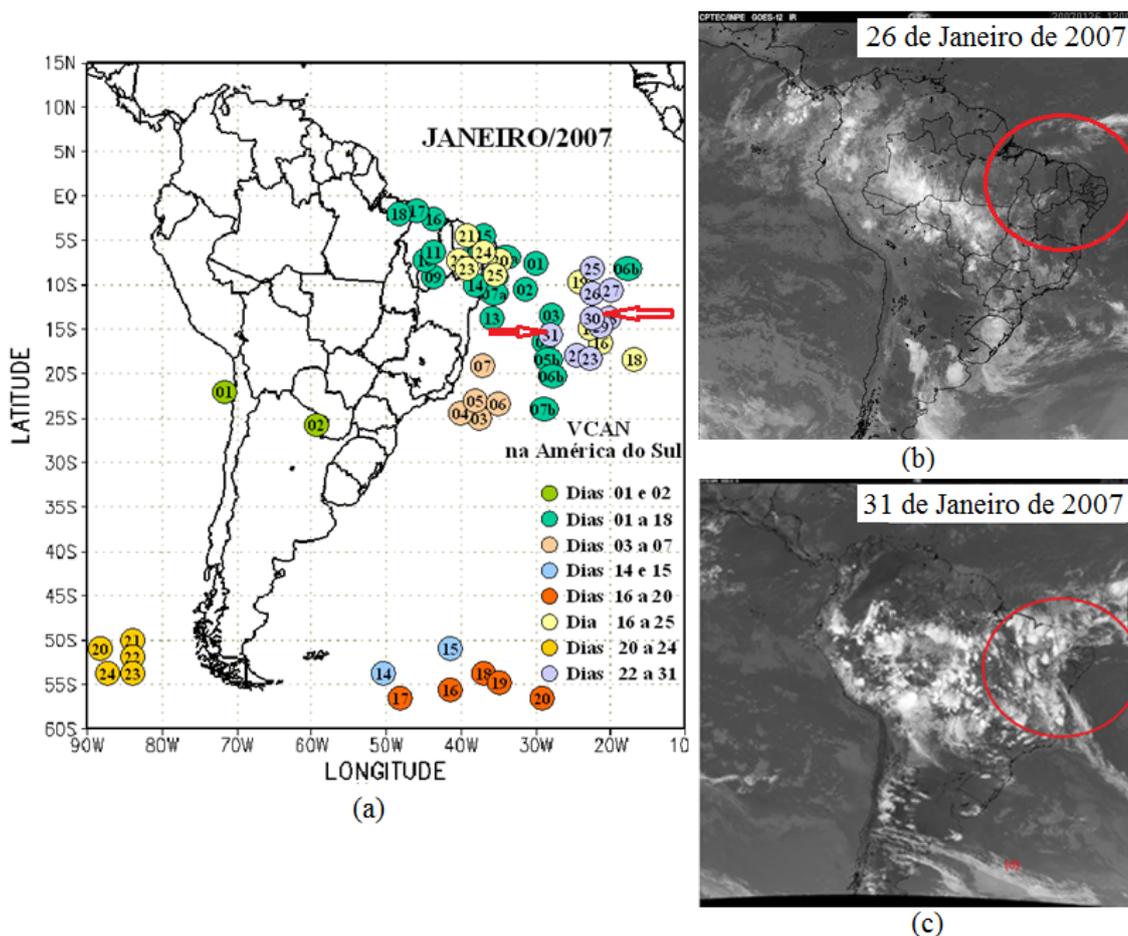


Figura 7. Trajetória dos vórtices ciclônicos de altos níveis em janeiro de 2007 (a) e imagens do satélite GOES 12 as 12 UTC dos dias 26/01/2007 (b) e 31/01/2007 (c). Fonte: CPTEC/INPE. Disponível em <<https://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 09 nov. 2018.

A organização típica da nebulosidade em forma de arco é visível na imagem do dia 31 de janeiro de 2007 (Fig. 7c). Nota-se que a atividade convectiva nesse dia foi bem mais intensa do que a observada no dia 26 de janeiro de 2007 em que a subsidência associada ao centro do VCAN contribuiu para impedir o desenvolvimento das nuvens (Fig. 7b).

Análise das duas imagens também permite observar que houve um deslocamento do VCAN para o interior do continente. O aumento evidente da atividade convectiva na área de estudo é um dos efeitos desse deslocamento também perceptível no mapa das trajetórias do VCAN (Fig. 7a).

Perfis verticais do índice de refração modificado (M), da razão de mistura (g/kg) e das temperaturas do ar e do ponto de orvalho elaborados para os dias 26 e 31 de janeiro de 2007 as 12:00 UTC são apresentados na Figura 8.

A queda brusca de M ( $dM/dZ < 0$ ) observada nos perfis verticais do índice de

refração modificado, indica a formação do DS nos dias 26 (Fig. 8a) e 31 de janeiro (Fig. 8d). Esse resultado evidencia que o posicionamento geográfico do VCAN não representa o fator preponderante no desenvolvimento do fenômeno.

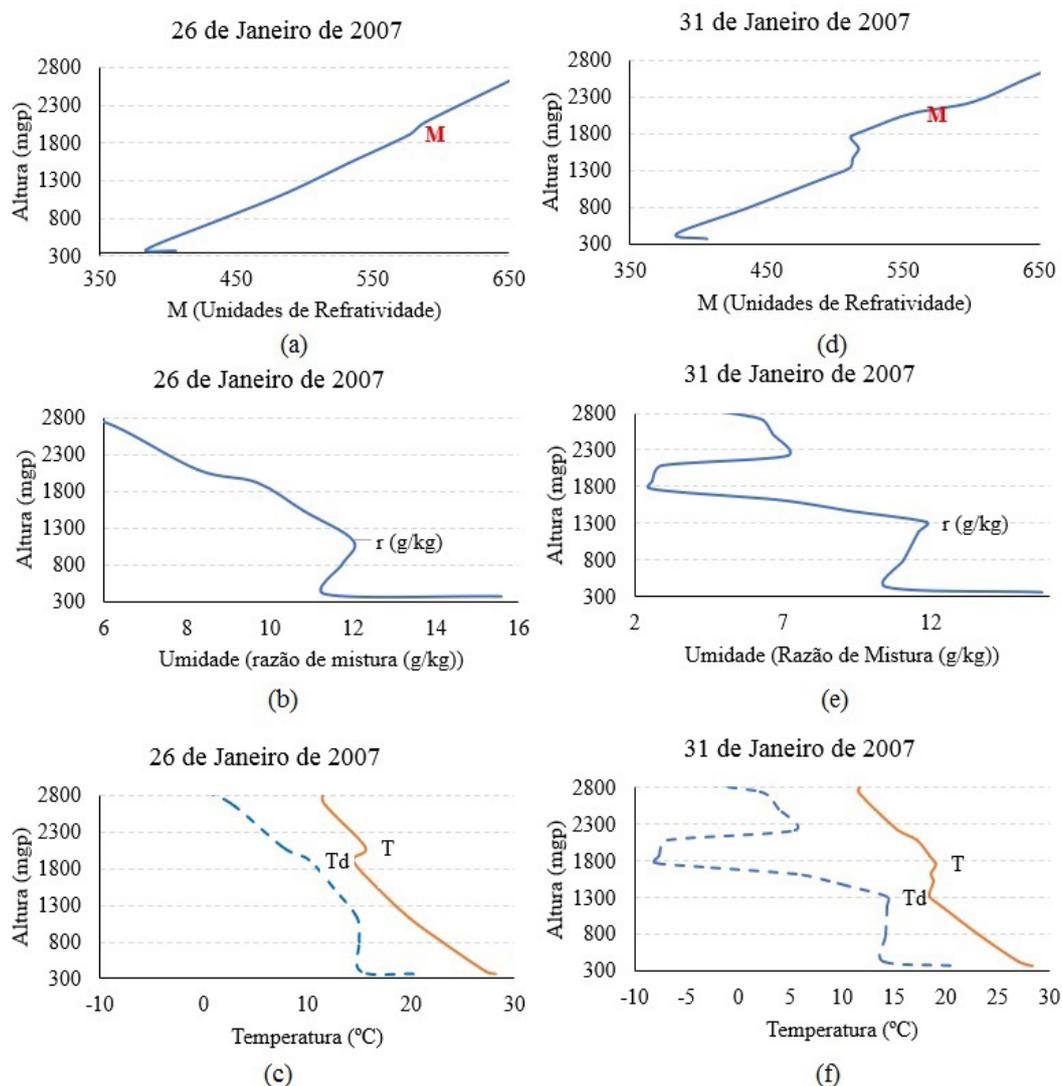


Figura 8. Perfis verticais do índice de refração modificado, da razão de mistura e das temperaturas do ar e do ponto de orvalho as 12 UTC para: 26 de janeiro de 2007 (a,b,c) e 31 de janeiro de 2007 (d,e,f).

Por outro lado, a exemplo do que aconteceu nas análises apresentadas para o ano de 2001, um duto elevado é observado no perfil de M, em aproximadamente 1619 m, (Fig. 8d). Esse nível também coincide com uma camada de inversão de subsidência caracterizada simultaneamente por um aumento na temperatura do ar ( $dT/dZ > 0$ ) e uma queda acentuada na razão de mistura ( $dr/dZ < 0$ ) Fig. 8f).

Esse resultado é mais um indicativo de que o posicionamento do centro do VCAN pode ter uma relação maior com a formação de dutos elevados.

#### 4 | CONCLUSÃO

As análises desenvolvidas neste trabalho permitiram concluir que:

Mudanças nos gradientes verticais de temperatura e umidade provocadas pela atuação de vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) na região Nordeste do Brasil (acima de 20° S) aumenta a probabilidade de condições anômalas de refração atmosférica e da formação de dutos na camada limite atmosférica;

Não existe uma relação do tipo causa-efeito entre a frequência de dutos de superfície e a posição geográfica do VCAN (centro no oceano / centro no continente);

Existe uma relação direta entre redução abrupta da umidade com a altura ( $dr/dZ < 0$ ) e a formação de dutos atmosféricos (elevados ou em superfície);

Inversões de subsidência representa um dos mecanismos mais efetivos para ocorrência de dutos elevados na região;

O número elevado de dutos de superfície registrados no mês de janeiro de 2001 e 2007 na região de Petrolina PE resultou da ação conjunta de processos atmosféricos locais e da atuação sistemas meteorológicos de grande escala;

A influência conjunta da posição geográfica do VCAN e períodos de permanência (atuação do sistema) na formação de dutos atmosféricos deve ser analisada com mais profundidade.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa de produtividade em pesquisa a primeira autora e pela bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) ao segundo autor.

## REFERÊNCIAS

BEAN, B.R. e DUTTON, E.J. (1968): Radio Meteorology. Dover Publications, Inc., New York, 435p.

AMORIM, M. J. R.; SILVA ARAGÃO, M. R.; CORREIA, M. F. Incidência de dutos troposféricos no período do EMAS. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E VIII CONGRESSO DA FLISMET, 1998, Brasília-DF. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET. 1998

CHAVES FILHO, J. B, CORREIA, M. F., GURJÃO, C. D. S.; BARBIERE, L. F. P.; SILVA ARAGÃO, M. R. Formação de Dutos Troposféricos no Semiárido Brasileiro: Um Estudo de Caso em Condições Meteorológicas Extremas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 6, p. 932-994, 2013.

CORREIA, M.F.; SILVA DIAS, M.A.F.; SILVA ARAGÃO, M.R. Soil Occupation and Atmospheric Variations over Sobradinho Lake area. Part Two: A regional modeling study. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 94, p. 115-128, 2006. DOI 10.1007/s00703-005-0174-3.

CORREIA, M. F. Impacto das Ações Antrópicas no Clima do Submédio do Rio São Francisco: Um Estudo Numérico e Observacional. 2001. **Tese de doutorado**. IAG-USP. São Paulo.

COUTINHO, M. D. L. **Método objetivo de identificação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis na região tropical sul: validação e climatologia**. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

KAISSASSOU S, LENOUE A, TCHAOUWA C, LOPEZ P, AMADOU TG (2015) Climatology of anomalous propagation radar over West Africa. *J Atmos Solar Terr Phys* 123 (2015):1–12

PATEL, S. R., Refractive Index Spectral Transfer in Inhomogeneous Turbulence in Atmospheric / Oceanic Surface Layer. 11<sup>th</sup> conference on Satellite Meteorology and Oceanography, AMS, Madison, WI. U. S. A. 15-18 October 2001.

SILVA ARAGÃO, M. R.; DAMIÃO, M. C.; CAVALCANTI, I. F, CORREIA, M. F. (2007). Observational study of a rainy January day in the Northeast Brazil semi-arid region: synoptic and mesoscale characteristics. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.133, p.1127 – 1141.

SILVA ARAGÃO, M. R., CORREIA, M. F.; ARAÚJO, H. A. (2000). Characteristic of C-Band Meteorological Radar Echoes at Petrolina, Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v.20, p. 279-298.

Turton, J.D. & Bennetts, D.A. & Farmer, S.F.G. (1988). An introduction to radio ducting. *Meteorological Magazine*. 117. 245-254.

## PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLE PARA MANGUEIRAS HIDRÁULICAS DOS VEÍCULOS COMPACTADORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS

### **Francisco Igo Felix Gomes**

Universidade de Fortaleza - UNIFOR  
Fortaleza - CE

### **João Marcelo Carneiro**

Universidade de Fortaleza - UNIFOR  
Fortaleza - CE

### **Jully Amanda de Oliveira Ramos**

Universidade de Fortaleza - UNIFOR  
Fortaleza - CE

### **Lorena de Freitas Cavalcante**

Universidade de Fortaleza - UNIFOR  
Fortaleza - CE

### **Monaliza Sousa de Assis**

Universidade de Fortaleza - UNIFOR  
Fortaleza - CE

**RESUMO:** Os equipamentos compactadores de resíduos sólidos possuem diversos componentes que são responsáveis pela sua perfeita funcionalidade. Devido à operação diária dos equipamentos ser bastante severa, alguns desses componentes sofrem desgastes mais acentuados e com isso tem a sua vida útil reduzida. Quando ocorre uma falha em qualquer componente o equipamento compactador fica indisponível para produção, gerando, assim, custos elevados e inesperados para a empresa. Entre os diversos tipos de componentes que compõem o equipamento, foram estudadas as mangueiras hidráulicas dos caminhões de uma

determinada empresa que atua no ramo de coleta de resíduos sólidos, devido à mesma não possuir ferramenta que controle, acompanhe e mantenha uma base de dados histórica para consulta desse componente. O presente trabalho traz uma proposta de utilização de um Sistema de Controle das Mangueiras Hidráulicas, que fornece informações necessárias para realizar uma análise de falha, essencial para indicar possíveis fatores que reduzem a vida útil das mangueiras hidráulicas instaladas nos compactadores de resíduos sólidos. Durante a implantação do sistema analisou-se os motivos que ocasionaram as falhas, foi percebido que a ação abrasiva por atrito sobre a cobertura da mangueira é um dos principais motivos que ocasionaram os vazamentos das mangueiras, sendo responsável por 75,3% das falhas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Componente. Mangueiras hidráulicas. Controle. Resíduos sólidos.

**ABSTRACT:** The equipments solid waste compactors have several components that are responsible for its perfect functionality. Due to the daily operation of the equipment be quite severe, some of these components suffer more pronounced wear and thus has its useful life reduced. When a failure occurs in any component the compactor equipment is unavailable for production thus generating high and unexpected costs for a company. Among

the types of components that make up the equipment, were studied the hydraulic hoses of the trucks of a company which operates in the field of solid waste collection, by the control and monitoring of a database of consultation of this component. The present work presents a proposal to use the Hydraulic Hoses Control System, which provides information necessary to perform a fault analysis, essential to indicate possible factors that reduce the life of hydraulic hoses installed in solid waste compactors. During the implantation of the system, it was analyzed the reasons that caused failures, it was noticed that the abrasive action by friction on the hose cover is one of the main reasons that led to the leakage of the hose, being responsible for 75.3% of the failures.

**KEYWORDS:** Component. Hydraulic hoses. Control. Solid waste.

## 1 | INTRODUÇÃO

A gestão do serviço de coleta de resíduos sólidos sempre foi um grande desafio, em virtude dos diversos tipos e quantidades de resíduos descartados, independentemente de sua categoria.

Segundo Tavares (1987), os gestores de manutenção devem ter uma visão mais abrangente, de modo que as variações de modelos, planejamento e controle da manutenção sejam mais eficientes, maximizando os lucros da organização.

Para todos os tipos de empresas, seja desde pequeno a grande porte, a metodologia de manutenção pode ser aplicada nos seus equipamentos. Segundo Souza (2009), este conceito pode ser executado de maneira corretiva, preventiva e preditiva, e com isso, serve de ferramenta principal para atingir as metas planejadas

Os caminhões compactadores são os equipamentos mais indicados para coleta de resíduos sólidos, pois têm capacidade de transportar muito mais resíduos e atuar com mais agilidade e eficiência na operação de carga e descarga do material coletado.

Assim, o objetivo do presente estudo é apresentar uma proposta da implantação de um sistema de controle para o acompanhamento da durabilidade das mangueiras hidráulicas para ser aplicado na gestão da manutenção dos equipamentos coletores de resíduos sólidos.

A empresa estudada é responsável pela Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos da região metropolitana de Fortaleza, a qual possui cerca de 90 caminhões compactadores que atuam em diferentes bairros, atende 2,4 milhões de habitantes e recolhe uma média de 98 mil toneladas de resíduos sólidos por mês.

## 2 | METODOLOGIA

Conforme a Figura 1, a seguir o macro fluxo elaborado para demonstrar uma visão geral do processo realizado no desenvolvimento deste trabalho.

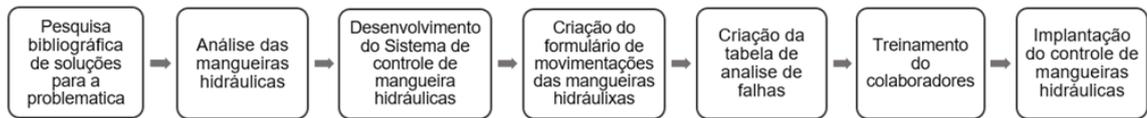


Figura 1 – Fluxograma do processo para elaboração do trabalho

Fonte: Autoria própria (2018)

Para coleta de dados foi utilizado um formulário referente a confecção e movimentação de mangueiras hidráulicas, estas informações foram recebidas através dos colaboradores da UGB (Unidade Gerencial Básica) de hidráulica, na qual é auto gerenciada pela própria equipe e que trabalha com as atividades básicas hidráulica ligada diretamente à execução dos serviços de manutenção. Para analisar os dados obtidos através do preenchimento dos formulários, utilizou-se o *software Microsoft Excel 2013* e as ferramentas de qualidade e gráficas, como Pareto e histograma.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro passo desenvolvido com a unidade gerencial básica (UGB) de hidráulica foi a identificação das falhas mais presentes nas mangueiras substituídas nos meses observados, as quais foram: vazamento pela mangueira ou pela conexão; ressecamento ou rachaduras na mangueira; explosão ou desprendimento da mangueira de suas extremidades e mangueira estourada ou ruptura próxima à conexão.

O fluxograma da Figura 2 demonstra as atividades do Sistema de Controle de Mangueiras Hidráulicas que os colaboradores envolvidos seguiram para atingir os objetivos propostos.

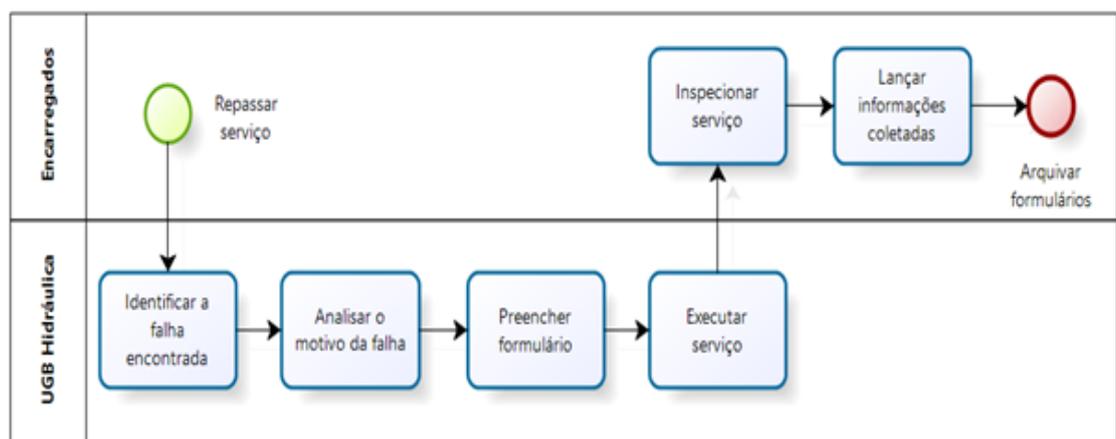


Figura 2 – Fluxograma das mangueiras retiradas para avaliação

Fonte: Autoria própria (2018)

Ademais, foi realizado um treinamento com todos os colaboradores envolvidos diretamente no processo, no qual foi transmitida a teoria da estrutura do sistema

de controle, oferecendo a eles oportunidade para críticas e sugestões. Durante a implantação do Sistema de Controle de Mangueiras Hidráulicas, foi instruída a equipe técnica para reforçar os conceitos, métodos adotados e tirar possíveis dúvidas no processo.

- **Estrutura do Sistema de Controle de Mangueiras Hidráulicas**

O Sistema de Controle de Mangueiras hidráulicas foi desenvolvido no *software Excel* para controlar e acompanhar os dados coletados no momento da substituição das mangueiras hidráulicas. Com isso, o gestor de manutenção terá histórico suficiente para agir preventivamente nas variáveis que influenciam na diminuição da vida útil desse componente.

Por meio da tela principal, o colaborador administrativo da manutenção tem acesso às demais telas que constituem o controle, a fim de inserir e consultar os dados, como demonstrado na Figura 3.



Figura 3 – Controle de mangueiras hidráulicas

Fonte: Autoria própria (2018)

A área de Lançamento do Formulário permite o colaborador informar todos os dados obtidos em campo no momento da substituição da mangueira. O sistema permite ao colaborador realizar busca aos dados de cada equipamento pelo número do ativo, podendo realizar alterações, caso seja necessário.

No *Menu* principal, ao clicar no botão Base de Dados, exibe-se todos os dados inseridos no controle. Esta tela é a base histórica de todas as movimentações realizadas.

Já no botão Relatórios, abre uma tela, para que seja escolhida uma opção de análise necessário no momento, as quais podem ser: quantidade por mês, encarregado, falha encontrada, motivo de falhas, marca utilizada e veículos compactadores.

No campo Análise de Falhas é apresentado um quadro com o tipo, o motivo e a solução para a falha, que auxilia os colaboradores da área técnica no momento do preenchimento do formulário de coleta de dados.

Ao clicar em Formulário, é disponibilizado um formulário pronto para ser impresso e utilizado. O colaborador usará como guia para coleta de informações, ajudando a

entender melhor o comportamento das falhas encontradas.

- **Resultados Após Implantação do Sistema**

O resultado geral do trabalho de implantação do Sistema de Controle de Mangueiras Hidráulicas será apresentado de acordo com os Relatórios Gerenciais, cujos resultados são extraídos do próprio sistema.

O Gráfico 1 mostra a quantidade de movimentações realizadas após a implantação dos formulários e o seu uso efetivo na rotina da UGB de Hidráulica, resultando em 77 dados inseridos no sistema entre as datas 01/02/2017 e 30/04/2017.

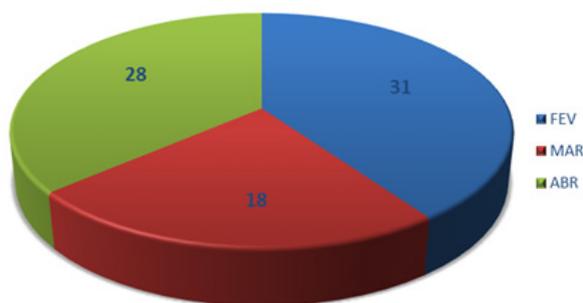


Gráfico 1 – Quantidade de mangueiras movimentadas por mês

Fonte: Autoria própria (2018)

O Quadro 1 mostra as falhas identificadas no momento da substituição da mangueira hidráulica. Foi verificado que o vazamento pela mangueira é uma das falhas mais comuns entre os meses de fevereiro a abril de 2017.

Descrição	FEV	MAR	ABR	Total Geral
<b>VAZAMENTO PELA MANGUEIRA</b>	21	14	10	45
<b>VAZAMENTO PELA CONEXÃO</b>	8	3	4	15
<b>MANGUEIRA ESTOURADA</b>		1	7	8
<b>RESSECADA OU RACHADURAS NA MANGUEIRA</b>	2		5	7
<b>EXPLOÇÃO OU DESPRENDIMENTO DA MANGUEIRA DE SUAS EXTREMIDADES</b>			2	2
<b>Total Geral</b>	<b>31</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>77</b>

Quadro 1 – Quantidade de falhas identificadas

Fonte: Autoria própria (2018)

Quando se analisou os motivos que ocasionaram as falhas, foi percebido que a ação abrasiva por atrito sobre a cobertura da mangueira é um dos principais motivos que ocasionaram os vazamentos das mangueiras hidráulicas. Se a UGB de hidráulica realizar uma ação corretiva sobre todas as mangueiras que estão sobre este efeito, será resolvido 75,3% das causas da falha, como demonstra a Gráfico 2.

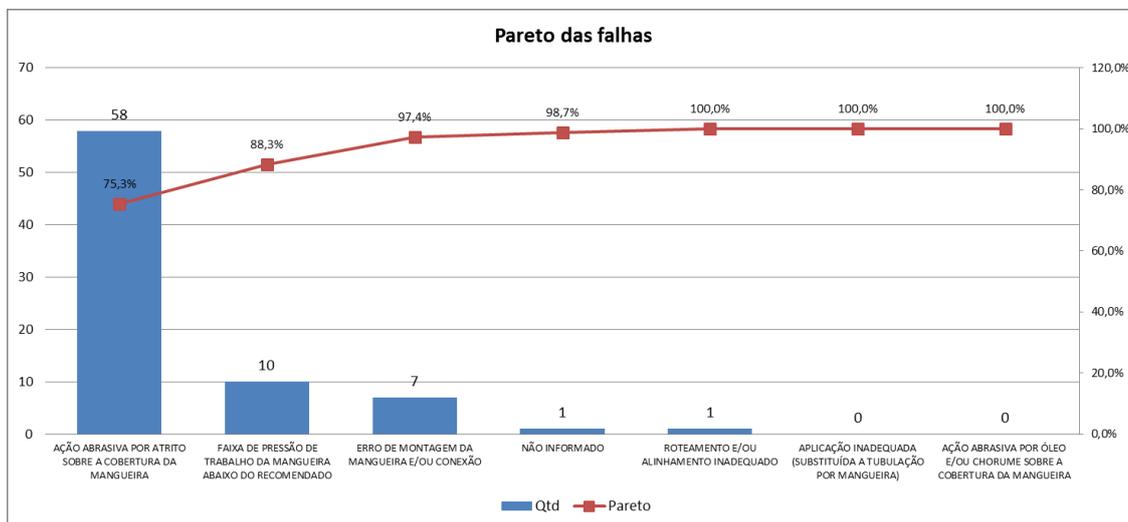


Gráfico 2 – Gráfico de Pareto dos motivos das falhas

Fonte: Autoria própria (2018)

O Quadro 2 mostra a quantidade de marcas retiradas dos equipamentos compactadores. Foi observado que as mangueiras mais substituídas, pertencem à marca Manuli. Foi observada diversidade entre as marcas utilizadas, o que mostra que não há marca específica definida pela empresa.

Descrição	FEV	MAR	ABR	Total Geral
MANULI	22	13	6	41
GATES	2		5	7
SULFLEX	2	2	2	6
NÃO IDENTIFICADO			5	5
BALFLEX	1	2	2	5

Quadro 2 – Quantidade de mangueiras utilizadas por marcas

Fonte: Autoria própria (2018)

O Quadro 3 mostra os 5 veículos com as maiores intervenções mecânicas. Após análise, foi observado que os veículos 01-455-13 e 01-449-13, durante 3 meses, foram os que mais tiveram intervenções mecânicas relacionadas a mangueiras hidráulicas.

Veículo	FEV	MAR	ABR	Total Geral
01-455-13	2	3	3	8
01-449-13	4		4	8
01-376-12	6			6
01-452-13		3	2	5
01-448-13	3		2	5

Quadro 3 – Veículos com maiores intervenções mecânicas

Fonte: Autoria própria (2018)

De acordo com os resultados expostos, a empresa utilizou as informações obtidas no sistema, e irá iniciar diversas ações com o intuito de aumentar a vida útil das mangueiras hidráulicas. Dentre elas, serão realizadas:

- A substituição de todas as mangueiras hidráulicas que apresentaram ação abrasiva sobre a sua cobertura;
- A requisição das capas de proteção para reduzir a ação abrasiva entre as mangueiras hidráulicas;
- A catalogação de todas as mangueiras e conexões existentes nos veículos da frota;
- A verificação da qualidade das conexões, capas e mangueiras existentes no almoxarifado;
- A padronização da marca e fabricante para aquisição de material.

#### 4 | CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos pelo controle, observa-se claramente uma evolução nos processos de acompanhamento das movimentações das mangueiras hidráulicas e a importância desse sistema, que demonstra os principais fatores que impactam na vida útil desse componente instalado no equipamento compactador de resíduo sólido.

Dessa forma, o objetivo do estudo foi alcançado, pois a proposta de utilizar um sistema que controle e acompanhe as movimentações das mangueiras hidráulicas, apresentou resultados satisfatórios na empresa estudada, devido aos seguintes fatores: a ausência de um programa que faça esse controle, o sistema desenvolvido garantir o uso da base histórica e o auxílio das informações extraídas para as tomadas de decisão.

O Sistema de Controle de Mangueiras Hidráulicas proporcionou a melhoria contínua na manutenção dos equipamentos, pois com as informações lançadas nele foi possível gerar relatórios, nos quais pode-se identificar as falhas mais comuns e a frequência com que ocorreram, sendo o vazamento pela mangueira a com maior ocorrência, e ao analisar as causas desta falha, observou-se que a ação abrasiva por atrito sobre a cobertura da mangueira ocasionou 75,3% da referida falha. Com o sistema é possível identificar a quantidade de mangueiras por marca, podendo assim identificar qual marca apresentou mais falhas e quais os veículos que mais precisaram de intervenções mecânicas.

#### REFERÊNCIAS

SOUZA, Cardoso de. **Organização e Gerência da Manutenção**. São Paulo: All Print, 2009.

TAVARES, Lourival Augusto. **Controle de Manutenção por Computador**. Rio de Janeiro: Técnica Ltda, 1987.

## RECURSOS HÍDRICOS DA CIDADE DE ÉVORA: (RE) INTERPRETAÇÃO DE ALGUMA CARTOGRAFIA E ICONOGRAFIA HISTÓRICAS DA CIDADE

### **Maria Filomena Mourato Monteiro**

Câmara Municipal de Évora, Divisão de Cultura e Património  
Évora — Portugal

### **Maria do Céu Simões Tereno**

Universidade de Évora, Departamento de Arquitetura  
Évora — Portugal

### **Marizia Clara de Menezes Dias Pereira**

Universidade de Évora, Departamento de Paisagem, Ambiente e Ordenamento do Território  
Évora — Portugal

**RESUMO:** Évora contou desde os tempos mais remotos, com disponibilidade de água associada a um nível freático relativamente elevado, resultante de um conjunto de fatores constantes ao longo do tempo. Tendo como ponto de partida diversa cartografia e iconografia histórica, quer da região quer da cidade de Évora, pretendeu-se identificar alguns desses recursos hídricos representados, as localizações, a importância para a cidade, assim como as respetivas utilizações. Com o diversificado e valioso espólio cartográfico e iconográfico selecionado, foi possível cruzar informações que, permitisse uma (re)interpretação da disponibilidade dos recursos hídricos da região, em particular da cidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos Hídricos;

Território; Évora; Cartografia.

**ABSTRACT:** Évora has been granted since ancient times with water availability associated with a relatively high groundwater level caused by a set of factors constant over time. Starting from cartography and historical iconography from the city and region of Évora, it was intended to identify some of the water resources represented, their location, importance to the city as well as respective uses. With the valuable cartographic and iconographic estate selected, it was possible to cross-reference information that would allow a reinterpretation of the availability of the water resources of the region, with special focus to the city.

**KEYWORDS:** Water Resources; Territory; Évora; Cartography.

### 1 | INTRODUÇÃO E LOCALIZAÇÃO

O principal objetivo do trabalho consiste na análise e interpretação de cartografia e iconografia diversas, as quais contêm representação de alguns dos recursos hídricos que, em parte, estiveram na génese da evolução urbana de Évora. Para isso, recorreu-se a uma análise diacrónica de iluminuras, desenhos, desenhos aquarelados, cartografia desenhada e impressa, gravura impressa em

chapa, entre outros. Desde os tempos mais remotos a cidade dispôs de abundantes recursos aquíferos devido à existência de um nível freático relativamente elevado. Prova dessa riqueza é a presença, ainda hoje, de numerosos poços e fontes, estas últimas abastecidas por nascentes. Como cursos de água, situados na área envolvente, ressalte-se a ribeira da Torregela que atravessa a ponte a atual mancha urbana periférica.

A cidade de Évora (38°34' N e 7°54' E) é sede de concelho e distrito do mesmo nome, pertencendo à província do Alto Alentejo e localizando-se na Península Ibérica (fig. 1).



Fig. 1. HONDIUS, Jodocus-ca. *Nova Hispaniae Descriptio*. [a meio dos lados da cartela: habitante da Lusitânia]. Amesterdão: 1610(?). [BNE]

## 2 | CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA

A região eborense está integrada numa peneplanície que a sul é interrompida por relevos de baixa altitude, com exceção dos contrafortes da orografia entre Montemor-o-Novo e Valverde, que se prolongam até S. Bento (364 m), a oeste da cidade. Em oposição a este relevo, num alinhamento noroeste-sudeste, está implantada a cidade de Évora, numa elevação arredondada (310 m) onde, do ponto de vista geológico, predominam as rochas eruptivas. A este da cidade, encontram-se alguns relevos de xistos metamórficos que alcançam cerca de 280 a 290 m de altitude (Feio & Martins, 1993, pp. 149-199).

De uma maneira geral, a morfologia da região é pouco movimentada, com vertentes suaves e vales largos, integrando três bacias hidrográficas, as dos rios Sado, Tejo e Guadiana que drenam áreas aproximadas de 7640 km<sup>2</sup>, 24800 km<sup>2</sup>, 11800 km<sup>2</sup> respetivamente, no território português. As ribeiras do Xarrama, Degebe, Peramanca, Valverde e Viscososa são os principais cursos de água na área envolvente à cidade apresentando regimes irregulares, devido à estreita relação que mantêm com o clima da região onde se inserem e às características de baixa permeabilidade das rochas dominantes. Nesta região predomina o clima mediterrâneo, caracterizado

por um inverno húmido e fresco e um prolongado período estival, quente e seco. As formações arbóreas dominantes na paisagem vegetal foram, e mantêm-se, os sobreirais (*Quercus suber* L.) e os azinhais (*Quercus rotundifoliae* Lam.), carvalhais perenifólios e esclerofíticos, típicos do sul de Portugal, (fig. 2).



Fig. 2. CASTELLI, Giacomo. [extrato do mapa de Portugal. Região de Évora]. Roma: 1692. [Coleção J. Loureiro]

### 3 | ANÁLISE ICONO-CARTOGRÁFICA

Através de alguma iconografia e cartografia histórica conhecida, que foi considerada relevante sobre a cidade e a região, efetuou-se uma abordagem aos recursos hídricos analisando-os através desses documentos gráficos históricos, produzidos em diferentes épocas e com características distintas entre si.

Na iluminura que faz parte da contracapa do foral manuelino de 1501, encontramos representada a riqueza aquífera que o autor quis patentear à data, nesta urbe: em primeiro plano a “Fonte das Bravas” com o respetivo tanque associado, em segundo a picota de influência árabe e, em último, a cidade eborense circunscrita ao recinto amuralhado.

O fato de a representação iconográfica, organizada verticalmente, abranger o importante recurso hídrico que representa o conjunto das Bravas demonstra a importância deste local para a cidade. Nesta iconografia encontra-se igualmente desenhada a primitiva ermida, situada muito próximo deste local e dedicada a S. Sebastião.

Durante a Idade Média, a utilização de materiais facilmente inflamáveis nas construções assim como o uso corrente de fogo dava origem a inúmeros incêndios. Este sítio seria seguramente um importante ponto de apoio no combate a incêndios sendo, portanto, essencial para a cidade.

O cromatismo utilizado no preenchimento do espaço livre envolvente à área

amuralhada, com diferentes densidades e tonalidades de verde, poderá ilustrar o grau de cobertura da vegetação.

Está subjacente a esta imagem pormenor de uma picota que o autor quis que ficasse expresso na representação que, embora insignificante relativamente à escala da representação, poderá dar uma indicação da riqueza aquífera do subsolo e persistência da cultura árabe no meio rural (fig. 3).



Fig. 3. [Évora em desenho aguarelado sobre pergaminho]. 1501 (?). [C.M.E./B.E.]

Uma das cartas mais antigas que se conhece do território português onde está assinalada a cidade de Évora foi impressa em 1561, em Roma. Nela, para além dos núcleos urbanos, constam igualmente as linhas de água, nomeadamente aquelas que contribuiriam para o abastecimento aquífero da cidade. A carta referenciada é da autoria de Álvaro Seco e, um dos seus exemplares, integra a “Coleção N. Conde”.

Neste documento a cidade foi representada simbolicamente através de uma forma quadrangular preenchida densamente por edificações e a rede hidrográfica traçada com rigor. Também se encontra expressa a importância que, em épocas de paz, assumia a localização fidedigna tanto das cidades, como dos cursos de água. Estes últimos constituíam fonte de abastecimento e vias de circulação preferenciais, quando navegáveis, entre núcleos urbanos para comerciantes e mercadorias. Note-se que no mapa já apresentado, e designado por *Nova Hispaniae Descriptio* (1610 ?), de *Jodocus-ca Hondius*, nos três extratos sociais representados lateralmente na cartela, o estrato social de “comerciante” está identificado como sendo “da Lusitânia”, o que corresponderia ao território português à data governado pelo rei de Espanha Filipe III. (fig. 4).

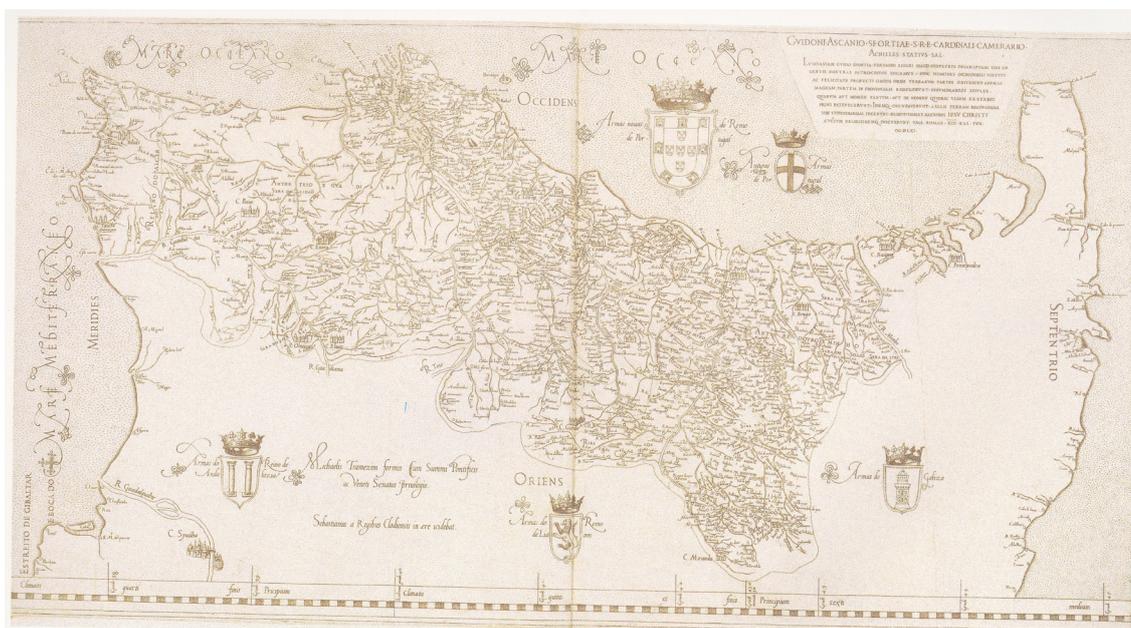


Fig. 4. SECO, Álvaro; TRAMEZINI, Michel. [1:1 100 000, 35,3 x 66,8 cm]. Roma: 1561. [Coleção N. Conde]

Numa outra carta existente na Biblioteca Nacional de França e datada de 1667, Évora é representada com a totalidade do seu sistema de fortificações. Nesta planta aquarelada é possível identificar o traçado da arcaria do aqueduto entre o Forte de Santo António e a cidade, a muralha exterior assim como o fosso que a circundava, sem água.

O fato de o aquarelista ter colorido a área exterior aos fossos com uma tonalidade de verde pressupõe a existência de alguma humidade no subsolo, resultante da existência da vala que constituía o fosso. Contudo, toda a restante área envolvente apresenta-se colorida com tons ocres, mesmo as áreas com indicação simbólica de terreno arado, dando a entender que o desenho tenha sido colorido em época de estio, ou que o autor quis simbolicamente representar a secura do clima da região. Os restantes recursos hídricos foram secundarizados, não tendo sequer sido assinalados. A arcaria do aqueduto como edificação de porte assinalável foi representada considerando a

importância que assumia ao garantir o transporte de água para a urbe, mas também como elemento vulnerável aos ataques inimigos com interrupção do abastecimento hídrico (fig. 5).



Fig. 5. BOUDAN, Louis (?). *Plan de la Ville d'Évora en Portugal, Siege Archiepiscopal, et Capitale de la province d'Alentejo 1667.* [fortificações, desenho aguarelado, sobre papel]. [BNF]

Na sequência cronológica, e passado cerca de um século, foi selecionado um desenho aguarelado da cidade de Évora, da autoria de *Pier Maria Baldi*, executado a partir da Quinta dos Meninos Órfãos, no ano de 1669, e que se encontra depositado na Biblioteca Laurenciana de Florença. Nele foi representado um troço significativo da arcaria do Aqueduto da Água da Prata, à época em fase de reconstrução devido a ataques inimigos. A importância que tal obra representaria para a cidade, temporariamente impedida de se aprovisionar nos pontos de distribuição públicos de água desde 1537, seria relevante. Durante os cento e cinquenta e dois anos anteriores, a cidade tinha recorrido primeiramente aos fontanários públicos do aqueduto, distribuídos estrategicamente em locais amplos pela cidade, servindo-se dos poços e

cisternas como complemento a tal abastecimento. As fontes naturais então existentes no exterior das muralhas (das Bravas, dos Leões e o chafariz d'El Rei, todas elas ainda hoje existentes e com água corrente.) foram subalternizadas, possivelmente por estarem distantes das habitações. O fato de na imagem de *Baldi* não ter sido representada, no amplo espaço envolvente à cidade qualquer fonte natural, poderá significar o esquecimento a que estas, à época, estavam votadas. No pormenor desenhado da cidade e das fortificações, está patente um realismo notório, quer a nível de escala (localizações precisas), quer da representação de edifícios (fig. 6).



Fig. 6. BALDI, Pier Maria. [Évora desenho aguarelado, sobre papel]. [Janeiro] 1669. [BF]

Por sua vez, a planta de *Jaques Chiquet*, impressa em Paris no ano de 1704, mostra parte da Península Ibérica com a representação das linhas de água mais significativas, dos relevos e povoações portuguesas. Na parte superior da cartela (quarta representação a contar da esquerda) constata-se a existência de uma iconografia da cidade de Évora rodeada por fossos cheios de água. O desenho, embora esquemático e com pouco rigor a nível de representação do edificado situado no interior amuralhado, assume um interesse notório se for visualizado como um conjunto. Trata-se da única imagem conhecida na qual os fossos que circundam a urbe estão representados com água, realçada com uma coloração azul, fazendo parte da “Coleção N. Conde” (fig. 7).



Fig. 7. CLIQUET. Le royaume de Portugal et partie D'Espagne tire d'Alphonso de a Costa et de Ferdyxera Geographe Portuguais. A Paris chez Chiquet rue St. Jaques a l'Image de St. Remy. [1:2400 000, 40,0 x 50,8 cm. A meio da cartela superior: Évora]. Paris: 1704 [coleção N. Conde]

Onze anos após a data do anterior documento, a cidade é representada pelo cartógrafo *Van der Aa*, numa gravura impressa em chapa, publicada em Leiden, no ano de 1715. Nesta iconografia observa-se um traço bem definido da arcaria do Aqueduto da Água da Prata, compreendido entre a muralha exterior e o Convento de Santo António da Piedade, casa religiosa da Ordem dos Capuchos fundada no ano de 1576. Encontram-se representados os pequenos relevos, o conjunto das edificações defensivas constituídas pelas muralhas, baluarte e outros obstáculos que pudessem contribuir para a defesa da cidade. Realce-se a representação de algumas das torres em estado de ruína sendo que mais de duzentos anos antes, na iluminura do foral manuelino, igualmente tal fato se constatava. Chama-se a atenção para a ausência de representação dos recursos hídricos naturais e vegetação, com exceção da do enquadramento da imagem. Este documento singular foi-nos dado a conhecer pelo Professor Doutor Nabais Conde (fig. 8).



Fig. 8. AA, Van der [cartografo]. Évora. [gravura sobre papel, dimensão da folha 9,2x15,5 cm]. Leiden: 1715. [coleção N. Conde: nº 966]

Cerca de 1750, trinta e três anos depois da gravura anterior, foi desenhado o primeiro levantamento parcial da cidade amuralhada de Évora e sua área envolvente, que se encontra depositado na Biblioteca Nacional. Este magnífico e precioso documento cartográfico foi elaborado de modo a representar não só os espaços livres importantes para a defesa mas também os recursos hídricos indispensáveis à resistência da cidade em caso de ataque. A qualidade e precisão de tal documento gráfico possibilitam a obtenção de inúmeros dados para a compreensão não só do espaço, mas também dos seus recursos naturais. De referir o traçado correto da estrutura principal subterrânea do cano adutor do aqueduto desde o Mosteiro da Cartuxa até ao Convento de S. Francisco (os “Paços antigos”, situados neste convento franciscano estão legendados na planta, e assinalados com o número “20”); localizações precisas e as toponímias das fontes públicas abastecidas por nascentes (chafarizes dos Leões, das Bravas e d’El Rei, todas elas ainda hoje existentes e com água); assim como as fontes públicas providas da água do aqueduto (fontes das Cinco Bicas, da Porta Nova, do Chão das Covas, da Praça e da Porta de Moura, as duas primeiras hoje inexistentes, a terceira sem água, sendo que as duas últimas são atualmente abastecidas com água fornecida pela rede geral da cidade). Outros pontos assinalados nos espaços, e importantes para a resistência da cidade, foram os poços, embora localizados maioritariamente em propriedades particulares. A ribeira da Torregela, com perfil transversal importante, constituía uma barreira natural contribuindo também para a defesa da cidade. O seu traçado foi desenhado com precisão, completado com o desenho da vegetação nas margens e taludes (fig. 9).



Fig. 9. *Planta da cidade de Évora*. [desenho tinta da china, aguarelado, sobre tela]. [entre 1750-1790 (?)]. [BN]

Na planta do traçado do aqueduto, entre a Graça de Divor e Évora, atribuída já ao último quartel do século XIX, está representado um traçado do cano de adução de água em desenho da responsabilidade da Direção Geral das Obras Públicas do Distrito de Évora. A complementar a referida carta existe, noutra peça, o desenho do levantamento do perfil longitudinal do aqueduto extramuros, com as nascentes da Graça do Divor, as que existiam ao longo do traçado inicial e as que se localizavam nas proximidades do recinto amuralhado (figs. 10, 11, 12 e 13).

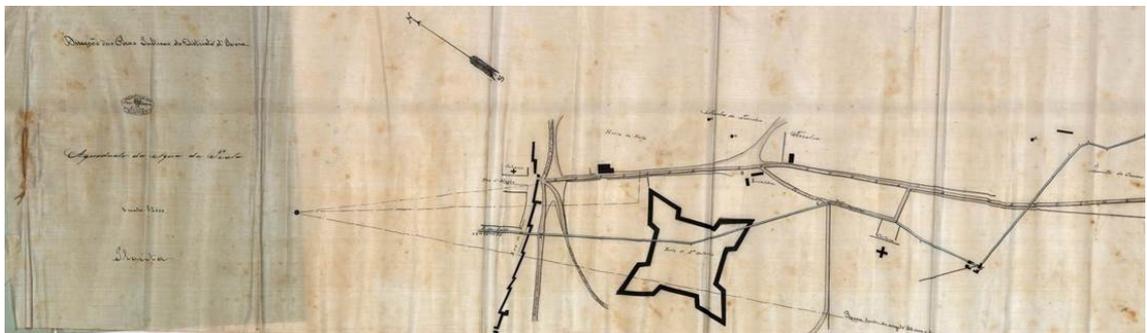


Fig. 10. Direção das Obras Públicas do Distrito de Évora. *Aqueduto da Água da Prata. Planta*. [extrato da planta na zona junto à cidade. Desenho a tinta da china, sobre tela]. Évora: [sem datação]. [BE]

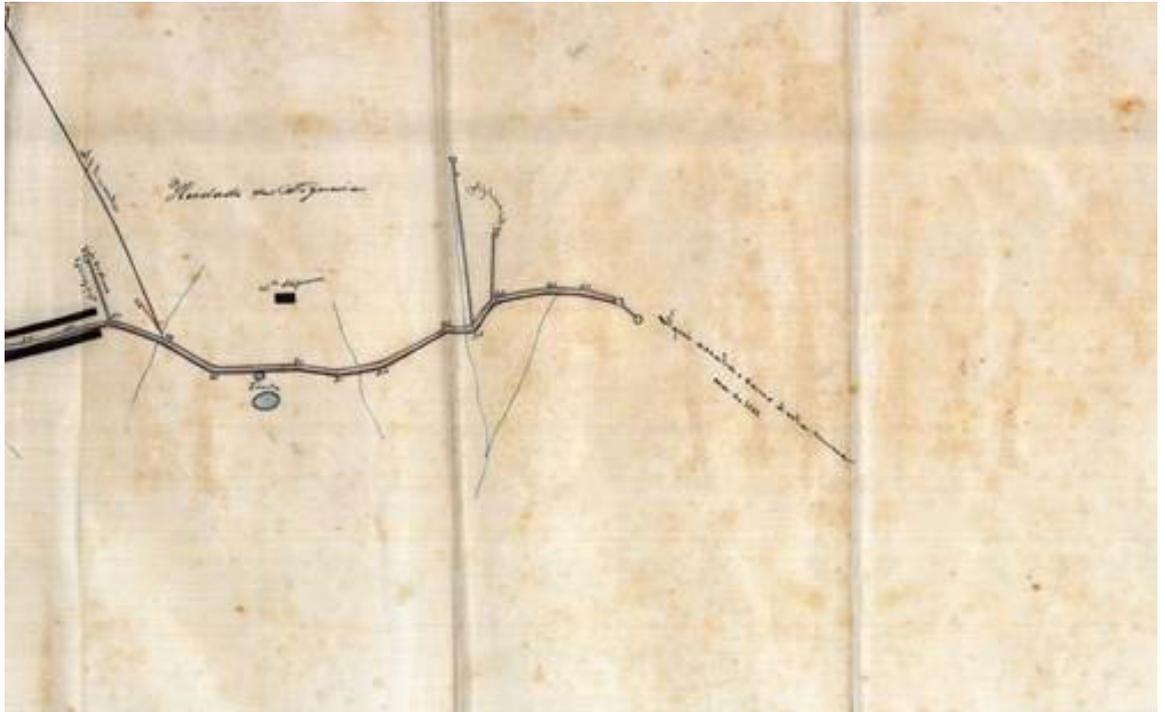


Fig. 11. Direção das Obras Públicas do Distrito de Évora. *Aqueduto da Água da Prata. Planta* [extrato na zona junto à Graça do Divor. Desenho a tinta da china, sobre tela]. Évora: [sem datação]. [BE]

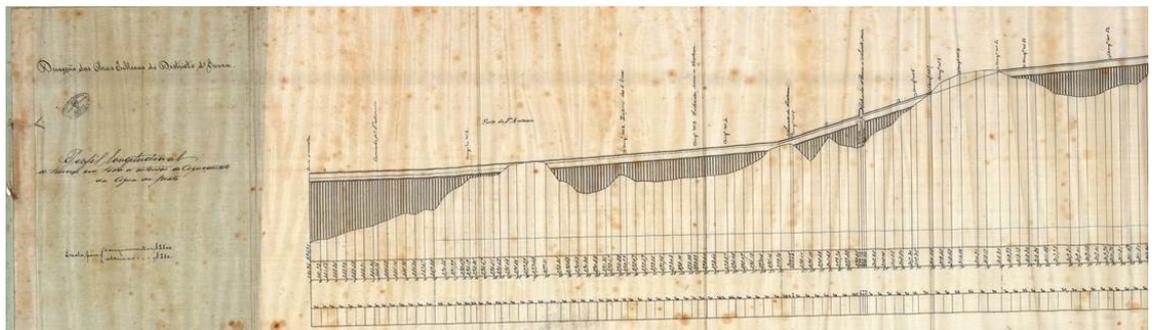


Fig. 12. Direção das Obras Públicas do Distrito de Évora. *Aqueduto da Água da Prata. Perfil longitudinal* [extrato na zona junto à cidade. Desenho aguarelado, a cores, sobre tela]. Évora: [sem datação]. [CME]

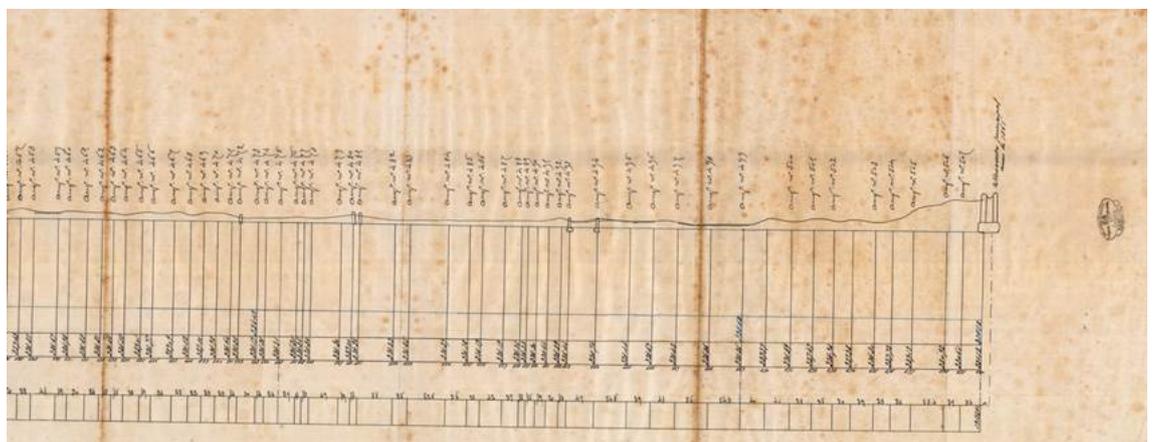


Fig. 13. Direção das Obras Públicas do Distrito de Évora. *Aqueduto da Água da Prata. Perfil longitudinal*. [extrato na zona junto à Graça do Divor. Desenho aguarelado, a cores, sobre tela]. Évora: [sem datação]. [CME]

Do traçado no interior das muralhas estão disponíveis elementos cartográficos de assinalável relevância, que permitiram a realização de propostas de reconstituição do antigo traçado adutor existente, que maioritariamente se situava no subsolo (sobre o assunto ver: p. 95 de *O sistema hidráulico quinhentista da cidade de Évora. Revista Monumentos*, Lisboa, nº 26, pp. 92-99, Abril 2007; p. 44 de “*O Aqueduto da Água da Prata em Évora. Bases para uma proposta de recuperação e valorização*”. Évora: Universidade de Évora [policopiado], 1995).

De referir que parte do traçado do aqueduto foi confirmado quando da realização de várias obras de infraestruturas em espaços públicos realizadas na primeira década do século XXI. Durante os trabalhos referidos alguns dos troços encontrados foram demolidos.

A primeira das referidas peças gráficas data de 1900, apresentando um esquema geral do aqueduto na área interior à muralha fernandina (fig. 14).

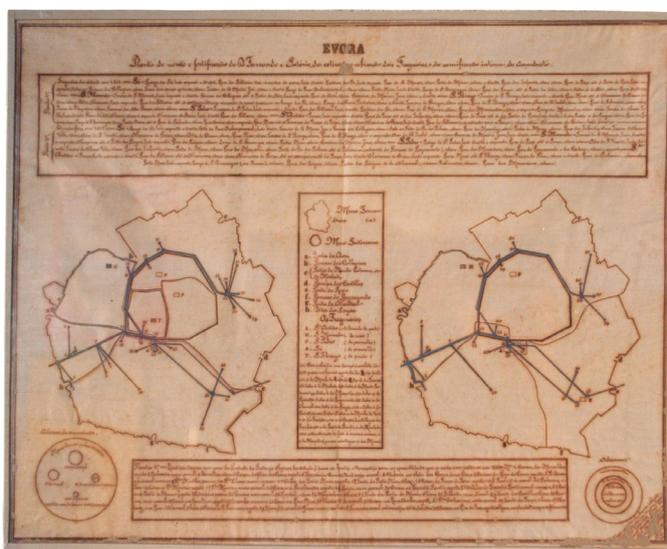


Fig. 14. Évora. [planta com esquema geral do aqueduto na área interior à muralha]. Évora: 1900. [CME]

Na segunda, uma antiga “*Planta da canalização das Águas Sertorianas*” intramuros, representa, além da estrutura principal, o traçado esquemático dos ramais domiciliários, assim como as localizações das diversas caixas de derivação e pontos para abastecimento público de água. Simultaneamente ao traçado foi-lhe associada uma iconografia dos pontos de distribuição de águas públicas, com respetivas representações das fontes daquela época. Este documento, não datado, encontrava-se ao abandono e foi cedido ao município eborense em 2 de novembro de 1906, por Diogo Machado (fig. 15).

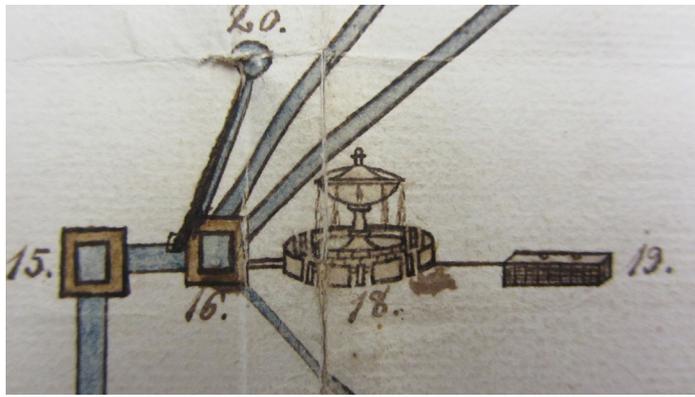


Fig. 15. Antiga planta da canalização das Águas Sertorianas intra-muros da Cidade de Évora [extrato de iluminura da fonte da Praça, tanque e caixa de derivação. Desenho a tinta da china, aguarelado, sobre papel]. [sem datação]. [CME]

Numa planta de projeto, também sem datação, encontra-se uma proposta viária e construtiva para a área do antigo Convento de S. Francisco, na qual era projetada, entre outros, a demolição da “Capela dos Ossos”, um monumento *ex-libris* da cidade e atual polo de grande interesse turístico após a realização de obras de recuperação e reconstrução que tornaram o conjunto ainda mais marcante. Neste documento, o autor representou em planta o traçado da arcaria do aqueduto que ia até ao Paço Real, que se situava naquele convento; os dois pontos de água públicos existentes, um no adro da igreja e outro na antiga rua do Paço (atual rua da República), provando a importância de tais dados na elaboração do projeto (fig. 16).

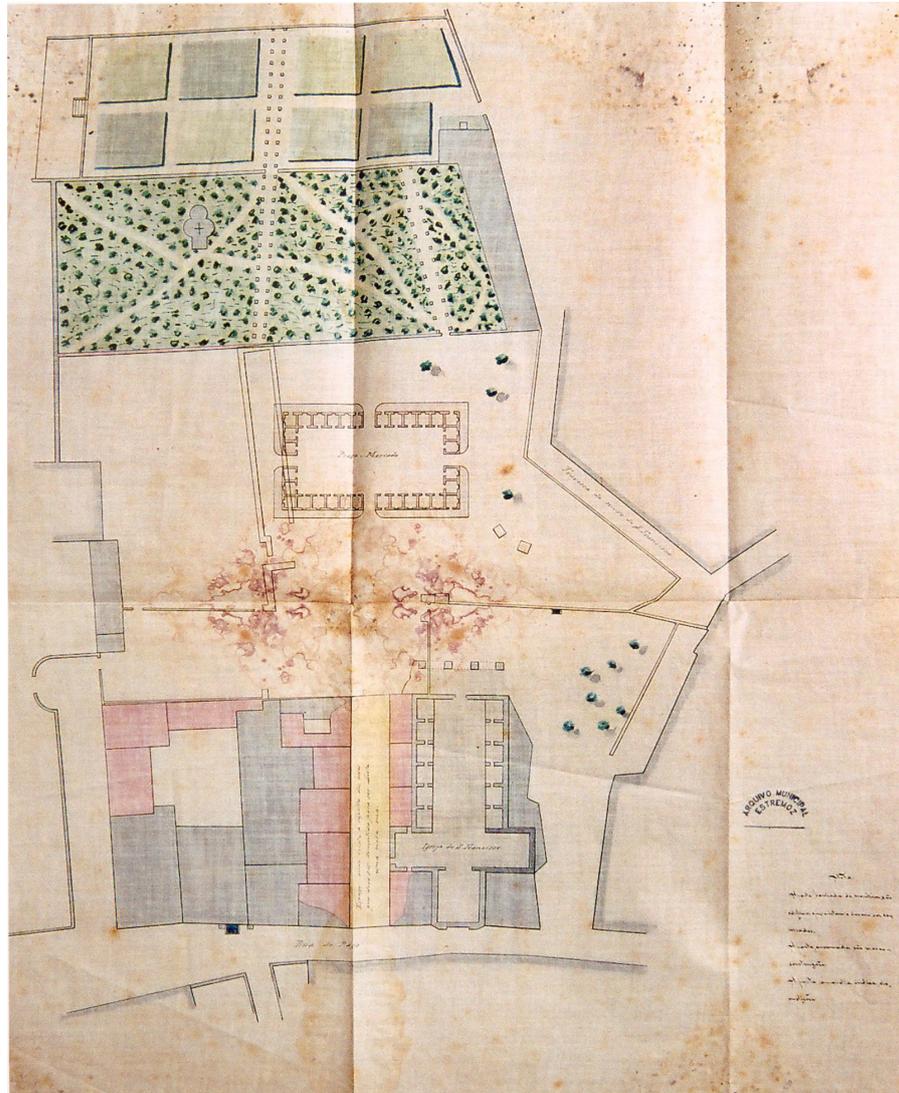


Fig. 16. [Évora. Convento de S. Francisco. Desenho a tinta a china, aguarelado, sobre tela].  
[CMEs]

A planta existente no Arquivo Histórico Militar datada de 1905 foi elaborada no seguimento do decreto de 24-12-1904. Tal legislação atribuiu o Mosteiro de Santa Clara (edifício e cerca) ao Ministério da Guerra, considerando que seria local apropriado para a instalação de um quartel. Neste âmbito, foi providenciado o levantamento arquitetónico do piso térreo deste antigo mosteiro. Considerando o destino previsto para a construção, o autor do trabalho assinalou todos os potenciais recursos aquíferos do local, nomeadamente os poços existentes, situados no interior e exterior da construção, alguns deles hoje já entulhados. A igreja do antigo complexo religioso ficou sob a gestão da Irmandade de Nossa Senhora da Ajuda de Évora (1905 a 1917), tendo sido posteriormente entregue ao Ministério da Guerra, com a extinção da irmandade. Ficou omissa na planta, o poço situado no tardo da porta lateral da igreja e que ainda hoje existe (fig. 17).



Fig. 17. PIMENTA, J. Rodrigues. *Planta do Regimento de Infantaria n.º 16 (1.º piso)*. [Mosteiro de Santa Clara. Piso térreo com localização de poços. Desenho a tinta da china, aguarelado, sobre papel e colado em cartão]. Évora: 1932. [AHM]

#### 4 | CONCLUSÕES

Com o diversificado e valioso espólio cartográfico e iconográfico analisado foi possível cruzar informações para uma (re)interpretação da disponibilidade dos recursos hídricos da região e urbe eborenses constatando a importância que a água assumiu em épocas diferenciadas.

No início do século XVI, a preocupação do autor da iluminura que se encontra em anexo ao segundo foral da cidade, foi chamar a atenção de alguns aspetos relevantes na época: património construído intramuros, as casas das ordens religiosas nomeadamente a Igreja de S. Francisco em reconstrução (obras de manutenção), o denso casario, a Sé Catedral e o Paço Real com as respetivas bandeiras, a fortificação periférica, a picota, a gafaria, a Ermida de S. Sebastião e o Chafariz das Bravas.

Épocas houve em que o principal interesse representado nas peças desenhadas foi o de tornar credível a existência de um sistema defensivo eficaz da cidade relativamente a ataques vindos do exterior. Nestes casos, a representação, em imagens, dos fossos da cidade apresentados cheios de água funcionavam como reforço de uma cidade protegida, com abundância de água transmitindo a ideia de que poderia resistir a cercos prolongados dos invasores.

No caso dos desenhos representativos das muralhas e outras fortificações, integram sempre a representação da arcaria do aqueduto, talvez como elemento

vulnerável relativamente à defesa da cidade. Tal ideia está subjacente no desenho de Baldi no qual a referida arcaria, após ataques inimigos sofreu danos avultados (com D. João de Áustria, aquando da Guerra da Restauração, e em 1808, devido às invasões francesas) estando, à data do desenho, a ser reconstruída.

Na planta de 1750 (datação aproximada) referente aos espaços livres existentes no interior e exterior amuralhado, a água é assumida como um bem precioso no caso de ataque inimigo, sendo que todos os pontos de abastecimento, nomeadamente fontes e linhas de água, assim como o traçado estruturante do aqueduto encontram-se representados com grande precisão, provavelmente com fins militares.

Refira-se o exemplo de um levantamento, de que se destaca o Mosteiro de Santa Clara, no qual, por abranger com precisão apenas parte do edifício poderia induzir em erro, por omissão de alguns dados hídricos (poços, cisternas e valas de drenagem ainda hoje existentes).

É importante o tipo de formação específico de quem executou a icono-cartografia analisada, o conhecimento do local, assim como o nível da abordagem pretendido. Por fim, pode-se concluir que o objetivo das representações analisadas foi importante, porque permitiu interpretar com mais pormenor os dados neles representados.

## 5 | SIGLAS

ADE — Arquivo Distrital de Évora

AHM — Arquivo Histórico Militar

BF — Biblioteca Laurenciana de Florença

BE — Biblioteca Pública de Évora

BN — Biblioteca Nacional (Portugal)

BNE — Biblioteca Nacional de Espanha

BNF — Biblioteca Nacional de França

TT — Arquivo Nacional da Torre do Tombo

CME — “*Sala do Risco*”, Câmara Municipal de Évora

CMEs — Arquivo Municipal, Câmara Municipal de Estremoz

## 6 | CRÉDITOS

Fig. 1. Fonte: [hdl.loc.gov](http://hdl.loc.gov). Fig. 2. Foto: J. Loureiro. Figs. 4, 7 e 8. Fotos: Professor Doutor N. Conde. Fig. 5. Fonte: [gallica.bnf.fr](http://gallica.bnf.fr). Fig. 6: Foto: Biblioteca Laurenciana de Florença. Fig. 9. Foto: [purl.pt/26078](http://purl.pt/26078). Figs. 10, 11, 12 e 13. Fotos: Biblioteca Pública de Évora. Fig. 16. Foto: Câmara Municipal de Estremoz. Fig. 17. Foto: Arquivo Histórico Militar. Figuras restantes. Fotos: acervo pessoal.

## REFERÊNCIAS

AAVV. 2004. **Olhar o mundo, ler o território. Uma viagem pelos mapas [coleção Nabais Conde]**. Coimbra: Instituto de Estudos Geográficos.

AAVV. 2005. **O Aqueduto da Água da Prata e o abastecimento de água a Évora**. Évora: C.M.E. e A.P.R.H.

AAVV. 2007. **O sistema hidráulico quinhentista da cidade de Évora**, Revista Monumentos. Lisboa, nº 26, pp. 92-99.

AAVV. 1997. **Tesouros da Cartografia Portuguesa**. Lisboa: Instituto dos Arquivos Nacionais / Torre do Tombo.

CAIXARIA, E. 2007. **O Real Arquivo Militar. Cronologia Histórica e documental, 1802-1821**. Lisboa: Direção de Infraestruturas, Gabinete de Estudos Arqueológicos de Engenharia Militar.

ESPANCA, T. 1966. **Inventário Artístico de Portugal, VII – Concelho de Évora, vol. I**. Lisboa: Academia Nacional de Belas-Artes.

ESPANCA, T. 1944. **O Aqueduto da Água da Prata. A cidade de Évora**. Évora, nºs 7-8, Junho-Setembro, pp. 84-117.

FEIO, M. & MARTINS, A. 1993. **O relevo do Alto Alentejo (traços essenciais)**. Lisboa: Finisterra, XXVIII, 55-56, pp: 149-1999.

LEGUAY, J.-P. 1999. **La pollution au Moyen Age**. Paris: Jean-Paul Gisserot.

LEGUAY, J.-P. 2002. **L'eau dans la ville au Moyen Âge**. Rennes: Presses Universitaires de Rennes.

MONTEIRO, F. 1995. **O Aqueduto da Água da Prata em Évora. Bases para uma proposta de recuperação e valorização**. Évora: Universidade de Évora (policopiado).

SWIFT, M. & KONSTAM, A. 2008. **Cidades do Mundo Renascentista — mapas do Civitates Orbis Terrarum**. Lisboa: Bertrand Editora.

SWIFT, M. 2006. **Mapas do Mundo**. Lisboa: Bertrand Editora.

\_\_\_\_\_ **Coleção de cartografia “N. Conde”**, Biblioteca da Universidade de Coimbra.

\_\_\_\_\_ **Coleção particular de cartografia “J. Loureiro”**.

## SELEÇÃO DE INDICADORES ASSOCIADOS À AVALIAÇÃO DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### **Danielle Agnes M. dos Santos**

Engenheira Civil e ex-aluna do programa de iniciação científica da UCDB, Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: danielle.agnes@gmail.com

### **Fernando Jorge C. M. Filho**

Prof. pela UCDB. Doutor em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pelo PGTA da UFMS. Campo Grande, MS, Brasil. E-mail: fernando@ucdb.br

**RESUMO:** O uso de indicadores auxilia em um melhor direcionamento dos fundos de investimentos para projetos que visem o desenvolvimento do sistema de abastecimento de água. Nesse sentido, este trabalho selecionou os indicadores de desempenho adequados à empresa de abastecimento de água de Campo Grande – MS, utilizando informações anuais do banco de dados da empresa de concessionária de água, e baseado nos objetivos estratégicos estabelecidos pela norma ISO 24.512/2007. Primeiramente foi efetuado um estudo com o propósito de identificar as partes interessadas (*Stakeholders*) no processo de melhor gestão e planejamento do sistema de abastecimento de água e no cumprimento de suas metas e objetivos. Posteriormente, um estudo foi feito através da literatura para identificar diversas associações nacionais e internacionais que utilizam os ID em sistemas de abastecimento

de água. Resultando na seleção de oito indicadores (Reclamações qualidade da água; Reclamações sobre serviços; Reclamações sobre falta d'água; Reclamações sobre baixa pressão; Educação ambiental; Avarias na rede; Energia por m<sup>3</sup>; Capacidade de bombeamento). Indicadores estes, que foram calculados para cada um dos 16 CR's (Centro de Reservação) considerados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores de Desempenho; Gestão; ISO 24.512.

### **INTRODUÇÃO**

As prestadoras de serviço de saneamento básico são responsáveis por garantir de forma adequada o fornecimento contínuo aos usuários, atendendo a demanda em termos de quantidade e qualidade da água. Segundo a NP ISO 24510/2008, a gestão de uma empresa de abastecimento de água influencia diretamente no gerenciamento dos recursos hídricos. Por ter implicações em quase todas as atividades da sociedade, a qualidade e eficiência dos serviços de distribuição de água, contribui tanto quantitativamente como qualitativamente no desenvolvimento sustentável, na coesão social e no desenvolvimento econômico das populações abastecidas (IPQ, 2008).

Os serviços de saneamento dispõem de

custos fixos considerados elevados, além de custos complementares, como a energia gasta e depreciação das instalações (OHIRA, 2005). Por serem características de maior fonte de dados e mais fácil controle, a qualidade da água distribuída e a pressão na rede são geralmente os parâmetros onde ocorrem mais intervenções. Essa restrição, se dá devido à indisponibilidade de dados e a falta de integração das informações do sistema de abastecimento (JOURAVLEV, 2003). Este comportamento pode limitar o desenvolvimento da empresa, principalmente no contexto de redução de custos, uma vez que demais questões acabam ficando em segundo plano.

A ISO 24.512 recomenda o uso de indicadores de desempenho (ALEGRE *et al.*, 2006) como recurso para auxiliar a gestão dos serviços de abastecimento de água. Tais indicadores compõe um conjunto de elementos que devem ser utilizados pelas agências reguladoras para normatização no setor de saneamento, abrangendo dimensões técnica, econômica e social da prestação dos serviços (BRASIL, 2007). A análise de desempenho é, acima de tudo, um instrumento de gestão, pois, para gerir é importante medir, comparar e avaliar a evolução.

Em sistemas tão complexos quanto aos de abastecimento de água, é necessária a elaboração de um sistema de análise constituído por diferentes tipos de indicadores para diagnóstico e monitoramento de um determinado problema (FLORISSI, 2009). Os indicadores de desempenho são medidos da eficiência e da eficácia das entidades gestoras, referentes a aspectos específicos da atividade desenvolvida ou do comportamento dos sistemas.

A avaliação de cada região de abastecimento, utilizando os indicadores de desempenho, facilita a gestão de recursos das prestadoras de serviço. Nesse sentido, este trabalho selecionou os indicadores de desempenho adequados à empresa de abastecimento de água de Campo Grande – MS, utilizando informações anuais do banco de dados da empresa de concessionária de água, e baseado nos objetivos estratégicos estabelecidos pela norma ISO 24.512/2007.

## **REVISÃO DA LITERATURA**

### **Planejamento nos Serviços de Abastecimento de Água**

Planejamento, segundo Oliveira (1993), é toda metodologia elaborada para se alcançar determinado objetivo, de uma forma eficiente e efetiva. O planejamento aplicado ao aperfeiçoamento de serviços deve abranger todos os níveis da organização, permitindo uma gestão técnica integrada onde envolve vários níveis de decisão (ALEGRE e COVAS, 2009).

O processo de planejamento está ordenado em seis fases principais (ALEGRE e COVAS, 2009): Estabelecimento de objetivos, de critérios de avaliação, de medidas de desempenho e de metas; Elaboração de um diagnóstico; Produção do plano; Implementação do plano; Monitoramento do plano; E revisão do plano.

## Regulação dos Serviços Públicos

O conceito de regulação pública é entendido por Galvão Jr. e Paganini (2009) como a intervenção do estado nas ordens econômica e social com o objetivo de se alcançar eficiência e equidade, interpretada como universalização no fornecimento de bens e serviços públicos de natureza essencial por parte de prestadores de serviço estatais e privados. A regulação pretende ajustar a eficiência econômica com a satisfação do usuário/consumidor, sobretudo quando se tratar de monopólios, onde apresentará diretrizes sobre preços a serem aplicados, investimentos e qualidade dos serviços (SOUTO, 2008).

Em Campo Grande – MS, onde se situa o sistema de abastecimento de água alvo desta pesquisa, o Decreto n. 12.071/12 regulamentou a prestação do serviço público de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, disciplinando, de acordo com as Leis Municipais n. 2.909/92, n. 3.698/99, n. 3.928/01 e n. 4.463/07, e com as Leis Federais n. 8.987/95 e n. 11.445/07. A Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados de Campo Grande (AGEREG) é uma entidade autárquica com personalidade jurídica própria, autonomia administrativa e financeira, vinculada ao chefe do Executivo Municipal, com a finalidade de garantir o pleno cumprimento do contrato de concessão e a adequada prestação dos serviços públicos concedidos.

## Gestão da Qualidade dos Serviços de Água

A ISO 24.512, com o título “Serviços relacionados à água potável e águas residuárias – Diretrizes para gestão e avaliação dos serviços de água potável” é uma norma de gestão, que tem o objetivo de fornecer as orientações necessárias para definição, avaliação e gestão dos serviços prestados (ISO 24512, 2007).

Na norma são definidos seis objetivos principais do sistema de abastecimento de água, descritos a seguir:

- Proteção da saúde pública: referente à qualidade, potabilidade e suficiência do abastecimento de água;
- Satisfação das necessidades e expectativas dos usuários: contemplado na ISO 24510;
- Prestação de serviços em situações normais e de emergência: abastecimento contínuo, pressão adequada e confiabilidade;
- Sustentabilidade do prestador de serviços: capacidade de tratamento, de reservação, de transmissão e do sistema de distribuição, dos recursos hídricos, força de trabalho e estruturas tarifárias;
- Promoção do desenvolvimento sustentável na comunidade: gestão dos recursos hídricos (proteção dos mananciais), redução da geração de resíduos e uso sustentável dos insumos;
- Proteção do meio ambiente: perdas de água, energia e gestão de resíduos.

A ISO 24.512 recomenda o uso de indicadores de desempenho (ALEGRE *et al.*, 2006) como recurso para auxiliar a gestão dos serviços de abastecimento de água. A análise de desempenho é, acima de tudo, um instrumento de gestão, pois, para gerir é importante medir, comparar e avaliar a evolução.

## Indicadores de Desempenho

Dentre as medidas de avaliação de desempenho adotadas, os indicadores são as mais utilizadas (QUADROS; ROSA; ALEGRE, 2008). Os indicadores têm por objetivo facilitar a percepção dos problemas, tornando-os mais notórios na medida em que as informações vão sendo simplificadas, agrupadas e quantificadas (SEGNESTAM, 1999).

Os indicadores correspondem à unidade básica de medida de desempenho e o ponto de partida para avaliação do objeto em estudo. Ainda que indicadores sejam amplamente utilizados e com destaque nos sistemas de avaliação, sua definição possui divergência entre os autores, não existindo um conceito único que expresse seu significado. O termo “indicador” pode ser descrito como:

- “medida do comportamento de um sistema em termos de atributos significativos e perceptíveis” (HOLLING, 1978, p. 106);
- “fragmento de informação, parte de um processo de gerenciamento específico, que pode ser comparado com objetivos e ao qual é atribuído um significado que vai além de ser valor aparente” (UNEP/RIVM, 1994, p. 5);
- “expressão específica que provê informações acerca do desempenho de uma organização” (ABNT, 2004, p. 2);
- “variáveis que sumarizam ou simplificam informações relevantes, tornam o fenômeno de interesse visível ou perceptível e são capazes de quantificar, avaliar e transmitir informações relevantes” (PEROTTO *et al.*, 2008, p. 519).
- “Indicadores são elementos que medem níveis de eficiência e eficácia de uma organização, ou seja, medem o desempenho dos processos produtivos, relacionados com a satisfação dos clientes”. (De Rolt, 1998).

Nessa pesquisa foi considerada a definição proposta pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), segundo a qual “um indicador é um parâmetro, ou valor derivado de parâmetros, que aponta, fornece informações e/ou descreve o estado de um fenômeno, ambiente ou área com um significado que se estende além daquele diretamente associado ao seu valor” (OECD, 1993, p. 6).

## Indicadores de Desempenho para os Serviços de Abastecimento de Água

Os indicadores de desempenho no Brasil possuem como referência a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), a Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR), o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e o Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS). No cenário internacional,

publicações de diversas entidades referem-se sobre o uso de indicadores: *American Water Works Association (AWWA)*; Associação de Entidades Reguladoras de Água e Saneamento das Américas (ADERASA); Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR); *International Water Association (IWA)*; *The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET)*; *Water Services Association of Australia (WSAA)*; *Water Services Regulation Authority (OFWAT)*.

### **Caracterização Local**

A Águas Guariroba S.A. é a concessionária responsável pelos serviços públicos de abastecimento de água em Campo Grande - MS, desde 2000, mediante contrato de concessão com a Prefeitura Municipal. O contrato de concessão, válido até 2030, foi prorrogado até 2060 (AEGEA).

Campo Grande é abastecido por duas captações superficiais, Guariroba e Lageado, com a capacidade total de 1.837 litros por segundo, correspondendo a 55% da demanda total. As ETAS também são duas: Guariroba e Lageado.

O município utiliza 150 poços para a captação subterrânea, sendo destes, 10 super poços, totalizando uma capacidade de 1.776 litros por segundo. Os super poços captam água do Aquífero Guarani, considerado a maior reserva subterrânea de água doce do mundo, enquanto os poços captam água de dois aquíferos principais: Aquífero Bauru; Aquífero Serra geral (ÁGUAS GUARIROBA, 2015; SHINZATO, 2007).

A concessionária atende a população através de uma rede de 3.634 km de extensão, abastecida por 104 reservatórios com capacidade total de 94.300 m<sup>3</sup> de água. Dos aproximadamente 854 mil habitantes, 99.7% recebem atendimento, o que supera a média nacional de 82.5%, demandando uma média de 6.5 milhões m<sup>3</sup> de água tratada por mês (ÁGUAS GUARIROBA, 2015).

### **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A análise do sistema de abastecimento foi iniciada estabelecendo os objetivos fixados pela ISO 24512. Através dela, puderam ser selecionados indicadores cujos dados estivessem disponíveis para todas as regiões monitoráveis do SAA. A figura abaixo ilustra a sequência de etapas desenvolvidas neste trabalho:

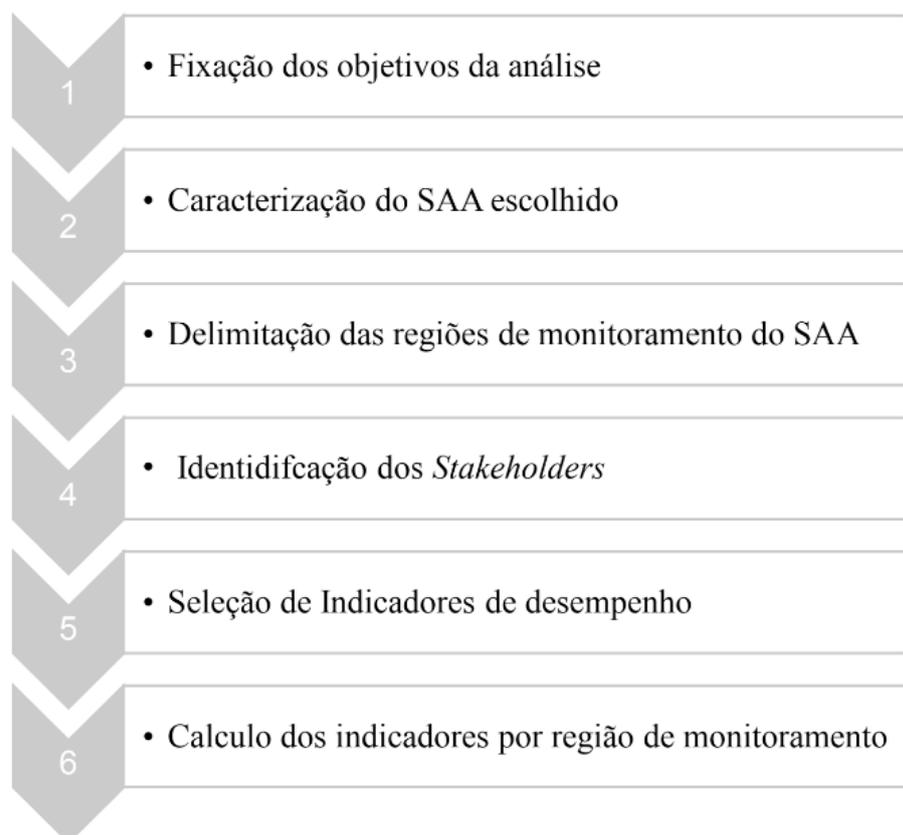


Figura 1 - Etapas de desenvolvimento.

### **Delimitação das Regiões de Monitoramento**

As áreas foram delimitadas pela empresa e compreendem regiões onde podem ser obtidos os dados para o cálculo dos indicadores selecionados. As áreas delimitadas são um conjunto de um ou mais Setores de Fornecimento que possuem características em comum, como por exemplo, se o seu abastecimento é feito por poço ou pelo manancial.

### **Seleção de Indicadores**

A escolha de indicadores foi realizada utilizando informações anuais do banco de dados da empresa de concessionária de água, e baseado nos objetivos estratégicos estabelecidos pela norma ISO 24.512/2007.

Primeiramente foi efetuado um estudo com o propósito de identificar as partes interessadas (*Stakeholders*) no processo de melhor gestão e planejamento do sistema de abastecimento de água e no cumprimento de suas metas e objetivos. Da mesma forma, um estudo foi feito através da literatura para identificar diversas associações nacionais e internacionais que utilizam os ID em sistemas de abastecimento de água, conforme discorrido no capítulo de Revisão da Literatura.

Após definir os *Stakeholders* e os Sistemas de Avaliação de Desempenho, foi feito um levantamento dos indicadores de desempenho utilizados por eles. Com os ID tabulados, foram realizados três processos de cortes entre eles. O primeiro, foi

consultar no banco de dados de indicadores tabulados, quais deles poderiam auxiliar a empresa no cumprimento da ISO 24.512. Em cima dos indicadores que permaneceram após o primeiro corte, foi feito um segundo, baseado nos dados da empresa. Para um indicador ser válido, necessita possuir dados suficientes para calculá-los e possuir esses dados para todas as regiões de distribuição monitoradas pelo sistema de abastecimento de água.

Com o propósito de atender as expectativas de todas as partes interessadas, e em uma melhor avaliação da empresa conforme os Sistemas de Avaliação de Desempenho, foi realizado um último corte nos indicadores pré-selecionados. Permaneceram aqueles que resultaram em uma maior notabilidade da empresa, tanto para os *Stakeholders*, quanto para as organizações que utilizam indicadores de desempenho.

A quantidade de indicadores selecionados foi baseada no manual de aplicação de técnicas de análise multicritério do Departamento de Comunidades e Governo Local do Reino Unido, que, segundo ele, o método terá um melhor desempenho se os critérios utilizados compreenderem entre 6 e 12.

A Figura 2 ilustra o fluxograma com as principais etapas seguidas.



Figura 2 – Fluxograma Seleção de Indicadores.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

### Regiões de Monitoramento delimitadas

A figura 3 ilustra a divisão das áreas monitoráveis do SAA de Campo Grande – MS.

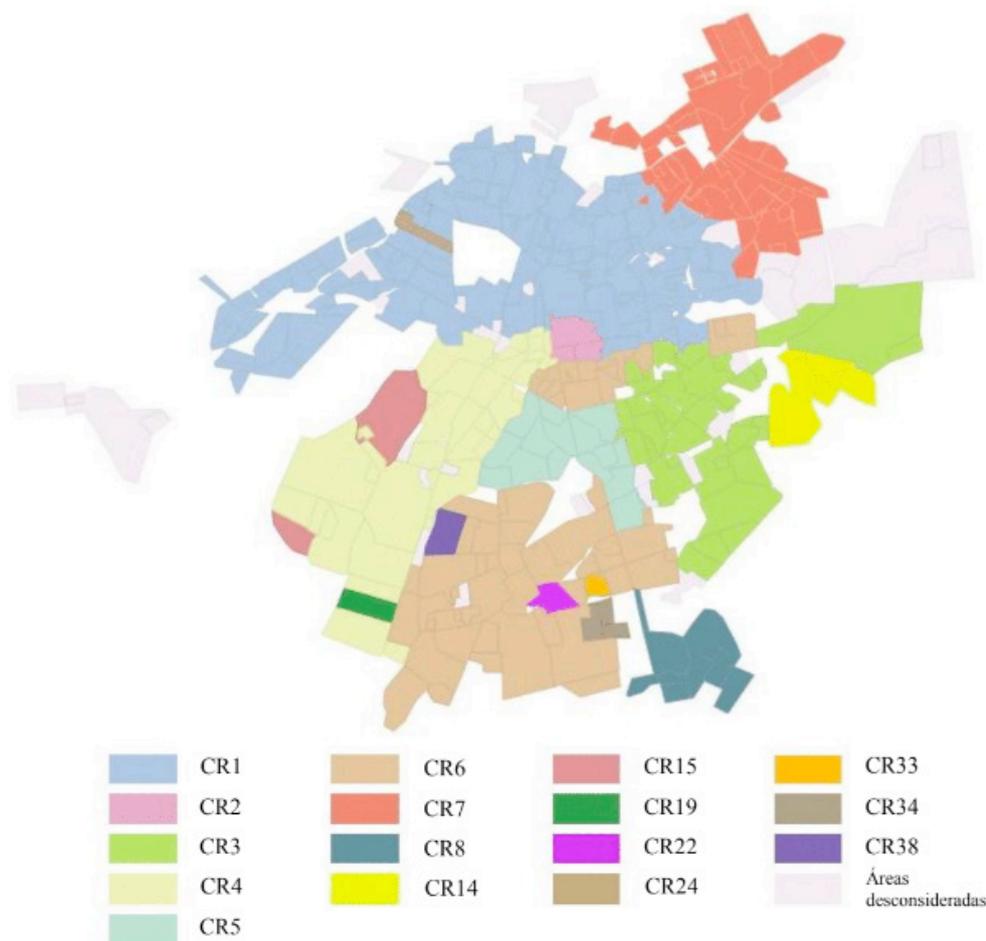


Figura 3 – Áreas para avaliação.

As áreas foram selecionadas, baseadas no número de matrículas de cada uma. Para fins de estudo, foram selecionadas apenas áreas de monitoramento que possuem uma quantidade mínima de 1000 matrículas, aplicando desta forma, um grau de relevância entre elas. Quanto maior a área, maior a possibilidade de existir pontos críticos, maior quantidade de ligações (usuários) e maior o retorno dos investimentos. Desta forma, uma área pequena, ainda que possua falhas, representa uma quantidade quase que inexpressiva de usuários, comparado ao todo, que se usufruiriam das alternativas tomadas, além de, representar para a empresa, um retorno financeiro das reformas, também quase inexpressivo.

### Seleção de Indicadores

#### Identificação dos *Stakeholders* e Sistemas de Avaliação de Desempenho

Através de entrevistas com profissionais da área de saneamento, e profissionais da própria concessionária de abastecimento, além de pesquisas na literatura, foram identificadas algumas das partes interessadas no desenvolvimento da empresa por

meio da aplicação do método proposto.

No âmbito municipal, as partes interessadas identificadas são:

- Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados de Campo Grande (AGEREG);
- Prefeitura de Campo Grande, através do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB);
- Usuários do serviço.

No âmbito corporativo:

- AEGEA;
- Bancos Investidores (GIC; IFC – *International Finance Corporation*; IFC – *Asset Management Company*; Equipav; Caixa Econômica Federal; BNDES)

Os sistemas de avaliação de desempenho foram selecionados conforme utilização pelas partes interessadas. Entretanto, o ERSAR foi selecionado por seu respaldo técnico-científico. Foram selecionados: (SNIS; PMSB; GRI; ERSAR; Indicadores próprios utilizados pela Águas Guararioba).

O fluxograma abaixo correlaciona qual sistema de avaliação de desempenho cada parte interessada utiliza:



Devido a uma grande divergência entre os sistemas de avaliação de desempenho, seja por existência/ausência de determinado indicador, e/ou pela métrica utilizada em casa sistema, foram correlacionados indicadores que melhor se assemelhassem à maior parte dos sistemas de avaliação utilizados pelos *Stakeholders*. Para atender os objetivos da ISO 24.512, alguns indicadores foram sugeridos por colaboradores da empresa.

### Indicadores Propostos

Nos sistemas de indicadores listados, existem algumas divergências na padronização das métricas dos indicadores sugeridos. Para uma melhor interpretação, foram utilizadas fórmulas que melhor satisfaçam os sistemas, dentre elas:

A) ID1 - Reclamações sobre qualidade da água:

Descrição	Indicador de verificação à respeito da qualidade do produto
Objetivo	Identificar possíveis anomalias no sistema de abastecimento que possam interferir na qualidade da água, tais como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidade muito baixa, acarretando em turvação e sabor devido à deposição e arrastamento de sedimentos;</li> <li>• Entrada de poluentes no sistema;</li> <li>• Contato com materiais.</li> </ul>
Processo de Cálculo	$\text{Número de reclamações sobre qualidade da água (Soma da quantidade de reclamação, de determinada área, em um período de 1 ano)} \div \text{Número de ramais de cada área monitorada (Média anual)}$
Método de Medição	Recolher os seguintes dados da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações oriundas do Call Center, referente à reclamações e categorizadas como uma reclamação referente à qualidade da água.</li> <li>• Quantidade de ramais para cada área.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A concessionária de abastecimento de água, possui um sistema que permite selecionar o motivo da reclamação do usuário, facilitando a análise e interpretação dos interesses dos usuários.</li> <li>• Sugerido pelo ERSAR como indicador QS30.</li> <li>• Previsto no PMSB como indicador à ser reduzido.</li> <li>• Diferindo-se da proposta do ERSAR, que sugere número de reclamações sobre qualidade da água, dividido pelo número de reclamações totais, o indicador sugerido se enquadra melhor ao modelo de análise adotado e aos dados disponíveis.</li> </ul>

Quadro 1 – Indicador Qualidade da Água

B) ID2 - Reclamações sobre serviços:

Descrição	Indicador adotado para mensurar, através dos usuários, o desempenho da empresa.
Objetivo	Medir opinião dos usuários em relação aos serviços prestados.
Processo de Cálculo	$\text{Número de reclamações sobre serviços (Soma da quantidade de reclamação, de determinada área, em um período de 1 ano)} \div \text{Número de ramais (Média Anual)}$
Método de Medição	Recolher os seguintes dados da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações oriundas do Call Center, referente à reclamações.</li> <li>• Quantidade de ramais.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sugerido pelo ERSAR como QS26.</li> </ul>

Quadro 2 – Indicador Reclamação sobre Serviços

C) ID3 - Reclamações sobre falta d'água:

Descrição	Indicador adotado para avaliar a continuidade dos serviços prestados
Objetivo	Identificar através dos usuários, a interrupção sem justificativas no abastecimento de água
Processo de Cálculo	Número de reclamações sobre falta d'água (Soma da quantidade de reclamação, de determinada área, em um período de 1 ano) ÷ Número de ramais (Média Anual)
Método de Medição	Recolher os seguintes dados da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações oriundas do Call Center, referente à reclamações e categorizadas como uma reclamação relativo à falta d'água.</li> <li>• Quantidade de ramais.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A concessionária de abastecimento de água, possui um sistema que permite selecionar o motivo da reclamação do usuário, facilitando a análise e interpretação dos interesses dos usuários.</li> <li>• Sugerido pelo ERSAR como QS29 e no PMSB como IAA5.</li> </ul>

Quadro 3 – Indicador Reclamação sobre Falta d'água

D) ID4 - Reclamações sobre baixa pressão:

Descrição	Indicador para aperfeiçoamento da distribuição do produto aos usuários.
Objetivo	Localizar pontos, dentro do sistema, a serem refletidos.
Processo de Cálculo	Número de reclamações sobre baixa pressão (Soma da quantidade de reclamação, de determinada área, em um período de 1 ano) ÷ Número de ramais (Média Anual)
Método de Medição	Recolher os seguintes dados da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações oriundas do Call Center, referente à reclamações e categorizadas como uma reclamação relativa à baixa pressão.</li> <li>• Quantidade de ramais.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sugerido pelo ERSAR como QS28.</li> </ul>

Quadro 4 – Indicador Reclamação sobre Baixa Pressão.

E) ID5 - Educação ambiental:

Descrição	Indicador adotado para mensurar a quantidade de palestras que visam educação ambiental.
Objetivo	Promover desenvolvimento da comunidade.
Processo de Cálculo	Número de palestras sócio-educativas (Soma da quantidade, para determinada área, em um período de 1 ano)
Método de Medição	Recolher os seguintes dados da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informações oriundas do programa "Saúde Nota 10", a respeito das escolas em que ele foi aplicado, e em que área essas escolas estão.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicador IAA9 do PMSB</li> </ul>

Quadro 5 – Indicador Educação Ambiental.

F) ID6 - Avarias em ramais:

Descrição	Indicador proposto para analisar quantidade e distribuições de Avarias.
Objetivo	Possibilitar à empresa, um maior detalhamento quanto aos pontos insatisfatórios da cidade.
Processo de Cálculo	Número de ordens de serviço (Soma da quantidade, de determinada área, em um período de 1 ano) ÷ Extensão de rede (km)
Método de Medição	Recolher os seguintes dados da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de ordens de serviço.</li> <li>• Extensão da rede.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sugerido pelo ERSAR como OP31, este indicador de desempenho avalia o número de avarias dividido pelo comprimento da rede. Para o cálculo foi utilizado o número de ordens de serviço em cada região analisada, dividido pelo comprimento de rede da região.</li> </ul>

Quadro 6 – Indicador Avarias.

G) ID7 - Energia por m<sup>3</sup> de água:

Descrição	Indicador voltado para gastos da empresa, bem como, recuperação dos mesmos.
Objetivo	Possibilitar à empresa uma melhor perspectiva quanto ao gasto energético de cada região.
Processo de Cálculo	Custo do bombeamento ( em R\$, dado pela tarifa de energia dos poços e estações elevatórias (Média anual))÷ Volume de água bombeado por elas (Média anual).
Método de Medição	Recolher os seguintes dados da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de funcionamento das bombas, e tempo de funcionamento desejável.</li> <li>• Consumo energético das bombas e EAT's.</li> <li>• Volume de água bombeado.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsto no ERSAR e SNIS, o indicador Ph5 e IN058, respectivamente.</li> <li>• Previsto no ERSAR e SNIS, o indicador Ph5 e IN058, respectivamente. Em ambos os sistemas é o indicador do total de energia elétrica gasta no bombeamento de água.</li> <li>• Sugerido por haverem divergências nos valores cobrados do KW/h dependendo do horário de funcionamento das bombas.</li> </ul>

Quadro 7 – Indicador Custo Água

#### H) ID8 - Utilização da capacidade de bombeamento:

Descrição	Trata-se do percentual de uso da capacidade de bombeamento dos grupos motobomba (capacidade máxima de funcionamento estimada em 21 horas por dia).
Objetivo	Demonstrar para a empresa os limites em que cada região opera.
Processo de Cálculo	Tempo de operação do conjunto motobomba (em horas) ÷ 21 horas (tempo de operação definido como desejável).
Método de Medição	Recolher o seguinte dado da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de funcionamento dos conjuntos moto bomba de poços e EATs.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sugerido por profissionais da concessionária de água, este indicador não se encontra presente em nenhum dos sistemas de indicadores analisados, mas se assemelha muito ao Ph4 sugerido pelo ERSAR, que utiliza consumo máximo de energia dividida pela capacidade máxima de bombeamento.</li> </ul>

Quadro 8 – Indicador Capacidade de Bombeamento

#### I) ID9 - Satisfação do cliente:

Descrição	Indicador para medir o grau de contentamento dos usuários.
Objetivo	Mensurar a perspectiva do usuário, quanto à empresa.
Processo de Cálculo	Média da satisfação dos usuários.
Método de Medição	Recolher os seguintes dados da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfação média dos clientes usuários, obtida através de pesquisa realizada pela empresa.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicador de relevância para o GRI.</li> </ul>

Quadro 9 – Indicador Satisfação Cliente

#### J) ID10 - Perdas de água:

Descrição	Indicador para ilustrar a situação, referente a perdas, do sistema.
Objetivo	Identificar os locais com maiores perdas.
Processo de Cálculo	Volume de entrada (m <sup>3</sup> ) (Soma da quantidade, de determinada área, em um período de 1 ano) ÷ Volume Micromedido (m <sup>3</sup> )(Soma da quantidade, de determinada área, em um período de 1 ano).
Método de Medição	Recolher os seguintes dados da empresa durante um ano, para cada área selecionada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume de água que chega na região.</li> <li>• Volume micromedido.</li> </ul>
Comentários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sugerido pelo ERSAR, SNIS e PMSB, OP23, IN051 E IAA8, respectivamente.</li> </ul>

Quadro 10 – Indicador Perdas.

A tabela 1 relaciona os objetivos da ISO 24.512, aos indicadores selecionados e em quais sistemas de indicadores eles podem ser encontrados.

OBJETIVOS	INDICADORES	Sistemas de indicadores				
		ERSAR	PMSB	ÁGUAS	SNIS	GRI
<b>Proteger a saúde pública</b>	Reclamações sobre qualidade da água	X	X	X		
<b>Tornar a entidade gestora sustentável</b>	Energia por m <sup>3</sup>	X		X	X	
<b>Satisfazer as expectativas e necessidades dos usuários</b>	Satisfação do cliente			X		X
	Reclamações sobre serviço	X		X		
	Reclamações sobre falta d'água	X	X	X		
	Reclamações sobre baixa pressão	X				
<b>Promover serviço em condições normais e de emergência</b>	Avarias em ramais	X		X		
	Capacidade de bombeamento	X				
<b>Proteger o Meio Ambiente</b>	Perdas De Água	X	X	X	X	
<b>Promover o Desenvolvimento da Comunidade</b>	Educação Ambiental		X	X		

Tabela 1 - Indicadores selecionados e a qual sistema podem ser relacionados.

## Indicadores Selecionados

A maioria dos dados primários sugeridos anteriormente, podem ser encontrados em plataformas como o SNIS, e/ou através de informações *online* fornecidas pela prefeitura municipal (Planurb, SISGRAN). Entretanto, alguns deles, pertencem exclusivamente à empresa de abastecimento de água, comprometendo a seleção de todos os indicadores propostos.

No processo de tratamento dos dados para o cálculo do volume de entrada de água e custo de energia para cada região, foram encontrados alguns entraves. Nos setores de fornecimento abastecidos por águas oriundas de captação superficial e subterrânea, o volume de entrada deve ser calculado estimando-se o percentual de cada tipo de captação. Por ser um dado não usualmente utilizado e demandar um profundo conhecimento do sistema para obtenção deste, os indicadores que dependiam desta informação não puderam ser selecionados para esta análise.

Os indicadores selecionados e utilizados nesse trabalho foram:

- ID1 - Reclamações sobre qualidade da água;
- ID2 - Reclamações sobre serviços;
- ID3 - Reclamações sobre falta d'água;

- ID4 - Reclamações sobre baixa pressão;
- ID5 - Educação ambiental;
- ID6 - Ordens de serviço por km de rede por ano;
- ID7 - Energia gasta por metro cúbico de água faturada;
- ID8 - Capacidade de bombeamento.

Além no auxílio para gestão de investimentos, os indicadores selecionados são condizentes com os parâmetros analisados pelos investidores, agências reguladoras e planos de desenvolvimento.

### Áreas de Monitoramento e suas Características

#### 1) CR1

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	149	438	235	54	8	69263	13298	149
	<b>Divisor</b>	79069					78,51	14199396	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matrículas</i>				-	<i>Km de rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	1,88	5,54	2,97	0,68	8	882,17	0,94	0,85

Tabela 2 – Características CR1

SF's e Bairros do CR 1: **SF001-NASSER** (Bom Retiro); **SF003-CORONEL ANTONINO** (Coronel Antonino; Bosque Ávila; Estrela Do Sul; Vila Margarida; Jardim Imperial); **SF004- CORONEL ANTONINO** (Monte Castelo; São Francisco; Jardim Dos Estados); **SF036-POPULAR** (Santa Monica; Vila Popular; Jardim Itália; Embrapa); **SF038-ZE PEREIRA** (Zé Pereira); **SF040-COOPHASUL** (Vila Palmira; Santo Amaro; Jardim Panamá; Jardim Carioca; Vila Serradinho; Vila Eliane; Jardim Sayonara; Nova Campo Grande; Nelson Trad; Jardim Aeroporto; Residencial Búzios; Jardim Pantanal; Ana Maria Do Couto; Silvia Regina; Sagarana; Jardim Canadá; Jardim Imá; Santa Carmélia; São Benedito; Vila Oracila; Jardim Paradiso; Vila; Corumbá; Vila Planalto; Santo Antônio); **SF006- RG** (Rita Vieira; Vila Carlota; Cachoeira; Arnaldo Estevão De Figueiredo; Estrela Parque; Cristo Redentor; Jardim Itamaracá; Tiradentes; Jardim Itatiaia; Vilas Boas; Mansur; Jardim Monte Alegre; Jardim Mansur); **SF024-NOROESTE** (Jardim Noroeste; Nova Serrana); SF098 (Jardim Veraneio).

2) CR 2

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	63	83	18	2	1	2649	973	-
	<b>Divisor</b>	5013				-	2,12	1294905	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matriculas</i>					<i>Km de rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	12,57	16,56	3,59	0,40	1	512,97	0,75	-

Tabela 3 – Características CR 2

SF's e Bairros do CR 2: **SF005-RD** (Centro)

3) CR 3

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	53	194	114	27	4	23252	4391	14,12
	<b>Divisor</b>	45633				-	44,51	26199	-
	<b>Unidades</b>	<i>Matriculas</i>					<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	2,02	7,40	4,35	1,03	4	872,89	0,73	0,83

Tabela 4 – Características CR 3

SF's e Bairros do CR 3: **SF006-RG** (Rita Vieira; Vila Carlota; Cachoeira; Arnaldo Estevão De Figueiredo; Estrela Parque; Cristo Redentor; Jardim Itamaracá; Tiradentes; Jardim Itatiaia; Vilas Boas; Mansur; Jardim Monte Alegre; Jardim Mansur); **SF024-NOROESTE** (Jardim Noroeste; Nova Serrana); **SF98-PARQUE DOS PODERES II** (Jardim Veraneio).

4) CR 4

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	301	465	136	28	3	41322	4693	17,48
	<b>Divisor</b>	45633				-	44,51	6430562	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matriculas</i>					<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	6,60	10,19	2,98	0,61	3	928,35	0,73	0,96

Tabela 5 – Características CR 4

SF's e Bairros do CR 4: **SF007-TAVEIROPOLIS GRAVIDADE NOVA** (Jardim Leblon; Jardim Tijuca; Jardim Pênfigo; Jardim Tarumã; Vila Kellem; Aero Rancho; Jardim Serra Azul; Buriti; Jardim Europa); **SF008-TAVEIROPOLIS GRAVIDADE VELHA** (Guanandi; Jardim Taquarussu; Cohafama; Vila Aurora; Vila Maracaju; Vila Barão De Rio Branco; Vila Orpheu Bais; Jardim Jacy); **SF047-TAVEIROPOLIS** (Caiobá; Rancho Alegre); **SF60-TAVEIROPOLIS-EAT-087** (Vila Base Aérea; Jardim Jacy); **SF80-TAVEIROPOLIS** (Ronaldo Tenuta; Vila Fernandes; Jardim Santa Emília)

## 5) CR 5

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	166	221	46	9	0	12914	1766	20,11
	<b>Divisor</b>	14843				-	14,58	2260863	21
	<b>Unidade</b>	Matrículas					Km de Rede	Vol. Micromedido	Horas
	<b>Indicador</b>	11,18	14,89	3,10	0,61	0	885,86	0,78	0,86

Tabela 6 – Características CR 5

SF's e Bairros do CR 5: **SF009** (Jokey Club; Jardim Paulista; Vila Ieda; Vila Carlota; Vila Progresso; Vila Dr. Albuquerque; Residencial Betaville; Vila Olinda; Jardim Marcos Roberto; Jardim Piratininga; Jardim Nhandá; Vila Ipiranga; Jardim América).

## 6) CR 6

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	119	355	185	51	5	59967	6642	18,10
	<b>Divisor</b>	58204				-	57,22	8039427	21
	<b>Unidade</b>	Matrículas					Km de Rede	Vol. Micromedido	Horas
	<b>Indicador</b>	2,04	6,10	3,18	0,88	5	1048,01	0,83	0,88

Tabela 7 – Características CR 6

SF's e Bairros do CR 6: **SF010-LAGEADO-CLOVIS** (Jardim Monte Líbano; Jardim Nova Era; Itanhangá Park; Vila Glória; Vila Castelo; Jardim São Bento; Vila Rosa Pires); **SF011-PIONEIROS** (Granja Bandeira; Vila Nogueira; Jardim Das Nações; Jardim Nashville; Aero Rancho; Vila Bela; Jardim Das Hortênsias; Jardim Radialista; Jardim Centenário; Parati); **SF015-DOM ANTONIO** (Dom Antônio; Parque Lageado; Vespasiano Martins; Terra Morena); **SF026-PIONEIROS** (Jardim Botafogo; Vila Adelina; Pioneiros); **SF029- CIDADE JARDIM** (Cidade Jardim); **SF031-PAULO COELHO** (Jardim Centro Oeste; Jardim Los Angeles); **SF051-UNIVERSITARIO** (Colibri; Vila Antunes; Jardim Monumento; Porto Seguro; Parque Do Trabalhador); **SF64-PARATI** (Guanandi); **SF065- PARATI** (Parati); **SF66-UNIVERSITARIO** (Pequena Flor; Universitário; Vila Santo Eugenio).

## 7) CR 7

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	226	396	135	34	1	37426	4192	18,49
	<b>Divisor</b>	35363					35,82	5032720	21
	<b>Unidade</b>	<i>Matriculas</i>				-	<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	6,39	11,20	3,82	0,96	1	1044,92	0,83	0,72

Tabela 8 – Características CR 7

SF's e Bairros do CR 7: **SF012-NOVOS ESTADOS GRAVIDADE NOVA** (Nova Bahia; Novos Estados); **SF013-NOVA LIMA** (Oscar Salazar; Silvestre; Nova Lima); **SF017-JARDIM COLUMBIA** (Jardim Columbia); **SF018-VIDA NOVA** (Vida Nova); **SF035-ANACHE** (Jardim Anache); **SF74-ESTRELA DALVA** (Vila Danubio Azul; Jardim Estrela Dalva); **SF75-NOVOS ESTADOS GRAVIDADE VELHA** (Carandá-III; Taquaral Bosque); **SF76-MATA DO JACINTO** (Mata Jacinto); **SF77-TALISMA** (Jardim Talismã; Morada Verde); **SF78-NOVA LIMA** (Nova Lima; Jardim Nascente Do Segredo; Campo Belo; Campo Novo; Jardim Cerejeiras; Vida Nova; Jardim Columbia); **SF82-TARSILA DO AMARAL** (Tarsila Do Amaral); **SF83-NOVOS ESTADOS GRAVIDADE NOVA** (Izabel Garden; Guanabara; Jardim Montevideu; Residencial Atlântico Sul); **SF94-MATA DO JACINTO** (Mata Do Jacinto); **SF99-NOVA OLINDA** (Nova Olinda); **SF103-NOVOS ESTADOS GRAVIDADE** (Iguatemi; Alphaville).

## 8) CR 8

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	3	25	18	4	1	9154	2184	20,74
	<b>Divisor</b>	8614					8,42	1203498	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matriculas</i>				-	<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	0,35	2,90	2,09	0,46	1	1086,79	1,81	0,99

Tabela 9 – Características CR 8

SF's e Bairros do CR 8: **SF016-MORENINHAS** (Moreninha I; Moreninha II; Moreninha III; Moreninha IV); **SF030-CIDADE MORENA** (Jardim Cidade Morena; Jardim Santa Felicidade); **SF032- MORENINHAS** (Parque Novo Século)

## 9) CR 14

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	4	34	24	6	0	3548	616	15,31
	<b>Divisor</b>	4646					3,89	839203	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matrículas</i>				-	<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	0,86	7,32	5,17	1,29	0	771,98	0,73	0,73

Tabela 10 – Características CR 14

SF's e Bairros do CR 14: **SF023-DHAMA** (Vivendas Do Parque; Residencial Oiti; Residencial Dhama; Jardim Panorama); **SF101-MARIA APARECIDA PEDROSSIAN** (Parque Residencial Maria Aparecida Pedrossian)

## 10) CR 15

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	6	18	8	4	0	6316	738	-
	<b>Divisor</b>	6696					6,47	795553	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matrículas</i>				-	<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	0,90	2,69	1,19	0,60	0	976,95	0,93	-

Tabela 11 – Características CR 15

SF's e Bairros do CR 15: **SF025-PORTAL CAIOBA II** (Portal Caiobá II); **SF042-UNIAO** (Parque União);

## 11) CR 19

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	3	9	4	2	1	1668	282	18,22
	<b>Divisor</b>	2289					2,16	366557	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matrículas</i>				-	<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	1,31	3,93	1,75	0,87	1	771,15	0,77	0,87

Tabela 12 – Características CR 19

SF's e Bairros do CR 19: **SF041-COOPHAVILA II** (Coophavila II).

## 12) CR 22

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	1	6	3	2	0	1575	172	20,63
	<b>Divisor</b>	1556					1,52	231745	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matrículas</i>				-	<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	0,64	3,86	1,93	1,29	0	1036,87	0,74	0,74

Tabela 13 – Características CR 22

SF's e Bairros do CR 22: **SF048-COHAB** (Cohab).

13) CR 24

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	1	8	6	1	0	1716	174	13,69
	<b>Divisor</b>	1752				-	1,67	238820	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matrículas</i>					<i>Km de rede</i>	<i>Vol. micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	0,57	4,57	3,42	0,57	0	1028,78	0,73	0,65

Tabela 14 – Características CR 24

SF's e Bairros do CR 24: **SF53-COOPHATRABALHO** (Coophatrabalho).

14) CR 33

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	0	7	6	1	0	1184	90	18,39
	<b>Divisor</b>	1109				-	1,09	139264	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matrículas</i>					<i>Km de rede</i>	<i>Vol. micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	0,00	6,31	5,41	0,90	0	1089,24	0,65	0,43

Tabela 15 – Características CR 33

SF's e Bairros do CR 33: **SF67-COLIBRI** (Colibri).

15) CR 34

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	0	17	10	7	0	2898	277	19,80
	<b>Divisor</b>	2577				-	2,46	295571	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matrículas</i>					<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	0	6,60	3,88	2,72	0	1194,56	0,94	0,91

Tabela 16 – Características CR 34

SF's e Bairros do CR 34: **SF68-CANGURU** (Canguru); **SF69-MARIO COVAS** (Mario Covas); **SF93- MARIO COVAS** (Mario Covas)

16) CR 38

		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
÷	<b>TOTAL</b>	6	15	5	4	0	3252	269	19,52
	<b>Divisor</b>	2767				-	2,67	357173	21
	<b>Unidades</b>	<i>Matrículas</i>					<i>Km de Rede</i>	<i>Vol. Micromedido</i>	<i>Horas</i>
	<b>Indicador</b>	2,17	5,42	1,81	1,45	0	1217,52	0,75	0,93

Tabela 17 – Características CR 38

## TABELA DE RESULTADOS

	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8
<b>CR 1</b>	1,88	5,54	2,97	0,68	8	882,17	0,94	0,85
<b>CR 2</b>	12,57	16,56	3,59	0,40	1	512,97	0,75	0,00
<b>CR 3</b>	2,02	7,40	4,35	1,03	4	872,89	0,73	0,83
<b>CR 4</b>	6,60	10,19	2,98	0,61	3	928,35	0,73	0,96
<b>CR 5</b>	11,18	14,89	3,10	0,61	0	885,86	0,78	0,86
<b>CR 6</b>	2,04	6,10	3,18	0,88	5	1048,01	0,83	0,88
<b>CR 7</b>	6,39	11,20	3,82	0,96	1	1044,92	0,83	0,72
<b>CR 8</b>	0,35	2,90	2,09	0,46	1	1086,79	1,81	0,99
<b>CR 14</b>	0,86	7,32	5,17	1,29	0	771,98	0,73	0,73
<b>CR 15</b>	0,90	2,69	1,19	0,60	0	976,95	0,93	0,00
<b>CR 19</b>	1,31	3,93	1,75	0,87	1	771,15	0,77	0,87
<b>CR 22</b>	0,64	3,86	1,93	1,29	0	1036,87	0,74	0,74
<b>CR 24</b>	0,57	4,57	3,42	0,57	0	1028,78	0,73	0,65
<b>CR 33</b>	0,00	6,31	5,41	0,90	0	1089,24	0,65	0,43
<b>CR 34</b>	0,00	6,60	3,88	2,72	0	1194,56	0,94	0,91
<b>CR 38</b>	2,17	5,42	1,81	1,45	0	1217,52	0,75	0,93

Tabela 18 – Tabela de resultados

Com o resultado dos cálculos dos indicadores, pode-se comparar uma região de monitoramento com as demais, a fim de se diagnosticar a região mais crítica segundo determinado indicador.

Observando a coluna do ID1, entende-se que as reclamações sobre qualidade da água são maiores nos CR's 2 e 5, assim como a coluna do ID2 aponta também os CR's 2 e 5 com maior número de reclamações sobre serviços. Da mesma forma pode-se observar os outros ID's e CR's que se destacam.

## CONCLUSÕES

A análise de desempenho individual de cada região de abastecimento, possibilita ao gestor um diagnóstico mais amplo do sistema. Pode-se notar com mais clareza os pontos fortes e fracos de cada região, diminuindo o raio de intervenção e aumentando as possibilidades de êxitos. Devido à incompatibilidade de informações, as empresas de saneamento tendem a direcionar suas intervenções nos parâmetros mais notórios, restringindo o desenvolvimento da empresa, principalmente no contexto de redução de custos, uma vez que demais questões acabam ficando em segundo plano. Após a aplicação dos Indicadores de Desempenho, novos parâmetros poderão ser otimizados,

visto que, as informações estarão mais claras e específicas.

O SAA possui dados e informações abrangentes, que acabam agrupadas para expor sua situação geral. A primeira ferramenta para auxiliar na avaliação, é a divisão do sistema em menores regiões de monitoramento. Neste trabalho, foram utilizadas regiões de monitoramento determinadas pela empresa concessionária de água, onde delas poderiam ser obtidos todos os dados necessários para calcular os indicadores selecionados.

O agrupamento e aplicação das informações obtidas foram processos complexos e exigiram a participação contínua dos colaboradores destinados pela empresa para o auxílio neste projeto. A ausência de um padrão de nomenclaturas e localização dos elementos, são problemas de simples solução que otimizariam o uso e aplicação dessas informações.

Por não haverem delimitações de distritos de medição e macromedidores, ou um modelo hidráulico disponível, não foi possível calcular ou estimar as perdas para cada região. A ausência dessa informação fragiliza a eficácia da aplicação. Os indicadores de perdas ainda são as principais ferramentas de *benchmarking* das empresas que fazem a prestação de serviços de abastecimento de água.

Recomenda-se, portanto, o tratamento de dados junto à empresa, a fim de empregar todos os indicadores propostos. Sugere-se da mesma forma, a inserção de Caps, registros e macromedidores na rede para delimitação de Distritos de Medição e Controle (DMC's), viabilizando a medição de perdas de cada região. Bem como, a complementação do modelo hidráulico da rede para simulação de perdas no sistema.

O método de avaliação do sistema através de Indicadores de Desempenho se mostrou uma boa ferramenta para diagnóstico e caracterização do sistema.

## REFERÊNCIAS

ÁGUAS GUARIROBA S. A., *Companhia responsável pelo sistema de abastecimento de água de Campo Grande*, Mato Grosso do Sul.

ALEGRE, H. et al. *Performance indicators for water supply services: manual of best practice*. 2<sup>nd</sup> ed. London: IWA Publishing, 2006.

ALMEIDA, A.T. & Costa, A.P.C.S. *Modelo de Decisão Multicritério para Priorização de Sistemas de Informação Baseado no Método PROMETHEE*. *Gestão & Produção*. 9(2), 201-214, Brasil, 2002.

ALMEIDA, A.T. & COSTA, A.P.C.S. *Aplicações com Métodos Multicritério de Apoio a Decisão*. Editora Universitária, Recife, 2003.

BANA E COSTA, C.A. *Structuration, Construction e Exploitation d'un Modèle Multicritère d'Aide à La Décision*. Tese de Doutorado. Universidade Técnica de Lisboa, 1993.

BRANS, J.P. & MARESCHAL, B. PROMCALC & GAIA: *A new decision support system for multicriteria decision aid*. *Decision Support Systems*, 12, 297-310, 1994.

BRANS, J.P. & MARESCHAL, B. *PROMETHEE-GAIA: Une Méthodologie D'Aide À La Décision En*

*Présence De Critères Multiples*. Éditions de L'Université de Bruxelles, Bruxelles, 2002.

BRANS, J.P. & VINCKE, P.H. *A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM*. *Management Science*, 31(6), 647-656, 1985.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. *How to select and how to rank projects: The Promethee method*. *European Journal of Operational Research*, v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.

COSTA, H. G. et al. *ELECTRE TRI applied to costumer' satisfaction evaluation*. *Produção*, v. 17, n. 2, p. 230-245, 2007.

DACACH, N. G. - "Sistemas Urbanos de Água", LTC Editora S.A., 2ª Edição, Rio de Janeiro, 1979.

DUBOIS, D.; LANG, J.; PRAD, H. *Automated reasoning using possibilistic logic: semantics, belief revision, and variable certainty weights*. *IEEE Trans. on Data and Knowledge Engineering*, 1994.

EHRlich, P. J. *Modelos quantitativos de apoio às decisões – II*. *Revista de Administração de Empresas – RAE*, São Paulo, v. 36, n. 2, 1996, p.44-52.

ENSSLIN, L., & ENSSLIN, S. *Uma abordagem construtivista - MCDA - para auxiliar na compreensão das variáveis a serem consideradas no desenvolvimento de um instrumento de avaliação de desempenho: um estudo de caso*, in: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: UFF, 1998. Anais em CD-ROM.

EUROPEAN COMMISSION – Good Practices on Leakage Management - EU Reference Document, 2015

GALVÃO, J. R. B. *Avaliação da Relação Pressão x Consumo, em Áreas Controladas por Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) – Estudo de Caso: Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de São Paulo*. 2007. 247 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Hidráulica e Saneamento) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2007.

GHANBARPOUR M.R.; HIPEL K.W.; ABBASPOUR K.C. *Prioritizing long-term watershed management strategies using group decision analysis*. *Water Resource Dev* 21 (2):297–309, 2005.

MORAIS, D.C. & ALMEIDA, A.T. *Water network rehabilitation: A group decision-making approach*. *Water SA*, v.36, n.4, 2010.

MUTIKANGA, H. E. et al. *Multi-criteria Decision Analysis: A Strategic Planning Tool for Water Loss Management*. 2011.

ROY, B. *Decision-aid and decision-making*. *European Journal of Operational Research*, v. 45, n. 2-3, p. 324-331, 1990.

ROY, B. *Méthodo logic multicritère d, aide à la decision*. Paris: Ed. Economica, 1985.

SEMPEWO, J. *TRANSITIONING OF URBAN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS* A thesis submitted to The University of Birmingham for the degree of University of Birmingham Research Archive. School of Civil Engineering College of Engineering. The University of Birmingham, October, 2012

TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. 3. Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VINCKE, P. *Multicriteria Decision-Aid*. Wiley, Bruxelles.1992.

ZIMERMANN, D. M. H. *O uso de indicadores de desempenho para planejamento e regulação dos serviços de abastecimento de água*. p. 188, 2010.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Ingrid Aparecida Gomes** - Bacharel em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2008), Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado em Gestão do Território da Universidade Estadual de Ponta Grossa (2011). Atualmente é Doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Foi professora colaborada na UEPG, lecionando para os cursos de Geografia, Engenharia Civil, Agronomia, Biologia e Química Tecnológica. Também atuou como docente no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE), lecionando para os cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo. Participou de projetos de pesquisas nestas duas instituições e orientou diversos trabalhos de conclusão de curso. Possui experiência na área de Geociências com ênfase em Geoprocessamento, Geotecnologia, Geologia, Topografia e Hidrologia.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-240-1

