

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

**Marcelo Máximo Purificação
Miriam Ines Marchi
Nélia Maria Pontes Amado
(Organizadores)**



Atena
Editora

Ano 2020

Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

**Marcelo Máximo Purificação
Miriam Ines Marchi
Nélia Maria Pontes Amado
(Organizadores)**



Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciências exatas e da terra exploração e qualificação de diferentes tecnologias / Organizadores Marcelo Máximo Purificação, Miriam Ines Marchi, Nélia Maria Pontes Amado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-085-8 DOI 10.22533/at.ed.858200306</p> <p>1. Ciências exatas e da terra. 2. Tecnologia. I. Purificação, Marcelo Máximo. II. Marchi, Miriam Ines. III. Amado, Nélia Maria Pontes.</p> <p style="text-align: right;">CDD 507</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O contexto atual nos coloca diante da assertiva da importância da ciência na resolução de problemas de ordem diversas. A (r)evolução tecnológica têm dado visibilidade a ciência e de maneira especial as Ciências Exatas e da Terra, que vêm gerando conhecimentos em diferentes eixos temáticos e perspectivas. Nesse viés, apresentamos o e-book “Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias”, organizado em 15 capítulos teóricos que trazem as interfaces de vários saberes.

Um dos objetivos do e-book é promover de forma pertinente a reflexão entre as múltiplas áreas do conhecimento que transitam no eixo central das Ciências Exatas e da Terra, em contextos formais e não formais de educação. A necessidade de diálogos nessa direção é tanto maior, quanto é reconhecida a sua escassez, e olhe, que as Ciências Exatas estão entre as mais antigas das Ciências.

Os textos apresentados neste e-book, são resultados de pesquisas científicas desenvolvidas em território brasileiro. Trazem marcas de seus autores, assim como de suas áreas de formação/atuação, mas, acima de tudo, trazem respostas as suas inquietudes e problemas. Problemas esses, que na sua maioria, visam melhorar os contextos sociais.

Esperamos, que este e-book publicado pela Atena Editora, possa explicitar particularidades de conceitos nas Ciências Exatas e da Terra, apontar utilização e descrever processos e qualificação desenvolvidos com uso de diferentes tecnologias.

Isto dito, desejamos a vocês leitores, uma boa leitura.

Dr. Marcelo Máximo Purificação

Dra. Miriam Ines Marchi

Dra. Nélia Maria Pontes Amado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CHARACTERISTIC ANALYSIS OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN LIQUID MEDIA IN PLASTIC INJECTION SERVICE BY CONFORMATION	
Vagner dos Anjos Costa	
Cochiran Pereira dos Santos	
Fábio Santos de Oliveira	
Leonardo Luiz Sousa Silveira	
Fabício Oliveira da Silva	
Janice Gomes da Silva	
Jean Kelvin Menezes	
Daniel Cruz Santos	
Manoel Victor da Silva Sousa	
Vinícius José dos Santos	
Everton Viana Soares	
Mackson Flávio dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.8582003061	
CAPÍTULO 2	13
COMPARAÇÃO ENTRE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CINCO MARCAS COMERCIAIS DE PRESERVATIVOS MASCULINOS	
Rômulo Queiroz Fratari	
Jorge Trota Filho	
Sérgio Pinheiro de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.8582003062	
CAPÍTULO 3	22
CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTO DO RIBEIRÃO SAMAMBAIA EM CATALÃO (GO)	
Alynne Lara de Souza	
Antover Panazzolo Sarmento	
Maria Rita de Cassia Santos	
DOI 10.22533/at.ed.8582003063	
CAPÍTULO 4	30
DESENVOLVIMENTO DE UMA ROTINA COMPUTACIONAL EM MATLAB PARA ANÁLISE DE PROBLEMAS DE CONDUÇÃO EM ALETAS	
Anelize Terroni Teixeira	
Santiago Del Rio Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.8582003064	
CAPÍTULO 5	44
ESTUDO PRELIMINAR PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETO MODELO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO, SANTARÉM-PA	
Alef Régis Lima	
Arthur Almeida Silva	
Poliana Felix de Souza	
Sérgio Gouvêa de Melo	
DOI 10.22533/at.ed.8582003065	

CAPÍTULO 6	49
DETERMINAÇÃO DE GLICEROL EM BIODIESEL A PARTIR DE UM MÉTODO ELETROQUÍMICO EM MICROEMULSÃO	
João Pedro Jenson de Oliveira	
Acelino Cardoso de Sá	
Miguel Sales Porto de Sousa	
Leonardo Lataro Paim	
DOI 10.22533/at.ed.8582003066	
CAPÍTULO 7	61
EVALUATION OF STEELS USED FOR HARDNESS STANDARD BLOCKS PRODUCTION	
Jorge Trota Filho	
Sérgio Pinheiro de Oliveira	
Rômulo Queiroz Fratari	
DOI 10.22533/at.ed.8582003067	
CAPÍTULO 8	68
IMOBILIZAÇÃO DE LIPASES MICROBIANAS EM SUPORTES HIDROFÓBICOS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL	
Maria Carolina Macário Cordeiro	
César Milton Baratto	
Cristian Antunes de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.8582003068	
CAPÍTULO 9	79
VALIDAÇÃO DO FATOR DA ANTENA BICONILOG	
Marcelo Sanches Dias	
Wagner de Souza Mello	
DOI 10.22533/at.ed.8582003069	
CAPÍTULO 10	85
UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE DE RADÔNIO COMO TÉCNICA PARA A LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM AQUÍFEROS FRATURADOS	
Paulo Henrique Prado Stefano	
Ari Roisenberg	
José Domingos Faraco Gallas	
Zildete Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.85820030610	
CAPÍTULO 11	99
METROLOGIA DIMENSIONAL DA FUSÃO E DA SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS	
Douglas Mamoru Yamanaka	
Manuel António Pires Castanho	
DOI 10.22533/at.ed.85820030611	
CAPÍTULO 12	110
MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE 1:25.000 E EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO SINCLINAL PIEDADE, NORDESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, CAETÉ/MG	
Sabrine Conceição de Moraes	
Jhonny Nonato da Silva	
Ulisses Cyrino Penha	
DOI 10.22533/at.ed.85820030612	

CAPÍTULO 13 130

IMPLEMENTATION OF THE GAMMA MONITOR CALIBRATION LABORATORY (LABCAL) OF THE INSTITUTE OF CHEMICAL, BIOLOGICAL, RADIOLOGICAL AND NUCLEAR DEFENSE(IDQBRN) OF THE TECHNOLOGY CENTER OF THE BRAZILIAN ARMY (CTEX)

Mario Cesar Viegas Balthar
Aneuri Souza de Amorim
Avelino dos Santos
Paulo Ricardo Teles De Vilela
Luciano Santa Rita Oliveira
Paulo Eduardo Chagas de Oliveira Penha
Roberto Neves Gonzaga
Luiz Cesar Sales Fagundes
Thiago de Medeiros Silveira Silva
Fábio Gomes Vieira
Domingos D'Oliveira Cardoso
Ana Carolina dos Anjos da Cruz Izidório

DOI 10.22533/at.ed.85820030613

CAPÍTULO 14 136

CARACTERIZAÇÃO DE FILMES FINOS DE DERIVADOS DE POLIFULERENOS

André Vítor Santos Simões
Lucas Kaique Martins Roncaselli
Hasina Harimino Ramanitra
Meera Stephen
Deuber Lincon da Silva Agostini
Roger Clive Hiorns
Clarissa de Almeida Olivati

DOI 10.22533/at.ed.85820030614

CAPÍTULO 15 144

UTILIZAÇÃO DA CENTRAL DE AJUDA PARA A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO: ESTRATÉGIAS PARA AUXÍLIO AO USUÁRIO

Paulo Freire Sobrinho

DOI 10.22533/at.ed.85820030615

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 150

ÍNDICE REMISSIVO 151

CHARACTERISTIC ANALYSIS OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN LIQUID MEDIA IN PLASTIC INJECTION SERVICE BY CONFORMATION

Data de aceite: 28/05/2020

Data de submissão: 02/02/2020

Vagner dos Anjos Costa

Universidade Federal de Sergipe – UFS
Aracaju – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/4412571965028358>

Cochiran Pereira dos Santos

Centro Universitário Estácio de Sergipe
Aracaju – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/1829158866506922>

Fábio Santos de Oliveira

Universidade Federal de Sergipe – UFS
Aracaju – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/8074611486281695>

Leonardo Luiz Sousa Silveira

Centro Universitário Estácio de Sergipe
Aracaju – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/2233411999229363>

Fabício Oliveira da Silva

Centro Universitário Estácio de Sergipe
Aracaju – SE
<http://lattes.cnpq.br/2894469278452112>

Janice Gomes da Silva

Universidade Tiradentes
Aracaju – SE
<http://lattes.cnpq.br/3217925033828850>

Jean Kelvin Menezes

Centro Universitário Estácio de Sergipe
Aracaju – Se

<http://lattes.cnpq.br/9384458462622766>

Daniel Cruz Santos

Centro Universitário Estácio Sergipe
Aracaju – Se

<http://lattes.cnpq.br/6941285209088749>

Manoel Victor da Silva Sousa

Centro universitário Estácio de Sergipe.
Aracaju – Se

<http://lattes.cnpq.br/9790172660632958>

Vinícius José dos Santos

Centro universitário Estácio de Sergipe
Aracaju – SE

<http://lattes.cnpq.br/5166923788707896>

Everton Viana Soares

Centro universitário Estácio de Sergipe
Aracaju – SE

<http://lattes.cnpq.br/2753327245621098>

Mackson Flávio dos Santos

Centro Universitário Estácio Sergipe
Aracaju-SE

<http://lattes.cnpq.br/7185850766727005>

ABSTRACT: It is customary that in the processes of manufacturing plastic parts, water is used as a passing fluid within the injection molds. Therefore, the analysis of the characteristics of this fluid, very important in the plastic injection service, requires a notoriety of equal or greater content than any other type of water and effluent inspection. It

is not just a need, but also as a parameter of the quality of this fluid, which is paramount, given that these parameters of water destined for industrial services, in no way can be associated with that we use for human consumption. The standard for drinking water is the presence of salts. Thus, a good water for the consumption of living beings does not, in parallel, imply a water suitable for cooling an industrial system, as this would require a level of salts absent in its composition, for the ideal and consistent development of the associated services. Through descriptive, quantitative, qualitative and field methodology, it was possible to analyze the data using descriptive metrology after the measurements and consecutively statistical support through the analysis of the ANOVA variance, for a better understanding of the obtained parameters, the results were satisfactory and demonstrated that the The water used must be subjected to a previous qualification treatment, which makes it possible to use it without damaging the structures involved in the plastic injection system, and that it is unsuitable for this application, thus achieving success in obtaining the data and interpretation, following the objectives set.

KEYWORDS: Industrial refrigeration. Metrology. Conductivity. Quality.

ANÁLISE CARACTERÍSTICA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NOS MEIOS LÍQUIDOS EM SERVIÇO DE INJEÇÃO DE PLÁSTICOS POR CONFORMAÇÃO

RESUMO: É habitual que nos processos de fabricação de peças de plástico usar-se a água como fluido passante dentro dos moldes de injeção. Por isso, a análise das características deste fluido, importantíssimo no serviço de injeção de plástico, exige uma notoriedade de igual ou maior teor que qualquer outro tipo de inspeção de água e efluentes. Não se resume a apenas uma necessidade, mas também como parâmetro da qualidade deste fluido, o que é primordial, tendo em vista que estes parâmetros da água destinada a serviços industriais, de maneira alguma podem ser associados àquela que usamos no consumo humano. O padrão para uma água potável é a presença de sais. Assim, uma água boa para o consumo de seres vivos não implica, paralelamente, em uma água apta para refrigerar um sistema industrial, pois esta necessitaria de um nível de sais ausente em sua composição, para o desenvolvimento ideal e conforme dos serviços associados. Através de metodologia descritiva, quantitativa, qualitativa e de campo, foi possível analisar os dados aplicando a metrologia descritiva após as aferições e consecutivamente amparo estatístico através da análise da variância ANOVA, para melhor entendimento dos parâmetros obtidos, os resultados foram satisfatórios e demonstraram que a água utilizada deve obrigatoriamente ser passada por tratamento prévio de qualificação, que possibilite sua utilização sem danificar as estruturas envolvidas no sistema de injeção de plásticos, e que a mesma se encontra inadequada a esta aplicação, desta forma logrou-se êxito na obtenção dos dados e interpretação destes, seguindo os objetivos traçados.

PALAVRAS-CHAVE: Refrigeração industrial. Metrologia. Condutividade. Qualidade.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria no contexto geral vem desenvolvendo-se, cada vez mais implementando tecnologias de melhoria dos processos industriais e aumentando sua produção exponencialmente nas últimas décadas. Quanto maior for o progresso tecnológico, proporcionalmente deve ser elevada a qualidade dos produtos e processos envolvidos e inclusos ao setor industrial. Dessa forma, aliar a tecnologia ao acompanhamento e inspeção dos equipamentos e elementos fabris, acarreta confiabilidade internamente aos processos produtivos.

O material mais utilizado de forma generalista nas diversas áreas industriais na sociedade moderna é a água, seja de maneira direta (produto resultante), seja de maneira indireta (material auxiliar da produção). Pode-se afirmar que esta última aplicação ainda se encontra fora dos contornos normativos referente aos danos que uma água com qualidade inadequada ao processo possa incorrer aos serviços industriais envolvidos.

Sabe-se que as propriedades positivadas relativas à transferência de calor da água fazem dela um fluido multifuncional quando se trata de aplicação em sistemas e processos produtivos, porém, muitas vezes não são atentadas as suas propriedades físico-químicas como a condutividade elétrica, responsável por identificar o volume de sais a que esse líquido está sujeito, que é o foco deste trabalho em vista da percepção das esferas danosas carregadas, que se apresentam como degradações reativas que são as corrosões e as incrustações. Através da obtenção da condutividade pode-se adequar as medidas relativas a esta grandeza física e relaciona-las ao comportamento da água agindo dentro do sistema, associando a isto os conceitos metrológicos e em consequência a estatística para comprovação da significância das medidas aferidas, o método de análise da variância ANOVA, por ser um método comprovadamente eficaz, torna-se o adequado na verificação da confiabilidade das medidas.

Quando se trata de água destinada a refrigeração de sistemas, a presença de sais é totalmente indesejada, pois através das precipitações destes sais com a elevação da pressão, da velocidade, atrito e temperatura, existe a possibilidade iminente da disposição de anomalias e patologias associadas ao desgaste do material base dos moldes e seus componentes ou deposição de substratos originários destas reações químicas nas estruturas, gerando riscos ambientais em nível de segurança, atraso no desenvolvimento dos serviços pela antecipação de uma manutenção indesejada e possíveis acidentes por falhas consequentes dos equipamentos atingidos por estas disfunções.

O estudo em torno de sua temática objetiva-se na análise estatística e metrológica, caracterização qualitativa e exploração comportamental dos fluidos de refrigeração nos sistemas de injeção de plástico por conformação, englobando o caráter preventivo a nível humano, aos equipamentos, níveis normativos, de qualidade e financeiros das operações.

Dessa maneira, justificou-se associar e comprovar que para o desempenho com qualidade e responsabilidade, deve-se obedecer às normas e padrões que a engenharia de soluções industriais e de processos exige, que o cenário atual ainda não é o ideal e

conscientização da necessidade compulsória da multidisciplinaridade agregada com novos conceitos e tecnologias de acesso a obtenção de parâmetros, trazendo à tona a gama científica disposta para facilitar e somar sempre em torno da melhoria no produto final obtido. Esses conceitos podem ser abordados e respaldados de maneira prática sempre setorizado no processo de planejamento e gestão da qualidade norteado e regido através da busca compreensiva e da excelência na aplicação do método, por meio da análise a nível inicial do processo, para que com isso os danos possam ser evitados a nível primário e não concatenados a outras etapas dos níveis produtivos, prevalecendo a manutenção dos valores corporativos não somente em escala financeira, mas também social e principalmente, a preservação do valor humano.

A metodologia utilizada englobou as esferas qualitativas através das utilizações de teorias e normas para caracterização e conceituação de termos e objetos do estudo e quantitativas geradas a partir de análise exploratória de amostras coletadas na cidade de Aracaju-SE no mês de março de 2019 em uma empresa especializada na produção de produtos derivados da injeção de plástico, auxiliadas pela manipulação das variáveis através de cálculos matemáticos e estatísticos auxiliados por softwares de planilhas e gráficos, apresentados como resultados deste trabalho.

2 | DESENVOLVIMENTO

2.1 Objetivo Geral

Verificar as correlações entre a condutividade elétrica em meios líquidos com o comportamento do fluido utilizado em procedimentos envolvendo a refrigeração no serviço de injeção de plásticos por conformação e analisar sua influência em controlar a qualidade de produtos e processos por meio de comparação estatística na análise da variância ANOVA.

2.2 2Objetivos Específicos

- Efetuar medidas e ponderar as relações destas com o comportamento dos fluidos utilizados no processo de injeção de plásticos por conformação através da metrologia;
- Comparar os dados e avaliar a aceitação em parâmetros estatísticos através de método de análise da variância do tipo ANOVA.

2.3 Referencial Teórico

2.3.1 Injeção de plásticos

Segundo Saifullah (2009, *apud* LEITE, 2011, p. 17), “a injeção de plástico é um dos mais importantes e mais versáteis processos para a produção em massa de peças e objetos de plástico”.

O não funcionamento adequado do sistema envolto na refrigeração acarreta em deficiências no tempo de ciclo e perda na qualidade dos produtos injetados.

O processo de injeção de plástico está presente nas linhas de fabricação em praticamente

todos os objetos plásticos aos quais se conhece.

2.3.2 Parâmetros relacionados a água e à condutividade elétrica em meios líquidos

A água é condição essencial para a vida e a qualidade da água pode ser estimada a partir da medição de diversos parâmetros, separadamente ou combinados. Parâmetros diretamente ligados à biologia ou à química normalmente devem ser medidos em laboratório, enquanto que uma maior parcela dos parâmetros físicos ou físico-químicos podem ser medidos no campo. (MDNR, 2018).

“A qualidade da água deve ser controlada e tratamentos devem ser implementados, quando necessários, para compatibilizar suas propriedades físico-químicas com os parâmetros de operação.” (BRASIL, 2017, p. 06).

Para compreender a importância na obtenção da qualidade do tratamento da água, antes é necessário entender que a má qualidade deste fluido implica em efeitos em cadeia totalmente prejudiciais e nocivos aos processos e personagens envolvidos e que podem gerar prejuízos que não suprem apenas a escala financeira, mas também a escala de segurança que desencadeia nos valores relativos à vida humana.

“Os produtos da corrosão são as maiores causas de depósitos em sistemas de água de refrigeração. Além de deteriorar o material dos equipamentos, também baixa a eficiência do processo. Devem ser adicionados produtos químicos para evitar esses problemas.” (CASTRO, 2009, p. 09).

A corrosão age como fator de diminuição da espessura das superfícies submetidas aos efeitos dos fenômenos de transporte, como pressão e atrito.

Durante o normal funcionamento destes equipamentos, devido à evaporação, a concentração de sais aumenta. Quando essa concentração supera o ponto de solubilidade ocorre a formação de crostas. Para combater esse problema, utilizam-se anti-incrustantes e ainda se fazem purgas de modo a manter os níveis de condutividade dentro do limite recomendado. (CASTRO, 2009).

O descrito acima por meio dos estudos de Castro (2009), são processos de reações químicas conhecidos como incrustações.

Um dos parâmetros que podem ser utilizados para avaliar a qualidade da água é sua condutividade elétrica, representada por σ , que é a medida da facilidade com a qual a água permite a passagem de corrente elétrica no líquido, sendo o inverso da resistividade elétrica, que representa uma medida de oposição à passagem de corrente elétrica neste meio.

Costa *et al.* (2018, p. 176) concluíram que, “é possível obter parâmetros dos níveis de sais de um determinado fluido indiretamente, por meio da corrente elétrica que atravessa uma certa solução e conhecer parcialmente sua composição, as maneiras apropriadas de seu tratamento e possíveis aplicações”.

Normalmente as medidas realizadas em laboratório são de condutância específica, que é a condutividade elétrica medida à temperatura de 25 °C. Esta é a maneira padrão de medir essa grandeza, pois facilita a comparação de diversos valores, sendo medida em $\mu\text{S/}$

cm. Quando a condutividade não for medida a 25 °C, ela pode ser corrigida para se obter o valor de condutância específica.

A partir da medida de condutividade elétrica, podemos estimar a salinidade da água, definida como a quantidade total de sais dissolvidos na água. Os sais se dissolvem dando origem a íons de carga oposta e, portanto, contribuem para a condutividade elétrica da solução. Uma maneira de se medir a salinidade de uma amostra é por evaporação total da água da amostra e da medição da massa dos resíduos salinos restantes, porém, esse não é um procedimento passível de realização automatizada em campo. (VILLAS; BANDERALI, 2019).

Águas com condutividade elétrica abaixo de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam que podem ser potáveis por apresentarem concentrações moderadas de sais dissolvidos, sendo chamadas de água com média condutividade. Normalmente são encontradas em corpos hídricos como lençóis de água mineral, que podem ter variações positivas ou negativas da condutância dependendo de sua localização e composição geológica de contato. Comparadas a água potável fornecida normalmente por companhias de abastecimento com condutividade elétrica indicada entre 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$, são muito similares por possuírem a função de utilização voltada ao suplemento dos seres vivos. Nota-se também que mesmo para o consumo humano, o controle das características da água deve ser monitorado e possuir um nível intermediário de sais, pois a não parametrização iônica pode acarretar danos à saúde do indivíduo ao consumir uma água de alta condutividade, por exemplo.

Essa comparação é necessária, pois neste estudo será observado que o fluido utilizado supera o teor de condutividade elétrica ideal, abordando os teores de condutividade elétrica de moderada a alta, o que seria inadequado ao uso industrial nos serviços de refrigeração de sistemas e processos envolvidos. Uma noção mais exata é possibilitada por meio dos parâmetros dispostos na Tabela 1.

Amostra	Condutividade típica aproximada a 25 °C
Água tipo I (ultrapura)	0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Água Destilada	1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Água Potável	50,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Água Mineral	200,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Água do Mar	53000,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabela 1 - Parâmetros indicados de condutividade elétrica em líquidos.

Fonte: Adaptado de Quimlab (2019)

A condutividade é um parâmetro importante para diversas atividades industriais onde se deseja água de condutividade elétrica muito baixa ou nula, para se evitar a formação de incrustações salinas e corrosões nos materiais dos sistemas envolvidos ao serviço ou processo fabril, indicando-se o uso de água destilada, desmineralizada, deionizada, de muito baixa ou

nula condutividade elétrica, passando por um tratamento adequado visando à retirada do excesso de sais e, assim, amenizar ou até eliminar a depreciação dos equipamentos por meio de anomalias ligadas a sua utilização.

Os principais sais que contribuem para a condutividade da água natural são os sais de potássio, sódio, cálcio, magnésio na forma de sulfatos, cloretos, carbonatos e bicarbonatos. (QUIMLAB, 2019).

2.4 Metodologia

Para a realização das análises das águas deste trabalho, as amostras foram coletadas *in loco* em empresa especializada nos serviços de injeção de plásticos, localizada na cidade de Aracaju-SE nas datas de 07/03/2019, 14/03/2019 e 21/03/2019, retiradas do reservatório, da torre de refrigeração, e também das tubulações de saída da geladeira industrial, armazenadas separadamente para que fosse possível identificar as interferências referentes ao transporte e passagem por estruturas como filtros industriais capazes de reter partículas com maior dimensão antes da chegada à geladeira industrial e as máquinas injetoras. As amostras foram acondicionadas em recipientes de polietileno (500 mL) e posteriormente ensaiadas em laboratório onde foi possível controlar variáveis metrológicas de conformidade, como a temperatura e os volumes dos fluidos utilizados na exploração científica, evitando-se assim discrepâncias de resultados lidos e/ou erros por meio da variação dos valores do equipamento aferidor.

Cada amostra referente a cada data de coleta foi medida em triplicata em laboratório no mesmo dia, em 22/03/2019, em que se obteve a média da amostra individualmente e calculado o seu respectivo desvio padrão, sendo o resultado expresso como a média \pm desvio padrão. Para demonstrar a dispersão dos valores em torno da média.

Os materiais e equipamentos utilizados no desenvolvimento exploratório da pesquisa foram:

- 1 x Condutímetro digital portátil da marca PHTEK CD203;
- 3 x Copo Béquer em vidro 250 mL;
- 1 x Água destilada 1L;
- 1 x Solução de cloreto de potássio (KCl) 100 mL;
- 1 x Termômetro Infravermelho Digital HM 88A;
- 6 x Recipientes em polietileno 500 mL.

A leitura da condutividade elétrica em meios líquidos, é realizada em equipamentos chamados condutímetros, que são medidores da resistência elétrica de um volume constante de líquido entre a área de dois eletrodos quando submetidos a uma diferença de potencial, que demonstra a capacidade de uma solução de conduzir a corrente elétrica. (ABNT, 2011).

Neste trabalho foi utilizado um condutivímetro digital portátil da marca PHTEK CD203, detalhado abaixo por meio da Figura 1, na função de leitor das medidas com resposta já em $\mu S/cm$ em seu *display*, os valores de erro/precisão do equipamento podem variar segundo parâmetros do fabricante em mais ou menos 2% do valor lido. O *range* do condutivímetro varia entre 0 $\mu S/cm$ e 1999 $\mu S/cm$, tendo sua resolução em 1 $\mu S/cm$, podendo compensar a temperatura automaticamente de 0 a 50 °C até a temperatura padrão de medição da condutividade que é de 25 °C com umidade relativa de 95%, o espaçamento dos eletrodos no condutivímetro é de 1,0 cm, conforme norma NBR 14340 de 2011.



Figura 1 –Condutivímetro digital portátil da marca PHTEK CD203

Fonte: Autor do trabalho (2019)

Os procedimentos experimentais de utilização do condutivímetro sucederam-se da seguinte forma:

Para se calibrar os eletrodos e o equipamento, utilizou-se de soluções de cloreto de potássio (KCl) em concentrações conhecidas, que forneceu o valor de 1408 $\mu S/cm$ a 25°C (QUIMLAB, 2019).

Foi feita a limpeza do bulbo de contato com água destilada e calibração do equipamento por meio de solução calibradora de 50 mL dispostas no copo béquer em vidro, a uma temperatura ambiental do laboratório de (25 ± 1) °C.

A tampa de proteção do instrumento de contato foi retirada com o bulbo já limpo e ligou-se o instrumento e imergindo-o na solução, aferiu-se um valor estável de 1408 $\mu S/cm$.

Após a calibração foram feitas as medidas com procedimento homogêneo para todas as amostras, conforme descrito abaixo.

O volume utilizado de cada amostra foi de 50 mL colocados nos copos béquer de vidro após limpeza para retirada de impurezas por meio de água destilada, a temperatura do laboratório no momento da realização das medidas foi de (25 ± 1) °C aferida com o auxílio de um termômetro digital. Imergiu-se o condutivímetro em cada uma das soluções obtendo-se separadamente seus valores, tomando-se nota dos mesmos e efetuando-se os cálculos necessários para a manipulação das variáveis e representação dos respectivos resultados.

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada buscando a significância das diferenças entre as médias, onde foi utilizado o software Excel para elaboração da análise. Os valores foram considerados estatisticamente significativos quando $p < 0,05$ (5%), resultando em um

intervalo de confiança de 95%.

Nos dados quantitativos que foram coletados, buscou-se calculá-los por meio de planilhas no programa Excel, na elaboração do gráfico foi utilizado o *software* Origin. Norteando-se no Referencial teórico, como via comparativa aos valores obtidos por experimentação.

2.5 Análise Estatística, Resultados e Discussões

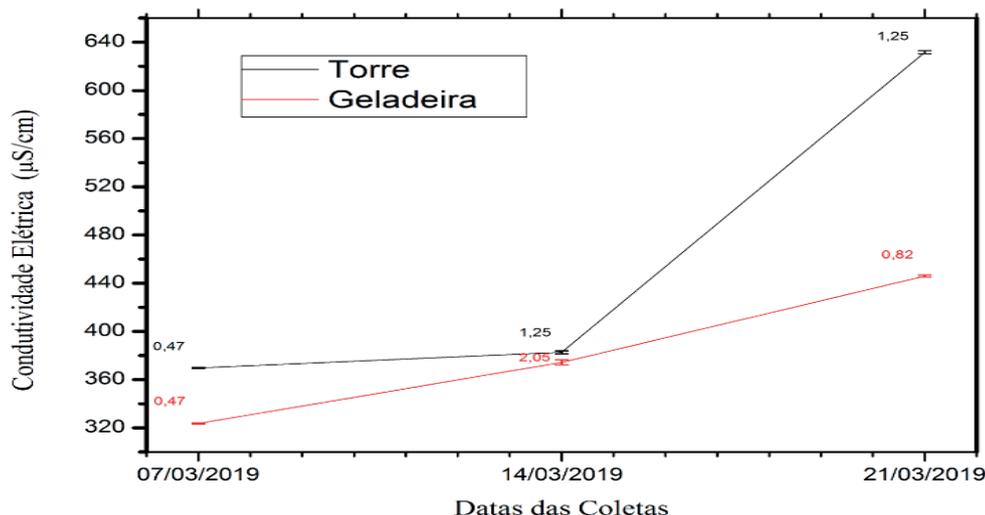


Figura 2: Curvas das médias \pm desvios padrões das condutividades elétricas em $\mu\text{S/cm}$ x datas das coletas.

Fonte: Autor do trabalho (2019)

Através das coletas efetuadas na empresa, foi possível obter os parâmetros de condutividade elétrica, referentes aos fluidos refrigeradores do sistema de injeção de plástico estudado, por meio de medidas de amostras coletadas na torre de refrigeração e na geladeira industrial. Os dados foram calculados e são apresentados na Figura 2, seguindo a metodologia do presente trabalho.

A Figura 2 que representa um Gráfico permite a observação acerca do crescimento proporcional da condutividade elétrica nas amostras, relacionadas às datas das coletas efetuadas na torre de refrigeração, observando-se que em 07/03/2019 obteve-se um valor de condutividade elétrica igual a $369,67 \mu\text{S/cm}$, em 14/03/2019 de $382,67 \mu\text{S/cm}$ e em 21/03/2019 de $631,67 \mu\text{S/cm}$.

Observaram-se as incertezas individuais das medidas em torno das médias obtidas por triplicata através do equipamento aferidor (condutímetro), que podem ser notadas em vias das análises nos desvios padrões juntamente com as analíticas em torno dos valores gerados, trazendo ao campo prático a possibilidade de justificativa do trabalho, através das discrepâncias comparativas entre a primeira coleta e a terceira coleta, em que é possível verificar que os valores elevam-se drasticamente, acarretando uma variação da condutividade de $262 \mu\text{S/cm}$, aproximadamente 70% acima, o que enaltece a falta de conformidade referente ao controle dessa propriedade físico-química do fluido utilizado nos sistemas de refrigeração.

Os parâmetros obtidos na geladeira industrial são notadamente menores que os da torre de refrigeração, contemplando-se que a condutividade elétrica se eleva nessa estrutura, porém, de maneira mais discreta comparando-se aos valores lidos na torre de refrigeração. A justificativa é que o mesmo fluido que está presente na torre de refrigeração antes de chegar ao reservatório da geladeira tem passagem obrigatória por filtros, que possuem como finalidade a retenção de partículas sólidas maiores, o que possibilita a redução da condutividade elétrica, como visto na primeira coleta (07/03/2019), acarretando uma diferença de 46 $\mu\text{S/cm}$, na segunda (14/03/2019) 8,34 $\mu\text{S/cm}$ e no último dia (21/03/2019) elevar-se a 185,67 $\mu\text{S/cm}$.

O gráfico representando as duas curvas plotadas por meio das relações entre as médias das condutividades elétricas e seus respectivos desvios padrões em $\mu\text{S/cm}$, relacionadas a cada data de coleta, possibilita a ratificação do que já foi discutido acima a respeito da problemática, sendo um dos aspectos a serem ressaltados ao apontamento da validação nas leituras efetuadas, e intermediadas pelo equipamento aferidor, a nível metrológico, e das incertezas nas medidas que são representadas pela variância estatística, mediante os desvios padrões associados às médias na observância das minúsculas oscilações comparadas aos resultados lidos pelo instrumento de medida.

A nível comparativo destes parâmetros, percebe-se que os valores em todos os pontos se encontram muito elevados, comparando-se à situação ideal, que é caracterizada pelo fluido denominado água industrial, que possui condutividade elétrica muito baixa ou nula, com valores entre 0 $\mu\text{S/cm}$ e 10 $\mu\text{S/cm}$, o que de acordo com a literatura seria a condição ideal e conforme no desenvolvimento dos serviços, trazendo um melhor desempenho a nível de tempo de ciclo, o que geraria um maior potencial produtivo, maior controle da qualidade dos produtos, reduzindo e podendo até eliminar os defeitos agregados às peças produzidas, e conseqüente elevação da vida útil dos equipamentos, decorrente da otimização das manutenções efetivas em todos os seus módulos industriais, melhorando a atividade industrial de forma geral.

Foram feitos testes baseados na análise da variância (ANOVA), visando-se averiguar possíveis diferenças significativas entre as médias das amostras coletadas. Foram examinadas as variâncias destas no intuito de validar os dados e obter um maior controle estatístico das mesmas. Os detalhamentos dos valores estão apontados abaixo na Tabela 2 de acordo com as abordagens descritas abaixo:

$$F_{x,y} = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2} \quad (1)$$

Em que: $F_{x,y}$ é o valor de F calculado; σ_x^2 e σ_y^2 são as variâncias dos grupos amostrais. Em seguida, avalia-se se o valor de: $F_{x,y}$ obtido encontra-se dentro dos limites estabelecidos em:

$$\left(\frac{1}{F_{100-p\%}}, v_2, v_1 \right) < F < (F_{p\%}, v_1, v_2) \quad (2)$$

“Em que: v_1 e v_2 representam o grau de liberdade dos conjuntos amostrais analisados

e $F_{p\%}$ e $F_{100-p\%}$ são os valores tabelados de F para um determinado nível de confiança.” (HUNTER et al., 1978; MCCALL, 1990; DEVORE, 1995, *apud* SANTOS 2016, p. 49).

ANOVA: fator duplo com repetição						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-p	F _{crítico}
Amostra	28800	1	28800	13642,11	1,03988E-19	4,747225
Colunas	127296,33	2	63648,17	30149,13	6,20498E-23	3,885294
Interações	26186,33	2	13093,17	6202,03	8,15054E-19	3,885294
Dentro	25,33	12	2,11			
Total	182308	17				

Tabela 2: Anova: fator duplo com repetição.

Fonte: Autor do trabalho (2019)

Segundo Santos (2016, p. 49), “para 95% de confiança ($p \leq 0,05$), se o valor do F (F calculado) for maior que $F_{0,05}$ ou menor que $(F_{0,950})^{-1}$, ou seja, ficar fora do limite tabelado, isto mostra que os erros não são equivalentes. Outro modo é pelo valor de p (*p-value*), que se menor que 5% ($\alpha = 0,05$), indica que as médias são diferentes”.

Vale ressaltar que todos os testes estatísticos mostrados, admitem implicitamente que as medidas experimentais estão distribuídas de forma normal (distribuição gaussiana).

3 | CONCLUSÃO

Seguindo os dados obtidos das análises efetuadas, comparando-os com os valores obtidos intrinsecamente, confrontou-se e aferiu-se que as águas utilizadas para refrigeração nos serviços encontram-se dentro do intervalo parametrizado de uma água de alta condutividade, ou seja, acima de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que seria uma condutividade elétrica exatamente igual a água mineral, que é um fluido com alto teor de sais, e elevado potencial iônico, constatando-se inadequada ao uso em serviços de refrigeração industrial, sendo um líquido não aplicado ao setor fabril como material auxiliar dos processos em vista de suas anomalias operacionais em reações com temperaturas, velocidade e demais variáveis e precipitações físico-químicas, agregadas a dinâmica do fluido em contato com as estruturas do sistema.

A condição atual do fluido é representada através dos resultados obtidos indiretamente pela condutividade elétrica, por grande quantidade de íons, que podem ser resultantes de compostos ricos em cálcio, sódio, amônia e cloro. Em todos os pontos a qualidade da água apresenta significativa projeção de deterioração dos sistemas que enfrentarão contato com a mesma.

Os resultados apresentados na Tabela 2, com intervalos de confiança de 95%, mostram que as condutividades elétricas das amostras coletadas são estatisticamente diferentes, tanto entre os locais das coletas, quanto entre as datas de retirada das mesmas. Esses dados

são estatisticamente diferentes para o englobamento geral comparativo entre as médias já obtidas por triplicata, o que ressalta e comprova a variação da condutividade elétrica, quando relacionada a datas e estruturas diferentes de coletas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14340:2011. Água - Determinação da condutividade e da resistividade elétrica.** BRASIL, 2011;

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Serviços em caldeiras e vasos de pressão.** Portaria MTb n.º 3214 de 08 de junho de 1978 - **NR 13.** Nova redação dada pela Portaria MTE 1084/2017 – Altera a norma regulamentadora n.13, 2017;

CASTRO, M. M. **Optimização do Tratamento Químico de Água e sua Reutilização Usando Nanofiltração.** 2009. 50 p. (Tese de mestrado em Engenharia Química) – Universidade do Porto, Porto – Portugal, 2009;

COSTA, Vagner dos A. *et al.* Medidor De Condutividade Elétrica Em Meios Líquidos Na Obtenção De Soluções Em Engenharia. In: BONATTO, Franciele; HOLZMANN, H. A.; DALLAMUTA, J. (org.). **Engenharias Mecânica e Industrial: Projetos e Fabricação.** 1. ed. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. p.167 - 178. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2018/11/E-book-Engenharias-Mec%C3%A2nica-e-Industrial-Projetos-e-Fabrica%C3%A7%C3%A3o-2.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2019.

LEITE, A. M. **Análise comparativa entre sistemas de resfriamento de injeção de plástico.** 2011. 92 f. TG (Trabalho de graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011;

MDNR. Missouri Department of Natural Resources. **Water Quality Parameters.** Disponível em: <http://dnr.mo.gov/env/esp/waterquality-parameters.htm>. Acesso em: 08 mar. 2018;

QUIMLAB. **Soluções em química.** Variáveis *Físicas.* Disponível em: https://www.quimlab.com.br/guiadoselementos/variaveis_fisicas.htm. Acesso em: 18 mar. 2019;

SANTOS, C.P. **Estudo de variáveis de processo e da cinética de sinterização de materiais utilizados na produção de revestimentos cerâmicos.** 2016. 99 p. Tese (Doutorado) – Curso de Ciência e Engenharia de Materiais, Programa de pós-graduação de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, 2016;

VILLAS, Mariana; BANDERALI, Mauro. **AgSolve: Como e porque medir a condutividade elétrica com sondas multiparâmetros?** Disponível em <https://www.agsolve.com.br/dicas-e-solucoes/como-e-porque-medir-a-condutividade-eletrica-com-sondas-multiparâmetros>. Acesso em: 10 mar. 2019.

COMPARAÇÃO ENTRE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CINCO MARCAS COMERCIAIS DE PRESERVATIVOS MASCULINOS

Data de aceite: 28/05/2020

Data da submissão: 05/02/2020

Rômulo Queiroz Fratari

Inmetro - National Institute of Metrology,
Quality and Technology
Duque de Caxias, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/6607384024848657>

Jorge Trota Filho

Inmetro - National Institute of Metrology,
Quality and Technology
Duque de Caxias, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/0213433688834759>

Sérgio Pinheiro de Oliveira

Inmetro - National Institute of Metrology,
Quality and Technology
Duque de Caxias, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/7044734414044369>

RESUMO: O objetivo do presente trabalho consistiu na comparação entre preservativos masculinos disponíveis no mercado nacional. Para isto, inicialmente desenvolveu-se uma metodologia para ensaios mecânicos de tração em preservativos masculinos de látex, onde foram definidos o tipo de corpo-de-prova, de acordo com o tamanho do cunho, e a melhor velocidade de realização do ensaio. Os resultados obtidos demonstraram, pela diferença nas médias e

incertezas de reprodutibilidade, variabilidade nas propriedades mecânicas (limite de resistência, deformação máxima e módulo de Young), em função da marca ensaiada.

PALAVRAS-CHAVE: Preservativos, ensaios de tração, propriedades mecânicas, incerteza de reprodutibilidade.

COMPARISON BETWEEN MECHANICAL PROPERTIES OF FIVE BRANDS OF MALE CONDOMS

ABSTRACT: The aim of the present study was to compare male condoms available in the domestic market. For this, a methodology was initially developed for tensile mechanical tests on male latex condoms, where both the type of specimen according to the size of the stamp and the most suitable testing speed were defined. Due to the difference in the means and reproducibility uncertainties, the results showed some variability in the mechanical properties (ultimate strength, maximum strain and Young's modulus), as a function of the brand tested.

KEYWORDS: Condoms, tensile tests, mechanical properties, reproducibility uncertainty.

1 | INTRODUCTION

Latex has an average of 35%

hydrocarbons in its composition, especially 2-methyl-1,3-butadiene (C_5H_8) commercially known as isoprene, a rubber monomer (FOGAÇA, 2016). In its raw form, latex has low tensile strength, solubility in organic solvents, volatility and low resistance to heat and temperature variation. Due to these characteristics, it undergoes the vulcanization process, which consists of the addition of sulfur, resulting in an elastomer with good resistance to friction and high elasticity (BIKALES; MARK; GAYLORD, 1973).

Since the beginning of the 20th century, latex has been widely used in the production of condoms. With the discovery of AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome), in the mid-1980s, greater standardization, both during manufacture and in the storage of condoms, became required.

The quality of natural rubber condoms has been widely discussed in Brazil since 1987, when they were included in the category of pharmaceuticals products under the jurisdiction of the Brazilian Health Regulatory Agency (Anvisa). Anvisa and the National Institute of Metrology, Quality and Technology (Inmetro) adopted compulsory certification of condoms in 1995 through the technical regulation of quality RTQ 09 (SVS/MS, 1995) and Mercosul countries started to follow the resolution 75/00 (MERCOSUL, 2000) in 2001.

The RDC Regulation 62/2008 (ANVISA, 2008) and the ABNT NBR ISO standard 4074:2013 (ABNT, 2013) are currently used for the registration of male condoms in Brazil. Despite there are a lot of requirements for the manufacture and marketing of condoms, they do not stipulate acceptable minimum values of mechanical properties, such as maximum strength and deformation until rupture. So, a comparison between different brands of condoms available in the national market becomes relevant, allowing then the identification of possible differences in condom properties.

Thus, this work made a comparison in 3 steps between trademarks of male condoms: definition of type of test piece, selection of speed for the test and finally, a comparison of 5 brands of condoms. All tests were performed on an Instron universal test machine model 3365 with both a 100 N load cell and strain gauge.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 General Conditions

The general procedures for preparation and conditioning of the samples, among with laboratory identification, temperature and humidity, storage, and cut-off of the specimens, followed ISO standard 23529 (ISO, 2010). The choice of the types of samples, their dimensions and their mechanical properties were based on ISO standard 37 (ISO, 2011).

The samples for the trials were obtained from dry, lubricant-free and flavor-free condoms. The environmental conditions, temperature and relative humidity of all the tests were those of the laboratory itself. The temperature varied between 21 °C and 23 °C and relative humidity between 55% and 65%.

Only the samples that broke within the gauge length section were taken into account in

the results analysis. Considering that the mechanical properties results of each condom have a normal distribution by using a Shapiro-Wilk's test, the Chauvenet's criterion was adopted at all stages, allowing the rejection of outliers' data.

2.2 Specific Conditions

For the accomplishment of the tests, there were the adoption of rectangular sections test pieces (dumb-bell geometry). ISO standard 37 establishes five possible dimensions for this type of test piece (type 1, type 1A, type 2, type 3, and type 4).

The specimens of types 3 and 4 were used because they have the smallest dimensions, allowing the production of more samples in each condom, and even the same gauge length (10 mm), allowing the comparison. The type with lower values of standard deviation for the mechanical properties ultimate strength, maximum strain and Young's modulus were the one adopted. In this first stage the test speed was 200 mm/min, as specified in the standard for these types of specimens. Two condoms from one brand and two from another were used for this purpose.

After determining the type of specimen, the choice of the best test speed was selected from the values of 100, 150, 200, 250, 300 and 400 mm/min.

The last step was the comparison of five brands of condoms. Packs of three condoms in each without flavoring and with a width of 52 mm were purchased. Each condom was tested with the load cell in the initial position, another with the load cell in the 180° position and the third in the 360° position.

In this step, the mean used refers to the average of the data in the three tested positions. The reproducibility error was calculated from equation 1 (ISO, 2008), while the reproducibility uncertainty followed equation 2.

$$Error = \frac{(X_{max} - X_{min})}{\bar{X}} \quad (1)$$

$$u_{rep} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{3-1}} \quad (2)$$

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Definition of type of test piece

In both brands the deviations for the type 3 specimen were lower for the ultimate strength and Young's modulus, and larger for the maximum strain. In addition, it was also taken into account that the type 3 stamp facilitated the cutting of the samples and the separation after cutting as well as the handling of the samples.

3.2 Selection of test speed

Table 1 shows the standard deviation in function of the test speed for the mechanical properties of this work.

Speed (mm/min)	Standard deviation		
	Ultimate strength (N)	Maximum strain (%)	Young's modulus (MPa)
100	0.385434	188.321097	1.313114
150	1.472718	229.228068	1.749461
200	0.330662	92.861313	0.739377
250	1.019380	287.845564	0.498035
300	1.040525	197.615430	1.436146
400	1.945923	244.972685	1.013695

Table 1. Standard deviations for each test speed

The speed of 200 mm/min resulted in the lowest standard deviation for both the ultimate strength and maximum strain, whereas for the Young's modulus the smallest deviation was obtained with the speed of 250 mm/min (the speed of 200 mm/min resulted in the second smallest deviation). Although resulted in the smallest standard deviation for the Young's modulus, the velocity of 250 mm/min was the greatest deviation of the ultimate strain. In this way, it was verified that the speed of 200 mm/min is in fact the most appropriate for this type of test piece.

3.3 Comparison between brands

The comparison between 5 different trademarks was then performed using the type 3 test specimen and a displacement speed of 200 mm/min at the three positions of the load cell (0, 180 and 360°). Tables 2, 3 and 4 illustrate the means, reproducibility errors and reproducibility uncertainties, respectively. The brands were listed with no identification of their respective names.

Brand	Mean		
	Ultimate strength (N)	Maximum strain (%)	Young's modulus (MPa)
1	5.667805	996.557960	1.906777
2	5.435296	866.263812	2.112222
3	6.049306	884.879606	3.383323
4	5.489232	756.133448	3.740721
5	6.713181	1,192.,955751	2.343855

Table 2. Means of mechanical properties of the five brands tested.

Brand	Reproducibility error		
	Ultimate strength	Maximum strain	Young's modulus
1	0.601123	0.116611	0.911178
2	0.289018	0.218297	0.398343
3	0.463288	0.074871	0.,523907
4	0.423901	0.123381	0.596878
5	0.309679	0.272632	0.118467

Table 3. Reproducibility errors of the mechanical properties of the five brands tested.

Brand	Reproducibility uncertainty		
	Ultimate strength (N)	Maximum strain (%)	Young's modulus (MPa)
1	1.01	38.58	0.50
2	0.45	54.64	0.27
3	0.83	21.55	0.52
4	0.68	28.60	0.66
5	0.66	95.45	0.09

Table 4. Reproducibility uncertainties of the mechanical properties of the five brands tested.

3.3.1 Ultimate strength

Figure 1 shows the values of the ultimate strength, in the three positions, for the 5

brands tested.

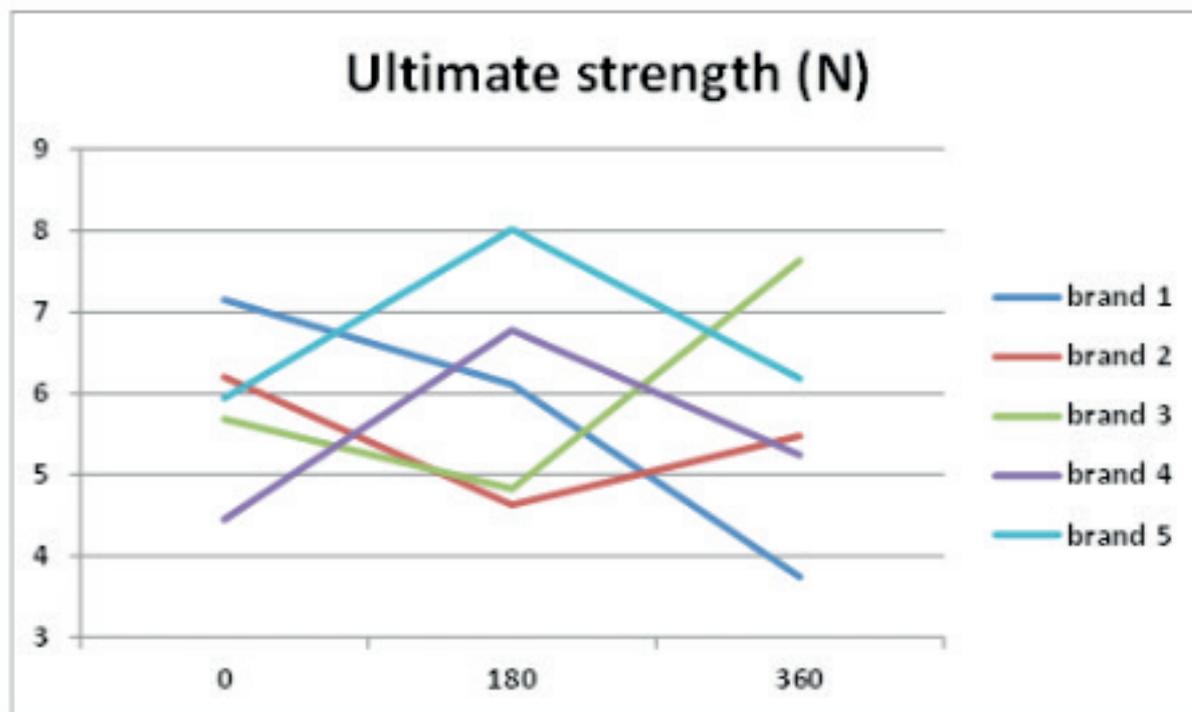


Figure 1. Ultimate strength as a function of load cell position.

The highest ultimate strength, of 8.02 N, was of brand 5 (at 180° position) while the smallest, of 3.74 N, was of brand 1 (at 360° position). Regarding the means of the three positions showed in Table 1, the average of the brand 5 resulted in the highest value (6.71 N) and the lowest mean value was the brand 2 (5.44 N). The greater dispersion of the values of the brand 1, resulted in higher error value (Table 2) and reproducibility uncertainty (Table 3).

3.3.2 Maximum strain

Figure 2 shows the values of the maximum strain, in the three positions, for the 5 brands tested.

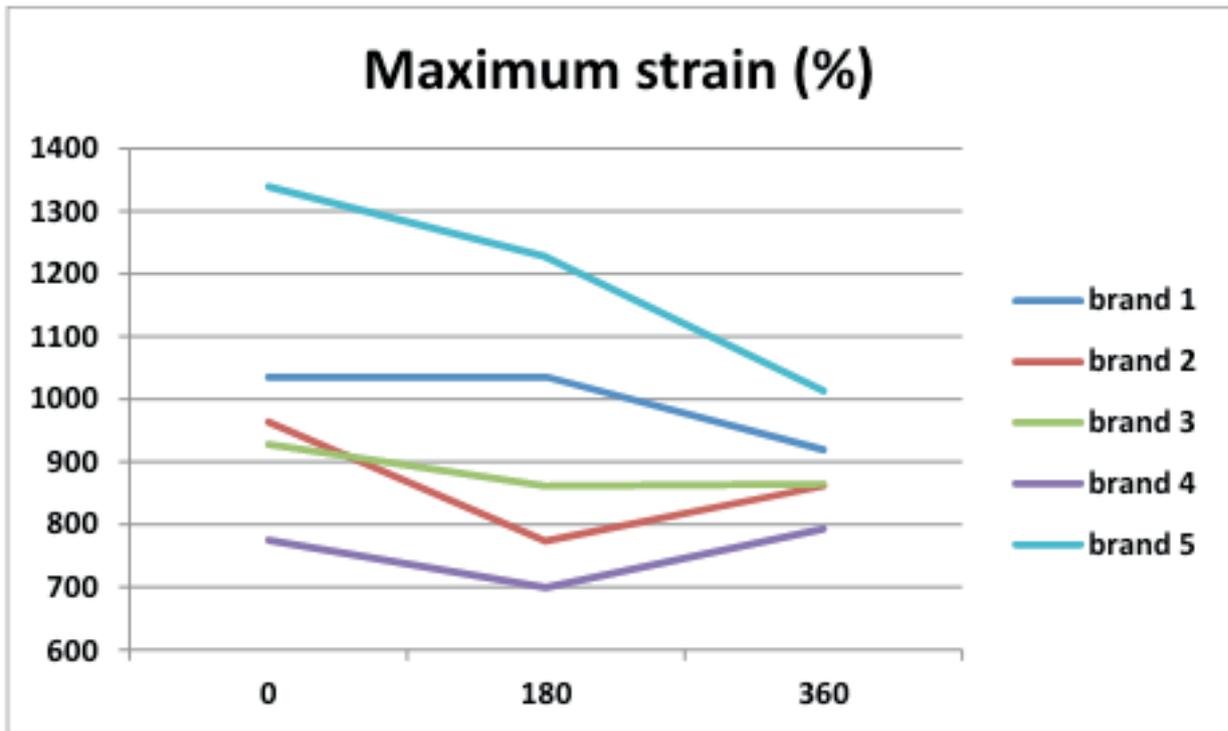


Figure 2. Maximum strain as a function of load cell position.

The highest ultimate strain, of 1338%, was of brand 5 (at 0° position) and the lowest ultimate strain, of 700%, was of brand 4 (at 180° position). For the average of the three positions (Table 1), the highest value was also of brand 5 (1193%) and the lowest was brand 4 (756%). Despite having the highest value, brand 5 was the one that resulted in the largest error (Table 2) and reproducibility uncertainty (Table 3) due to the greatest dispersion between 0°, 180° and 360° positions.

3.3.3 Young's modulus

Figure 3 illustrates the Young's modulus values for the 5 brands tested, in the three positions.

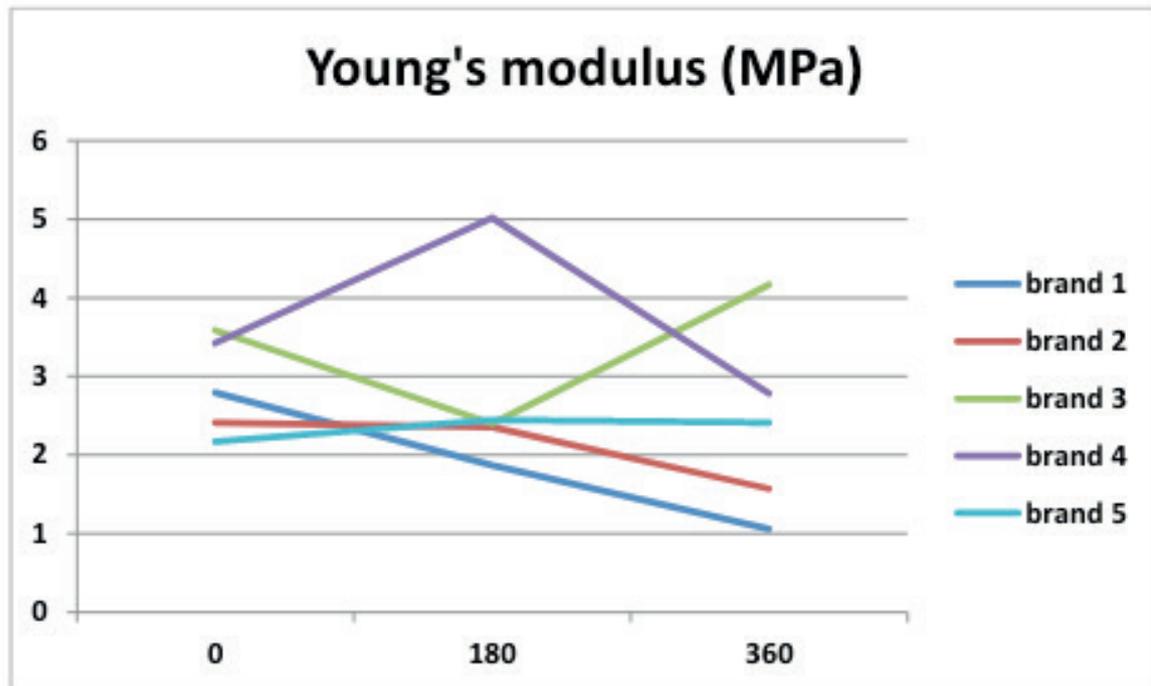


Figure 3. Young's modulus in the three positions of the load cell.

About the Young's modulus, the highest value (5.02 MPa) was obtained by brand 4 at position 180° while the smallest value (1.02 MPa) was of brand 1 at position 360°. Regarding the averages of the three positions, the brand 4 showed the largest Young's modulus (3.74 MPa), as well as the brand 1 had the lowest one (1.91 MPa). Moreover, brand 1 was the one that resulted in the highest reproducibility error value (0.91), while the highest reproducibility uncertainty was of the brand 4 (0.66 MPa).

This work may be a basis for a future discussion about a revision of the current standard in the country (ABNT NBR ISO 4074: 2013 [4]), since minimum allowed values of mechanical properties are not addressed at all.

4 | CONCLUSIONS

Due to the difference in means and uncertainties of reproducibility, the comparison of trademarks showed variability in the mechanical properties as a function of the brand tested.

Brand 5 has the highest ultimate strength, withstands higher tensile loads, while brand 2 tolerates lower loads. Given its high difference between the values of the ultimate strength, as a function of the position of the load cell, brand 1 resulted in larger error and uncertainty of reproducibility.

Due to its greatest deformation (1193%), brand 5 has a plastic deformation capability 58% bigger than brand 4 (ultimate strain of 756%). However, due to the greater dispersion

between the values, for each position of the load cell, the largest error and measurement uncertainty are of the brand 5.

Brand 4 has the largest modulus of elasticity (3.74 MPa) which is almost twice brand 1 (1.91 MPa). In addition, once again brand 1 has the greatest error and uncertainty of reproducibility.

Based on the results of this work, brand 5 has the higher plastic deformation capability (higher ultimate strength and maximum strain), while brand 4 has the highest elastic deformation capability (highest Young's modulus).

REFERENCES

ABNT. Norma ABNT NBR ISO 4074:2013 "Preservativo de látex de borracha natural — Requisitos e métodos de ensaio".

ANVISA. RDC nº 062/2008 - Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA de 03 de setembro de 2008.

BIKALES, N. M.; MARK, H. F.; GAYLORD, N. G. Encyclopedia of Polymer Science and Technology. New York: American Chemical Society, 1973.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. "Vulcanização da borracha"; Brasil Escola. Disponível em <http://brasilescola.uol.com.br/quimica/vulcanizacao-borracha.htm>. Acesso em 05 de fevereiro de 2020.

MERCOSUL. MERCOSUL/GMC/RES Nº 75/00 "Regulamento Técnico Mercosul para preservativos masculinos de látex de borracha natural", 2000.

ISO. ISO/IEC Guide 98-3:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, GUM, 2008.

ISO. ISO Standard 23529:2010 "Rubber – General procedure for preparing and conditioning test pieces for physical test methods", 2010.

ISO. ISO Standard 37:2011 "Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties", 2011.

SVS/MS. Regulamento Técnico da Qualidade nº 9 (RTQ-9). Portaria Conjunta SVS / MS número 49 de 08/06/1995, 1995.

CARACTERIZAÇÃO DE SEDIMENTO DO RIBEIRÃO SAMAMBAIA EM CATALÃO (GO)

Data de aceite: 28/05/2020

Alynnne Lara de Souza

alynnelara@hotmail.com

Universidade Federal de Goiás/Regional
Catalão/Unidade Acadêmica Especial de
Física e Química

Antover Panazzolo Sarmento

Universidade Federal de Goiás/Regional
Catalão/Unidade Acadêmica Especial de
Engenharia

Maria Rita de Cassia Santos

Universidade Federal de Goiás/Regional
Catalão/Unidade Acadêmica Especial de
Física e Química

RESUMO: O presente estudo teve por objetivo caracterizar os sedimentos do Ribeirão Samambaia no município de Catalão (GO) com base no tamanho de seus grãos e no teor de seus componentes. As amostras foram coletadas de 11/2017 a 02/2018 em dois pontos específicos (P1 e P2). Neste trabalho, a análise granulométrica obedeceu ao protocolo referente às normas brasileiras de análise NBR 7181, e para análise dos seus componentes utilizou-se a técnica de EDX e DRX. A classificação granulométrica dos sedimentos do Ribeirão

Samambaia teve como destaque a fração areia. As concentrações médias das espécies químicas dos sedimentos determinadas pela EDX foram semelhantes nos P1 e P2 destacando-se os elevados valores para Si, Fe, Al e P. Pela análise de DRX, verificou-se predominância do óxido de silício.

PALAVRAS-CHAVE: Sedimento. Granulometria. EDX. DRX.

1 | INTRODUÇÃO

O município de Catalão está localizado no Sudeste do Estado de Goiás, apresentando uma área de 3.821,463 km² e uma população estimada em 2016 em 100.590 habitantes (IBGE, 2016). Está localizado a 261 km da capital do estado (Goiânia) pela BR 352. O Ribeirão Samambaia é formado por 323 nascentes, possuindo uma área de drenagem de 77,79 km² (PEDROSA et al., 2005) (FIGURA 1). Tem grande importância para o município de Catalão, pois fornece água para abastecimento e atividades econômicas importantes como a pecuária, principalmente de gado leiteiro, agricultura de milho, feijão e hortaliças diversas. A vegetação de mata ciliar nos diversos cursos de água da microbacia é escassa facilitando o processo de erosão, lixiviação

e assoreamento, que podem arrastar sedimentos para o leito do rio.

Os sedimentos não são constantemente monitorados, como acontece com as águas. Sua análise pode fornecer informações sobre a qualidade da água, uma vez que indica presença de contaminantes inorgânicos e orgânicos, que sedimentam de acordo com sua densidade e solubilidade (CRUVINEL; ROSOLEN, 2009).

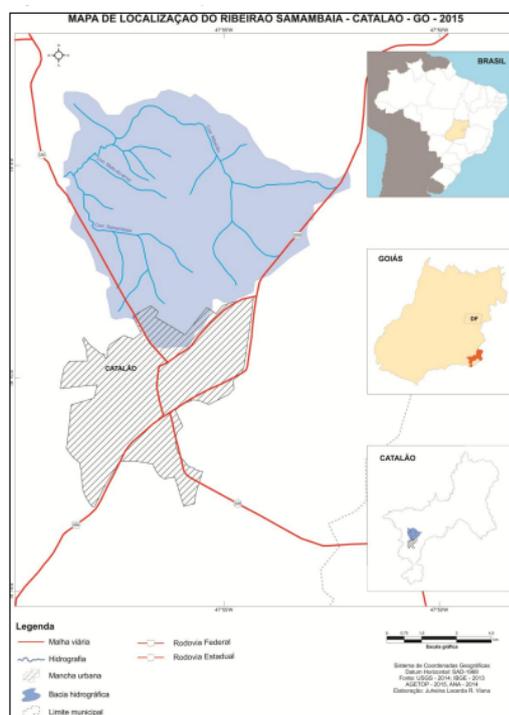


FIGURA 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do ribeirão Samambaia, Catalão (GO).

Fonte: MARQUES (2016)

O sedimento desempenha um importante papel nos ambientes aquáticos uma vez que é fonte de alimento e habitat para a fauna. Menos de 1% das substâncias que atingem o sistema aquático são dissolvidas em água, sendo assim mais de 99% são sedimentadas nos cursos de água (CRUVINEL; ROSOLEN, 2009).

As espécies químicas contaminantes dos sedimentos podem ser classificadas em litogênicas (de origem natural) formada pelas espécies presentes nos solos e rochas, e antropogênicas, constituídas pelas espécies introduzidas pela ação do homem, tais como descartes de efluentes urbanos, industriais, agropecuária e praguicidas (PASSOS, 2005).

O material em suspensão e os sedimentos estão interligados por meio da sedimentação e dos processos de erosão (PASSOS, 2005), e a reatividade das espécies químicas inorgânicas nos sedimentos será tanto maior quanto mais finas forem às partículas que o compõe (MELO *et al.*, 2012) podendo ser classificados em dois grupos distintos: sedimentos finos com partículas menores que 0,05 mm (argilas e siltes) e sedimentos grosseiros com grãos excedendo 0,05 mm (areias e cascalhos). Eles funcionam como um compartimento importante dos ecossistemas aquáticos e servem como habitat de muitas espécies de organismos (PASSOS, 2005).

Uma ferramenta analítica para análise de solos e sedimentos é a análise de EDX (fluorescência de raios X por dispersão de energia) e DRX (difração de raios-X).

A fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDX) é uma técnica instrumental não destrutiva que utiliza as intensidades dos raios X característicos emitidos, permitindo assim determinar a concentração semi-qualitativa de elementos em uma amostra. Por meio dessa técnica é possível a detecção simultânea de elementos numa ampla faixa de número atômico e de concentração, não necessitando de pré-tratamento químico da amostra, além de ter custo relativamente baixo e ser de fácil operação (CARNEIRO; NASCIMENTO FILHO, 1996).

A difração de raios-X (DRX) consiste no fenômeno de interação entre o feixe de raios X incidente e os elétrons dos átomos componentes de um material. Essa técnica implica na incidência da radiação em uma amostra detectando fótons difratados, que constituem o feixe difratado (CULLITY, 1978).

O comportamento do espectro de raios X é explicado através das transições de níveis atômicos de energia. Para cada diferente transição de níveis de energia, um comprimento de onda diferente é emitido. As radiações $K\alpha$ e $K\beta$, geradas no tubo de raios X têm comprimento de onda definidos, sendo o $K\alpha$ o valor de interesse na difração de raios X (CULLITY, 1978).

O presente artigo tem por objetivo principal determinar a composição granulométrica e o teor de seus componentes através de ensaio granulométrico, análise de EDX e DRX de sedimentos no Ribeirão Samambaia no P1(ponto 1) e P2 (ponto 2).

2 | METODOLOGIA

Os pontos de amostragem escolhidos no presente estudo foram definidos pelas coordenadas $18^{\circ} 04' 14,10''$ S $47^{\circ} 59' 15,70''$ O no P1 e $18^{\circ} 05' 16,50''$ S $47^{\circ} 58' 27,50''$ O no P2 obtida por GPS de navegação marca GARMIM, modelo GPSMAP 76S.

As coletas de sedimento ocorreram de novembro de 2017 a fevereiro de 2018, uma vez ao mês. O sedimento foi coletado com uma lata vazia presa a um bastão de madeira, em local mais afastado da borda sendo necessário caminhar dentro do ribeirão até próximo ao centro entre uma margem e outra. No período de seca a profundidade era de aproximadamente 30 cm e no período chuvoso chegou a atingir 90 cm.

Em cada ponto foi coletado um frasco de 700 mL de sedimento. Após a coleta, o sedimento foi seco em estufa a 50°C , por um período de 48 horas e armazenado em frasco de polietileno.

Para a análise granulométrica as amostras foram desagregadas com o auxílio de gral e pistilo, e fracionadas em sistema de agitação eletromagnético, da marca Solotest, segundo NBR 7217 (ABNT, 1987) com malhas de peneiras da marca Bronzinox de diferentes tamanhos (200, 100, 50, 40, 30, 16 e 10 mesh) por um tempo de 2 minutos, permitindo a separação granulométrica dos sedimentos. Em seguida o material retido em cada peneira foi pesado para estabelecer a curva granulométrica. Essa análise foi realizada no Laboratório de Solos (UFG – Regional Catalão).

Para a análise de EDX foi utilizado um tempo de 3 minutos de raios X, sem vácuo, para cada amostra, no EDX – 720 da marca SHIMADZU EUROPE do Laboratório de Química dos Materiais (UFG – Regional Catalão). A metodologia sem vácuo foi utilizada, pois as amostras continham grandes quantidades de areia não permitindo formar pastilhas prensadas para análise em vácuo.

Na análise de DRX, a identificação das fases cristalinas foi obtida através da comparação do difratograma com padrões difratométricos de fases individuais disponibilizados pelo XRD–6100 SHIMAZU do Laboratório de Química dos Materiais (UFG – Regional Catalão). A quantificação de fases a partir da difração de raios X se apoia nas intensidades dos picos do difratograma.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva granulométrica indica a porcentagem, em peso, do solo para cada diâmetro dos grãos (mm). A curva de distribuição granulométrica é representada por um gráfico onde a abscissa representa o diâmetro da partícula e a ordenada à porcentagem de material com diâmetro menor que o considerado (porcentagem passante).

Analisando-se as FIGURAS 2 e 3, que representam o P1 e P2 respectivamente pode-se observar o predomínio da fração areia sob os demais componentes em ambos os pontos. Não houve grandes variações entre os P1 e P2, uma vez que se trata do mesmo ribeirão, mas nos meses de janeiro e fevereiro de 2018 no P1 e P2, época das primeiras chuvas, a composição da areia fina foi maior, o que pode deduzir que houve maior carreamento de substâncias do solo erodido.

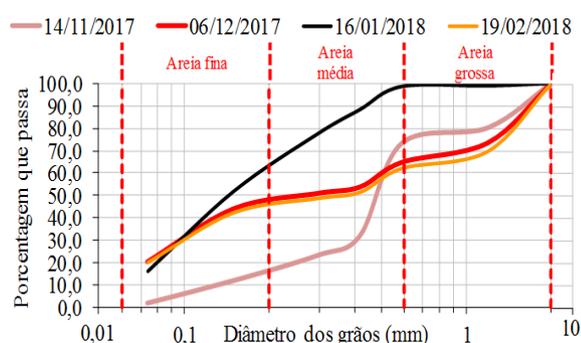


FIGURA 2 - Curvas granulométricas dos sedimentos do P1 (11/2017-02/2018)

Fonte: Própria autora.

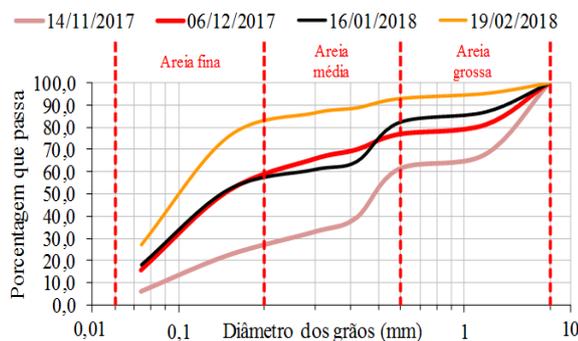


FIGURA 3 - Curvas granulométricas dos sedimentos do P2 (11/2017-02/2018)

Fonte: Própria autora.

É importante mencionar que a composição da areia nos P1 e P2 tem em sua principal constituição o silício (Si), analisado pela técnica de EDX, que demonstra que os sedimentos apresentam grande porções de areia.

A análise multielementar por fluorescência de raios X dos sedimentos (TABELA 1) no P1 demonstra que os elementos em maior concentração são o silício (entre 63% e 76%), alumínio (entre 5,6% e 13,6%), ferro (entre 7,6% e 10,1%), potássio (entre 4,8% e 8,1%), e titânio (entre 4,3% e 3,3%), seguido de outros elementos com teores menores que 1%.

P1				
CE*	nov/2017	dez/2017	jan/2018	fev/2018
Si	76,273	62,849	68,822	63,151
Fe	7,673	9,661	8,588	10,158
Al	5,599	14,288	11,322	13,643
K	4,869	8,894	8,287	8,128
Ti	4,367	3,242	2,449	3,367
Zr	0,464	0,466	0,143	0,409
P	0,437	0,189	-	0,255
Mn	0,175	0,142	0,134	0,147
Cu	0,065	0,062	0,058	0,059
Rb	0,028	0,035	0,038	0,037
Zn	0,027	0,028	0,019	0,032
Y	0,024	0,032	0,014	0,031
S	-	0,099	0,126	0,111
Ca	-	-	-	0,424
Cr	-	-	-	0,027
Sr	-	-	-	0,012
Nb	-	-	-	0,007

*Teores dos elementos expressos em porcentagem (massa/massa).

TABELA 1 - Composição elementar (CE) dos sedimentos coletados dos pontos P1 pela técnica de EDX em suas respectivas campanhas (nov/2017-fev/2018).

Fonte: Própria autora

A análise multielementar por fluorescência de raios X dos sedimentos (TABELA 2) no

P2 demonstra que os elementos em maior concentração são o silício (entre 65% e 70%), alumínio (entre 7,6% e 12,3%), ferro (entre 7,1% e 9,2%), potássio (entre 7,1% e 7,2%), e titânio (entre 3,7% e 5,7%) e zircônio (entre 1,2% e 1,3%), seguido de outros elementos com teores menores que 1%.

P2				
CE*	nov/2017	dez/2017	jan/2018	fev/2018
Si	70,687	64,46	67,338	65,22
Al	7,615	12,756	11,001	12,374
Fe	7,108	9,856	8,098	9,261
K	7,253	6,956	7,593	7,143
Ti	5,742	3,819	4,313	3,786
Zr	0,61	1,363	0,813	1,295
P	0,47	0,256	0,323	0,381
Mn	0,26	0,163	0,163	0,165
S	-	0,09	0,107	0,106
Y	0,068	0,088	0,099	0,096
Cu	0,067	0,059	0,059	0,064
Th	0,03	0,057	-	0,046
Rb	0,038	0,046	0,052	0,038
Zn	0,031	0,03	0,027	0,025
Sr	0,011	-	0,014	-
Nb	0,004	-	-	-

*Teores dos elementos expressos em porcentagem (massa/massa).

TABELA 2 - Composição elementar (CE) dos sedimentos coletados dos pontos P2 pela técnica de EDX em suas respectivas campanhas (nov/2017-fev/2018).

Fonte: Própria autora

A presença de silício revela que de fato a maior constituição do sedimento do Ribeirão Samambaia é areia de quartzo com alto teor de sílica (entre 62% e 76% de SiO_2), que condiz com os resultados de DRX (FIGURAS 4 e 5). O oxigênio é o elemento mais abundante da crosta terrestre, seguido do silício, logo o dióxido de silício (sílica), SiO_2 é o constituinte mais importante da maioria das rochas e minerais.

O alumínio (Al) é um elemento metálico mais abundante em sedimentos de fundo do rio. Esse elemento encontra-se nas rochas em geral, e nos solos varia muito com o tipo de materiais originários e com o pH dos mesmos. A desintegração dos minerais é a principal fonte de alumínio no ambiente superficial.

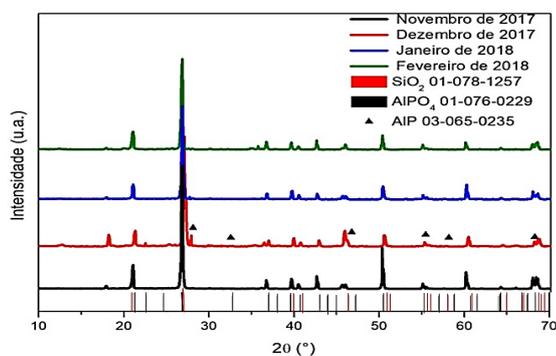


FIGURA 4 - Difratogramas dos sedimentos do P1 pela análise de DRX

Fonte: Própria autora

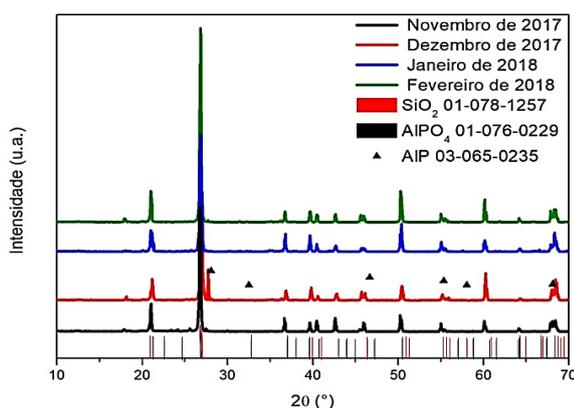


FIGURA 5 - Difratogramas dos sedimentos do P1 pela análise de DRX

Fonte: Própria autora

O ferro ocorre nos solos de Catalão na forma de óxidos primários como a hematita e magnetita (KLEIN, 2008).

O potássio é um macro nutriente mineral de grande uso em fertilizantes agrícolas (ESTEVES, 2011) que pode ser carregado pela água da chuva e chegar aos cursos de água.

Pela técnica de DRX, pode-se notar que tanto na FIGURA 4 quanto na FIGURA 5 foram constatadas as presenças de picos característicos, com predominância do quartzo (SiO_2) e fosfato de alumínio (AlPO_4). Observou-se ainda a ocorrência do pico do fosfato de alumínio (AIP) apenas no mês de dezembro nos P1 e P2. Esse fato pode ser explicado uma vez que dezembro começam as chuvas de verão e carregam diversas substâncias do solo para o ribeirão. O AIP é um composto inorgânico precursor de fosfina que possivelmente é proveniente da dissociação do AlPO_4 .

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitário onde a matéria fecal, que é rica em proteínas tem o fósforo como principal fonte (15,5% de P_2O_5), além de fertilizantes e pesticidas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais, por conta da aplicação de fertilizante no solo.

4 | CONCLUSÕES

Com relação aos sedimentos, a análise granulométrica do P1 e do P2 mostraram predominância da fração areia, com poucas variações sazonais. Pela análise de EDX a principal constituição desses sedimentos em ambos os pontos foi o silício, seguido de ferro, potássio e titânio. Pela técnica de DRX foi constatada a presença de picos característicos de quartzo e fosfato de alumínio.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7217: Agregados - Determinação da Composição Granulométrica**, 1987. 3 p.
- CARNEIRO, A. E. V., e V. F. NASCIMENTO FILHO. **Análise quantitativa de amostras geológicas utilizando a técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia**. Piracicaba: Scientia Agricola, 1996. Vol. 53 nº1. 105 p.
- CRUVINEL, P. B.; ROSOLEN, V. **Pesquisa de metais tóxicos nos sedimentos do Córrego Liso, localizado no distrito industrial de Uberlândia (MG)**. In: Encontro Interno, 9; Seminário de Iniciação Científica, 13. 2009. Uberlândia-MG. **Anais...** Uberlândia-MG: UFU, 2009. p. 1-8.
- CULLITY, B. D. **Elements of x-ray diffraction**. 1978. 2nd Edition, Addison-Wesley Publishing Company Inc., Phillippines. Disponível em: <<https://ia802609.us.archive.org/30/items/elementsofxydi030864mbp/elementsofxydi030864mbp.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2017.
- ESTEVES, F. A. (Ed.). **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciências, 2011. 826 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Catalão**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/catalao/historico>>. Acesso em 01 mar. 2016.
- KLEIN, P. B. W. **Geoquímica de Rocha Total, Geocronologia de U-Pb e Geologia Isotópica de Sm-Nd das Rochas Ortognáissicas e Unidades Litológicas Associadas da Região Ipameri – Catalão (Goiás)**. 2008. 183 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-graduação em Geologia – UnB, Brasília, DF, 2008.
- MARQUES, G. P. **O Conflito pela água na bacia hidrográfica do Ribeirão Samambaia, Catalão (GO)**. 2016. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal de Goiás, Catalão, GO, 2016.
- MELO, V. F. Chumbo e Zinco em Águas e Sedimentos de Área de Mineração e Metalurgia de Metais. **Química Nova**. v. 35, n. 1, p. 22-29, 2012.
- PASSOS, E. A. **Distribuição de sulfeto volatilizado em meio ácido e metais pesados em sedimentos do estuário do Rio Sergipe**. 2005. 145 f. Dissertação (Mestrado em Química). Programa de Pós-Graduação em Química – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2005.
- PEDROSA, L. *et al.* **Diagnóstico e monitoramento socioambiental da cidade de Catalão (GO) e do entorno**. 2005. 431 f. Relatório de Pesquisa (Projeto de Extensão - Curso de Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2005.

DESENVOLVIMENTO DE UMA ROTINA COMPUTACIONAL EM MATLAB PARA ANÁLISE DE PROBLEMAS DE CONDUÇÃO EM ALETAS

Data de aceite: 28/05/2020

Data de submissão: 12/02/2020

Anelize Terroni Teixeira

Universidade Estadual Paulista (UNESP) –
Faculdade de Engenharia, Departamento de
Engenharia Mecânica – Bauru - SP
<http://lattes.cnpq.br/2184978737031169>

Santiago Del Rio Oliveira

Universidade Estadual Paulista (UNESP) –
Faculdade de Engenharia, Departamento de
Engenharia Mecânica – Bauru - SP
<http://lattes.cnpq.br/6469406277752689>

RESUMO: O objetivo deste trabalho é desenvolver uma rotina computacional didática para analisar problemas de condução de calor em aletas. Essa rotina foi desenvolvida em MATLAB para diversas geometrias de aletas onde o usuário entra com dados de análise através de uma interface e obtém resultados para a temperatura em pontos de interesse, o gráfico da distribuição de temperaturas, a eficiência térmica da aleta e a efetividade da aleta. A formulação utilizada foi aquela fornecida em livros de transferência de calor. Espera-se que a rotina seja útil como ferramenta didática e de estudo para problemas de condução calor em aletas,

usualmente de solução tediosa e complexa.
PALAVRAS-CHAVE: Aletas, MATLAB, condução.

DEVELOPMENT OF A MATLAB COMPUTATIONAL ROUTINE FOR ANALYSIS OF FINS CONDUCTION PROBLEMS

ABSTRACT: The objective of this study is to develop a didactic computational routine to analyze heat conduction problems in fins. This routine will be developed in MATLAB for various fin geometries where the user will enter analysis data through an interface and obtain results for the temperature at points of interest, the graph of the temperature distribution, the thermal efficiency of the fin and the effectiveness of the fin. The formulation used will be that provided in heat transfer books. It is expected that the routine will be useful as a didactic and study tool for heat conduction problems in fins, usually with a tedious and complex solution.

KEYWORDS: Ins, MATLAB, conduction.

1 | INTRODUÇÃO

Problemas de transferência de calor em aletas são bastante comuns em engenharia térmica. Processos de resfriamento de componentes eletrônicos

(microprocessadores), resfriamento de cilindros de motocicletas, resfriamento de cilindros de motores de combustão interna, transferência de calor em trocadores de calor, condensadores, centrais elétricas, indústria química, refinarias, usinas geotérmicas, dentre outros, são exemplos comuns de condução de calor em aletas. As aletas, também chamadas de superfície estendidas, podem ser classificadas conforme sua forma geométrica, sendo assim divididas em três categorias, conforme Kraus *et al.* (2001) e Lavine *et al.* (2014):

1) Longitudinal: quando está fixada em uma parede plana e sua área superficial é dada pela área de um retângulo, podendo ter o perfil retangular, triangular, parabólico côncavo e parabólico convexo.

2) Radial: ela está fixada em um cilindro e sua área superficial varia radialmente, podendo ter o perfil retangular e hiperbólico.

3) Piniforme: quando a área da seção transversal é circular, podendo ter o perfil cilíndrico, retangular, elíptico, cônico, parabólico côncavo e parabólico convexo.

Em regime permanente, a temperatura no interior da aleta varia com as coordenadas espaciais. Em uma aproximação tradicional de engenharia, usualmente, as aletas podem ser analisadas utilizando apenas uma coordenada espacial. Esses problemas são analisados então sob a ótica unidimensional em regime permanente. Embora seja uma aproximação, a formulação analítica de condução unidimensional em regime permanente pode ser utilizada para obter estimativas de temperaturas, eficiência térmica e efetividade para diversas geometrias de aletas utilizadas em engenharia térmica.

Diversos estudos foram desenvolvidos com o intuito de se obter e comparar a eficiência entre aletas. Neste segmento de pesquisa, Kundu *et al.* (2012) apresentaram um trabalho analítico sobre o desempenho e análise de projeto ótimo de aletas porosas de vários perfis operando em um ambiente com convecção, utilizando o método analítico de decomposição Adomian para comparar os resultados entre aletas porosas e sólidas. Como resultado, foi verificado que a taxa de transferência de calor em aletas porosas ocorre para qualquer geometria em comparação com a taxa de transferência de calor em aletas sólidas para um parâmetro de baixa porosidade e alto fluxo.

Já no trabalho de Kundu *et al.* (2015) foram desenvolvidas técnicas analíticas exatas e aproximadas para determinar o design ótimo de uma aleta anular de passo retangular com temperatura constante na base a partir de uma expressão algébrica baseada no teorema de valor médio para resultados aproximados e funções de Bessel para resultados exatos a fim de realizar uma comparação entre os dois métodos. Foi verificado que os erros associados com o método aproximado encontram-se dentro dos níveis de precisão aceitáveis para a análise de projeto de engenharia.

Vahabzadeh *et al.* (2015) investigou a distribuição de temperatura, taxa de transferência de calor, eficiência e otimização para diferentes tipos de aletas piniformes porosas em condições totalmente úmidas, utilizando o método dos mínimos quadrados como solução analítica e o método de quarta ordem de Runge-Kutta como solução numérica, concluiu-se que o método dos mínimos quadrados é um método conveniente e eficaz para problemas de engenharia.

Dessa forma, o objetivo desse estudo é desenvolver uma rotina computacional utilizando o MATLAB para automatizar a análise de problemas de transferência de calor em aletas, seguindo o modelo matemático apresentado por Kraus *et al.* (2001). Serão utilizados 12 perfis de aletas: Aleta longitudinal de perfil retangular, triangular, parabólico côncavo e parabólico convexo; Aleta radial de perfil retangular e perfil hiperbólico; Aleta piniforme de perfil cilíndrico, retangular, elíptico, cônico, parabólico côncavo e parabólico convexo.

2 | MODELAGEM MATEMÁTICA

Seguindo a formulação do livro “Extended Surface Heat Transfer” de Kraus *et al.* (2001), as aletas, podem ser divididas em três classes segundo sua geometria, sendo elas, longitudinal, radial ou piniforme, de modo que, antes de se determinar as soluções analíticas para cada um dos doze perfis, é de grande importância na análise de geometrias aletadas as condições de contorno e considerações de análise que são empregadas para definir e limitar o problema e usualmente simplificar a solução. A análise das três geometrias fundamentais analisadas nesse capítulo emprega as considerações propostas por Murray (1938) e Gardner (1945). Essas considerações limitantes quase sempre são referidas como considerações de Murray-Gardner, que são:

1. A taxa de transferência de calor na aleta e sua distribuição de temperaturas são constantes no tempo, ou seja, admite-se regime permanente de operação;
2. O material da aleta é homogêneo, sua condutividade térmica é a mesma em todas as direções e é uma constante;
3. O coeficiente de transferência de calor nas faces da aleta é constante e uniforme sobre toda a superfície da aleta;
4. A temperatura do meio circundante é uniforme;
5. A espessura da aleta é pequena quando comparada com seu comprimento e profundidade de tal maneira que os gradientes de temperaturas através da espessura da aleta e a transferência de calor a partir das bordas da aleta podem ser desprezadas;
6. A temperatura na base da aleta é uniforme;
7. Não há resistência de contato entre a base da aleta e a superfície primária;
8. Não existe geração de energia volumétrica no interior da aleta;
9. O calor transferido através da extremidade da aleta é desprezível quando comparado com o calor transferido através de sua superfície lateral;
10. A transferência de calor da aleta ou para a aleta é proporcional ao excesso de temperaturas entre a aleta e o meio circundante.

2.1 Eficiência Térmica

Uma medida do desempenho térmico de uma aleta é determinada pela eficiência térmica da aleta. O potencial máximo para convecção é a diferença de temperaturas entre a base da aleta e o fluido, (excesso de temperaturas). Consequentemente, a taxa máxima na qual uma aleta poderia dissipar energia é a taxa que existiria se toda a superfície da aleta estivesse na temperatura da base. Entretanto, como qualquer aleta é caracterizada por uma resistência de condução finita, existe um gradiente de temperaturas finito ao longo da aleta e a condição anterior é uma idealização. Uma definição lógica para a definição de eficiência térmica da aleta η é então escrita como:

$$\eta = \frac{q_{\text{real, aleta}}}{q_{\text{máximo, aleta}}} = \frac{q_b}{hA_{\text{superfície, aleta}} (T_b - T_\infty)} = \frac{q_b}{hA_{\text{superfície, aleta}} \theta_b} \quad (1)$$

onde q_b é a taxa real de transferência de calor na base da aleta, $q_{\text{real, aleta}}$ a taxa real de transferência de calor da aleta, $q_{\text{máximo, aleta}}$ a taxa máxima de transferência de calor da aleta, h o coeficiente de transferência de calor por convecção, $A_{\text{superfície, aleta}}$ é a área superficial total da aleta, T_b a temperatura da base da aleta, T_∞ a temperatura ambiente e θ_b o excesso de temperaturas na base da aleta.

Efetividade Outra medida de desempenho térmico de uma aleta é a chamada efetividade de uma aleta. Ela é definida como a relação entre a taxa real de transferência de calor da aleta e a taxa de transferência de calor que existiria caso não houvesse a aleta, ou seja:

$$\varepsilon = \frac{q_{\text{real, aleta}}}{q_{\text{sem aleta}}} = \frac{q_b}{hA_{\text{base, aleta}} (T_b - T_\infty)} = \frac{q_b}{hA_{\text{base, aleta}} \theta_b} \quad (2)$$

Em qualquer projeto racional o valor de ε deve ser o maior possível, em geral, a utilização de aletas é justificada quando $\varepsilon \geq 2$.

2.2 Equação Diferencial Generalizada para Aletas Longitudinais

Gardner (1945) propôs uma equação diferencial generalizada para a análise de aletas longitudinais, representada pelo perfil arbitrário na Fig. (1).

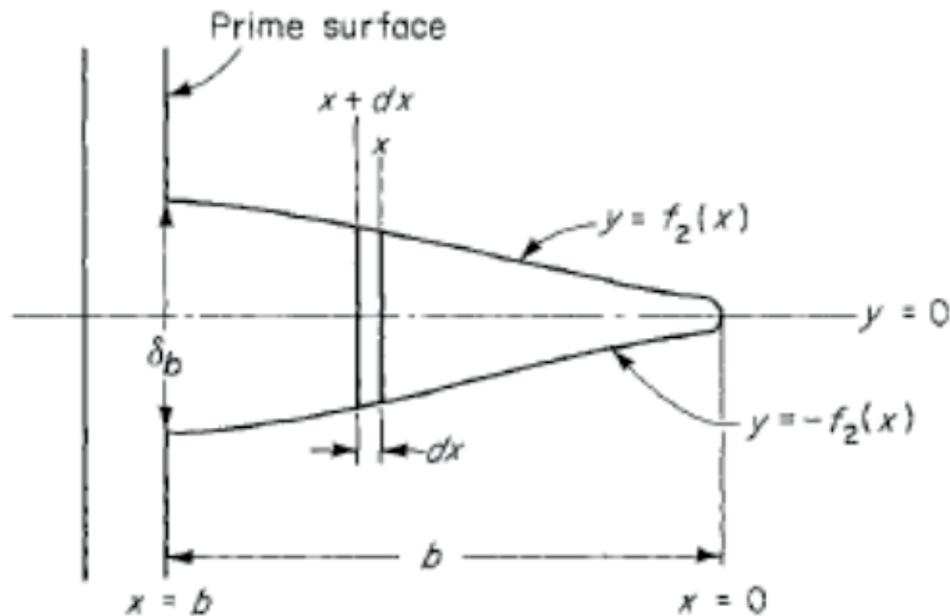


Figura 1 – Aleta Longitudinal de perfil arbitrário. Fonte: Kraus *et al.* (2001).

Considerando o eixo x positivo no sentido ponta para base da aleta, b o comprimento da aleta, δ_b a espessura da aleta na base, e $f_2(x)$ uma função decorrente do perfil da aleta. Posto isto, temos que a equação diferencial e a função do perfil são dadas a partir do balanço de energia entre a taxa de condução e a taxa de convecção, com o auxílio das simplificações de Murray e Gardner, chegando às seguintes equações, respectivamente:

$$2Lf_2(x) \frac{d^2\theta}{dx^2} + 2L \frac{df_2(x)}{dx} \frac{d\theta}{dx} - \frac{2h}{k} \theta = 0 \quad (3)$$

$$f_2(x) = \frac{\delta_b}{2} \left(\frac{x}{b}\right)^{(1-2n)/(1-n)} \quad (4)$$

onde n tem uma correspondente para cada geometria, a partir dessas equações, com o auxílio das condições de contorno, pode-se obter as equações particulares, assim como as equações de distribuição de temperaturas, taxa real de calor, eficiência térmica e efetividade para cada perfil de aleta longitudinal, que são todas demonstradas e apresentadas por de Kraus *et al.* (2001). Para exemplificação destes resultados, segue na Tab.(1) as equações fornecidas para aleta longitudinal de perfil retangular (ressaltando que as demais equações para os perfis restantes podem ser consultadas em Kraus *et al.* (2001).

DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURAS: $T(x) = T_{\infty} + (T_b - T_{\infty}) \frac{\cosh(mx)}{\cosh(mb)}$
TAXA REAL DE CALOR: $q_b = k(\delta_b L)m(T_b - T_{\infty}) \tanh(mb)$
TAXA MÁXIMA DE CALOR: $q_{\text{máximo, aleta}} = h(2Lb)(T_b - T_{\infty})$
EFICIÊNCIA TÉRMICA: $\eta = \frac{\tanh(mb)}{mb}$ EFETIVIDADE: $\varepsilon = \frac{2}{m\delta_b} \tanh(mb)$
PARÂMETRO DA ALETA: $m = \left(\frac{2h}{k\delta_b}\right)^{1/2}$

Tabela 1 – Aleta longitudinal de perfil retangular. EFICIÊNCIA TÉRMICA: EFETIVIDADE:

2.3 Equação Diferencial Generalizada para aletas Radiais

Gardner (1945) propôs uma equação diferencial generalizada para a análise de aletas longitudinais, representada pelo perfil arbitrário na Fig. (2).

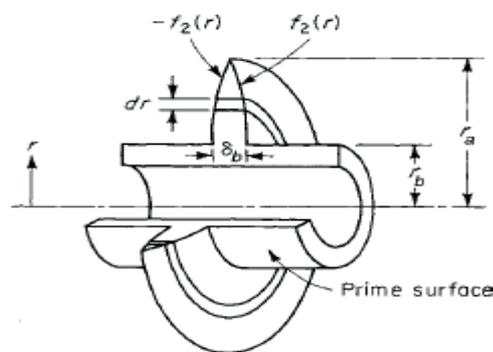


Figura 2 - Aleta radial de perfil arbitrário. Fonte: Kraus *et al.* (2001).

Considerando o eixo r positivo no sentido radial da aleta desde o interior do cilindro onde $r = 0$, r_a o raio na extremidade da aleta, o raio na base da aleta, r_b a espessura da aleta δ_b na base, e $f_2(r)$ uma função decorrente do perfil da aleta. Posto isto, temos que a equação diferencial e a função do perfil são dadas a partir do balanço de energia entre a taxa de condução e a taxa de convecção, com o auxílio das simplificações de Murray e Gardner, chegando às seguintes equações, respectivamente:

$$f_2(r) \frac{d^2\theta}{dr^2} + \frac{f_2(r)}{r} \frac{d\theta}{dr} + \frac{df_2(r)}{dr} \frac{d\theta}{dr} - \frac{h}{k} \theta = 0 \quad (5)$$

$$f_2(r) = a$$

(6)

onde k corresponde a Condutividade térmica e δ tem uma correspondente para cada geometria. A partir dessas equações, com o auxílio das condições de contorno, pode-se obter as equações particulares, assim como as equações de distribuição de temperaturas, taxa real de calor, eficiência térmica e efetividade para cada perfil de aleta radial, que são todas demonstradas e apresentadas por Kraus *et al.* (2001). Para exemplificação destes resultados, segue na Tab.(2) as equações fornecidas para aleta radial de perfil retangular, ressaltando que as demais equações para os perfis restantes podem ser consultadas em Kraus *et al.* (2001).

<p>DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURAS:</p> $T(r) = T_\infty + (T_b - T_\infty) \frac{I_0(mr)K_1(mr_a) + I_1(mr_a)K_0(mr)}{I_0(mr_b)K_1(mr_a) + I_1(mr_a)K_0(mr_b)}$
<p>TAXA REAL DE CALOR: $q_b = k(2\pi r_b \delta_b)m(T_b - T_\infty) \frac{I_1(mr_a)K_1(mr_b) - I_1(mr_b)K_1(mr_a)}{I_0(mr_b)K_1(mr_a) + I_1(mr_a)K_0(mr_b)}$</p>
<p>TAXA MÁXIMA DE CALOR: $q_{\text{máximo,aleta}} = h[2\pi(r_a^2 - r_b^2)](T_b - T_\infty)$</p>
<p>EFICIÊNCIA TÉRMICA: $\eta = \frac{2r_b}{m(r_a^2 - r_b^2)} \frac{I_1(mr_a)K_1(mr_b) - I_1(mr_b)K_1(mr_a)}{I_0(mr_b)K_1(mr_a) + I_1(mr_a)K_0(mr_b)}$</p>
<p>EFETIVIDADE: $\varepsilon = \frac{km}{h} \frac{I_1(mr_a)K_1(mr_b) - I_1(mr_b)K_1(mr_a)}{I_0(mr_b)K_1(mr_a) + I_1(mr_a)K_0(mr_b)}$</p>
<p>PARÂMETRO DA ALETA: $m = \left(\frac{2h}{k\delta_b}\right)^{1/2}$</p>

Tabela 2 – Aleta radial de perfil retangular.

2.4 Equação Diferencial Generalizada para aletas Piniformes

Gardner (1945) propôs uma equação diferencial generalizada para a análise de aletas piniformes, representada pelo perfil arbitrário na Fig. (3).

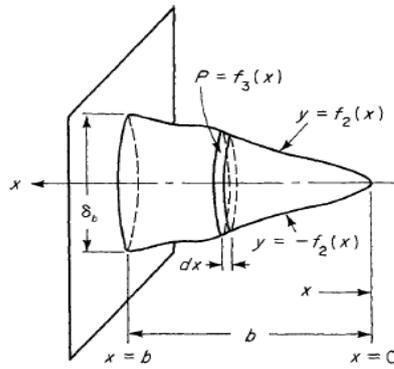


Figura 3 – Aleta piniforme de perfil arbitrário. Fonte: Kraus *et al.* (2001).

Considerando o eixo x positivo no sentido ponta para base da aleta, b o comprimento da aleta, δ_b o diâmetro da aleta na base, e $f_2(x)$ uma função decorrente do perfil da aleta, e $f_3(x)$ uma função decorrente do perímetro da seção do perfil. Posto isto, temos que a equação diferencial e a função do perfil são dadas a partir do balanço de energia entre a taxa de condução e a taxa de convecção, com o auxílio das simplificações de Murray e Gardner, chegando às seguintes equações, respectivamente:

$$[f_2(x)]^2 \frac{d^2\theta}{dx^2} + \frac{d}{dx} [f_2(x)]^2 \frac{d\theta}{dx} - \frac{2h}{k} f_2(x)\theta = 0 \quad (7)$$

$$f_2(x) = \frac{\delta_b}{2} \left(\frac{x}{b}\right)^{(1-2n)/(2-n)} \quad (8)$$

onde n tem uma correspondente para cada geometria, a partir dessas equações, com o auxílio das condições de contorno, pode-se obter as equações particulares, assim como as equações de distribuição de temperaturas, taxa real de calor, eficiência térmica e efetividade para cada perfil de aleta piniforme, que são todas demonstradas e apresentadas por de Kraus *et al.* (2001). Para exemplificação destes resultados, segue na Tab.(3) as equações fornecidas para aleta piniforme de perfil cilíndrico (ressaltando que as demais equações para os perfis restantes podem ser consultadas em Kraus *et al.* (2001).

DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURAS: $T(x) = T_{\infty} + (T_b - T_{\infty}) \frac{\cosh(mx)}{\cosh(mb)}$
TAXA REAL DE CALOR: $q_b = k \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) m (T_b - T_{\infty}) \tanh(mb)$
TAXA MÁXIMA DE CALOR: $q_{\text{máximo, aleta}} = h(\pi db)(T_b - T_{\infty})$
EFICIÊNCIA TÉRMICA: $\eta = \frac{\tanh(mb)}{mb}$ EFETIVIDADE: $\varepsilon = \frac{km}{h} \tanh(mb)$
PARÂMETRO DA ALETA: $m = \left(\frac{4h}{kd} \right)^{1/2}$

Tabela 3 – Aleta piniforme de perfil cilíndrico. EFICIÊNCIA TÉRMICA: EFETIVIDADE:

3 | METODOLOGIA

Como o objetivo deste trabalho é desenvolver uma rotina computacional no MATLAB para análise de condução em aletas, o primeiro passo para tal foi obter as equações diferenciais necessárias para descrever o processo de condução de calor em cada uma das doze geometrias de aletas utilizando a formulação proposta por Kraus et al. (2001), para assim ser possível determinar a distribuição de temperaturas, eficiência térmica e efetividade de cada tipo de aleta. Com a formulação matemática desenvolvida e as equações finais a disposição para implementação no MATLAB, para cada tipo de aleta separadamente, o próximo passo foi iniciar a implementação dessas equações diferenciais no MATLAB, começando esta implementação no “Editor” do MATLAB, antes da utilização do “Guide”, com intuito de nomear cada variável existente no equacionamento na linguagem computacional.

Com todo o equacionamento já transcrito para o MATLAB, e previamente testado, passou-se para a montagem do programa em si. Para tal, foram consultados Chapman (2003), apostilas de MATLAB assim como o próprio site da MathWorks (desenvolvedora do MATLAB) e seus fóruns de discussão, com o intuito de compreender melhor o funcionamento do GUIDE no MATLAB para obter uma melhor utilização das ferramentas disponíveis nesta extensão do programa.

Com este suporte, já na interface gráfica do MATLAB, o GUIDE, realizou-se um esboço da forma visual do programa, ou seja, um design próximo ao final, com todos os ícones necessários para o funcionamento do programa, como botões, menus, caixas de textos e figuras. Feito isso, o MATLAB criou automaticamente um arquivo de extensão “.m” que pode ser modificado através da interface Editor, de modo que, neste arquivo pode ser inserido os comandos que realizarão o controle e conseqüentemente o funcionamento da

interface gráfica. Por conseguinte, nesta extensão “.m” foram inseridos todos os comandos responsáveis por controlar as ações do GUIDE juntamente com os valores inseridos pelo usuário, estes procedimentos de inserção foram testados, corrigidos e adaptados, chegando assim a uma rotina finalizada e funcionando corretamente. Juntamente com as modificações da extensão “.m”, o esboço gráfico do GUIDE foi ajustado diversas vezes no decorrer do projeto, com o intuito de obter uma melhor performance, como também um design mais distinto para facilitar a visualização e utilização das suas funções, chegando então ao design finalizado do layout do programa apresentado na Fig. (4).

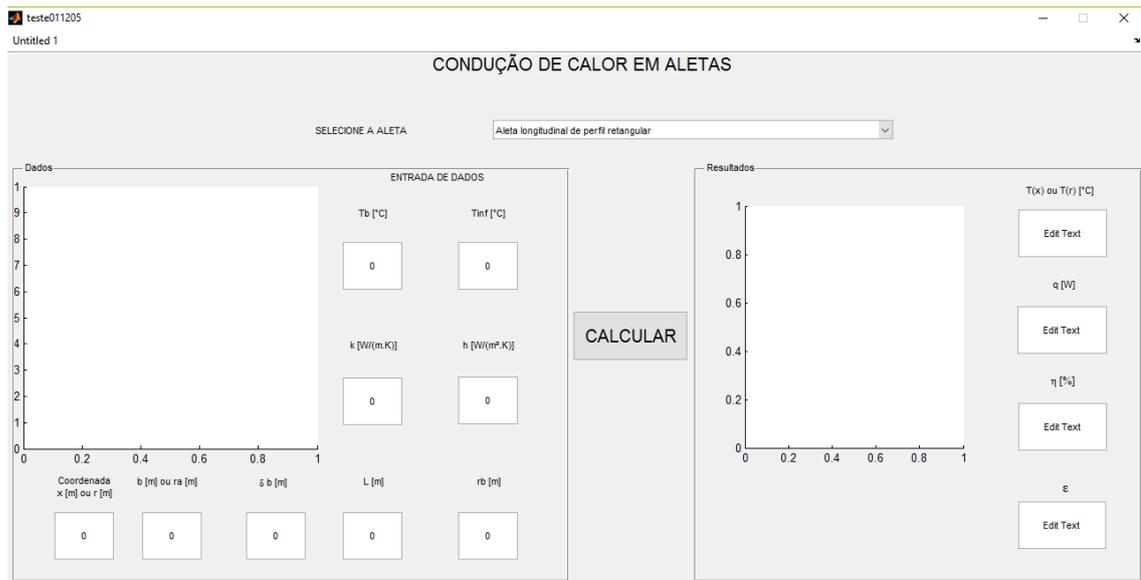


Figura 4 - Design gráfico final da interface.

Inicialmente deve-se selecionar o perfil de aleta desejada em um menu pop-up, como pode ser visto na Fig. (5).

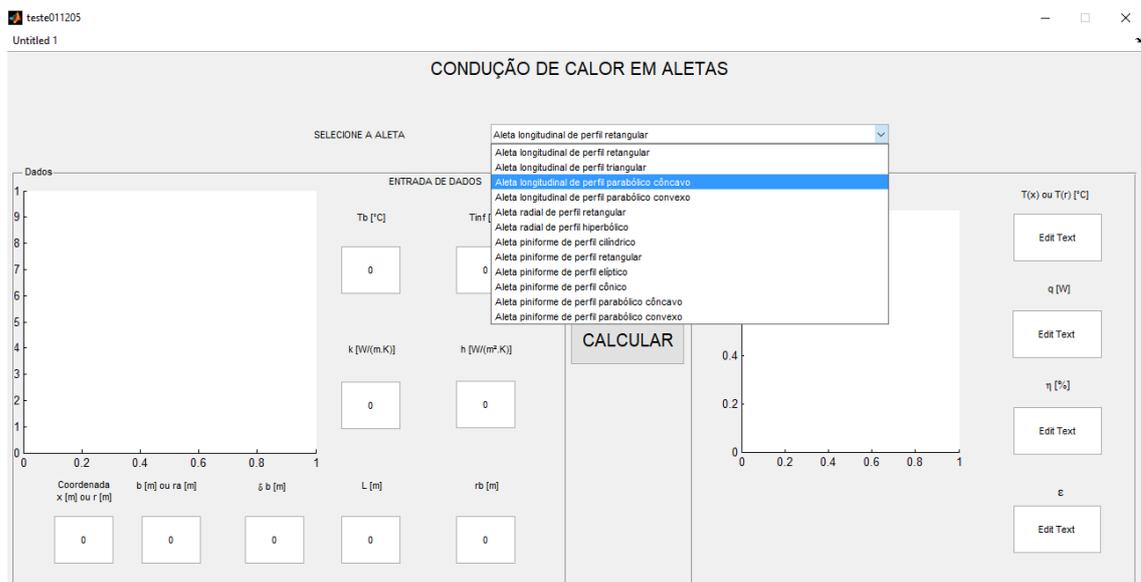


Figura 5 - Selecionando o perfil da aleta desejada.

Deve-se então preencher o quadro localizado na esquerda do display com os dados de entrada do problema, sendo eles a temperatura na base da aleta T_b , temperatura ambiente T_∞ , condutividade térmica k , coeficiente médio de transferência de calor h , o ponto onde se deseja saber a temperatura (x para aletas longitudinais e piniformes) ou (r para aletas radiais), comprimento b ou raio externo da aleta ou, espessura da aleta na base δ_b , largura da aleta L e raio interno r_b no caso das aletas radiais, como segue na Fig. (6).

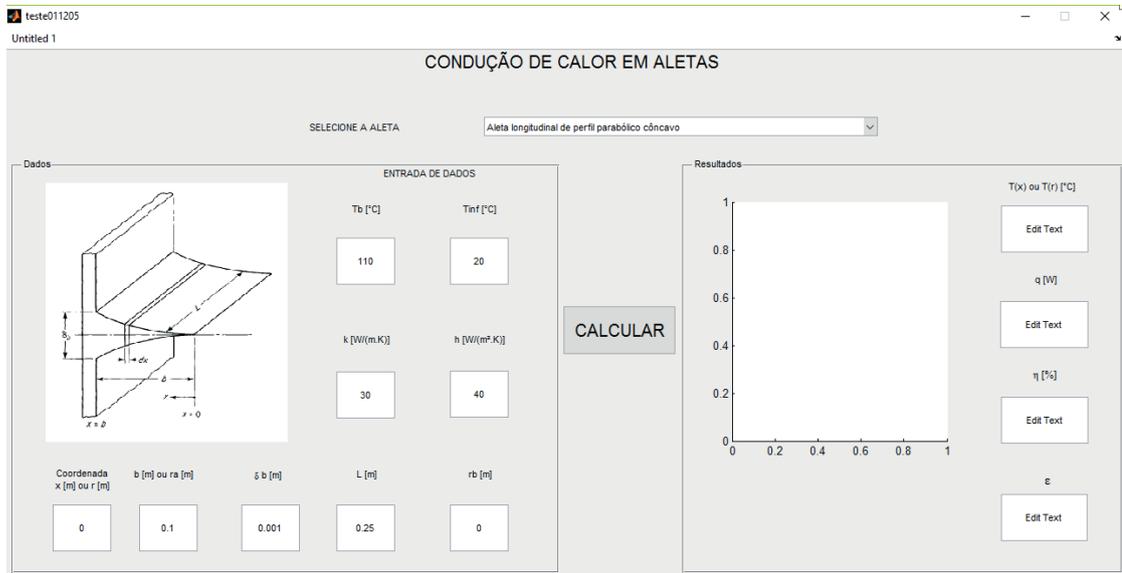


Figura 6 - Preenchimento da entrada de dados.

Após isto, basta pressionar o botão “CALCULAR” que automaticamente os resultados são apresentados, ou seja: temperatura no ponto desejado $T(x)$ ou $T(r)$, taxa de transferência de calor q , eficiência térmica h , efetividade ε e o gráfico de distribuição de temperaturas, como apresentado na Fig. (7).

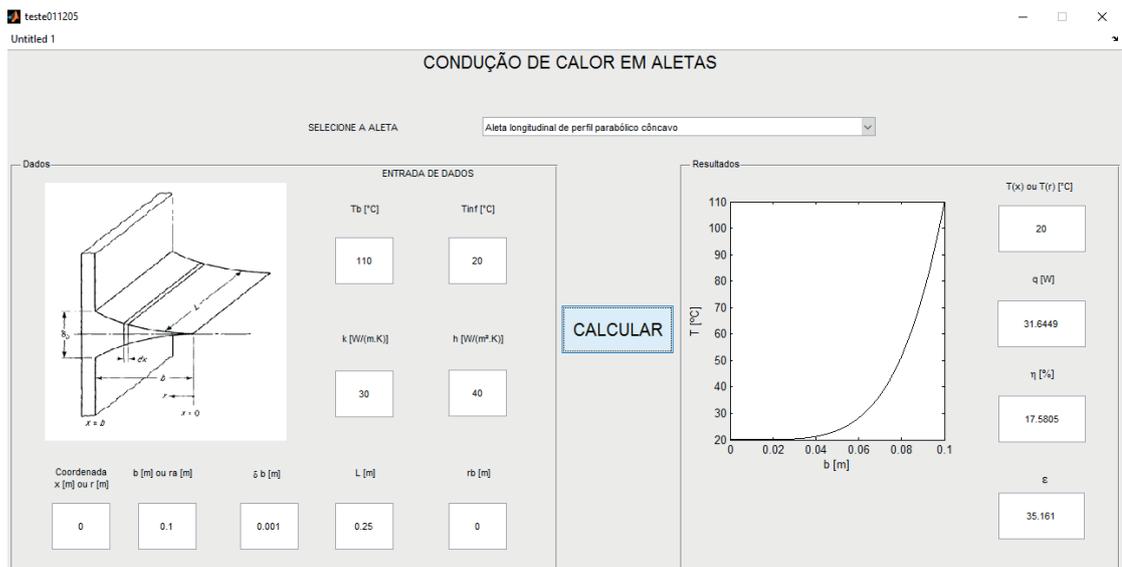


Figura 7 - Resultados fornecidos pelo programa.

Também foram inseridas caixas de diálogo para alertar ao usuário se ele inseriu parâmetros geométricos fora das dimensões cabíveis ao perfil da aleta disponível, como mostrado na Fig. (8).

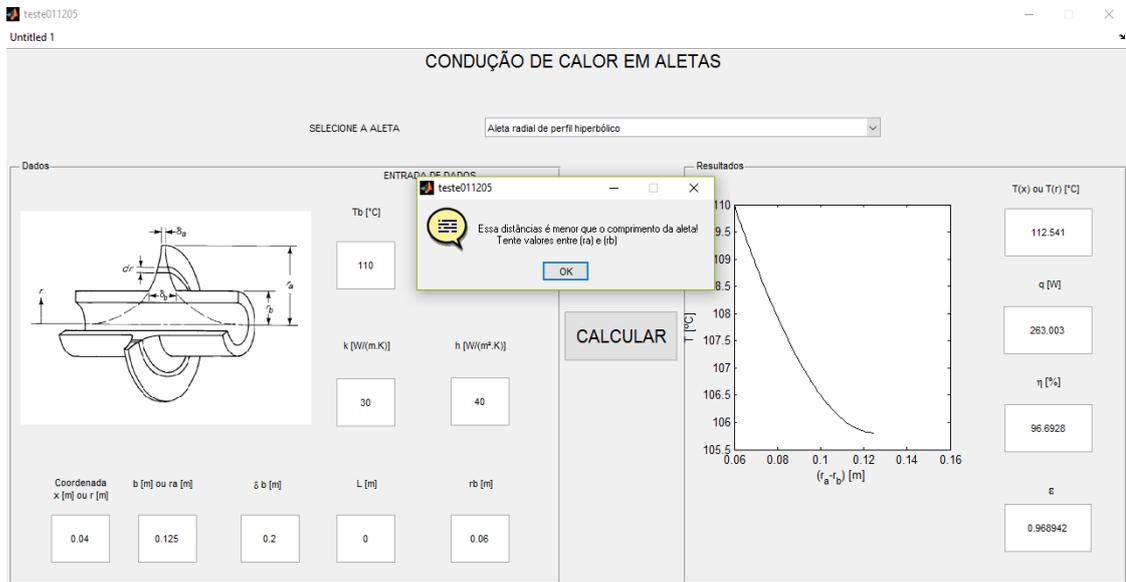


Figura 8 - Exemplo de caixa de diálogo para correção de dados inseridos pelo usuário.

Também foram inseridos alguns “Tooltip String”, uma propriedade da interface gráfica do MATLAB na qual é possível inserir alguns “textos de ajuda” quando o cursor do mouse passa sobre a caixa de entrada de dados. Um exemplo do “Tooltip String” pode ser visualizado na Fig. (9).

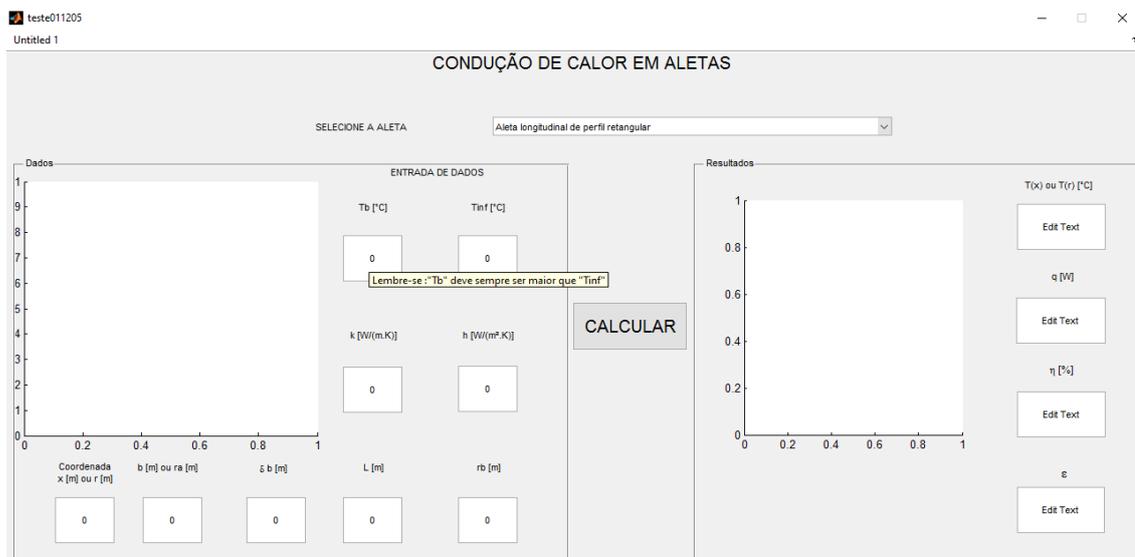


Figura 9 - Exemplo da utilização do “Tooltip String”.

Com o programa totalmente finalizado, um arquivo executável foi criado para que, qualquer computador que contenha o MATLAB instalado, possa executar o programa desenvolvido sem abrir o MATLAB, de modo que o programa passe a funcionar como um

aplicativo independente.

4 | RESULTADOS

Para demonstração e comprovação do funcionamento adequado da rotina computacional desenvolvida, foi realizada uma comparação entre o exemplo numérico 1.2 apresentado na página 23 de Kraus *et al.* (2001) e sua correspondente solução utilizando a rotina desenvolvida para aletas longitudinais. O enunciado do exemplo e seus respectivos resultados, numérico e pela rotina computacional, podem ser visualizados a seguir:

Exemplo 1.2 – Kraus et al, (2001) – Página 23: Aletas longitudinais de diferentes perfis estão expostas a um ambiente com temperatura de 20 °C com um coeficiente de transferência de calor $h = 40 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Em todos os casos, a temperatura da base da aleta é 90 °C e as aletas são feitas de aço com $k = 30 \text{ W}/(\text{m.K})$. Todas as aletas têm um comprimento de 10 cm com 0,80 cm de espessura na base. Compare as eficiências térmicas das aletas, a dissipação de calor por unidade de profundidade e as temperaturas nas extremidades se os perfis são (a) retangular, (b) triangular, (c) parabólico côncavo e (d) parabólico convexo.

Perfil da aleta	η	ε	q_b (W)	T (°C)
Retangular	0,520	13,0	291,1	42,0
Triangular	0,465	11,6	260,3	28,3
Parabólico côncavo	0,418	10,4	234,0	20,0
Parabólico convexo	0,492	12,3	275,6	20,0

Tabela 4 – Resumo dos resultados numéricos para aletas de perfil longitudinal

Perfil da aleta	η	ε	q_b (W)	T (°C)
Retangular	0,520	13,0	291,2	42,0
Triangular	0,465	11,6	260,3	28,3
Parabólico côncavo	0,418	10,4	234,0	20,0
Parabólico convexo	0,492	12,3	275,6	20,0

Tabela 5 – Resumo dos resultados para aletas de perfil longitudinal pela rotina.

5 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados ao longo deste trabalho, ficou claro que o objetivo do projeto foi atingido, de modo que foi desenvolvida uma rotina computacional capaz de apresentar a distribuição de temperaturas, temperatura em um ponto determinado pelo usuário, assim como sua correspondente eficiência térmica e efetividade, a partir de dados

inseridos pelo usuário, de modo que, a rotina pode ser utilizada em aulas para exemplificação da condução de calor em aletas, já que se mostrou funcional e de fácil utilização, com resultados precisos, conforme resultados apresentados pelas Tab. (4) e Tab. (5), onde tanto o resultado numérico quanto o resultado da rotina obtiveram valores iguais.

REFERÊNCIA

- [1] CHAPMAN, Stephen J. **Programação em MATLAB para engenheiros**. Pioneira Thomson Learning, 2003.
- [2] KRAUS, Allan D. *et al.* **Extended surface heat transfer**. Appl. Mech. Rev., v. 54, n. 5, p. B92-B92, 2001.
- [3] KUNDU, Balaram; BHANJA, Dipankar; LEE, Kwan-Soo. **A model on the basis of analytics for computing maximum heat transfer in porous fins**. International Journal of Heat and Mass Transfer, v. 55, n. 25-26, p. 7611-7622, 2012.
- [4] KUNDU, Balaram; LEE, Kwan-Soo. **Analytic solution for heat transfer of wet fins on account of all nonlinearity effects**. Energy, v. 41, n. 1, p. 354-367, 2012.
- [5] KUNDU, Balaram; LEE, Kwan-Soo; CAMPO, Antonio. **An ease of analysis for optimum design of an annular step fin**. International Journal of Heat and Mass Transfer, v. 85, p. 221-227, 2015.
- [6] LAVINE, A. S. *et al.* **Fundamentos da Transferência de Calor e Massa**. 2014.
- [7] VAHABZADEH, A.; GANJI, D. D.; ABBASI, M. **Analytical investigation of porous pin fins with variable section in fully-wet conditions**. Case Studies in Thermal Engineering, v. 5, p. 1-12, 2015.

ESTUDO PRELIMINAR PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETO MODELO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO, SANTARÉM-PA

Data de aceite: 28/05/2020
Data de submissão: 12/02/2020

Alef Régis Lima

Ceuls Ulbra – Centro Universitário Luterano do Santarém
Santarém- Pará

Arthur Almeida Silva

Ceuls Ulbra – Centro Universitário Luterano do Santarém, Santarém- Pará

Poliana Felix de Souza

Ceuls Ulbra – Centro Universitário Luterano do Santarém, Santarém- Pará

Sérgio Gouvêa de Melo

Ceuls Ulbra – Centro Universitário Luterano de Santarém, Santarém- Pará

RESUMO: Este projeto de pesquisa tem como propósito estudar e analisar alternativas para a implantação do novo aterro sanitário na cidade de Santarém e alternativas para a geração de energia a partir dos passivos ambientais dos resíduos do aterro. **O Aterro sanitário é um sistema de descarte de resíduos sólidos que utiliza técnicas buscando minimizar os impactos que o lixo provoca na natureza,** visto que, o lixo em decomposição gera o chorume que quando se encontra em solo com ausência de impermeabilização, pode

entrar em contato direto com os lençóis freáticos causando a poluição do mesmo, bem como a geração de metano, gás carbônico e outros gases poluentes que intensificam o aquecimento global. E o alto grau de insalubridade presente no lixão põe em risco a saúde de quem está presente no local. Este processo de buscar novas alternativas para a destinação correta de resíduos é obrigação de todos os municípios e é importante para o desenvolvimento quando se utiliza a ferramenta de gestão.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário, Poluição, Aquecimento Global

PRELIMINARY STUDY FOR IMPLEMENTATION OF MODEL SANITARY LANDFILL PROJECT IN MUNICIPALITY, SANTARÉM-PA

ABSTRACT: This research project aims to study and analyze alternatives for the implementation of the new landfill in the city of Santarém and alternatives for the generation of energy from the environmental liabilities of the landfill waste. The landfill is a solid waste disposal system that uses techniques seeking to minimize the impacts that the garbage causes in nature, since the decomposing garbage generates the leachate that when it is in soil with no waterproofing, can contact directly with the

water table causing its pollution, as well as the generation of methane, carbon dioxide and other polluting gases that intensify global warming. And the high degree of unhealthiness present in the dump puts the health of those present at risk. This process of seeking new alternatives for the correct disposal of waste is an obligation of all municipalities and is important for development when using the management tool.

KEYWORDS: Landfill, Pollution, Global warming

1 | INTRODUÇÃO

Aterro Sanitário significa a estratégia que aplica conceitos de engenharia para confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na finalização da jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário (IPT, 1995). A Lei nº 12.305/2010, que foi implementado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), constituiu-se em um sério dispositivo na procura de respostas para um dos mais graves problemas ambientais do Brasil, o destino incorreto dado aos resíduos sólidos, determinando a necessidade de substituir os lixões a céu aberto por aterros sanitários como medida de proteção ambiental. Mesmo após a criação da Lei em 2010, muitas das cidades brasileiras ainda não se adaptaram a nova lei e continuam com lixões a céu aberto, criando problemas irreparáveis ao meio ambiente.

2 | MÉTODO

Inicialmente é necessário fazer um processo de Educação Ambiental de forma geral, seja nas escolas, nas casas, nos locais de trabalho e independentemente de faixa etária, pois o meio ambiente é de todos. As campanhas educativas contribuem para mobilizar a comunidade, para sua participação efetiva e ativa na implantação de políticas de modo a reduzir a quantidade de resíduos gerados por cada cidadão. Segundo BARBOSA Vanessa, no estado do Pará a quantidade de lixo gerado em toneladas/dia é de 6.164, de Lixo coletado (t/dia): 5.028, com destinação final adequada (t/dia): 1.374 Coleta per capita (Kg/hab/dia): 0,941. Após reduzirem a quantidade de resíduo gerado, os cidadãos passariam a adotar medidas para separação de cada material e reaproveitando os recicláveis.

Conjuntamente com as Campanhas de Educação Ambiental, é necessário projetar um local para destinação dos resíduos não aproveitáveis, de modo a monitorar a quantidade desse material, controlar o chorume com processo de drenagem e queima dos gases e proporcionando também as oportunidades sociais que se abrem para catadores de materiais recicláveis e para a população residente no entorno dos locais de disposição final, a partir de projetos sobre resíduos sólidos.

Quando se alcança a capacidade de disposição de resíduos em um dos setores do aterro, esse é feito uma revegetação, e então os resíduos serão depositados em outro setor. Durante o período dos trabalhos de disposição e mesmo depois a finalização de um setor do aterro, os gases gerados pela decomposição do lixo devem ser queimados e os percolados devem ser aproveitados. Também se deve ser feito obras de drenagem das águas pluviais.

Os aterros sanitários geralmente apresentam as seguintes configurações: setor de preparação, setor de execução e setor concluído. Alguns aterros trabalham com esses setores em várias áreas simultaneamente, outros de menor porte desenvolvem um setor por vez em seus respectivos locais. Nos locais onde o aterro será implantado, são realizados, uma impermeabilização e o nivelamento do terreno, obras de drenagem para a captação do chorume e assim conduzi-lo para o setor de tratamento, além das vias de circulação. As áreas adjacentes do aterro precisam ter uma cerca viva com intuito de evitar ou diminuir o crescimento de odores e a poluição visual.

A figura 1 apresenta o esquema da construção de um aterro sanitário, mostrando a composição do mesmo.

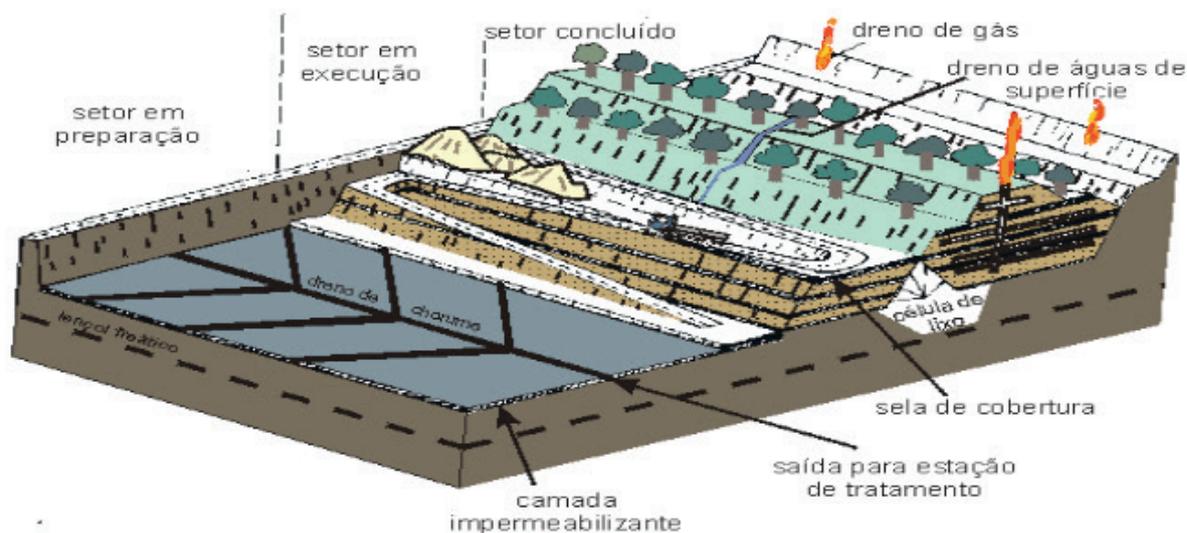


FIGURA 1 – Esquema de construção do aterro sanitário.

Fonte - Proin/Capes & Unesp/IGCE, 1999.

Na aplicação os resíduos são devidamente separados conforme as suas particularidades e colocados separadamente. Antes de todos os resíduos pesados serem depositados, com o objetivo de acompanhamento da quantidade de suporte do aterro. Os resíduos que podem gerar material percolato são habitualmente revestidos por uma camada selante. Os aterros sanitários devem receber o mínimo de resíduos possível, para que seja possível um maior tempo de vida útil e assim minimizando os impactos ambientais. Para que seja possível, é necessário que os municípios implantem a coleta seletiva e a colaboração plena por parte dos munícipes, separando a matéria orgânica, materiais recicláveis e o rejeito (KONRAD; CASARIL; SCHMITZ, 2010).

Quando se alcança a capacidade de disposição de resíduos em um dos setores do aterro, esse é feito uma revegetação, e então os resíduos serão depositados em outro setor. Durante o período dos trabalhos de disposição e mesmo depois a finalização de um setor do

aterro, os gases gerados pela decomposição do lixo devem ser queimados e os percolados devem ser aproveitados. Também se deve ser feito obras de drenagem das águas pluviais.

Os setores finalizados devem ser monitorados permanentemente para que seja realizada a avaliação das obras de captação dos percolados, as obras de escoamento pelos drenos das águas superficiais, analisar o sistema de queima dos gases e também a qualidade dos processos de revegetação. Neste intuito, segundo IPT (1995), as demais técnicas de monitoramento que são habitualmente utilizadas: piezometria, poços de monitoramento, inclinômetro, marcos superficiais e controle da vazão.

A figura 2 apresenta a lagoa de chorume do atual lixão da Cidade de Santarém.



FIGURA 2 - Lagoa de retenção de Chorume.

Fonte: Projeto de Pesquisa - ESTUDOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ATERRO SANITÁRIO SUSTENTÁVEL EM SUBSTITUIÇÃO AO ATUAL LIXÃO NA CIDADE DE SANTARÉM/PARÁ – 2017.

Devido ao alto nível de consumo e avanço tecnológico, a produção dos resíduos e suas variedades aumentam dia a dia. O que devesse fazer com eles é um grande problema de todos os municípios, dos pequenos aos maiores, no Brasil e em todo o mundo. O aterramento não é uma solução recente. Desde que os seres humanos passaram a viver em comunidades e deixaram de ser nômades, foi-se necessário enfrentar essa questão.

Os primeiros aterros de lixo no mundo ocidental remontam ao ano 500 a.C. De acordo com artigo sobre a evolução dos aterros (Modern Landfills – A farcryfromthepast) divulgado pela associação americana National Solid Wastes Management Association (NSWMA), em Atenas, Grécia, naquele tempo, já se estabeleceu um aterro municipal para dispor os resíduos a pelo menos uma milha, ou seja, 1,6 km, dos seus “longos muros”, famosas fortificações que cercavam a cidade. Sugere-se que devia ser algo como um amontoado de detritos a céu aberto. (www.ablp.org.br)

Características desejáveis da área para um aterro (CETESB, 1997):

- ❖ Área de grandes dimensões;
- ❖ Solo local predominantemente argiloso, homogêneo e impermeável; sem matações, pedras e rochas aflorantes;
- ❖ Área não sujeita a inundações; nível freático sem flutuações excessivas e situado

- o mais distante possível da superfície (3metros);
- ❖ Distância mínima de 200m de qualquer corpo de água, 500 m de residências, 2 km de áreas urbanas; direção dos ventos favorável;
- ❖ Próximo aos centros geradores de resíduos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A criação do aterro e o monitoramento do mesmo dependem de um planejamento antecipado, de projetos de engenharia e uma equipe técnica para manutenção. De acordo com a Norma NBR 8419/84, o projeto de um aterro sanitário deve ser obrigatoriamente constituído das seguintes partes: memorial descritivo, memorial técnico, apresentação da estimativa de custos e do cronograma, plantas e desenhos técnicos.

4 | CONCLUSÃO

A Constituição da República de 1988, tutela o meio ambiente, notadamente ao garantir no art. 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para os presentes e as futuras gerações.

REFERÊNCIAS:

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 13896**. Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação Rio de Janeiro, 1997.

LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

MELO, Sergio Gouvêa de. **Estudos para implantação de um Aterro Sanitário sustentável em substituição ao atual lixão na Cidade de Santarém/Pará**. Artigo (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Santarém, 2017.

SCHMIDT, Tanara. **SELEÇÃO DE ÁREA E DIMENSIONAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO PARA O CONSÓRCIO PÚBLICO INTERMUNICIPAL PARA ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DO G8 – CIPAE G8**, Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental), Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.

DETERMINAÇÃO DE GLICEROL EM BIODIESEL A PARTIR DE UM MÉTODO ELETROQUÍMICO EM MICROEMULSÃO

Data de aceite: 28/05/2020

Data de submissão: 04/02/2020

João Pedro Jenson de Oliveira

Engenharia de Energia, Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Rosana - São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/1469205772422487>

Acelino Cardoso de Sá

Instituto de Física de São Carlos, USP

São Carlos - São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/3065586932979372>

Miguel Sales Porto de Sousa

Engenharia de Energia, Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Rosana - São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/7826145313228754>

Leonardo Lataro Paim

Engenharia de Energia, Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Rosana - São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/4328309612941987>

RESUMO: O biodiesel é um combustível derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais e uma alternativa renovável aos combustíveis derivados de petróleo apresentando vantagens ambientais e econômicas para o Brasil. O biodiesel é produzido pela reação de transesterificação

de um éster com um álcool, na reação de produção do biodiesel também é produzido um importante coproduto, o glicerol. É de extrema importância o controle da quantidade de glicerol presente no biodiesel, devido aos problemas que o glicerol pode trazer caso entre em combustão nos motores dos veículos. O presente trabalho teve como objetivo a determinação cronoamperométrica de glicerol por eletrodos compósitos de grafite/parafina modificados com óxido de grafeno e nanopartículas NiOOH em amostras de biodiesel a partir de microemulsão com surfactante.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrodeposição, Grafeno, NiOOH, Glicerol, Microemulsão.

ABSTRACT: Biodiesel is a fuel derived from vegetable oils or animal fats and a renewable alternative to fuels of oil derivatives with environmental and economic advantages for Brazil. Biodiesel is produced through the transesterification reaction of an ester with an alcohol, in the biodiesel production reaction the glycerol is an important co-product. It is extremely important to control the amount of glycerol present in biodiesel, due to the problems that glycerol can cause if it burns in the engines of vehicles. The present work had as objective the chronoamperometric

determination of glycerol by graphite/paraffin composite electrodes modified with graphene oxide and NiOOH nanoparticles in biodiesel samples from microemulsion with surfactant.

KEYWORDS: Electrodeposition, Graphene, NiOOH, Glycerol, microemulsion.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, o diesel vem sendo utilizado como um dos principais combustíveis no Brasil, representando recentemente mais de 50% do consumo total de combustíveis de veículos automotivo (MOTA, CLÁUDIO JOSÉ DE ARAÚJO; CAVALCANTI-OLIVEIRA, ELISA D'AVILA; FREIRE, 2014). Contudo o diesel contribui diretamente para o efeito estufa, por conta da queima de combustíveis fósseis para a sua obtenção. A necessidade pela busca de combustíveis renováveis, limpos e seguros, coloca o biodiesel como uma fonte energética de ampla potencialidade.

Com isso analisando o panorama mundial da fabricação de biodiesel, o Brasil se sobressai por apresentar uma grande diversidade de matérias-primas (CÉSAR et al., 2015). O desenvolvimento de novas tecnologias para a fabricação de biocombustíveis utilizando biomassa é uma maneira de aumentar expressivamente a oferta de biodiesel no mercado. No caso específico do biodiesel, o principal benefício da produção de biodiesel no Brasil é a utilização do óleo de soja como insumo, uma vez que se planta soja em quase todo o território brasileiro.

O biodiesel é um biocombustível proveniente de biomassa renovável para uso em motores a combustão, sendo ele obtido através de um método químico designado transesterificação (AGÊNCIA NACIONAL DO PETROLÉO, 2016). O processo de obtenção do biodiesel pode ser feito a partir do óleo vegetal ou animal com álcoois de cadeia curta, como metanol ou etanol. A reação pode ser catalisada por um ácido ou por uma base, no entanto, a via básica é preferível já que oferece melhores percentuais de conversão (RUSCHEL et al., 2016). O hidróxido de sódio e o hidróxido de potássio são os catalisadores mais utilizados no processo industrial. Dessa maneira, resíduos de catalisador podem permanecer no biodiesel por causa da ineficiência do método de limpeza do produto obtido (VELJKOVI et al., 2015).

Junto ao biodiesel na reação de transesterificação é produzido outro produto, o glicerol. O Glicerol é um álcool orgânico (SHELDON, 2014) presente em todos os óleos e gorduras de origem animal e vegetal, ligado aos ácidos graxos. Porém, a presença do glicerol no biodiesel causa danos nos motores, uma vez que pode trazer a acumulação de resíduos nos bicos dos injetores e nos tanques de combustíveis veiculares (BIOCOMBUSTÍVEIS et al., 2007). Outro fator desvantajoso ocorre no processo de combustão (acima de 180 °C), quando existe glicerol misturado ao biodiesel haverá a formação da acroleína, que é um composto extremamente prejudicial para saúde humana e para o meio ambiente (VELJKOVI et al., 2015). Sendo assim, a quantificação do glicerol é de extrema importância para garantir a qualidade do produto.

De acordo com a Figura 1 o biodiesel teve um crescimento de quase 400% na matriz energética brasileira, isso devido ao grande incentivo a utilização de matrizes menos poluentes e mais renováveis. Hoje o biodiesel representa cerca de 10% do diesel, ou seja, obrigatoriamente de acordo com a Lei nº 13.263/16 deve ser misturado em diesel cerca de 11% de biodiesel, aumentando a demanda em 1 bilhão de litros no ano de 2018 (ENERGIA, 2019).

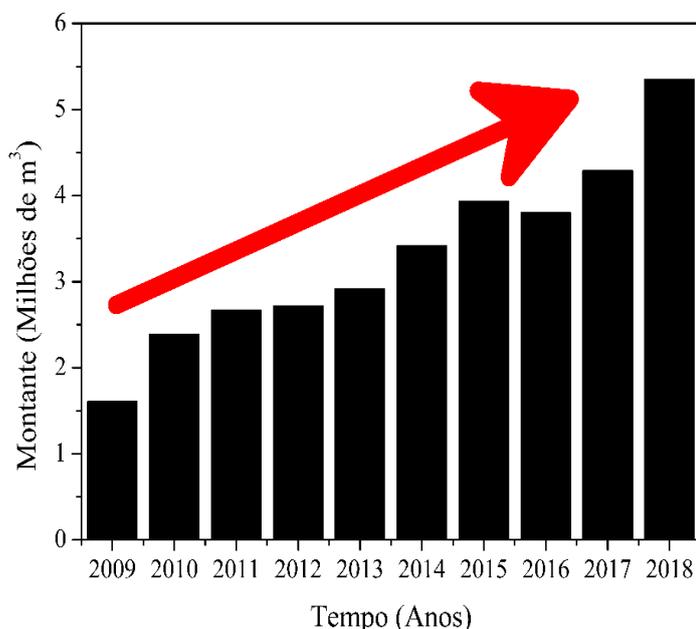


Figura 1. Produção de biodiesel (B100) no Brasil no período de 2009-2018 (adaptado de (ENERGIA, 2019)).

Com isso é necessário desenvolver métodos eficazes e baratos para analisar as impurezas do biodiesel, melhorando a qualidade do produto que chega aos postos de fornecimento do combustível. Então esse capítulo apresente uma nova alternativa para determinação rápida de glicerol mediante a uma técnica eletroquímica e com sensor composto de baixo custo composto por grafite e parafina com nanopartículas de oxihidróxido de níquel ancoradas em óxido de grafeno reduzido.

2 | PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Reagentes

Para o preparo de soluções aquosas foi usado água deionizada preparada por osmose reversa. A parafina histológica, glicerol (PA) e o Dodecil Sulfato de Sódio 90% (SDS) foram adquiridos na Synth, o grafite, cloreto de potássio, ferricianeto de potássio, fosfato monopotássico, fosfato dipotássico, ácido clorídrico, nitrato de níquel hexahidratado, hidróxido de sódio, álcool etílico, álcool isopropílico foram adquiridos na Sigma-Aldrich e utilizados assim como recebidos. O óxido de grafeno (GO) foi sintetizado a partir de grafite

pelo método de Hummers modificado (LUO et al., 2012).

2.2 Equipamentos

Para as análises eletroquímicas utilizou-se o Potenciostato/Galvanostato PGSTAT 204 da Metrohm com uma célula convencional de 25 mL contendo três eletrodos: eletrodo compósito a base de grafite e parafina como eletrodo de trabalho (4 mm de diâmetro), um eletrodo de referência de Ag/AgCl em KCl saturado e um eletrodo auxiliar de fio de platina.

2.3 Confeção dos eletrodos de trabalho

2.3.1 Preparação dos substratos de grafite/parafina

O preparo dos eletrodos foi feito de forma análoga à literatura (ALIZADEH et al., 2009), os substratos foram preparados na proporção de 70:30 (m:m) de misturas de grafite e parafina. Os reagentes foram colocados em um almofariz de porcelana, onde foi necessário realizar a homogeneização dos dois em uma temperatura entre 65 – 75 °C, ao final foi formada uma pasta. Após a mistura ser totalmente derretida, a pasta foi carregada em seringas de insulina com diâmetro de 4 mm e um fio de cobre foi inserido em um lado para promover o contato elétrico. Os eletrodos foram deixados em repouso durante um tempo estimado de 24 h em temperatura ambiente para que ocorresse o resfriamento e o processo de endurecimento. Posteriormente, as superfícies dos eletrodos de trabalho foram polidas com lixa d'água de granulometria de 1200, 4000 e papel sulfite, respectivamente, até a aquisição de uma superfície lisa e homogênea.

2.4 Modificação da superfície do eletrodo de trabalho

2.4.1 Modificação com óxido de grafeno

De forma similar a literatura (CHEN et al., 2011) foi preparada a solução de 1,0 mg mL⁻¹ de óxido de grafeno (GO), a partir de uma solução de 5,0 mg mL⁻¹ de GO onde houve um processo de diluição em solução tampão fosfato (PBS) a 0,067 mol L⁻¹ (pH 9,18). Desse modo a eletrodeposição do óxido de grafeno ocorreu por voltametria cíclica durante 10 varreduras consecutivas em um intervalo de -1,50 V a 0,50 V com velocidade de varredura de 10 mV s⁻¹ em dispersão GO com agitação magnética.

2.4.2 Modificação com oxihidróxido de níquel (NiOOH)

A modificação do eletrodo foi realizada por um procedimento análogo a literatura (SEDENHO et al., 2013). foram eletrodepositados por voltametria cíclica com 25 varreduras sucessivas no intervalo de potencial de -0,20 V a 1,0 V ($v = 100 \text{ mV s}^{-1}$), em uma solução de 0,50 mol L⁻¹ de KCl composta por 0,10 mol L⁻¹ de HCl, 0,50 mmol L⁻¹ de K₃Fe(CN)₆ e 1,0 mmol L⁻¹ de Ni(NO₃)₂. Analogamente à literatura (CARDOSODESÁ et al., 2017)a

formação das nanopartículas de oxihidróxido de níquel sobre a superfície do eletrodo foi realizada por voltametria cíclica após 35 ciclos voltamétricos sucessivos no intervalo de potencial de -0,50 V a 1,0 V a 100 mV s⁻¹ em solução de 0,50 mol L⁻¹ de NaOH. O eletrodo de grafite e parafina modificado com óxido de grafeno eletroquimicamente reduzido e nanopartículas de NiOOH foi denominado de EGP/GO/NiOOH.

2.5 Estudos Eletroquímicos

2.5.1 Desenvolvimento da metodologia para determinação de glicerol

A metodologia para a determinação de glicerol baseou-se na técnica de cronoamperometria para os estudos, as cronoamperometrias foram realizadas no potencial de 0,47 V, esse potencial foi escolhido após diversos estudos e porque ele é o começo do pico da oxidação do sensor. Foram realizados estudos para o EGP/GO/NiOOH em um potencial de 0,47 V com um intervalo de concentração entre 9,20×10⁻⁵ mol L⁻¹ e 2,10×10⁻³ mol L⁻¹ em solução de NaOH 0,10 mol L⁻¹ contendo SDS 0,020 mol L⁻¹.

2.5.2 Aplicação do método em amostra de biodiesel

A aplicação do EGP/GO/NiOOH em amostras reais foi realizada por meio de adições padrões sucessivas de glicerol e amostras de biodiesel diluídas em solução de NaOH 0,10 mol L⁻¹ contendo SDS 0,020 mol L⁻¹.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1.1 Eletrodeposição do óxido de grafeno

Segundo a literatura (CHABOT et al., 2014) o óxido de grafeno possui excelente propriedades como: excelente atividade catalítica, elevada área de superfície, propriedades elétricas altamente sensíveis. A modificação da superfície do eletrodo de trabalho com o GO acarreta uma maior interação entre a superfície do eletrodo e o analito, resultando em uma alta taxa de transferência de elétrons, ocasionando uma excelente sensibilidade (AHMAD; FAN; HUI, 2018).

Diante disso a Figura 2-A mostra os voltamogramas cíclicos da eletrodeposição de óxido de grafeno na superfície do eletrodo quimicamente modificado, no qual observou-se um pico anódico (I) e dois picos catódicos (II e III). A elevação das correntes de pico nas varreduras sucessivas mostra que houve a deposição do GO na superfície do eletrodo de trabalho. O pico catódico (III) está dificilmente visível pelo fato da eletrodeposição ter sido feita em agitação magnética constante, para que as folhas de óxido de grafeno não se aglomerassem durante o processo de acordo com Chen e colaboradores (CHEN et al.,

2011) atribui a ele a concretização de que o sistema é de fato reversível. De acordo com Guo e colaboradores (GUO et al., 2009) os picos (I) e (II) são atribuídos ao par redox da reação de alguns grupos funcionais que possuem oxigênio eletroquimicamente ativos em planos de grafeno que são excessivamente estáveis para ser reduzido pelo método de voltametria cíclica.

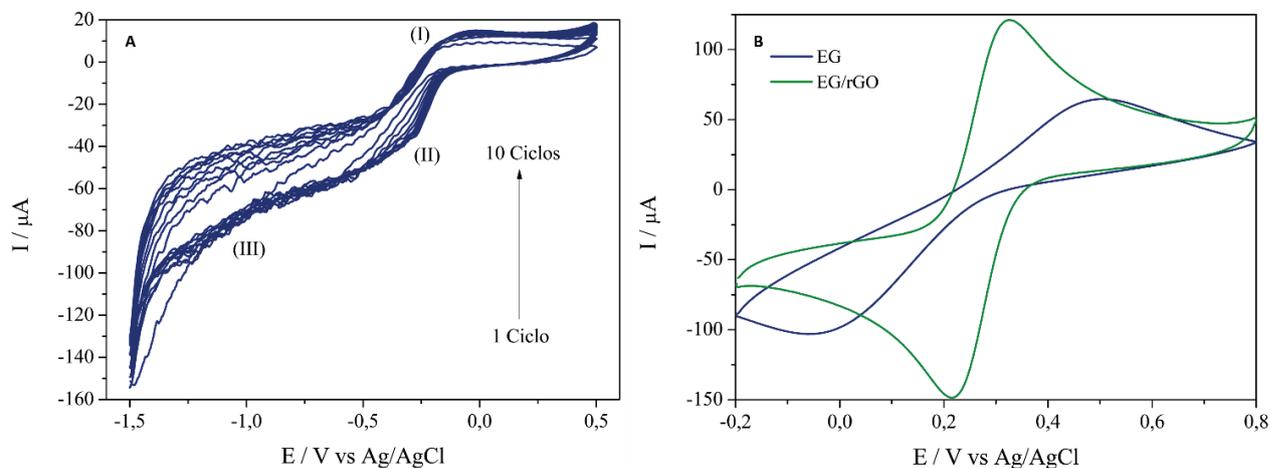


Figura 2. (A) Voltamogramas cíclicos da eletrodeposição do óxido de grafeno (GO) na superfície do eletrodo; (B) Voltamogramas cíclicos em $5,0 \text{ mmol L}^{-1} \text{ K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ em $1,0 \text{ mol L}^{-1} \text{ KCl}$ sem modificação e com modificação da superfície do eletrodo com GO.

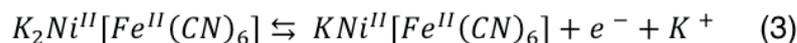
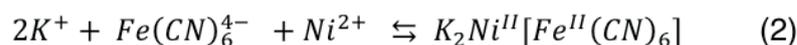
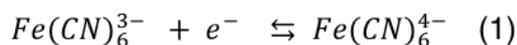
A partir da Figura 2-B podemos observar que houve uma mudança significativa nos pares redox do sistema, onde os picos anódicos e catódicos tiveram uma grande elevação e se ajustaram para o intervalo entre $0,20 \text{ V}$ e $0,40 \text{ V}$, evidenciando um sistema reversível pelo fato da razão $\frac{|I_{pa}|}{|I_{pc}|}$ ser próximo a 1,0 e a variação ΔE_p de 75 mV .

3.1.2 Eletrossíntese do oxihidróxido de níquel

O filme de hexacianoferrato de níquel foi formado analogamente à literatura (SEDENHO et al., 2013), formando-se após 25 ciclos voltamétricos sucessivos no intervalo de potencial de $-0,20 \text{ V}$ a $1,0 \text{ V}$ ($v = 100 \text{ mV s}^{-1}$) em uma solução de $0,50 \text{ mol L}^{-1}$ de KCl contendo $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ de HCl, $0,50 \text{ mmol L}^{-1}$ de $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ e $1,0 \text{ mmol L}^{-1}$ de $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$.

A Figura 3-A mostra o crescimento do filme de NiHCF durante o decorrer dos ciclos, comprovando o crescimento do filme na superfície do EGP/GO.

Podemos observar que o par redox da reação de formação do NiHCF está ligada a reação redox de $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ como mostra a Equação 1. No decorrer da varredura de potencial no sentido negativo, os íons hexacianoferrato (II) são produzidos na superfície do EGP/GO, onde os íons hexacianoferrato (II) reagem principalmente com os íons Ni(II) conforme é mencionado na literatura (WANG et al., 2010). Os outros picos redox podem ser referidos à redução e oxidação do NiHCF com adsorção e liberação de íons de potássio como apresenta as Equações 2 e 3.



Subsequentemente conforme a literatura (CARDOSODESÁ et al., 2017) o eletrodo modificado com NiCHF foi inserido em solução de 0,50 mol L⁻¹ NaOH e submetido a 35 ciclos voltamétricos sucessivos de 0,50 V a 1,0 V ($v = 100 \text{ mV s}^{-1}$) para a formação das nanopartículas de oxihidróxido de níquel. Conforme a Figura 3-B observa-se que os dois picos sofreram um aumento de corrente durante o processo. A Figura 3-C mostra o condicionamento da superfície do EGP/GO/NiOOH em meio de 0,10 mol L⁻¹ de NaOH, este tratamento é importante para aumentar a estabilidade e reprodutibilidade do eletrodo modificado, sendo utilizado também para a regeneração da superfície após as análises.

De acordo com a literatura (AHMAD; FAN; HUI, 2018) e (GUO; WANG; QIAN; WANG; XIA, 2009) o filme de NiHCF em contato com soluções alcalinas é decomposto e há a transformação de Ni para Ni(OH)₂ como vemos na Equação 4, fazendo com que haja a formação de oxihidróxido de níquel sobre a superfície do eletrodo durante as varreduras sucessivas. A Equação 5 evidencia o processo redox do eletrodo de oxihidróxido de níquel.

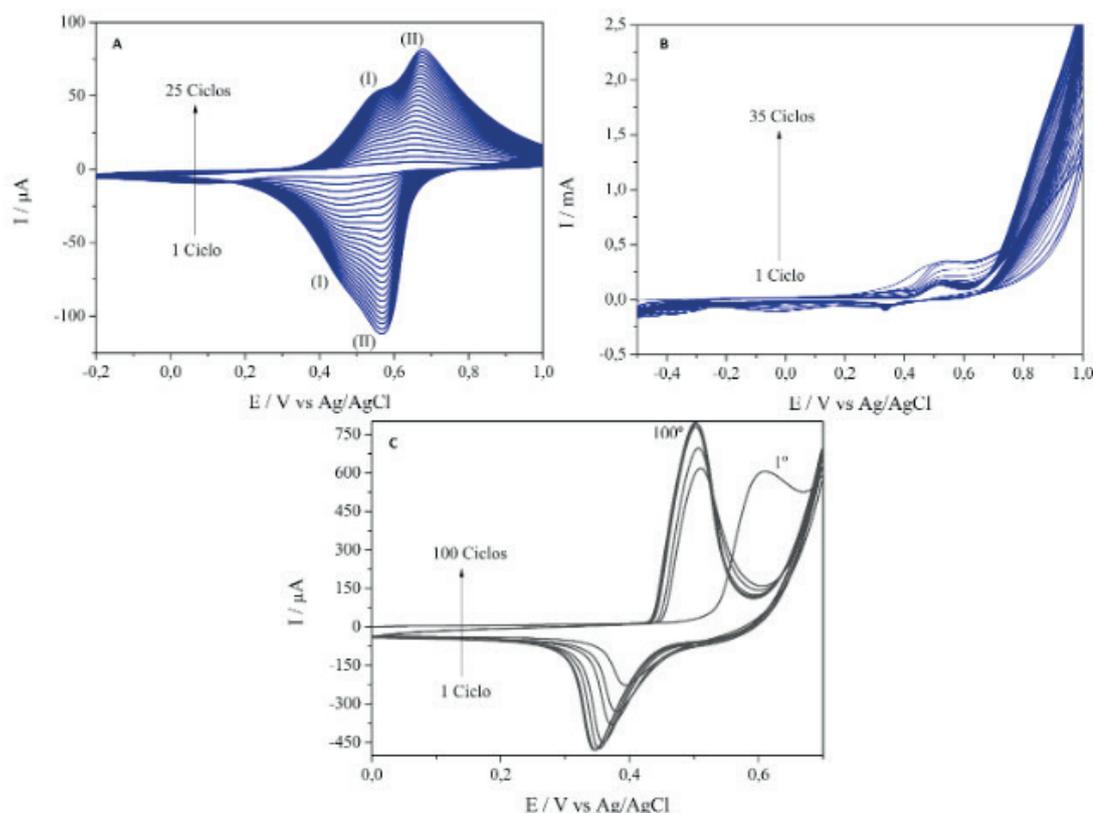
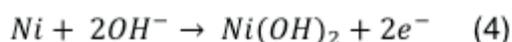


Figura 3. (A) Formação do filme de NiHCF no eletrodo EGP/GO em solução de 0,50 mol L⁻¹ KCl contendo 1 mmol L⁻¹ Ni(NO₃)₂, 0,50 mmol L⁻¹ K₃Fe(CN)₆ e 0,10 mol L⁻¹ HCl; (B) Formação das nanopartículas de oxihidróxido de níquel em meio aquoso de NaOH 0,50 mol L⁻¹ (NiOOH); (C) Condicionamento do EGP/GO/NiOOH em solução de NaOH 0,10 mol L⁻¹.

3.1.3 Caracterização morfológica

A fases da modificação do EGP com óxido de grafeno e oxihidróxido de níquel é apresentada na Figura 4. A Figura 4-A mostra a superfície do eletrodo composto de grafite e parafina sem modificações e a Figura 4-B apresenta um conglomerado de nanopartículas, sendo elas micropartículas e nanopartículas de vários tamanhos entre 96 nm e 121 nm. Apesar de ter sido analisado essa região, existem outras regiões nas superfícies dos eletrodos compostos com diversos tamanho de nanopartículas e micropartículas

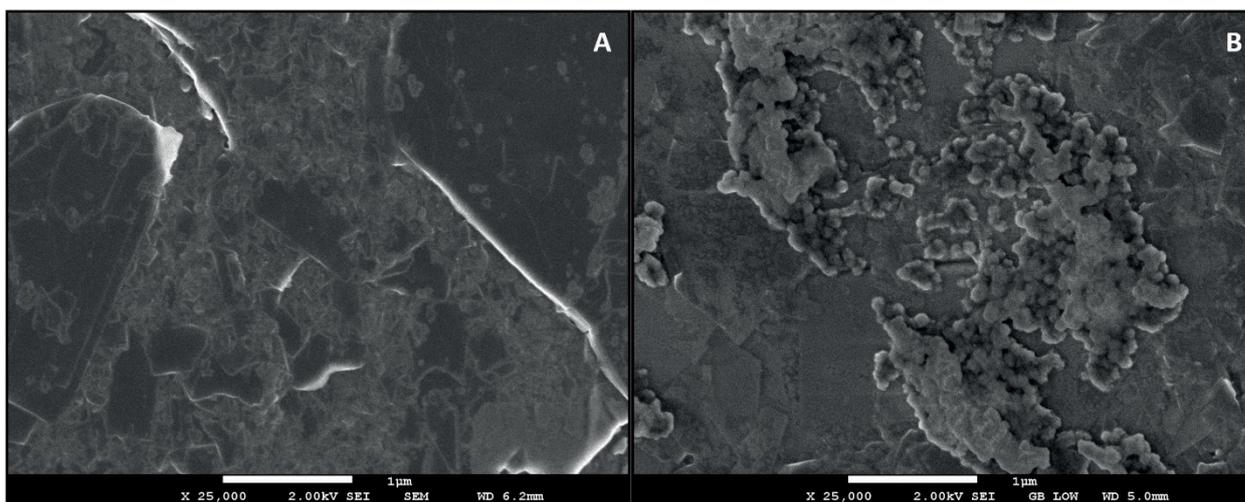


Figura 4. (A) Imagens de MEV para o eletrodo composto sem modificações; (B) superfície modificada com óxido de grafeno e oxihidróxido de níquel (EGP/GO/NiOOH).

O espectro de EDS mostrou que o processo de confecção do eletrodo a partir do método em duas etapas (deposição de hexacianoferrato de níquel e a decomposição para oxihidróxido de níquel) foi um sucesso. De acordo com a literatura (AHMAD; FAN; HUI, 2018) e (GUO; WANG; QIAN; WANG; XIA, 2009) o filme de NiHCF em contato com soluções alcalinas é decomposto e ocorre a modificação de Ni para Ni(OH)₂ (Equação 4), levando a formação de óxido de níquel na superfície do eletrodo diante de sucessivas varreduras. A Equação 5 comprova o processo redox do eletrodo de oxihidróxido de níquel. De acordo com De Sá e coautores (DE SÁ; PAIM; STRADIOTTO, 2014) uma indicação de que houve sucesso na modificação dos eletrodos compostos de grafite/parafina com óxido de grafeno e oxihidróxido de níquel é a aparição de picos dos elementos níquel e oxigênio no espectro de EDS como demonstrado na Figura 5.

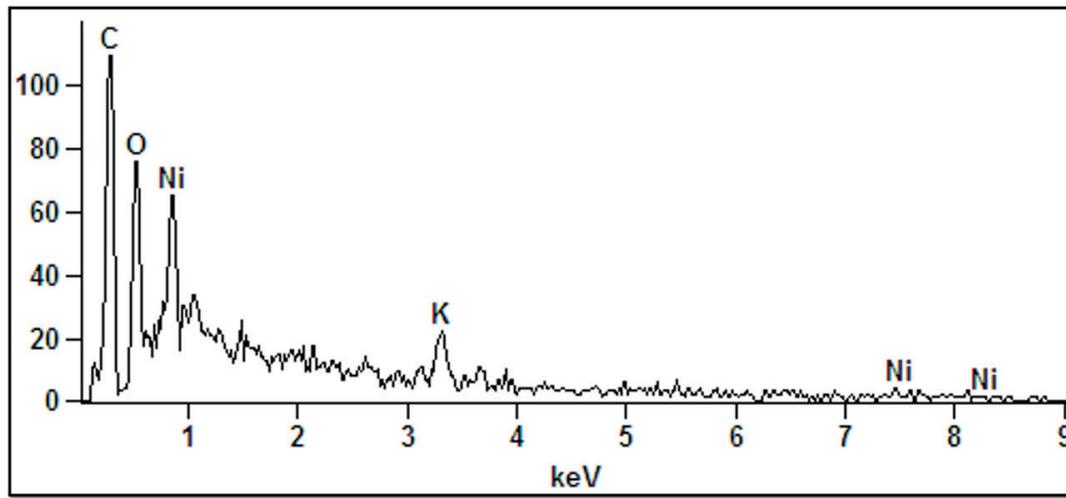


Figura 5. Espectro de EDS para o eletrodo EGP/GO/NiOOH.

3.1.4 Estudo do efeito de concentração de glicerol em microemulsão

O estudo do efeito de concentração de glicerol na presença do EGP/GO/NiOOH foi realizado por meio da técnica de cronoamperometria com potencial controlado de 0,55 V em solução de NaOH 0,10 mol L⁻¹ contendo SDS 0,020 mol L⁻¹. O cronoamperograma forneceu 2 regiões lineares como na Figura 6-A em um intervalo de concentração de 2,0×10⁻⁵ mol L⁻¹ a 2,10×10⁻³ mol L⁻¹. A primeira região linear foi escolhida para a realização das análises em microemulsão. A Figura 6-B mostra a primeira região linear no intervalo de concentração de 9,20×10⁻⁵ a 8,10×10⁻⁴ mol L⁻¹ com limite de detecção (LOD) de 7,80×10⁻⁵ mol L⁻¹ e coeficiente de correlação (R) de 0,994.

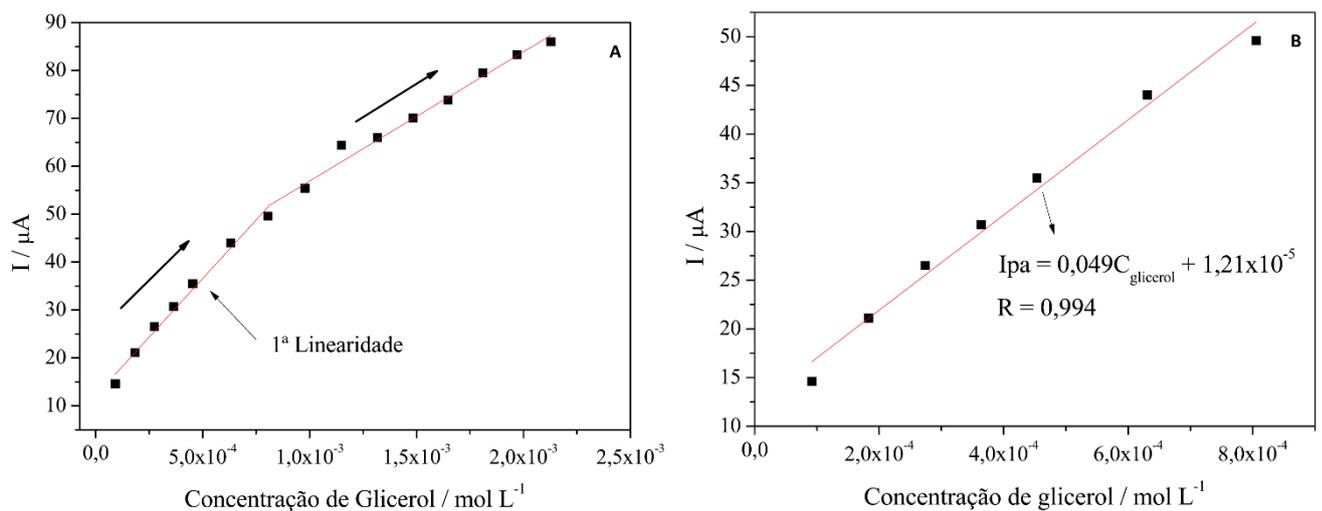


Figura 6. (A) Curva do estudo de concentração em relação ao EGP/GO/NiOOH em um intervalo de concentração de 9,20×10⁻⁵ a 2,10×10⁻³ mol L⁻¹. (B) Curva analítica da primeira região linear em um intervalo de concentração de 9,20×10⁻⁵ a 8,10×10⁻⁴ mol L⁻¹.

3.1.5 Determinação de glicerol com surfactante

Subsequentemente foram realizadas análises de glicerol em amostras de biodiesel onde a mesma aconteceu por meio da técnica de cronoamperometria através do método de adição padrão em meio a microemulsão preparada a partir da mistura de solução de NaOH $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ com biodiesel e SDS $0,020 \text{ mol L}^{-1}$. A determinação de glicerol nas amostras de biodiesel foram realizadas com amostras enriquecidas, pois na amostra de biodiesel pura não houve constatação de glicerol após a diluição de 6100 vezes. A diluição foi necessária para manter a microemulsão estável com aspecto límpido. As amostras de biodiesel foram enriquecidas com uma concentração de glicerol de $8,90 \times 10^{-5}$ e $1,10 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.

Após as sucessivas adições de padrão (Figura 7-A) foi possível levantar a curva de adição de padrão. Conforme a Figura 7-B, foi obtido a equação da curva, na qual $I_{pa} = 0,02771C_{\text{glicerol}} + 4,9579 \times 10^{-6}$ e com um coeficiente de correlação linear de 0,989. Após isso foi realizada a adição padrão para essa amostra enriquecida, obtendo uma recuperação de 98,2%, comprovando que o método é válido.

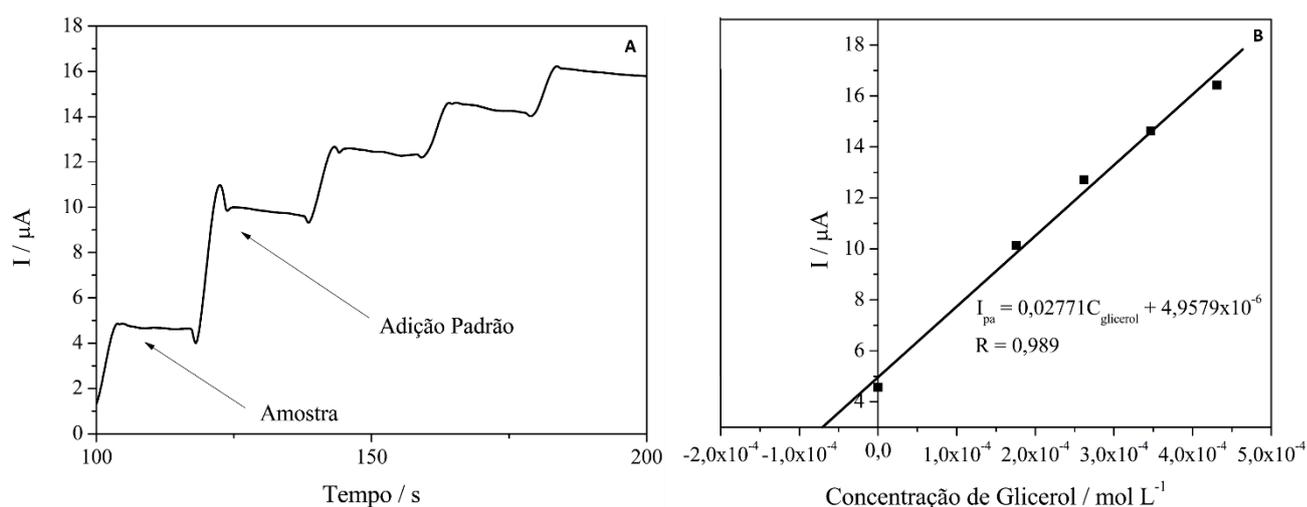


Figura 7. (A) Cronoamperograma da adição padrão com amostra enriquecida em microemulsão com agitação constante usando o EGP/GO/NiOOH sob um potencial aplicado de 0,47 V. (B) Curva analítica da adição de padrão para o cronoamperograma da adição padrão com amostra de biodiesel enriquecida.

4 | CONCLUSÃO

Foi desenvolvido um sensor composto de grafite/parafina com nanopartículas de oxihidróxido de níquel suportados em óxido de grafeno eletroquimicamente reduzido para determinação de glicerol em amostras reais de biodiesel em microemulsão com SDS. A eletrossíntese das nanopartículas foi caracterizada eletroquimicamente de acordo com a literatura e por meio de técnicas espectrométricas. Por fim, o sensor foi aplicado e apresentou um LOD de $7,80 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ com uma recuperação de 98,2%. O eletrodo modificado sugerido mostrou que pode ser um possível candidato ao desenvolvimento de detectores para aplicações em microemulsão de biodiesel.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Proc. N.º 2017/17559-1 e Proc. N.º 2017/09123-9). Ao NanoLab do grupo de pesquisa 2RE/UNESP pelo apoio técnico e laboratorial. Os autores agradecem ao LMA-IQ pela disponibilidade de uso do microscópio eletrônico de varredura.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETROLÉO, G. N. E B. **Biocombustíveis: Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

AHMAD, H.; FAN, M.; HUI, D. Graphene oxide incorporated functional materials: A review. **Composites Part B: Engineering**, v. 145, n. December 2017, p. 270–280, 2018.

ALIZADEH, T. et al. A novel high selective and sensitive para-nitrophenol voltammetric sensor, based on a molecularly imprinted polymer-carbon paste electrode. **Talanta**, v. 79, n. 5, p. 1197–1203, 2009.

BIOCOMBUSTÍVEIS, P. S. et al. **Caracterização e controle da qualidade do biodiesel - aspectos gerais**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/arquivos/File/biodiesel/controqual.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2017.

CARDOSODESÁ, A. et al. New Method for Carbohydrates Determination in Sugarcane Bagasse by HPAEC-RPAD Using Glassy Carbon Electrode Modified with Carbon Nanotubes and Nickel Nanoparticles. **Electroanalysis**, p. 128–136, 2017.

CATALDI, T. R. I.; GUASCITO, R.; SALVI, A. M. XPS study and electrochemical behaviour of the nickel hexacyanoferrate film electrode upon treatment in alkaline solutions. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 417, n. 1–2, p. 83–88, 1996.

CÉSAR, A. D. S. et al. The prospects of using *Acrocomia aculeata* (macaúba) a non-edible biodiesel feedstock in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 1213–1220, 2015.

CHABOT, V. et al. Environmental Science material synthesis and applications to energy and. p. 1564–1596, 2014.

CHEN, L. et al. Direct electrodeposition of reduced graphene oxide on glassy carbon electrode and its electrochemical application. **Electrochemistry Communications**, v. 13, n. 2, p. 133–137, 2011.

DE SÁ, A. C.; PAIM, L. L.; STRADIOTTO, N. R. Sugars electrooxidation at glassy carbon electrode decorate with multi-walled carbon nanotubes with nickel oxy-hydroxide. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 9, n. 12, p. 7746–7762, 2014.

ENERGIA, M. DE M. E. **Percentual obrigatório de biodiesel passa para 11%**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36074/265770/Resolucao_16_CNPE_29-10-18.pdf/03661cf7-007d-eb99-10b4-61ee59c30941>. Acesso em: 3 fev. 2020.

GUO, H. et al. A Green Approach to the Synthesis of Graphene Nanosheets. **ACS Nano**, v. 3, n. 9, p. 2653–2659, 2009.

LUO, B. et al. Graphene nanosheets supported hollow Pt&CoSn(OH)₆ nanospheres as a catalyst for methanol electro-oxidation. **Journal of Power Sources**, v. 205, p. 239–243, 2012.

MOTA, CLÁUDIO JOSÉ DE ARAÚJO; CAVALCANTI-OLIVEIRA, ELISA D'AVILA; FREIRE, D. M. G. **Biocombustíveis no Brasil: Fundamentos, Aplicações e Perspectivas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Synergia,

2014.

POTT MARINHO BALLOTTIN, D.; LATARO PAIM, L.; RAMOS STRADIOTTO, N. Determination of Glycerol in Biodiesel Using a Nickel(II) Oxyhydroxide Chemically Modified Electrode by Cyclic Voltammetry. **Electroanalysis**, v. 25, n. 7, p. 1751–1755, 2013.

RUSCHEL, C. F. C. et al. Otimização do Processo de Transesterificação em Duas Etapas para produção de biodiesel. **Química Nova**, v. 39, n. 3, p. 267–272, 2016.

SEDENHO, G. C. et al. Simple and direct potentiometric determination of potassium ions in biodiesel microemulsions at a glassy carbon electrode modified with nickel(II) hexacyanoferrate nanoparticles. **Analytical Methods**, v. 5, n. 16, p. 4145–4151, 26 jul. 2013.

SHELDON, R. A. Green and sustainable manufacture of chemicals from biomass: state of the art. **Green Chem.**, v. 16, n. 3, p. 950–963, 2014.

VELJKOVI, V. B. et al. Purification of crude biodiesel obtained by heterogeneously-catalyzed transesterification. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, n. September, p. 500–516, set. 2015.

WANG, X. et al. Non-enzymatic amperometric glucose biosensor based on nickel hexacyanoferrate nanoparticle film modified electrodes. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 78, n. 2, p. 363–366, 2010.

EVALUATION OF STEELS USED FOR HARDNESS STANDARD BLOCKS PRODUCTION

Data de aceite: 28/05/2020

Data da submissão: 05/02/2020

Jorge Trota Filho

Inmetro - National Institute of Metrology,
Quality and Technology
Duque de Caxias, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/0213433688834759>

Sérgio Pinheiro de Oliveira

Inmetro - National Institute of Metrology,
Quality and Technology
Duque de Caxias, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/7044734414044369>

Rômulo Queiroz Fratari

Inmetro - National Institute of Metrology,
Quality and Technology
Duque de Caxias, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/6607384024848657>

ABSTRACT: The hardness standard blocks are the reference standards responsible for maintaining the traceability of the quantity hardness. Non-uniformity, surface chemical composition and crystallographic texture of three blocks of the most used hardness scale in industry e.g. Rockwell C were evaluated. The results showed that manufacturers can use different materials and manufacturing routes to produce standard blocks for the same range and hardness scale.

KEYWORDS: Crystallographic texture, Rockwell C hardness, non-uniformity, surface chemical composition.

AVALIAÇÃO DOS AÇOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE BLOCOS-PADRÃO DE DUREZA

RESUMO: Os blocos-padrão de dureza são os padrões de referência responsáveis pela manutenção da rastreabilidade da grandeza dureza. Foram avaliadas não-uniformidade, composição química superficial e textura cristalográfica de três blocos de dureza Rockwell C, sendo esta a escala de dureza mais utilizada na indústria. Os resultados mostraram que os fabricantes podem utilizar materiais e rotas de fabricação diferentes para produzir blocos-padrão para mesma faixa e escala de dureza.

PALAVRAS-CHAVE: Textura cristalográfica, dureza Rockwell C, Não-uniformidade, composição química superficial.

1 | INTRODUCTION

Hardness can be defined as the resistance to permanent plastic deformation, scratch or indentation of a softer material by a harder one. It is measured several times in the production line in order to assure the

quality of several items produced, to perform sampling during the production processes and in materials receipt tests (Oliveira, S.P., 2011). Brinell, Vickers and Rockwell are the most used indentation hardness scales for metallic materials. Rockwell hardness estimation is made as a function of the indentation depth (ISO 6508-3, 2019). Metrological reliability means all measurements shall be accurate and precise, have their uncertainties estimated, and have traceability to national or international standards. Certified reference materials are made available to ensure the quality of hardness measurements and the metrological reliability itself. These materials are transfer standards used to carry thru the traceability chain down the intrinsic metrological reliability from a primary system (reference system for a given quantity) to the productive sector. Thus, the hardness standard block is the aforementioned certified reference material which is a key component to ensure valid macrohardness measurements (Oliveira, S.P., 2011).

The non-uniformity for a standard hardness block is the assessment of the homogeneity of hardness values on the surface of the standard block, according to ISO Guide 34 and ISO 6508-3. Since some of the properties of the crystals are strongly directionally dependent, the crystallographic orientation of the crystallites within the polycrystalline aggregate – the texture – plays an important role among these parameters.

In this work, three hardness standard blocks of about 30 HRC (30 Rockwell C hardness) were selected from different manufacturers. Then, the influence of the variables crystallographic texture and chemical composition in the hardness non-uniformity was analyzed.

2 | MATERIALS AND METHODS

Three standard hardness blocks were selected from different manufacturers. By cutting each block in three different regions resulted in nine specimens. After that the specimens were grinded using SiC grinding paper with different grades of roughness (from #220 to #1500), thoroughly degreased with ethanol and rinsed with deionized water by ultrasonic vibration. Then the specimens were mechanically polished with diamond paste with 6, 3, 1 and 0.25 mm diamond particle size. Next, the specimens were also mechanically polished for crystallographic texture analysis on 0.06 μm colloidal silica. Finally, each specimen was cleaned with isopropyl alcohol PA by ultrasonic vibration and dried into a nitrogen gas jet.

For the crystallographic phases, grain sizes and surface chemical composition analyses, a FEI Company Nova Nanolab Dual-Beam Field Emission Gun Scanning Electron Microscope (SEM-FEG) was used. This equipment has also an EDAX-TSL system for crystallographic texture analysis using electron back-scattering diffraction (EBSD) technique. Energy dispersive spectroscopy (EDS) technique was used for the elementary micro-analysis of the specimens, which consists of an EDAX detector coupled to the SEM-FEG.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Non-Uniformity Analysis

Relative non-uniformity (U_{rel}) is one of the most important criteria for the approval of reference material certified in hardness. So, for the hardness standard block to be considered a certified reference material on the HRC scale it must reach at most 1% U_{rel} . Table 1 shows the results of relative non-uniformity obtained for the three Rockwell C hardness blocks analyzed in this work. It can be seen all of them were approved according to U_{rel} criteria.

Identification	Code	Hardness/HRC	U_{rel} /%
Standard block1	SB ₁	30.0	0.4
Standard block2	SB ₂	29.3	0.6
Standard block3	SB ₃	31.2	0.4

Table 1. Relative non-uniformity of standard hardness blocks

3.2 Surface Chemical Composition Analysis

Figure 1 shows the elemental chemical analysis performed by the EDS technique. Although the hardness standard blocks have similar hardness values one can realize they are different in terms of chemical composition.

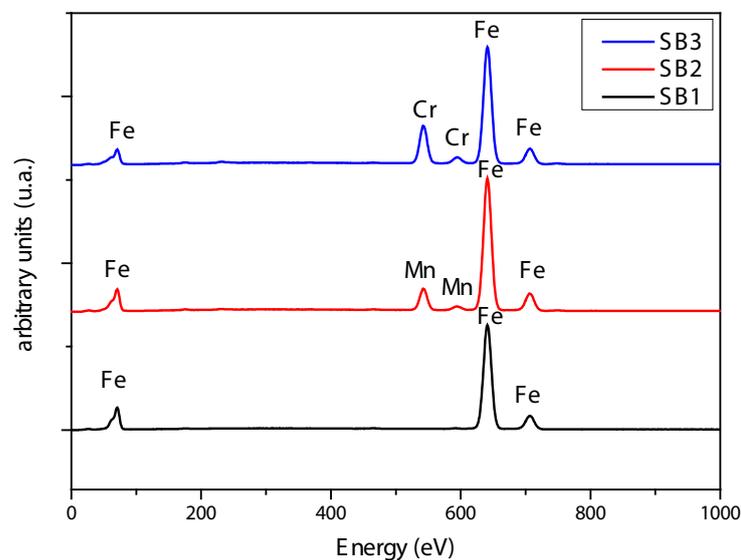


Figure 1. EDS spectra shows the surface chemical composition of the standard blocks SB₁ (in black), SB₂ (in red), and SB₃ (in blue).

In Figure 1 it is possible to observe only the peaks of the higher amounts of elements present in the specimens. SB₃ has a significant amount of chromium (15.2% by mass) so it is expected that among the three standard hardness blocks studied in this work SB₃ presents the greatest surface chemical stability on its surface [5] and in terms of high resistance to the

oxidation one can expect to some extent it presents the behaviour of a stainless steel. SB₂ has a high Mn content whereas SB₁ has no presence of significant amount of alloy elements but carbon. Table 2 shows in more detail the chemical composition by weight (Wt%) of each element present on the surface of the three hardness standard blocks. Among the main elements on the surface not mentioning iron and carbon, SB₁ has only Mn and Si, SB₂ has a higher amount of Mn e some Si and Cr, whereas SB₃ has many alloy elements (and less Fe at the same time) including a lot of Cr and some Si, S, Mn and Ni.

Elements	SB ₁	SB ₂	SB ₃
	Wt%		
Si	0.5	0.5	0.7
S	0.0	0.0	0.5
Cr	0.0	0.3	15.2
Mn	0.6	2.4	0.6
Fe	92.3	91.5	77.0
Ni	0.0	0.0	0.5

Table 2. SB₁, SB₂, and SB₃ surface chemical composition by weight analysis.

3.3 Crystallographic analysis

Tables 3 and 4 show the crystallographic analysis of crystalline phases present in the specimens and the average grain size, respectively, of the hardness standard blocks SB₁, SB₂, and SB₃.

phases\specimens	SB ₁	SB ₂	SB ₃
Ferrite	88.5%	84.4%	87.5%
Cementite (Fe ₃ C)	11.2%	15.0%	12.3%
Mn ₂₃ C ₆	0.1%	0.3%	0.1%

Table 3. Crystallographic analysis of standard hardness blocks SB₁, SB₂, and SB₃.

Average grain size/ μm	Specimens		
	SB ₁	SB ₂	SB ₃
	1.9	2.0	1.1

Table 4. Analysis of grain sizes of standard hardness blocks SB₁, SB₂, and SB₃.

On analyzing Table 3 it can be noted the ratios among the crystalline phases of the hardness standard blocks are very close and the presence of a slight amount of Mn₂₃C₆ probably as precipitates. Taking into account both hardness values SB₂ < SB₁ < SB₃ and blocks have approximately 30 HRC as of Table 1, one can consider the average grain size given by Table 4 is responsible for the different hardness values observed. All of the described phenomena means: SB₃ hardness standard block has both the smallest grain size and the higher hardness value; on the other side SB₂ has both the highest grain size and the smallest hardness value; and SB₁ has an intermediate behavior. So the smaller average grain size and chromium high concentration in the SB₃ gives it a slightly higher hardness value, as shown in Table 1.

Time, temperature, and transformation diagram in Figure 2, also known as TTT curve, shows the possible phase transformations for steels as a function of time and temperature [5]. Both Figure 2 and Table 3 show that crystallographic analysis has not detected the presence of the austenite phase e.g. retained austenite or uncompleted phase transformations and the unique microstructure present is the one that arised from the perlite transformation e.g. a ferrite and Fe₃C mixture.

Figure 3 shows the crystallographic mapping made by EBSD of the phases present in SB₁, SB₂, and SB₃. The ferrite matrix is in red, SB₁ has coarse perlite or coarse Fe₃C phase in green, and SB₁ and SB₂ show some finest ferrite phase of the same average grain size (Table 4). in blue,

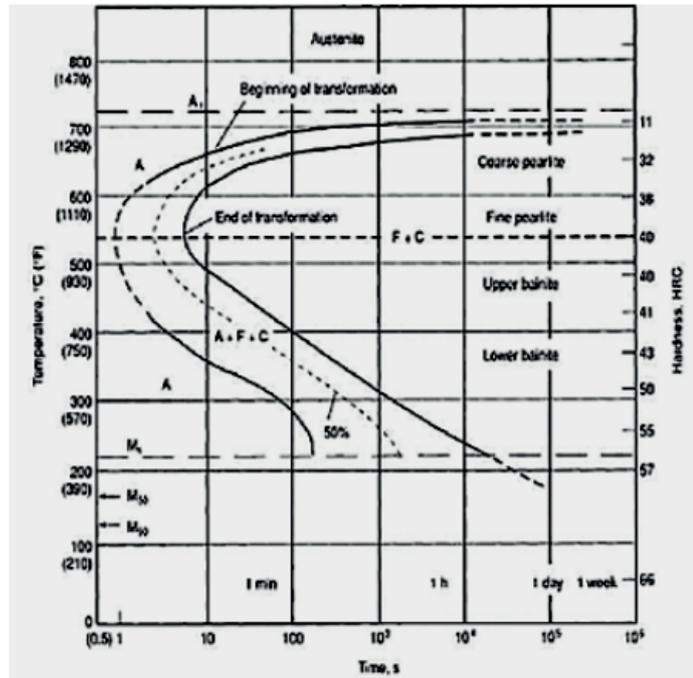


Figure 2. TTT curve for steel (Metals Handbook, 1991).

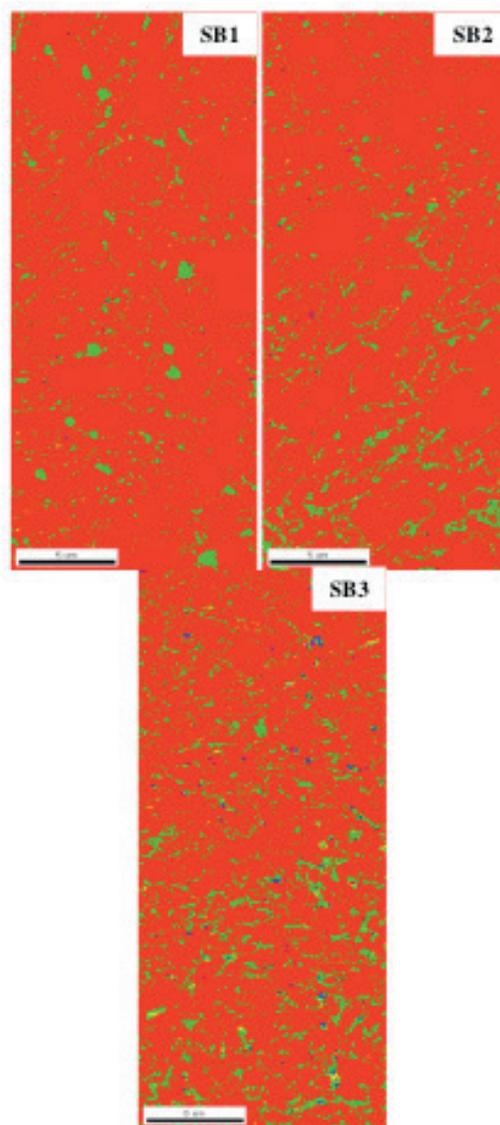


Figure 3. Texture of crystallographic phases present in blocks SB₁, SB₂, and SB₃ where the areas in red correspond to the ferrite phase, in green to the Fe₃C phase, and in blue to the Mn₂₃C₆ phase.

Although the material properties depend primarily on chemical composition and previous thermo-mechanical operations treatments, results of this work could be seen as part of a recipe for producing 30 HRC standard blocks with a suitable microstructure. So a microstructure composed by ferrite matrix and the presence of perlite and a network of $Mn_{23}C_6$ phase seems to be a desirable microstructure since all three blocks from traditional suppliers have this character.

If an ideal manufacturer's selection would be made to provide standard blocks for a national metrology institute, the most convenient choice would be the SB_3 . Moreover, in addition of the existence of a proper non-uniformity, its surface stability against oxidation guarantees less variation of its hardness over time.

4 | CONCLUSIONS

EDS microanalysis showed that there are three different surface chemical compositions for the SB_1 , SB_2 and SB_3 hardness standard blocks from different suppliers. Due to the high content of Cr in the SB_3 standard block one can expect it has a somewhat oxidation resistance and chemical stability on its surface;

The SB_1 and SB_2 hardness standards blocks have the same range of grain distribution and this fact can explain part of their hardness values closeness;

Crystallographic texture of SB_1 and SB_2 are basically the same since both are composed of ferrite and Fe_3C ;

A microstructure composed by ferrite matrix and the presence of perlite and a network of $Mn_{23}C_6$ phase seems to be a desirable character for a 30 HRC standard blocks with metrological reliability.

REFERENCES

ISO Guide ISO Guide 34:2009 "General requirements for the competence of reference material producers".

ISO Standard 6508-1:2019 "Metallic Materials - Rockwell hardness test - Part 1: Test Method (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)".

ISO Standard 6508-3:2019 "Metallic Materials - Rockwell hardness test - Part 3: Calibration of reference blocks (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)".

Metals Handbook, Prop. and Sel.: Irons, Steels, and High-Performance Alloys, 1990, vol 1, ASM International, Materials Park, USA.

Oliveira, S.P. et al. Análise Metrológica da Influência da Microscopia Ótica sobre a dureza Vickers de Materiais Metálicos, 2011, São Paulo, **Anais** do 66º Congresso Anual da ABM.

IMOBILIZAÇÃO DE LIPASES MICROBIANAS EM SUPORTES HIDROFÓBICOS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Data de aceite: 28/05/2020

Data de submissão: 12 /02/2020

Maria Carolina Macário Cordeiro

Universidade do Oeste de Santa Catarina,
Centro de Biotecnologia
Videira – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/0869355903611460>

César Milton Baratto

Universidade do Oeste de Santa Catarina,
Centro de Biotecnologia
Videira – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/8813365608541129>

Cristian Antunes de Almeida

Universidade do Oeste de Santa Catarina,
Centro de Biotecnologia
Videira – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/1644549083247797>

RESUMO: A imobilização de lipase em suportes hidrofóbicos vem sendo estudada visando sua utilização em processos industriais como a produção de biodiesel, devido às inúmeras vantagens que estes tipos de suportes propiciam durante as reações de transesterificação. O presente estudo teve o objetivo de desenvolver suportes hidrofóbicos, a imobilização de lipases e a utilização destes na produção de biodiesel. Dessa forma, foram sintetizados

suportes a base de polissiloxano e álcool polivinílico (POS-PVA) e polielitrolitos de quitosana e alginato de sódio (PQAS's) hidrofobizados com TNBS e TEOS ou modificados com diferentes compostos orgânicos de grupamentos aldeídos (N-Butiraldeído, 2-Furaldeído, Formaldeído, 4-Aldeído Anísico, Aldeído Benzoico, Dimetilamino Benzaldeído e Laurinaldeído). Estes suportes foram avaliados quanto ao grau de hidrofobicidade e de hidratação, e após foram utilizados para a imobilização de lipase comercial e substrato enzimático bruto. Os resultados indicam que houve um aumento na hidrofobicidade e diminuição na hidratação dos suportes PQASs modificados, indicando que grupos hidrófobos se ligaram no suporte, comparados com o suporte não modificado. Os suportes modificados com 4-Aldeído Anísico e Aldeído Benzoico foram mais eficientes na imobilização da enzima bruta, e todos os suportes testados imobilizaram a enzima comercial e foram capazes de produzir biodiesel. Conclui-se que as modificações dos suportes a base de PQAS's foram eficientes para sua hidrofobização e estes apresentam potencial para imobilização de lipase e para a produção de biodiesel.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento de suportes, imobilização, transesterificação.

IMMOBILIZATION OF MICROBIAL LIPASES ON HYDROPHOBIC SUPPORTS FOR BIODIESEL PRODUCTION

ABSTRACT: Lipase immobilization on hydrophobic supports is being studied aiming their use in industrial processes such as biodiesel production, because of the numerous advantages that these types of supports provide for the transesterification reactions. This study aimed to develop hydrophobic supports, to immobilize lipases and to use them for the biodiesel production. Supports were synthesized with polysiloxane and polyvinyl alcohol (POS-PVA) and polyelectrolyte complex (PEC) gel of chitosan (CS) and sodium alginate (SA) hydrophobized with TNBS and TEOS or modified with different organic compounds from aldehyde groups (N-Butiraldehyde, 2-Furaldehyde, Formaldehyde, 4-Anisic Aldehyde, Benzoic Aldehyde, Dimethylamino Benzaldehyde and Laurinaldehyde). These supports were evaluated for the hydrophobicity and hydration degree, and after were used for the immobilization of commercial lipase and crude enzyme substrate. The results indicate that there was an increase in hydrophobicity and decreased hydration of CS/SA PEC modified substrates, indicating that hydrophobic groups bound to the support, compared with the unmodified support. Substrates modified with 4-anisic aldehyde and benzoic aldehyde were more efficient in immobilizing the crude enzyme, and all the tested supports immobilized the commercial enzyme and were able to produce biodiesel. It was concluded that modifications on the CS/SA PEC supports were effective for their hydrophobization and they have the potential to lipase immobilization and, thus, for the production of biodiesel.

KEYWORDS: Supports development, immobilization, transesterification.

1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a utilização de enzimas imobilizadas tem assumido papel fundamental em importantes processos industriais nos quais é necessário um maior tempo de durabilidade da reação enzimática, atividade em condições mais amenas de pH e temperatura, reutilização do imobilizado em vários ciclos, além de propiciar a recuperação da mesma após o processo (GUISAN, 2006).

As enzimas demonstram grande eficiência em suas reações, porém apresentam desvantagem quanto à estabilidade operacional de armazenamento, por serem moléculas complexas, sensíveis, com estruturas tridimensionais únicas que são essenciais para suas atividades. A exposição a temperaturas extremas e solventes orgânicos, por exemplo, podem conduzir à desnaturação da atividade biocatalisadora da enzima (CARVALHO et al., 2015).

Esses biocatalizadores têm função principal de realizar reações químicas. As lipases podem ser produzidas por diversos microrganismos como *Candida rugosa*, *Candida antartica*, entre outras (HU et al., 2012). As lipases são consideradas muito importantes em processos industriais, devido às suas propriedades catalíticas e de hidrólise de triglicerídeos liberando ácidos graxos e glicerol em reações de esterificação, transesterificação, aminólise e lactonização (NARWAL; GUPTA, 2013).

Lipases são enzimas utilizadas em inúmeros processos biotecnológicos, como a produção de biodiesel, mas esta enzima diferentemente da maioria das outras hidrolases

apresenta algumas características peculiares dado ao fato de seu substrato ser uma molécula apolar, os triglicerídeos. Isto tem refletido na característica do suporte para a imobilização, onde observa-se uma preferência por suportes hidrofóbicos (PAULA et al., 2008). Entre os suportes utilizados estão copolímeros de estireno-divinilbenzeno (STY-DVB) (OLIVEIRA et al., 2000; AYBASTIER; DEMIR, 2010; CASTIGLIONI, 2009; BUSSAMARA et al., 2012), matriz híbrida constituída de polissiloxano-álcool polivinílico (POS-PVA) (PAULA et al., 2008) e matriz hidrofóbica obtida pela técnica Sol-Gel (CARVALHO, 2011). E recentemente tem-se utilizado suportes à base de quitosana modificada para hidrofobização (MENDES, 2009).

As esferas de quitosana e alginato de sódio são formadas pela síntese de coagulação utilizando o cloreto de cálcio (CaCl_2) como um agente de ativação para formação dos polímeros. Os íons do cálcio interagem cooperativamente formando pontes iônicas entre as diferentes cadeias, gerando géis fortes e termoestáveis (ANDRADE et al., 2008). O alginato de sódio tem função quelante no processo para as formações das esferas, formado por várias ligações covalentes a uma estrutura heterocíclica de compostos orgânicos como aminoácidos e polissacarídeos, que resulta na síntese orgânica, formando a estrutura dos polímeros (LI, 1992).

Muitos trabalhos científicos têm fornecido significativos avanços no desenvolvimento de métodos de imobilização enzimática em suportes altamente hidrofóbicos, ampliando o potencial desta enzima que exerce um papel fundamental em processos de química verde e sustentável, promovendo assim o aumento da sua estabilidade e possibilidade de reutilização ou utilização em processos contínuos (JESIONOWSKI et al., 2014).

Todo o processo de imobilização da enzima no suporte é feito através de ligações químicas por afinidade estrutural das cadeias dos grupos carbonila com grupamentos aminas. O objetivo desse trabalho é testar diferentes tratamentos de modificações no suporte com reagentes de soluções orgânicas para formar uma superfície com ligações de grupos parcialmente ou altamente hidrofóbicos, podendo adsorver fortemente a enzima imobilizando por camadas interfaces.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

Para a preparação dos polielitrolitos, foram utilizados Quitosana 85,2% de desacetilação (Polymar S.A); Alginato de sódio (Vetec); N-Butiraldeído (Vetec Química Fina-LTDA); 2-Furaldeído (Sigma-Aldrich); 4-Aldeído Anísico (Vetec-Sigma); Formaldeído (Synth); Aldeído Benzôico (Vetec Química Nova-LTDA); Dimetilamino Benzaldeído (Vetec-Sigma); Álcool Polivinílico P.S (Vetec); Lauric Aldeyde (Sigma-Aldrich); Corante Rosa de Bengala (Sigma-Aldrich); Tetraethyl Orthosilicate (TEOS) (Aldrich-Sigma); Diaion HP-20 (SUPELCO); TNBS (Sigma-Aldrich); Goma Arábica (Synth). Para os ensaios enzimático foram utilizados

p-nitrofenolpalmitato (p-NPP; Sigma-Aldrich) e etanol absoluto 99,8% (Sigma-Aldrich).

Preparo do Suporte POS-PVA

Para o preparo do suporte POS-PVA (álcool de polivinilo e poli-siloxano) foram homogeneizados 5mL de TEOS (Tetraethyl orthosilicate), 5mL de etanol, 6mL de álcool polivinílico a 2% e 3 gotas de HCl concentrado. Em seguida, essa solução foi aquecida à 60°C por 40 minutos. Secado em temperatura ambiente até solidificar. Triturado em 80-100 mesh. Lavado com água destilada para neutralizar a acidez.

Preparo dos suportes a base de polímeros de quitosana/alginato

Foram produzidos complexo de polielitrolitos de quitosana com alginato a partir de alginato de sódio à 1% em solução tampão Tris-HCl 0,1M, pH 8,0, dissolvido com agitação à 50°C por trinta minutos, gotejados em quitosana à 0,5% em ácido acético (0,5%) e homogeneizado em solução de CaCl₂ (0,1M). As esferas produzidas foram mantidas O/N na geladeira para completa polimerização (JIANLONG; YI, 1999).

Modificação dos suportes de quitosana/alginato

Os suportes foram modificados para hidrofobização utilizando diferentes reagentes: compostos orgânicos apolares com um grupo aldeído, TNBS (ácido -trinitrobenzenossulfônico) e TEOS (Tetraethyl orthosilicate).

Tratamento com compostos orgânicos com grupos aldeídos: utilizou-se 2g do suporte em tampão Tris-HCl, pH 7,0, e os reagentes de modificação foram ajustados para uma concentração final de 0,5 M (Tabela 1). Cada mistura, foi homogeneizado em rotação por duas horas, à 25°C. Após esse tempo foram lavados abundantemente com água destilada.

Tratamento com TNBS: pesou-se 2g do suporte para 10,75mL tampão bicarbonato de sódio pH10 (0,1M), 100µl de solução de ácido 2,4,6 trinitrobenzenossulfônico (TNBS) a 5% e colocado por agitação por 2 horas (150rpm) à 25°C. Em seguida foi lavado com água destilada e armazenado sob refrigeração à 4°C (MENDES, 2009).

Tratamento com TEOS: pesou-se 1g de suporte para 3ml de TEOS e 2 de hexano. Foram mantidos sob refrigeração 4°C por 24 horas. Após esse período foram lavados com água destilada abundantemente para retirar todo o excesso dos reagentes (GÜLAY, 2009).

Reagente	Quantidade	Tampão (mL)
N-Butiraldeído	700 μ L	19,300
2-Furaldeído	960 μ L	18,040
4-Aldeído Anísico	1,360 mL	18,640
Formaldeído	100 μ L	18,900
Aldeído Benzoico	1,060 μ L	18,940
Dimetilamino Benzaldeído	7,5g em 10mL de etanol 96%	10,000
Laurinaldeído	1,843 mL	18,157

Tabela 1. Reagentes e quantidades utilizadas para modificação.

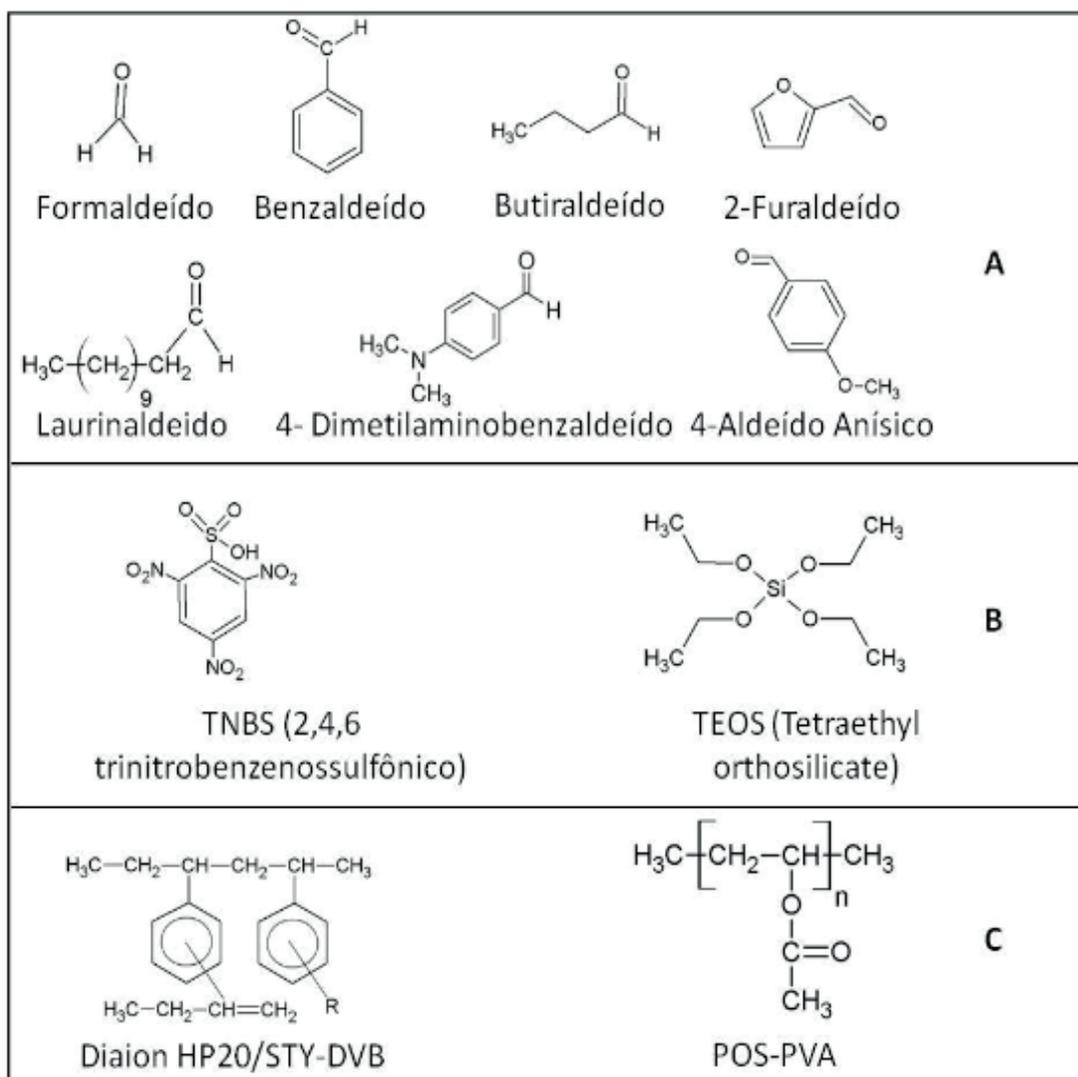


Figura 1. Estrutura dos suportes e dos reagentes utilizados nas modificações. A, compostos orgânicos com grupos aldeídos; B, compostos modificadores sem grupo aldeído; e C, tipos de suportes hidrofóbicos.

Caracterização dos suportes

Teste de hidrofobicidade com corante de rosa de bengala

Foram pesados 0,15g do suporte modificado (reagentes), para 20ml da solução de corante rosa de bengala, por uma hora em rotação 120 rpm à 25°C. Logo após este processo, foi feita a leitura do corante no suporte no espectro em 549nm.

Teste de hidratação

Foram pesados 0,15g de suporte em 20mL de tampão fosfato pH 7,0 (100mM) por duas horas em observação. Após este período tirou-se o excesso da água absorvida nas esferas e pesou-se em uma balança analítica para analisar a diferença.

Técnica de imobilização de lipase no suporte por adsorção

Pesou-se 0,5g do suporte para 500µl de tampão fosfato (0,5Mols) pH 7,0. Adicionou-se 250µl de PEG 1500 (5%) e 3 mL das enzimas, com agitação por duas horas a 100 rpm à 25°C. Foram realizados testes de imobilização com uma enzima produzida no laboratório de Biologia Molecular - UNOESC de acordo com Rossi (2014), utilizando o sobrenadante do cultivo e com 1 mg/mL da enzima comercial Lipolase 100 (Novozyme).

Reação enzimática

Foram feitas as reações do sobrenadante da solução enzimática e nas esferas após a imobilização. Foram utilizados para as reações 100µl da enzima em sobrenadante e 10mg das esferas em 500µl de tampão fosfato pH 7,0 e 500µl de substrato (0,025g de p-NPP para 10mL de etanol absoluto). Foram realizados um branco das reações e um branco das amostras. As reações foram colocadas em banho por 10 minutos à 37°C. Após a reação foi paralisada com a adição de uma solução de bicarbonato de sódio (NaCO₃). Logo após foi feita à leitura no espectrofotômetro 410nm. A atividade enzimática (UI) foi estabelecida como a capacidade da enzima em liberar 1 µmol de p-nitrofenol por minuto.

A determinações de proteínas foram utilizados 100µl da enzima filtrada, 300µl de solução de Bradford e 100µl de água destilada. Leitura feita em espectrofotômetro 660nm.

Teste de cromatografia (produção do biodiesel) em suportes imobilizados

As esferas com as lipases imobilizadas foram testadas na reação de transesterificação para produção de biodiesel. Utilizou-se óleo de soja bruto degomado (600µL) e etanol absoluto (300µL), e o catalisador usado foi o suporte com a enzima lipase do isolado EL4 imobilizada ou da lipase comercial (0,3g).

A verificação dos resultados das reações de transesterificação com a Lipase de EL4 ou comercial foi realizada por cromatografia em camada delgada, seguindo metodologia descrita por Guan et al. (2010). A técnica consiste na utilização de uma fase estacionária (placa cromatográfica) e uma fase móvel (eluente) que sobe através da placa por capilaridade,

levando consigo os componentes da amostra (LOPEZ et al., 2009). Na placa cromatográfica foram adicionados 2 μ L de em 20 μ L de hexano de cada reação. A placa foi colocada em um recipiente fechado com uma solução contendo 80mL de hexano, 15mL de éter etílico e 1mL de ácido fórmico como eluente, por aproximadamente uma hora. Após a revelação foi realizada com a utilização de iodo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os tratamentos para modificação dos suportes de polielitrolitos de quitosana e alginato de sódio (PQAS) utilizando compostos orgânicos com grupos aldeídos, foram realizados testes de caracterização e de hidratação desses produtos. Os resultados demonstraram que ocorreram as modificações nos PQAS's, possivelmente pela ligação entre os grupos aminos (quitosana) e carbonila (do grupo aldeído dos reagentes com grupos hidrofóbicos) gerando, portando, grupos com diferentes graus de hidrofobização (MENDES, 2009).

A efetivação da ligação e modificação dos suportes foi avaliada a partir da imobilização das enzimas. Os resultados dos polielitrolitos modificados com 4-Aldeído Anísico e Aldeído Benzoico foram mais eficientes na imobilização da enzima em sobrenadante, por outro lado, todos os suportes testados imobilizaram a enzima comercial e apresentaram potencial de imobilização (Tabela 2).

Os suportes mais citados para imobilização podem ser divididos em duas categorias: matrizes hidrofóbicas ou hidrofílicas, mas também podem ser classificados conforme sua morfologia e estrutura como materiais porosos, não porosos e de estrutura de gel (DALLA-VECCHIA et al., 2004). A imobilização de lipase tem demonstrado ser eficiente em vários suportes, entretanto os suportes hidrofóbicos são considerados os mais apropriados à imobilização (VILLENEUVE et al., 2000), pois a adsorção desta é favorecida em meios com baixa força iônica, além de gerar uma hiperativação da mesma (BASTIDA et al., 1998). Assim, um suporte hidrofóbico amplamente utilizado para imobilização por adsorção de lipases é o poliestireno-divinilbenzeno (BUSSAMARA et al., 2012) ou suportes modificados com laurinaldeído e TNBS (MENDES, 2009).

Copolímeros	E (eficiência de adsorção) ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Hidratação	EL4 (U/g)	Lipolase (U/g)
Controle	369	64	0,08	1,7
N-Butiraldeído	625	15	0,12	1,3
2-Furaldeído	375	14	0,08	1,9
4-Aldeído Anísico	510	16	0,12	1,1
Formaldeído	840	38	0,08	1,7
Dimetilaminobenzaldeído	915	14	0,11	1,8
Aldeído Benzoico	1030	17	0,13	1,9
TEOS	480	61	0,08	1,2
TNBS	490	-	0,09	1,2
Laurinaldeído	510	42	0,08	0,8
Pos-Pva (1%)	680	21	-	-
Pos-Pva (2%)	850	11	0,1	1,6
STY-DVB	950	17	0,09	1,8
Diaion	1400	20	0,16	2,8

Tabela 2. Características de hidrofobicidade e potencial de imobilização de lipases de suportes modificados.

Os imobilizados com as duas enzimas microbianas foram testados quanto à capacidade de produção de biodiesel. Os suportes com as enzimas brutas imobilizadas não foram capazes de produzir biodiesel, muito provavelmente devido à baixa quantidade de enzima imobilizada, sendo necessário uma maior concentração da enzima, já que ela é produzida em sobrenadante de forma diluída, entretanto é uma enzima capaz de produzir biodiesel (ROSSI, 2014).

Por outro lado, foi possível produzir biodiesel com a enzima comercial Lipolase 100L imobilizada nos diferentes suportes testados. Isso foi observado através da placa cromatográfica com as reações de transesterificação produção de biodiesel (Figura 2).

Ressalta-se que essas enzimas imobilizadas em suportes hidrofóbicos podem apresentar uma série de modificações conformacionais que podem favorecer sua interação com o próprio substrato, aumentando sua atividade. Isso, entretanto, depende do tipo de lipase, sua preferência por substratos e, especialmente, pelas características e grau de hidrofobicidade do suporte hidrofóbico. Dessa forma, o desenvolvimento de novos suportes obtidos a base de copolímeros e suas modificações para aumentar sua hidrofobicidade apresentam-se como estratégias interessantes, frente ao desafio de imobilizar novas enzimas microbianas, potencializando sua atividade, para posterior aplicação na produção de biodiesel (BUSSAMARA et al., 2012).

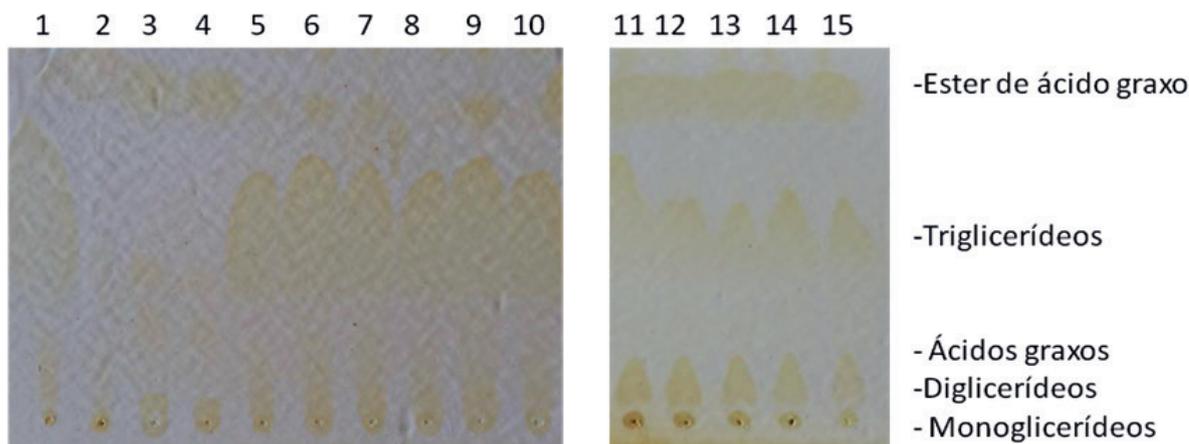


Figura 2. Placa cromatográfica da análise do biodiesel produzido com lipase imobilizada em suportes de polielitrolitos de quitosana e alginato de sódio (PQAS's) modificados. 1. Óleo, 2. Etilpalmitato, 3. C+(enzima), 4. Diaion, 5. Sty-DvB, 6. Pos-Pva, 7. Controle, 8. Laurinaldeído, 9. Teos, 10. 2-Furaldeído, 11. N-Butiraldeído, 12. 4-Aldeído Anísico, 13. Formaldeído, 14. Aldeído Benzoico, 15. Dimetilaminobenzaldeído.

Isso explica o fato de apesar de todos os suportes terem imobilizado enzima e produzido biodiesel, entretanto o que apresentou melhores resultados foi o Diaion, seguidos dos suportes modificados com 4-Aldeído Anísico, Formaldeído, Aldeído Benzoico e Dimetilaminobenzaldeído. Os demais suportes apresentaram uma menor atividade enzimática e sequente menor produção de biodiesel (Figura 2).

Por outro lado, diversos trabalhos enfatizam a utilização de lipases de microrganismos para o processo de produção de biodiesel. Essas lipases podem ser usadas na forma livre ou imobilizadas. Kaieda et al. (2001), investigaram a metanólise do óleo de soja através do uso de enzimas de microrganismos. Mendes (2009) investigou várias metodologias para imobilização de lipases de *Thermomyces lanuginosus*, *C. antártica*, *Bacillus thermocatenuatus* e *P. fluorescens* visando à produção de biodiesel. Iso et al. (2001) demonstraram que lipases de *Pseudomonas fluorescens* mostrou maior rendimento nesta reação quando imobilizada em comparação com seu uso na forma livre.

A imobilização de lipase é eficiente em vários suportes, entretanto os suportes hidrofóbicos são considerados os mais apropriados à imobilização (VILLENEUVE et al., 2000), pois a adsorção desta é favorecida em meios com baixa força iônica (BASTIDA et al., 1998). Assim, um suporte hidrofóbico amplamente utilizado para imobilização por adsorção de lipases é o poliestireno-divinilbenzeno com a possibilidade de imobilização sem a enzima estar completamente purificada (BUSSAMARA et al., 2012).

4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que as modificações dos suportes a base de polielitrolitos de quitosana e alginato de sódio foram eficientes para sua hidrofobização e estes apresentam potencial para imobilização de lipase a partir de substrato bruto e os imobilizados obtidos com enzima comercial apresentou potencialidade de produção de biodiesel, sendo que os mais eficientes foram o suporte Diaion e os suportes produzidos com polielitrolitos de

quitosana e alginato modificados com 4-Aldeído Anísico, Formaldeído, Aldeído Benzoico e Dimetilaminobenzaldeído.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa CNPq/PIBITI (processo 162779/2015-1), à primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, S.A.C.; GUERRA, T.M.B.; RIBEIRO, M.A.; GUERRA, N.B. Emprego de revestimentos comestíveis de alginato e pectina de baixa metoxilação em alimentos: Revisão. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.26, n.1, p.41-50, 2008.
- AYBASTIER, Ö; DEMIR, C. Optimization of immobilization conditions of *Thermomyces lanuginosus* lipase on styrene–divinylbenzene copolymer using response surface methodology. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v.3, n.3-4, p.170-178, 2010.
- BASTIDA, A.; SABUQUILLO, P.; ARMISEN, P.; FERNÁNDEZ-LAFUENTE, R.; HUGUET, J.; GUIÁN, J. M. A. A single step purification, immobilization, and hyperactivation of lipases via interfacial adsorptions on strongly hydrophobic supports. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 58, n.5, p.486-493, 1998.
- BUSSAMARA, R.; DALL’AGNOL, L.; SCHRANK, A.; FERNANDES, K.F.; VAINSTEIN, M.H. Optimal conditions for continuous immobilization of *Pseudozyma hubeiensis* (Strain HB85A) lipase by adsorption in a packed-bed reactor by response surface methodology. **Enzyme Research**, 2012. Doi:10.1155/2012/329178.
- CARVALHO, N.B. **Produção de ésteres etílicos e emulsificantes utilizando lipase imobilizada em matrizes hidrofóbicas**. 2011. Universidade Tiradentes – Unit - Dissertação; Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Aracaju – Brasil, 2011.
- CARVALHO, N.B.; LIMA, A.S.; SOARES, C.M.F. Uso de sílicas modificadas para imobilização de lipases. **Química Nova**, v.38, n.3, p.399-409, 2015. dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140304
- CASTIGLIONI, G.L. Estudo da produção e utilização de lipase de *Burkholderia cepacia* na síntese enzimática de biodiesel. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Engenharia de Alimentos, 2009.
- GUAN, F.; PENG, P.; WANG, G.; YIN, T.; PENG, Q.; HUANG, J.; GUAN, G.; LI, Y. Combination of two lipases more efficiently catalyzes methanolysis of soybean oil for biodiesel production in aqueous medium. **Process Biochemistry**, v.45, p.1677–1682, 2010.
- DALLA-VECCHIA, R.; NASCIMENTO, G.M; SOLDI, V. Aplicações sintéticas de lipases imobilizadas em polímeros. **Química Nova**, v.27, n.4, p.623-630. 2004.
- GUISAN, J.M. **Methods in Biotechnology: Immobilization of Enzymes and Cells**. 2.ed. Madri: Humana Press, 2006.
- GÜLAY, S. Immobilization of thermophilic recombinant esterase enzyme by entrapment in coated calcium alginate beads. A Thesis Submitted to the Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the degree of master of science in chemistry, 2009.
- HU, Y.; TANG, S.; JIANG, L.; ZOU, B.; YANG, J.; HUANG, H. Immobilization of *Burkholderia cepacia* lipase on functionalized ionic liquids modified mesoporous silica SBA-15. **Process Biochemistry**, v.47, p.2291–2299, 2012.

ISO, M.; CHENB, B.; EGUCHI, M.; KUDO, T.; SUREKHA, S. Production of biodiesel fuel from triglycerides and alcohol using immobilized lipase. **Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic**, v.16, n.1, p.53-58, 2001.

JIANLONG W., YI Q. Microbial degradation of 4-chlorophenol by microorganisms entrapped in carrageenan-chitosan gels. **Chemosphere**, v.38, p.3109–3117, 1999. 10.1016/S0045-6535(98)00516-5

JESIONOWSKI, T.; ZDARTA, J.; KRAJEWSKA, B. Enzyme immobilization by adsorption: a review. **Adsorption**, v.20, n.5, p.801-821, 2014.

KAIEDA, M.; SAMUKAWA, T.; KONDO, A.; FUKUDA, H. Effect of methanol and water contents on production of biodiesel fuel from plant oil catalysed by various lipases in a solvent-free system. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v.91, n.1, p.12-15, 2001.

LI, Q.; DUNN, E.T.; GRANDMAISON, E.W.; GOOSEN, M.F.A. Applications and properties of chitosan. **Journal of Bioactive and Compatible Polymers**, v.7, n.4, p.370-397, 1992.

LOPEZ, A. F.; ZUCATELLI, F. H.; PEDRO.; BRITO, J.; M.; Rodrigues, T. Relatório de Transformações químicas – caracterização do biodiesel. 2009. 17 f. Trabalho apresentado como avaliação parcial da disciplina de Transformações químicas – Universidade Federal do ABC – Santo André / SP, 2009.

MENDES, A.A. **Seleção de suportes e protocolos de imobilização de lipases para a síntese enzimática de biodiesel**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

NARWAL S.K.; GUPTA R. Biodiesel production by transesterification using immobilized lipase. **Biotechnology Letters**, v.35, n.4, p.479-90, 2013. DOI: 10.1007/s10529-012-1116-z.

OLIVEIRA, P.C.; ALVES, G.M.; CASTRO, H.F.; MEI, L.N.I. Síntese do butirato de n-butila empregando lipase microbiana imobilizada em copolímero de estireno-divinilbenzeno. **Química Nova**, v.23, n.5, 2000.

PAULA, A. V.; MOREIRA, A. B. R.; BRAGA, L. P.; BRUNO, L. M.; CASTRO, H. F. Comparação do desempenho da lipase de *Candida rugosa* imobilizada em suporte híbrido de polissiloxano-polivinilálcool empregando diferentes metodologias. **Química Nova**, v.31, n.1, p.35-40, 2008.

ROSSI, E. **Isolamento de microrganismos produtores de lipase: imobilização e potencial aplicação na produção de biodiesel**. Trabalho de Conclusão de Curso (Biotecnologia Industrial) Universidade Oeste de Santa Catarina, Videira, 2014.

VILLENEUVE, P.; MUDERHWA, J.M.; GRAILLE J.; HAAS M.J. Customizing lipases for biocatalysis: a survey of chemical, physical and molecular biological approaches. **Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic**, v.9, n.4-6, p.113-148, 2000.

VALIDAÇÃO DO FATOR DA ANTENA BICONILOG

Data de aceite: 28/05/2020
Data de submissão: 03/02/2020

Marcelo Sanches Dias

Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado
de São Paulo
São Paulo – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/7857084576624845>

Wagner de Souza Mello

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
São José dos Campos – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/1485448770508243>

RESUMO: O objetivo deste trabalho é a realização de uma validação do fator da antena utilizada nos ensaios de interferência eletromagnética radiada através de uma metodologia que possibilita medir o fator da antena utilizando outras duas antenas igual calibrada. Os resultados obtidos indicam, através desse método, que apresentou conformidade com o critério de aceitação estabelecido nessa validação.

PALAVRAS-CHAVE: Validação, Fator, Antena, Emissão Radiada.

**BICONILOG ANTENNA FACTOR
VALIDATION**

ABSTRACT: The objective of this study is

an accomplishment of a validation of the antenna factor used in the tests of radiated electromagnetic interference through a methodology that allows the measurement of the antenna factor, with other antennas calibrated. The results obtained indicate, through the method, that they present the criterion of acceptance established in this validation.

KEYWORDS: Validation, Factor, Antenna, radiated emission.

1 | INTRODUÇÃO

Como o Brasil não possui laboratório que seja capacitado a calibrar antena Biconilog de banda larga, o Laboratório de Equipamentos Elétricos e Ópticos do Instituto de Pesquisa Tecnologia, IPT, e o Laboratório de Integração e Testes do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, INPE, iniciaram em Fevereiro de 2017 a validação do fator da antena Biconilog utilizada nos ensaios de emissões radiadas conforme montagem estabelecida pelas normas de acreditação de produtos e dispositivos.

Foi desenvolvido segundo as instruções da norma IEEE C63.5 [1] uma metodologia de medição do fator da antena, utilizando outras duas antenas Biconilog, chamando o

método das três antenas.

Com os valores medidos a partir deste método é possível criar uma validação que consiste em obter o fator utilizando outras duas antenas calibradas, considerando que são padrões de referências, e comparar o resultado obtido com o resultado fornecido pelo método realizado na calibração pelo fabricante da antena.

Esta avaliação é realizada para determinar se a antena possui os valores de fatores coerentes com os calibrados previamente pela fábrica tornando assim o resultado dos ensaios de emissão radiada com uma melhor garantia da qualidade, conforme os requisitos da norma NBR/ISO/IEC 17025:2005 [2]. – Garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração (item 5.9).

2 | METODOLOGIA

As medidas foram realizadas em uma câmara semi-aneecóica utilizando duas antenas por vez, apontadas entre si, com uma distância entre as antenas de 3 metros, Sendo uma antena transmissora com 1 metro de altura e a segunda antena receptora variando a altura de 1 à 4 metros para obter a maior intensidade de sinal.

Para o levantamento dos valores foi utilizado um analisador de espectro com gerador em varredura contínua, controlados por um software medindo e gerando na mesma frequência, como resultado de cada combinação de antenas o valor medido será a atenuação do espaço entre as antenas.

2.1 Antenas

Foram utilizadas antenas de banda larga do tipo Biconilog, com faixa de frequência iniciando em 30,0 MHz e finalizando em 1,0 GHz, sendo as três do mesmo modelo 3142E e fabricante ETS Lindgren. Estas antenas são as utilizadas nos ensaios de emissão radiada que certificam equipamentos eletromédicos, conforme norma CISPR 11 [3] e dispositivos de telecomunicações conforme resolução Anatel 442 [4], conforme a figura 1 demonstrando a antena utilizada.



Figura 1. Antena Biconilog.

2.2 Necessidade do Fator Antena

O fator da antena Biconilog é essencial para medir o nível de campo eletromagnético gerado pelo equipamento sob ensaio. Geralmente esse fator é inserido em um software de forma a fazer a correção do valor lido durante a varredura no espectro de frequências, que controla todo o sistema, por meio de uma tabela. Assim como as perdas inseridas no sistema de medidas pela atenuação dos cabos de radio frequência utilizado para conectar a antena ao receptor. Portanto o nível recebido pelo receptor será corrigido com a respectivas atenuações e fatores para cada uma das frequências medidas. E esse setup de emissão radiada durante o ensaio é possível verificar o detalhe na figura 2, onde é possível verificar o mastro da antena que mede de 1m a 4m de altura e a mesa que gira em 360°, possibilitando a medição em todos os lados do equipamento sob ensaio.



Figura 2. Setup de medição conforme a norma CISPR 11.

2.3 Método de medição do fator da Antena

Para executar a medição do fator foi necessário enumerar as antenas, onde as antenas do INPE recebem a numeração 2 e 3 e a antena do IPT que deseja obter o fator recebe a numeração 1.

Então faz a seguinte metodologia da tabela 1 para obter o fator da antena 1, sempre com duas antenas, com a primeira transmitindo a um metro de altura e a segunda recebendo variando de 1 a 4 metros de altura como demonstra no setup da figura 3.

Podendo assim obter o maior valor medido, registrando a atenuação de cada combinação de antenas, como demonstrado na tabela 1 os valores para cada uma das frequências serão salvos com cada uma das letras. E no final é possível obter o fator da antena 1.

A	B	C	F	G	H	D	E	AF_1
Attn. Data Antenna Pair 1 - 2	Attn. Data Antenna Pair 1 - 3	Attn. Data Antenna Pair 2 - 3	A + B - C	A + C - B	B + C - A	$10 \log[f]$ - 24.46	16.9 - 20 log [3]	$D + \frac{E + F}{2}$

Tabela 1. Sequencia para obter o fator da antena 1.



Figura 3. Setup de medição do fator.

2.4 Validação das medidas

Depois de obtido os valores do novo fator para a antena 1 através desse método é importante comparar com o valor medido com o valor fornecido pela calibração do fabricante e assim validar a metodologia.

A maneira escolhida para validação foi obter o erro normalizado conforme norma ISO 13528, sendo a medida de referencia o certificado de calibração do fabricante e a medida da laboratório conforme equação (1).

O valor de erro normalizado da validação foi obtido:

Obtido:

$$E_N = \frac{M_{Lab} - M_{Ref}}{\sqrt{U_{Lab}^2 + U_{Ref}^2}} \quad (1)$$

Onde:

M_{Lab} é a medida do fator antenna 1;

M_{Ref} é a medida do fator do fabricante;

U_{Lab} é a incerteza da medida do lab para obter fator antenna 1;

U_{Ref} é a incerteza do fator do fabricante.

Portanto para validar o método o erro normalizado deveria ser menor que 1, conforme a norma ISO 13528.

3 | RESULTADOS E COMENTÁRIOS

A figura 4 apresenta as medidas dos fatores obtidos no laboratório (ELab) e os valores de fator declarado pelo fabricante (ERef), levando em consideração as incertezas do laboratório ($U_{Lab}=1,84$) e a informado no certificado de calibração ($U_{Ref}=1,51$) e o módulo de erro normalizado (EN). Os valores obtidos indicam um resultado de erro normalizado em conformidade com o critério desta validação.



Figura 4. Fatores e Erro normalizado.

Quantificado os resultados esta demonstrando na tabela 2 alguns dos dados obtidos na metodologia de obter os fatores da antenna do IPT.

	Certificado	Medido	
Incertezas (dB)	1,51	1,84	
FREQ. (MHz)	AF (dB)	AF1 (dB)	Erro normalizado
30	17,40	18,54	0,48
100	09,10	07,75	0,57
200	10,50	10,23	0,11
300	13,40	13,96	0,24
400	17,20	17,19	0,00
500	18,10	18,44	0,14
600	20,20	21,62	0,60
700	22,70	23,37	0,28
800	23,10	23,52	0,18
900	24,30	23,47	0,35
1000	24,40	24,53	0,06

Tabela 2. Resultado erro normalizado.

4 | CONCLUSÕES

Através do valor medido do fator da antena Biconilog conforme metodologia apresentada forneceu informações suficientes, a partir dos cálculos de erros normalizados, que com este método é possível validar o fator fornecido pelo fabricante, evidenciando que os valores medidos dos ensaios que utilizam essa antena estão corretos.

REFERÊNCIAS

- [1] ANSI C63.5-2017 - American National Standard for Electromagnetic Compatibility Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control Calibration and Qualification of Antennas (9 kHz to 40 GHz);
- [2] ABNT ISO 17025:2005;
- [3] CISPR11:2015
- [4] RESOLUÇÃO ANATEL 442:2006
- [5] ISO 13528:2005.

UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE DE RADÔNIO COMO TÉCNICA PARA A LOCAÇÃO DE POÇOS TUBULARES DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM AQUÍFEROS FRATURADOS

Data de aceite: 28/05/2020

Paulo Henrique Prado Stefano

Programa de pós Graduação
em geociências - UFRGS

Arí Roisenberg

Programa de pós Graduação
em geociências - UFRGS

José Domingos Faraco Gallas

Instituto de geociências - USP

Zildete Rocha

Comissão Nacional de
Energia Nuclear - CNEN

RESUMO: A prospecção de água subterrânea em aquíferos fraturados depende do adequado reconhecimento de lineamentos tectônicos, o que pode ser dificultado em áreas urbanas. Com base nesta condição, foi realizado um estudo com radônio contido nos gases dos solos em quatro localidades na região do Granito Santana e Granito Viamão, no Município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Complementarmente, foram realizados levantamentos geofísicos de eletrorresistividade com arranjo dipolo-dipolo com o objetivo de comparar os resultados com os de radônio. Nas quatro áreas de

estudo observou-se uma boa correlação entre os dois métodos. Nas regiões de baixa resistividade foram registradas anomalias positivas de radônio, atingindo valores de até 7 vezes o background na região (2.500 Bq/m³ em zonas não fraturadas) para valores de 21.157 Bq/m³ nas áreas onde ocorrem os fraturamentos.

PALAVRAS – CHAVE: Radônio, Aquíferos Fraturados, Resistividade

ABSTRACT: Groundwater prospecting in fractured aquifers depends on the detection of tectonic lineaments, which may be difficult in urban areas. A survey was carried out using radon soil gases concentrations in four localities in the region of Granite Santana and Viamão Granite, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, in order to test the method for water prospecting in fractured aquifers. The radon data have been compared with electrical resistivity survey executed using dipole-dipole arrangement. At four studied areas, an interesting correlation was noted between the two methods. At regions of low resistivity, positive radon anomalies were found in fracture zones, reaching values up to 7 times the background of the region, starting from a concentration value of 2500 Bq/m³ in a non-fractured zones to 22187 Bq/m³ in the fractured zones.

INTRODUÇÃO

O uso crescente e descontrolado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos nas últimas décadas tem trazido um grande interesse das autoridades públicas que controlam este bem comum. A busca pela preservação da potabilidade das águas e a busca de novas técnicas de extração representam a principal motivação para os técnicos que desenvolvem esta área.

Em aquíferos fraturados, constituídos predominantemente por rochas ígneas e metamórficas, a circulação de água se dá ao longo de fraturas abertas ou lineamentos tectônicos. A capacidade de produção nestes aquíferos é limitada e depende exclusivamente do grau de abertura e da intercomunicação das fraturas. Neste caso, a adequada locação dos furos de sondagem é fundamental para o sucesso dos trabalhos, pois deve interceptar as fraturas através das quais se dá a circulação de água no meio rígido.

A situação é ainda mais crítica em centros urbanos, onde a cobertura por asfalto e cimento pode apagar as linhas tectônicas observadas em imagens aéreas, dificultando sobremaneira a locação e perfuração dos poços de água subterrânea. Nestes casos, outros métodos alternativos devem ser buscados e dentre estes, os métodos geofísicos como eletrorresistividade e métodos eletromagnéticos tem mostrado relativa eficiência. Em áreas com urbanização intensa, entretanto, os métodos geofísicos sofrem diversos tipos de interferência, o que, em alguns casos, impossibilita seu uso na prospecção de água subterrânea. Esta situação constitui um desafio e é a principal motivação do presente estudo, visando a perspectiva de atingir um nível maior de sucesso em aquíferos fraturados.

O radônio (^{222}Rn) é um gás nobre oriundo do decaimento radioativo da série do urânio (^{238}U) e as rochas que possuem este elemento emitem radioatividade contínua para o ambiente. Devido às propriedades geoquímicas, rochas graníticas com afinidades alcalinas e rochas feldspatóídicas são as mais propícias a registrarem elevados teores de radônio, pois são as que possuem maior concentração de urânio, contido em minerais acessórios, como zircão, apatita, monazita, titanita, entre outros (Duarte, 2002; Appleton, 2005). A liberação de radônio se faz pela interação desses minerais com a água, promovendo a ascensão do gás através de um sistema de bolhas.

A presença de fraturas em profundidade aumenta a mobilidade do radônio através dos perfis de solos, promovendo o aumento de fluxo deste radioisótopo. Áreas com maior densidade de fraturamentos coincidem com o aumento das concentrações de radônio nos solos. (Loannides *et al.*, 2003; Inceoz *et al.*, 2005; Pereira, 2009), independente do tipo de rocha. Em regiões milonitizadas os teores de radônio são mais elevados, se comparados com rochas menos afetadas pela tectônica rúptil (Gundersen, 2005).

Pereira (2009) utilizou o radônio contido nos solos com o objetivo de testar o método para prospecção de águas em aquíferos fraturados e concluiu que a metodologia é bastante eficiente, tendo uma ótima correlação com os dados de vazão dos poços da região do estudo.

OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é testar a análise de radônio nos solos como método alternativo para a adequada locação de poços tubulares em regiões de aquíferos fraturados, aumentando o nível de sucesso na busca por uma maior produtividade. Para isto selecionou-se a região do Granito Santana e adjacências, no Município de Porto Alegre, RS.

GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Porto Alegre ocupa cerca de 480 Km², localizando-se sobre o chamado Batólito de Pelotas, que consiste em múltiplas injeções magmáticas (Fragoso César *et al.*, 1986). As unidades mais antigas são o Granito Viamão e o Granito Independência, que são cortados por unidades mais tardias, representadas pelo Granito Canta Galo, Granito Santana e Granito Ponta Grossa (Philipp *et al.*, 2002). Dois sistemas de lineamentos tectônicos recortam o complexo magmático e geram fraturas abertas com direções NW e NE (Figura 1). Cobrindo o embasamento cristalino, ocorrem depósitos sedimentares terceiros e quaternários, representados por sedimentos aluviais, depósitos e lagunas e barreiras e depósitos aluvionares atuais (Tomazelli, 1987).

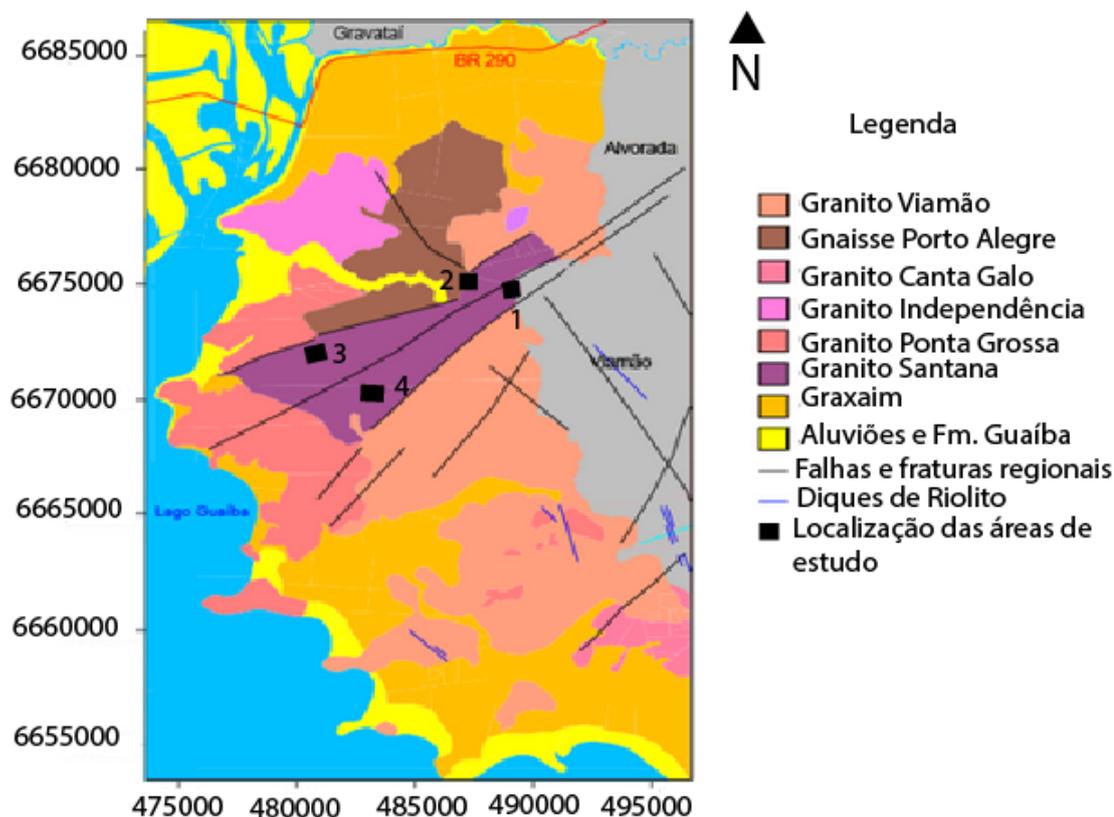


Figura 1 – Geologia da região de Porto Alegre, RS. (Modificado de Fianco *et. al.*, 2012)

O Granito Santana corresponde à unidade intrusiva mais jovem na área, possuindo

forma alongada e posicionamento controlado por uma zona de cisalhamento dúctil-rúptil com direção N45E. É classificado como um feldspato alcalino granito, com textura granular média a grossa, constituído por K-feldspato, quartzo, plagioclásio e biotita, em ordem decrescente de abundância. Os minerais acessórios presentes são zircão, apatita, titanita e alanita, responsáveis pela radioatividade do corpo. Nas extremidades da intrusão granítica ocorrem regiões com intensa deformação (Phillip, 2008).

O Granito Viamão constitui a mais extensa unidade plutônica aflorante na região de Porto Alegre, possuindo estrutura orientada pelo fluxo magmático, evidenciada pelo subparalelismo dos fenocristais de feldspato potássico. A composição é monzogranítica e a mineralogia essencial compreende além de feldspato potássico, plagioclásio, quartzo e biotita, nesta ordem de abundância. Os minerais acessórios são representados por zircão, apatita, alanita, titanita e opacos. Ocorrem ainda zonas de cisalhamento no Granito Viamão, principalmente próximas ao contato com o Granito Santana, sendo caracterizadas por pequenas faixas de protomilonitos, com espessuras variáveis entre 30cm e 5m (Phillip, 2008).

HIDROGEOLOGIA

No Município de Porto Alegre são reconhecidos dois sistemas aquíferos principais, o Sistema Aquífero Fraturado Pré-Cambriano (SAFP) e o Sistema Aquífero Poroso Cenozóico (SAPC).

O Sistema Aquífero Fraturado Pré-Cambriano é representado pelo complexo granitoide e possui recarga meteórica direta através do solo, atingindo as fraturas. Capas de alteração intempélica e saibrosas, por vezes espessas, recobrem o terreno e podem fornecer água de qualidade em poços escavados. As águas deste sistema possuem caráter bicarbonatado cálcico-sódico a sódico, passando a tipos intermediários de composição cloretada-bicarbonatada-cálcico-sódica em decorrência da mistura com águas do SAPC. A profundidade média dos poços é da ordem de 93 metros, variando entre 30 e 202 metros, enquanto o nível estático localiza-se entre 0,1 e 29,9 metros com média de 7,2 metros. A vazão dos poços profundos é em geral baixa, oscilando entre 0,1 e 35,5 m³/h, com média de 3,8 m³/h (Roisenberg, 2001).

O Sistema Aquífero Poroso Cenozóico está sotoposto ao SAFP, sendo constituído por sedimentos resultantes de eventos transgressivos e regressivos dos oceanos, o que confere à água altos teores de sais. Este sistema comporta-se como um aquífero livre, com recarga meteórica direta, contendo nas águas elevados teores de cloreto, sulfato, sódio, cálcio e magnésio. A porosidade deste aquífero varia substancialmente, em razão da diversidade dos materiais. Assim, os poços construídos sobre depósitos de leques aluviais possuem vazão média de 5 m³/h, estando o nível estático médio a 4,9 metros de profundidade, variando entre 0,8 a 6,3 metros. Por outro lado, poços construídos em estratos inconsolidados de areias e areias siltsas possuem vazões médias menores, da ordem de 3 m³/h e nível estático da ordem de 1,5 metros (Ramage *et al.*, 2005).

FORMAÇÃO E MOVIMENTO DO RADÔNIO NO SUBSOLO

O principal isótopo de radônio (^{222}Rn) é originado pelo decaimento do ^{238}U (Figura 2). Dos radionuclídeos oriundos deste decaimento, somente o Rn é gasoso e, deste modo, passa a ocupar o ar presente nas fraturas das rochas e poros dos solos.

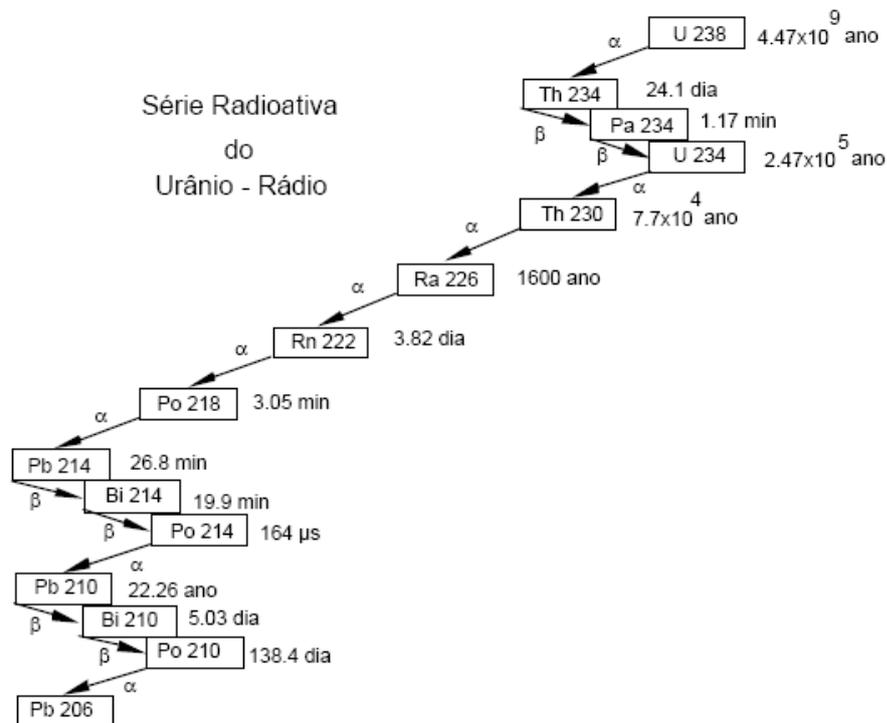


Figura 2: série de decaimento radioativo do ^{238}U (Modificado de Tanner, 1978).

O ^{226}Ra ao decair para formar o ^{222}Rn perde dois prótons e dois nêutrons. Estes prótons e nêutrons são chamados de partículas α . O próprio radônio decai pela emissão de uma partícula α produzindo o polônio.

Como é um gás nobre, o Rn é muito mais móvel do que os outros elementos formados na série radioativa e pode permear pelas fraturas das rochas e através dos poros do solo.

Quando os átomos de Ra decaem pela emissão de partículas os novos átomos de Rn são emitidos em direção oposta àquela da emissão das partículas alfa (alfa recoil, Tanner, 1980 apud Gundersen, 1992). Disto resulta que os novos átomos de Rn saiam do grão mineral em que os átomos de Ra estavam.

A localização do Ra na superfície ou na zona interna do grão mineral, assim como a direção de lançamento do Rn neoformado irão definir se o novo átomo de Rn irá para o espaço intergranular ou não. Se estas condições – posição e direção da emissão do Rn – não forem satisfeitas, o átomo de Rn permanecerá no interior do cristal. Normalmente o Rn é emitido em direção à superfície do grão e poderá alojar-se nos poros. No entanto, como esta emissão é muito forte, o Rn sai do grão onde se formou, atravessa os poros entre os grãos e se insere em outro mineral.

Por outro lado, havendo água nos poros dos solos ou no preenchimento de fraturas, o Rn fica retido nestes locais, uma vez que a água absorve a energia cinética do átomo neoformado, (Tanner, 1980 apud Sigrid *et al.*, 1991).

É de suma importância ressaltar que o escape do Rn para a superfície pode ter influência de vários fatores como oscilações de pressão barométrica e umidade do solo, temperatura do ar e do solo (Sigrid *et al.*, 1991) e, principalmente, pela porosidade, permeabilidade e umidade do solo, (Reimer, 1995). Em terrenos de rochas cristalinas, os principais fatores que favorecem o escape do Rn para a superfície são a pequena espessura e permeabilidade elevada do solo, bem como a presença de fraturas na rocha (Otton *et al.*, 1995).

Em meio saturado, o fluxo de radônio é predominantemente lateral e é controlado pelo fluxo de água subterrânea. Se o meio não for saturado, irão prevalecer a difusão gasosa associada a processos de difusão de vapor e capilaridade (Rebelo *et al.*, 2003).

METODOLOGIA

Foram realizados perfis aproximadamente ortogonais a quatro lineamentos tectônicos, identificados através da interpretação de imagens de satélite (Figuras 1 e 3). Em cada perfil foram locados pontos distantes 20m entre si nos quais realizaram-se análises das concentrações de radônio e ensaios de eletroresistividade.



Figura 3 – Imagem Google Earth das quatro áreas de estudo. Linha vermelha – Projeção dos lineamentos tectônicos. Linha branca – Linha de perfil onde os dados foram coletados.

ANÁLISES DE RADÔNIO EM SOLOS COM EQUIPAMENTO SARAD RTM 1688-2

O equipamento SARAD RTM 1688-2 (Figura 4) promove desgaseificação da amostra

de solo em ciclo fechado, o que possibilita a análise da concentração de radônio presente nos gases dos poros. Para realizar a análise em solos, o equipamento contém uma unidade auxiliar que consiste em uma vara de perfuração de aço com ponta intercambiável e uma sonda capilar, que atinge a profundidade de 1 metro no solo. A sonda capilar conectada ao equipamento realiza o bombeamento do gás até a câmara de ionização, onde a concentração total de radônio presente no solo é determinada. A coleta de dados foi realizada com condições similares de temperatura e umidade do solo em todos os pontos. Deve-se ressaltar que foram selecionados solos com mesmas características de permeabilidade e porosidade.



Figura 4 - Sarad 1688-2 para coleta de dados em solos.

ENSAIOS DE ELETRORRESISTIVIDADE

Os ensaios de eletorresistividade foram executados com arranjo dipolo–dipolo e abertura dos eletrodos de 20m ($AB=MN=20m$) em cinco profundidades teóricas de investigação. Os resultados obtidos com o caminhamento elétrico são representados sob a forma de pseudo-seções de resistividade aparente e seções modeladas de resistividade. Os processos de inversão utilizados no processamento dos dados foram realizados com o software RES2DINV (2001), que é fundamentado no algoritmo de Loke & Barker (1996a, 1996b).

A presença de zonas fraturadas nas rochas pode ser indicada como áreas com baixa resistividade, pois se apresentam como eletrólito com íons dissolvidos e material particulado, o que acarreta em diminuição da resistividade, quando comparado com a rocha sã (Gallas & Giardin, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ÁREA 1

Nesta área foram realizados perfis de eletorresistividade e de concentração de radônio no solo, totalizando 220 metros. O perfil de eletorresistividade, a partir da zona de contato

dos Granitos Santana e Viamão permite observar significativa mudança nos valores de resistividade elétrica, padrão que ocorre na pseudo-seção e também na seção modelada, sendo o parâmetro em questão maior na área do Granito Santana, à leste do lineamento (Figura 5).

Na área de contato entre as duas litologias foi registrado o maior valor de concentração de radônio nos solos do perfil (16.146 Bq/m^3), que é aproximadamente cinco vezes mais elevado que o background da região ($\sim 2.500 \text{ Bq/m}^3$). Esta zona é definida como cisalhante, sob o ponto de vista estrutural, propiciando a desagregação dos minerais, o que promove o escape do gás.

ÁREA 2

Os resultados obtidos nesta área mostram forte correlação entre as concentrações de radônio nos solos e a anomalia de eletrorresistividade entre as posições 200 e 240 metros no perfil. A anomalia de resistividade pode ser identificada tanto na pseudo-seção de resistividade aparente como também na seção modelada de resistividade (Figura 6).

O valor do background de radônio é de aproximadamente 3.000 Bq/m^3 , sendo o pico de radônio registrado na posição 220 metros do perfil (22.187 Bq/m^3), que corresponde a um valor aproximadamente sete vezes maior que o background da área.

A posição onde foram encontrados os maiores teores de radônio, bem como as menores resistividades do perfil, coincide com um lineamento tectônico de orientação N-S. Esta zona de fraturas favorece o escape do gás, o que explica as elevadas concentrações de radônio.

ÁREA 3

Os resultados obtidos na Área 3 mostram uma moderada correlação entre os resultados do caminhamento elétrico e os dados de radônio. O valor do background de radônio no perfil é de aproximadamente 2.500 Bq/m^3 , e a concentração máxima registrada é de 4.118 Bq/m^3 (Figura 7).

É importante notar que o valor máximo de radônio obtido no perfil ocorre em região com baixa resistividade (posição 220 metros nos perfis), local onde é encontrado o início um lineamento tectônico de orientação NW-SE.

Os valores de radônio, não muito superiores ao background da região, condizem com a falta de uma anomalia geoeletrica significativa. No entanto, estima-se que pode ocorrer uma zona de baixa resistividade a partir da posição 190 metros, onde os valores de radônio apresentam valores razoavelmente mais elevados do que o background da região.

ÁREA 4

Os resultados obtidos na área 4 apresentam uma excelente correlação entre os dados de resistividade e as concentrações de radônio. É possível observar uma zona de baixa resistividade entre as posições 160 e 240 metros tanto na pseudo-seção, quanto na seção

modelada. Essa zona de baixa resistividade pode ser correlacionada com a região de maior concentração de radônio no perfil, que ocorre na posição 220 metros (16.820 Bq/m³) e é aproximadamente quatro vezes maior que o background do perfil (Figura 8).

Além disso, é possível observar em foto aérea um lineamento de orientação NW-SE que coincide com as anomalias de resistividade e de radônio. Essa zona de fraturas é, provavelmente, o local no qual o radônio escapa para a atmosfera.

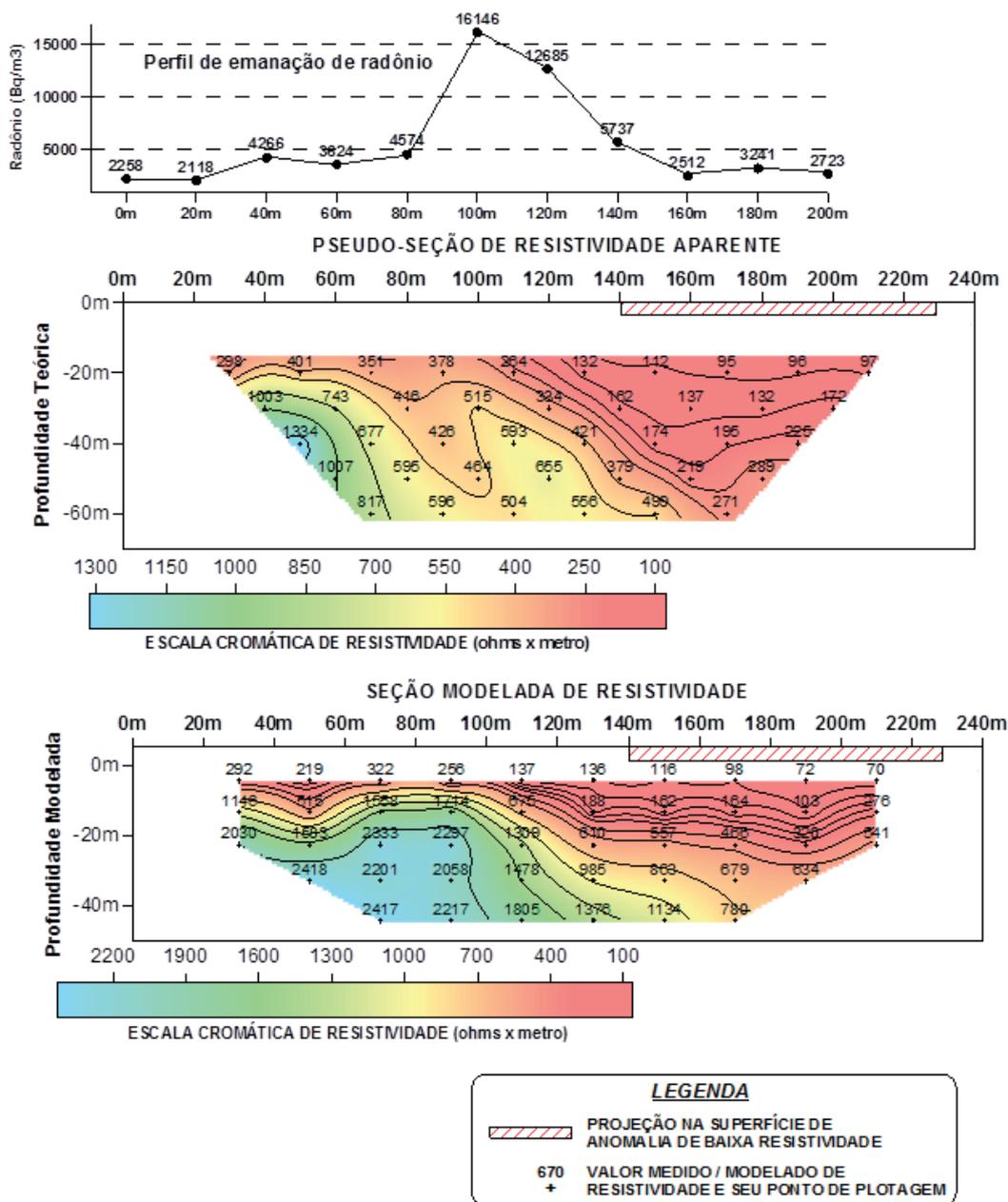


Figura 5 – Perfil de concentração de radônio nos gases dos solos, pseudo-seção e seção modelada de resistividade da Área 1.

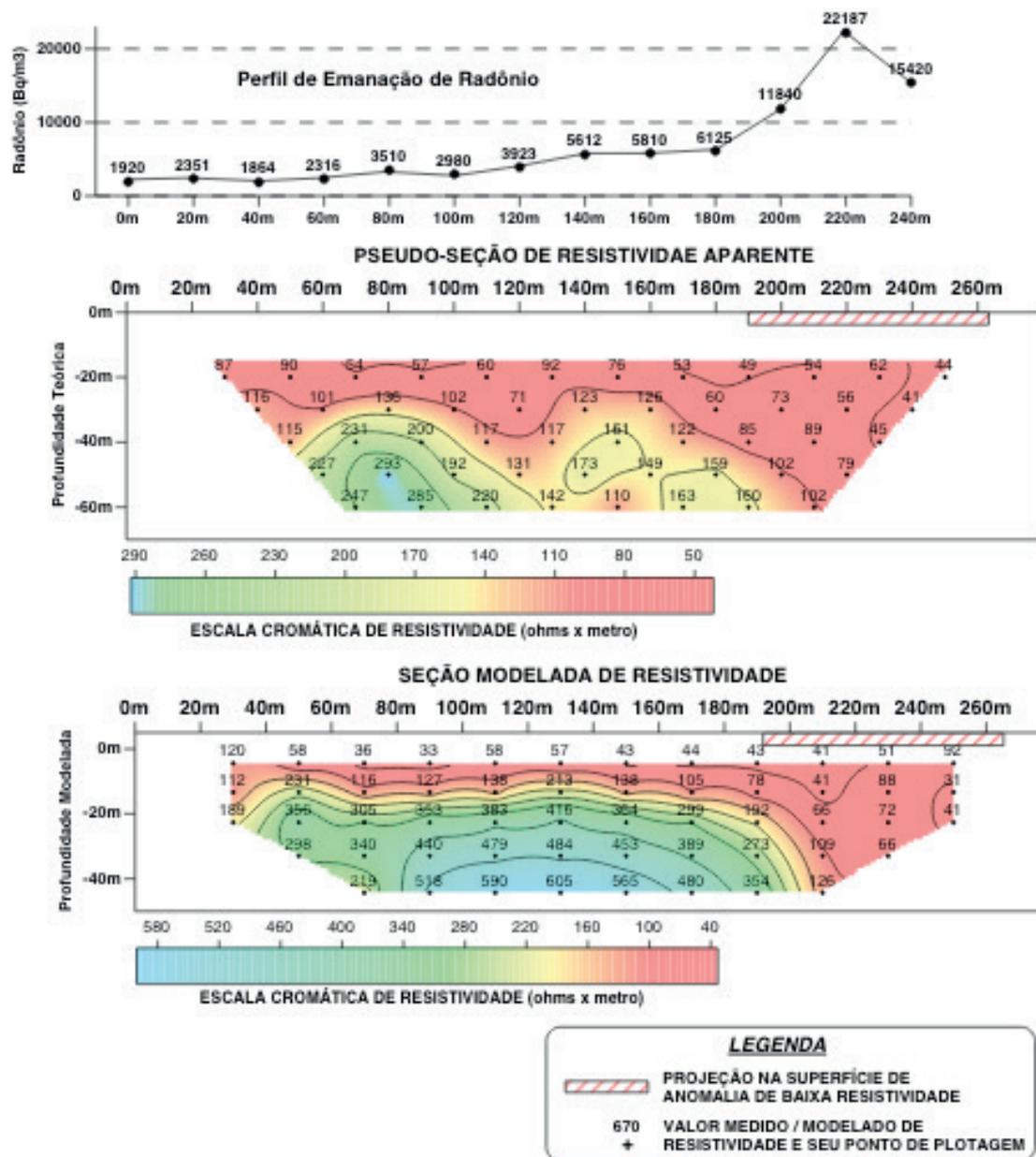


Figura 6 – Perfil de concentração de radônio nos gases dos solos, pseudo-seção e seção modelada de resistividade da Área 2

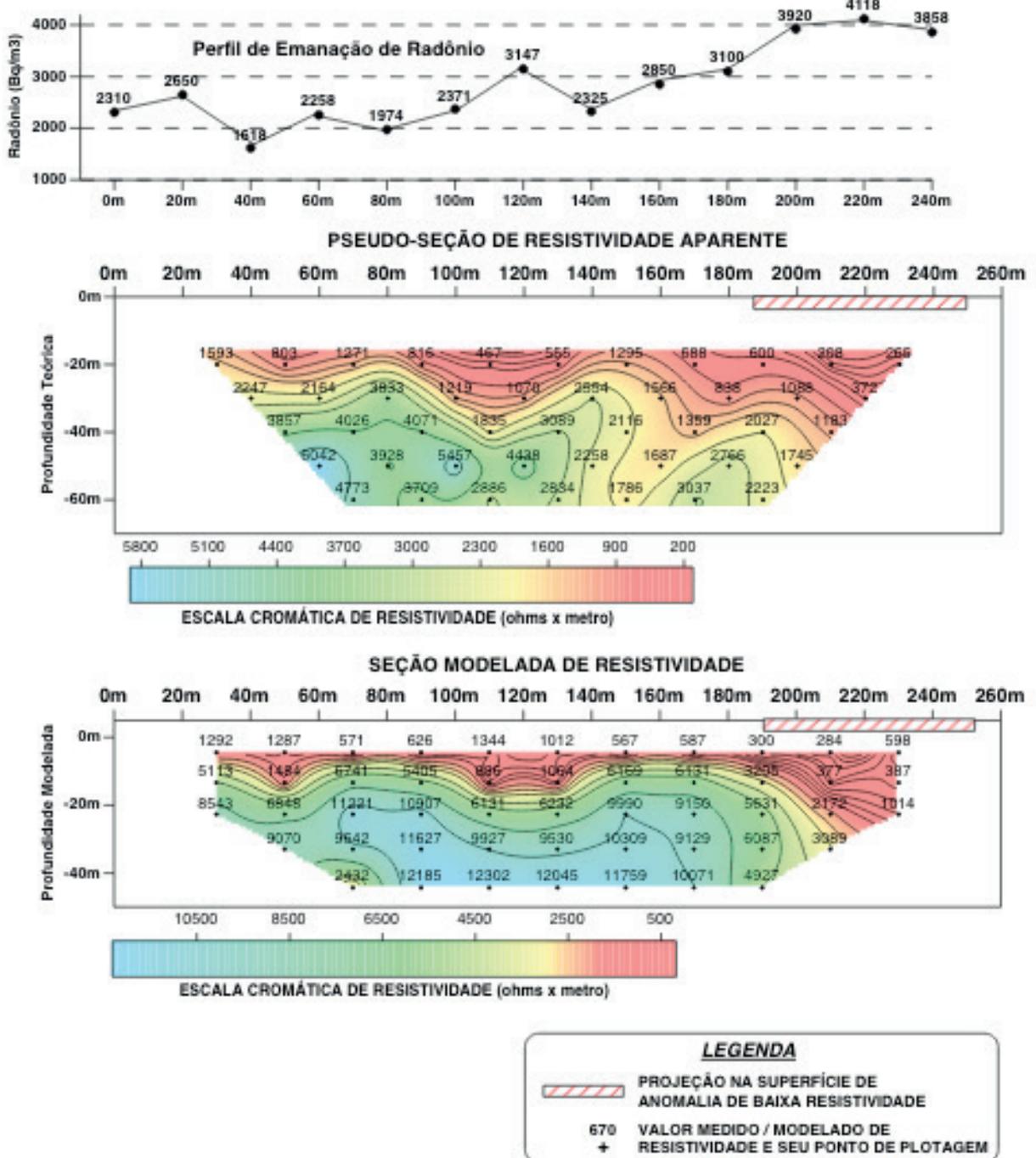


Figura 7 – Perfil de concentração de radônio nos gases dos solos, pseudo-seção e seção modelada de resistividade da Área 3.

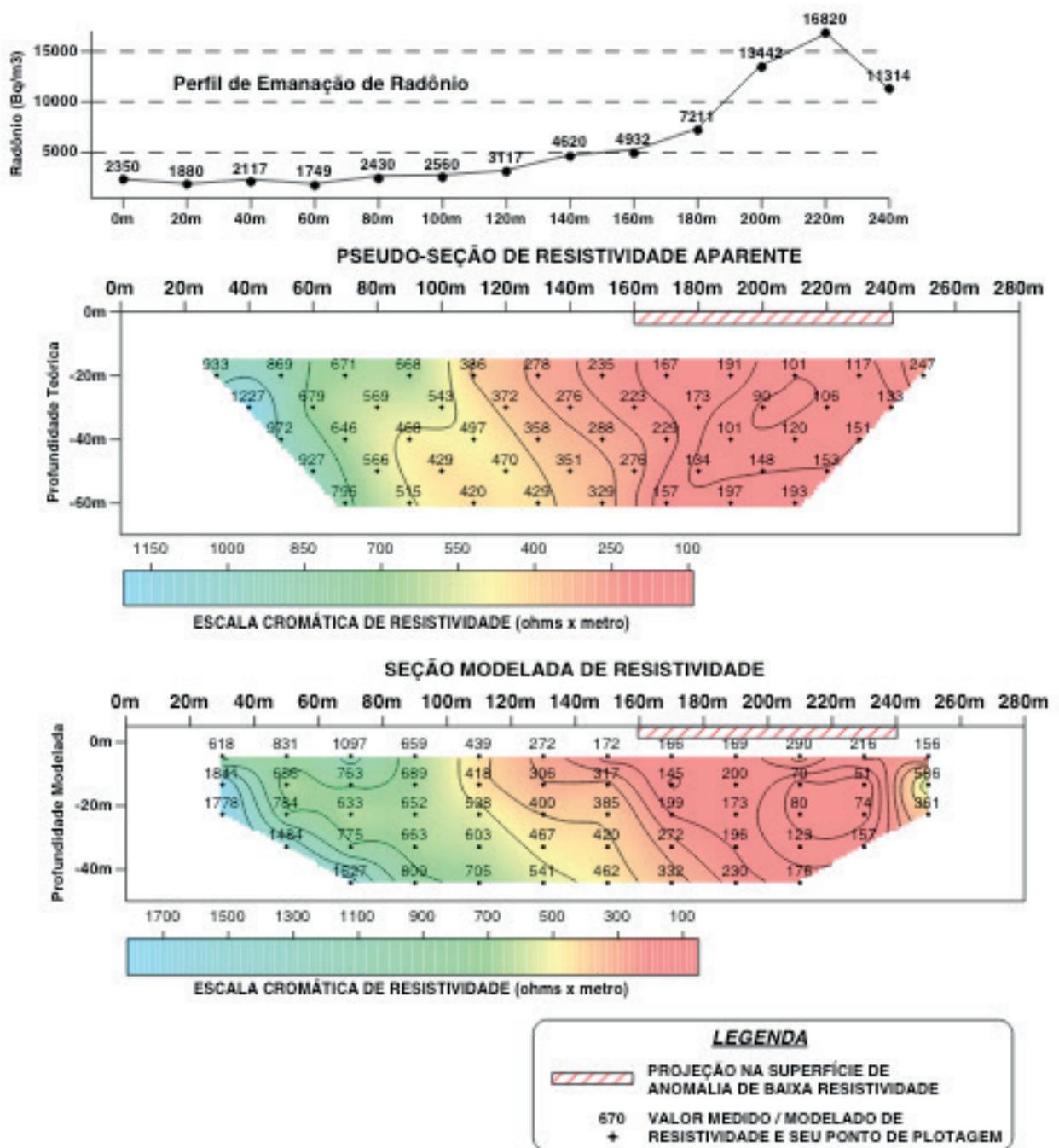


Figura 8 – Perfil de concentração de radônio nos gases dos solos, pseudo-seção e seção modelada de resistividade da Área 4.

CONCLUSÕES

A concentração de radônio nos solos mostrou-se como uma boa ferramenta de

prospecção indireta de aquíferos fraturados, principalmente quando em associação com a eletrorresistividade.

Os dois métodos são eficazes na detecção de fraturas em subsuperfície. Contrariamente aos aquíferos sedimentares, porosos e permeáveis –, os aquíferos cristalinos só poderão abrigar água em zonas fraturadas.

Estas fraturas, via de regra, irão comportar-se como zonas de resistividade mais baixa e também como locais em que o gás Rn irá permear com maior facilidade sendo que estas regiões poderão ser detectadas na superfície de forma anômala às vizinhanças. Desta forma, estes métodos irão indicar a presença das zonas fraturadas, que poderão constituir-se em aquíferos.

Particularmente no caso do radônio nos gases do solo, esta está sujeita a interferências por vezes bastante intensas da porosidade, permeabilidade e umidade do solo. Também devem ser considerados como “ruídos” as oscilações de pressão atmosférica, umidade e temperatura tanto do ar como do solo.

Assim, em terrenos cristalinos, os principais fatores que favorecem o escape do Rn para a superfície são as poucas espessuras e as permeabilidades elevadas do solo de alteração bem como a presença de fraturas na rocha subsuperficial.

Sintetizando, tanto locais anômalos em concentrações de Rn em solos como as zonas de baixas resistividades em áreas cristalinas são indicativas de zonas fraturadas que são as mais favoráveis à existência de aquíferos em subsuperfície.

REFERÊNCIAS

Appleton, J.D. 2005. Radon in air and water. In: Selinus, O. & Smedley, P. (Eds). Essentials of medical geology: impacts of the natural environment on public health. Londres, British Geological Survey. NERC, p. 227 – 262.

Duarte, C.R. 2002. Radioelementos naturais na área do projeto Rio Preto (GO). Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade de São Paulo, Rio Claro, 169p.

Gallas, J. D. F., & Giardin, A. 2016. Eletrorresistividade na prospecção de aquíferos fraturados. Águas Subterrâneas, 30(1), 119-138.

Gundersen, L.C.S. 1995. Radon in sheared metamorphic and igneous rock. In field studies of radon in rocks, soil and water. U.S Geological Survey Bulletin, 10p, 39-49

İnceöz, M., Baykara, O., Aksoy, E., & Dođru, M. 2006. Measurements of soil gas radon in active fault systems: a case study along the North and East Anatolian fault systems in Turkey. Radiation Measurements, 41p, 349-353.

Ioannides, K., Papachristodoulou, C., Stamoulis, K., Karamanis, D., Pavlides, S., Chatzipetros, A., & Karakala, E. 2003. Soil gas radon: a tool for exploring active fault zones. Applied Radiation and Isotopes, 59(2), 205-213.

Loke, M.H. & Barker, 1996. R.D. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. Geophysical Prospecting, 44p, 131-152.

Pereira, C.M.A., 2009. Mapeamento de aquíferos fraturados empregando métodos geoeletricos e emanação natural de radônio. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 72p.

Philipp, R.P., Machado, R., Nardi, L.V.S. & Lafon, J.M. 2002. O magmatismo granítico neoproterozóico do Batólito Pelotas no sul do Brasil: Novos dados e Revisão da geocronologia regional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32p, 277 – 290.

Philipp, R. P. 2008. Geologia de Porto Alegre. Diagnóstico ambiental de Porto Alegre: geologia, solos, drenagem, vegetação/ocupação e paisagem. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

Ramage, L., Roisenberg, A., Viero, A.P. 2005. Caracterização hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Granular Cenozóico de Porto Alegre RS. *Revista Latino-Americana de Hidrogeologia*, v. 5, p. 1-9.

Rebello, A. M. A., Bittencourt, A. V. L., Mantovani, L. E. 2003 – Modelos de exalação de radônio em paisagens tropicais úmidas sobre granitos. In: *Boletim Paranaense de Geologia*, n. 52, p. 61-76. Editora UFPR.

Reimer, G. M. 1995 - Simple Techniques For Soil-Gas and Water Sampling For Radon Analysis. In *Field Studies of Radon in Rocks, Soil, and Water*. U.S. Geological Survey Bulletin, 19-22 p.

Roisenberg, C., 2001. Hidroquímica do Sistema Aquifero Fraturado Pré Cambriano e qualidade das águas subterrâneas do Município de Porto Alegre, RS. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. UFRGS. 174 p.

Sigrid, A. B.; Owen, D. E.; Schumann, R. R. 1991 - A Preliminary Evaluation of Environmental Factors Influencing Day-to-Day and Seasonal Soil-Gas Radon Concentrations. In *Field Studies of Radon in Rocks, Soil, and Water*. U.S. Geological Survey Bulletin, 23-31 p.

Tanner, A. B., 1978. Radon migration in the ground: A supplementary review, *Natural Radiation Environment III, Symposium Proceeding*, vol. 1, pp.5-56, Houston, Texas.

Tomazelli, L.J., Villwock, J.A., Losse, E.L. 1987. Aspectos de geomorfologia costeira de região de Osório-Tramandaí, Rio Grande do Sul. In: *1º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Publicação Especial nº 2*. Porto Alegre. 21p.

METROLOGIA DIMENSIONAL DA FUSÃO E DA SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS

Data de aceite: 28/05/2020

Data de submissão: 04/02/2020

Douglas Mamoru Yamanaka

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado
de São Paulo

São Paulo – SP

Manuel António Pires Castanho

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado
de São Paulo

São Paulo – SP

RESUMO: Muitos trabalhos de processamento digital de imagens têm surgido nas últimas décadas, em vários campos. Na indústria e em laboratórios, podemos destacar a aplicação na área metrológica, onde muitos equipamentos têm a imagem de um espécime como elemento essencial para efetuar qualquer tipo de análise ou medição. Desta forma, o presente trabalho apresenta alguns resultados de medição dimensional através da fusão e da segmentação de imagens. É apresentada uma técnica para estimar quantitativamente uma característica de interesse de uma imagem, obtida por uma máquina de medição por coordenadas óptica.

PALAVRAS-CHAVE: medição dimensional; visão computacional; fusão e segmentação

de imagens; máquina de medição por coordenadas óptica.

DIMENSIONAL METROLOGY OF FUSION AND SEGMENTATION OF IMAGES

ABSTRACT: Many digital image processing works have emerged in recent decades in various fields. In industry and laboratories, we can highlight the application in the metrological area, where many equipments have the image of a specimen as an essential element to carry out any type of analysis or measurement. In this way, this work presents some results of dimensional measurement by fusion and segmentation of images. A technique for quantitatively estimating a characteristic of interest of an image obtained by an optical coordinate measuring machine is presented.

KEYWORDS: dimensional measurement; computer vision; fusion and segmentation of images; optical coordinate measuring machine.

1 | INTRODUÇÃO

A metrologia dimensional de medição por imagens evoluiu consideravelmente ao longo dos tempos. Na indústria, em termos instrumentais, destacam-se os projetores

de perfis e, em laboratórios, são comuns os microscópios de medição, cuja funcionalidade assemelha-se ao projetor de perfil. Há pouco tempo, surgiram as máquinas de medição por coordenadas óptica (MMCO), que possibilitam medições com ampliações maiores em relação a um projetor de perfil, e também permitindo volumes de medição superiores comparativamente aos possibilitados em um microscópio.

Em termos evolutivos no tocante a estratégias de medição baseadas em imagem, em fins do século passado, a indústria microeletrônica já descrevia critérios e criava condições de contorno para a metrologia na fabricação microlitográfica (STARIKOV, 1998). Recentemente, nos meios acadêmico e científico, Leta et al. (2016) desenvolveram diversos trabalhos de metrologia e visão computacional, aplicados tanto na medição e inspeção de peças, quanto na calibração de instrumentos. Wu (2010) abordou geométrica e matricialmente trabalhos metrológicos complexos com tratamento de imagens a partir de objetos em 3D. Finalmente, de acordo com Feliciano (2005), através da metrologia por imagem, algoritmos de visão computacional facilitam o trabalho humano na indústria, aumentando a garantia da qualidade dos produtos fabricados.

Este trabalho explora recursos de uma MMCO, tais como variações de amplificação e de iluminação. Com as imagens obtidas pela câmera CCD da mesma, fez-se a fusão de duas imagens, a imagem do espécime propriamente dito, e a de uma régua graduada. Os resultados obtidos possibilitam estimativas a respeito da peça medida, sendo útil para ilustrar quantitativamente uma medida e até mesmo para geração de relatórios, onde a vista da peça com informações estimadas de sua ordem de grandeza são importantes para fins metrológicos.

2 | METODOLOGIA

Foram utilizados para este trabalho uma régua graduada de vidro de 50 mm, com valor de uma divisão de 0,1 mm, um elemento roscado e uma cânula, esta mostrada na figura 1.

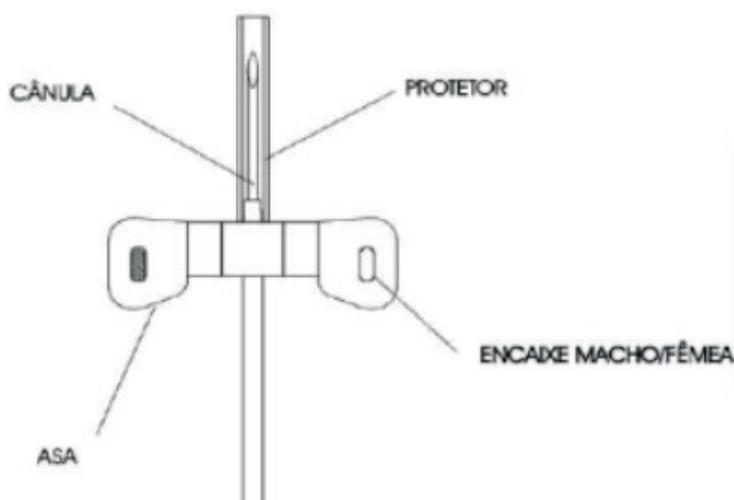


Figura 1: Cânula (extraído de NBR 9753:2003).

Para aquisição das imagens foi utilizada uma MMCO, modelo Vertex 220, cuja câmera CCD possui uniformidade espacial, sendo livre de distorções e estável no tempo. Para fusão das imagens, foi utilizado o pacote de processamento de imagens do MATLAB®, e para geração dos histogramas, foi utilizada a biblioteca de programação de código aberto OpenCV (Open Source Computer Vision), com interface em Python 3.8 (64-bit).

Os artefatos foram posicionados longitudinalmente em relação ao eixo principal da MMCO, com exceção da cânula, que foi posicionada tanto longitudinalmente quanto coaxialmente em relação ao eixo de iluminação do sistema óptico. Foi utilizada a amplificação de 138x. Com relação à iluminação, foram utilizadas sistemas de projeção diascópica para a régua de vidro e para o elemento roscado. Para a cânula foi utilizada a projeção episcópica.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Imagens iniciais

Para melhor definição da imagem dois ajustes foram feitos automaticamente pela MMCO: o auto-foco, que é um recurso onde a lente da MMCO procura pelo melhor contraste, tornando a imagem mais nítida em função da variação da distância focal, e a auto-iluminação, onde a MMCO procura pela iluminação que melhor se encaixa para o artefato em análise.

A seguir são apresentadas as imagens obtidas pela MMCO. A figura 2 apresenta a imagem da régua graduada e o seu respectivo histograma da quantidade de pixels em função da intensidade dos tons de cinza (variando de 0 a 255). Na figura 3 são apresentados (conjuntamente aos respectivos histogramas posicionados logo abaixo): (a) o elemento roscado; (b) a cânula; (c) a cânula posicionada no eixo de iluminação da MMCO.

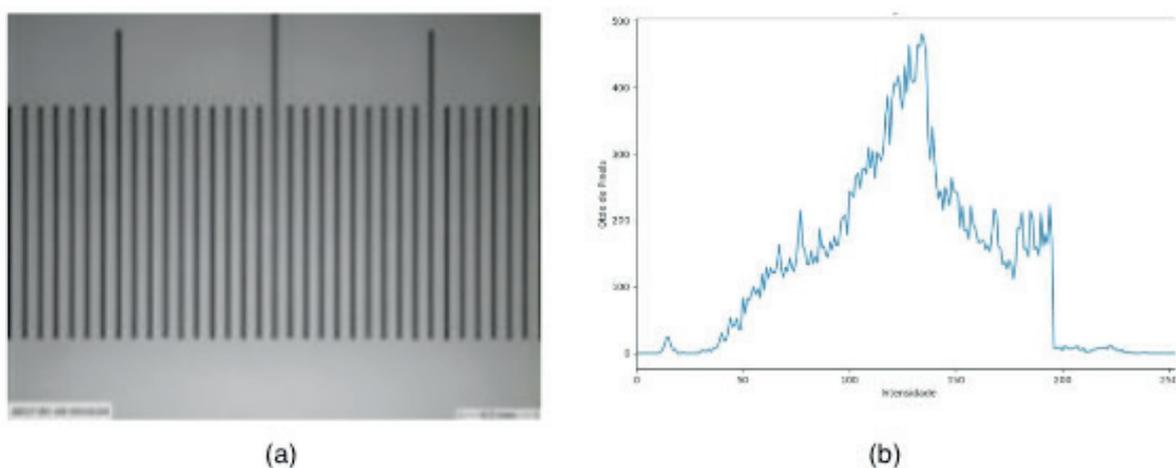


Figura 2: (a) Régua graduada; (b) histograma.

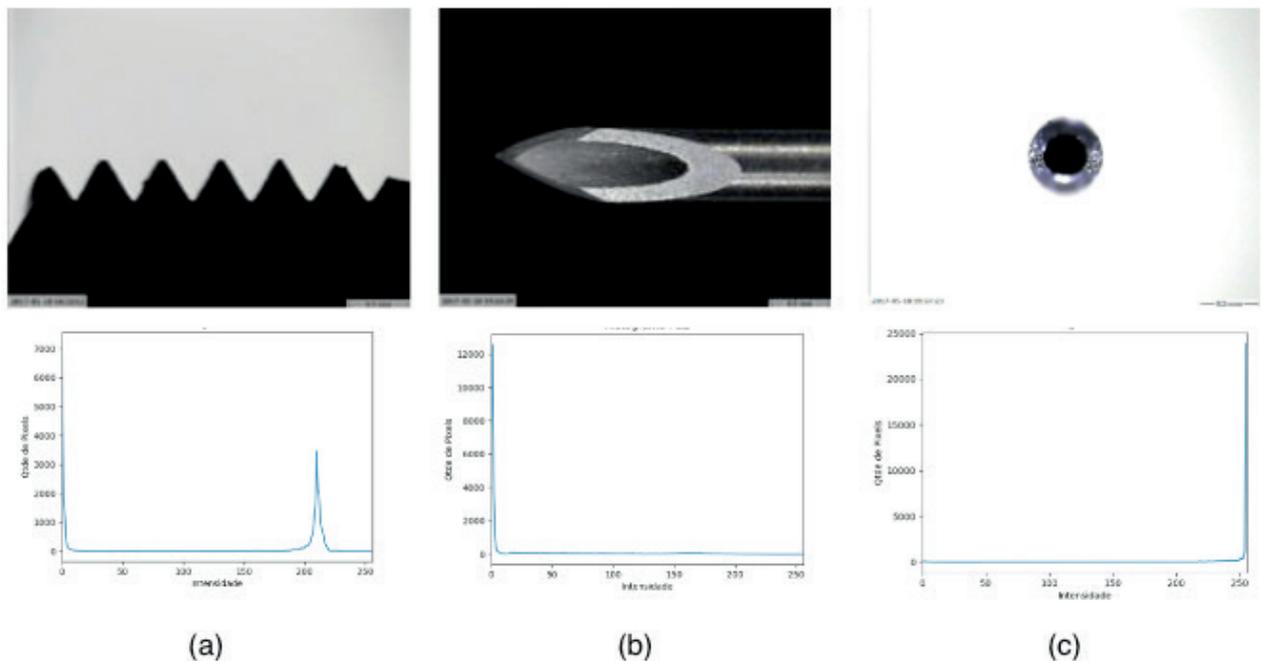


Figura 3: (a) elemento roscado; (b) cânula; (c) cânula – vista superior.

Não foram aplicadas quaisquer técnicas de filtragem, assim como não foram realizados quaisquer tipos de recorte para estas quatro figuras iniciais, as quais servirão para os trabalhos subsequentes.

3.2 Pré-processamento

Apesar dos recursos disponíveis da MMCO (auto-foco e auto-iluminação), e do uso de técnicas recomendadas por manuais de boas práticas de medição, no que se refere à captura de uma boa imagem (COVENEY, 2014), nem sempre as imagens obtidas representam a melhor condição das mesmas para análises. Desta forma, o uso de recursos de tratamento de imagens potencializa ainda mais as medições dimensionais em equipamentos que se utilizam de imagens. Tais recursos podem ser usados quando esgotadas as alternativas destes aparatos no que se refere ao pré-processamento da imagem, ou seja, abrem-se alternativas para que limitações intrínsecas aos equipamentos sejam superadas pelo uso de softwares dedicados à análise e ao processamento digital de imagens.

Por este motivo, na busca por melhores imagens, técnicas de processamento de imagens foram aplicadas (BACKES, 2016) nestas quatro figuras iniciais. As figuras seguintes apresentam os resultados das imagens depois de binarizadas com valor igual a 0,3.

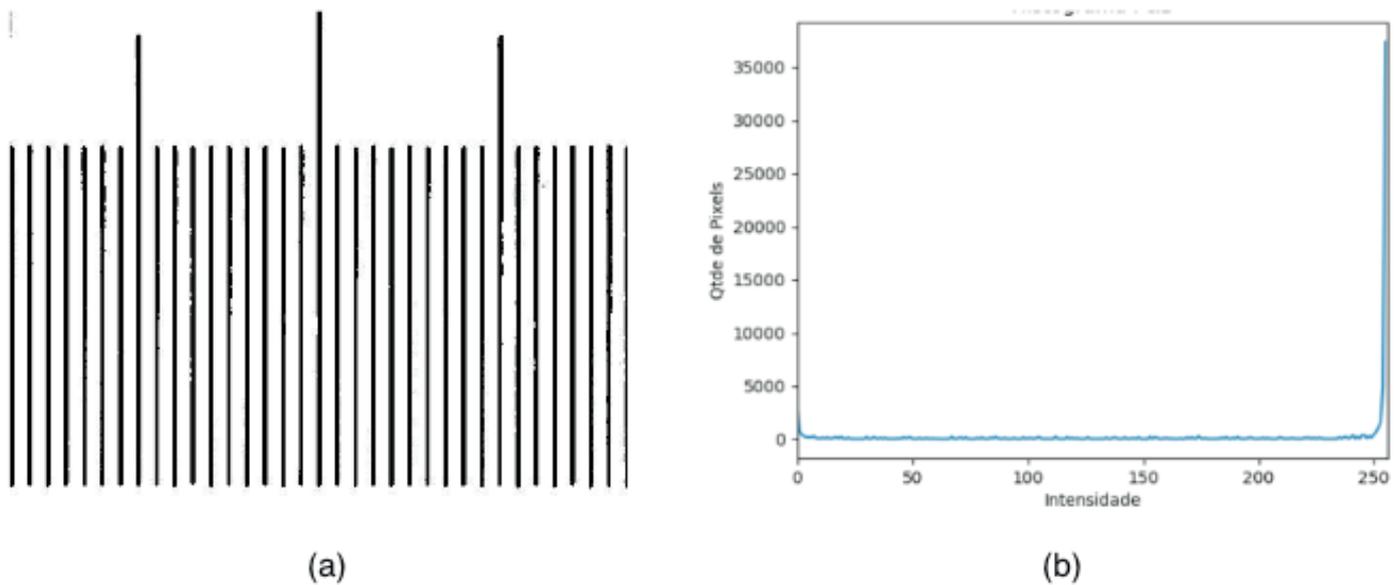


Figura 4: (a) Régua graduada pós-binarização; (b) histograma.

Testes de equalização, assim como filtragens diversas (transformada de Fourier, suavização, gaussiano, entre outros), também foram realizados, todos pós-binarização.

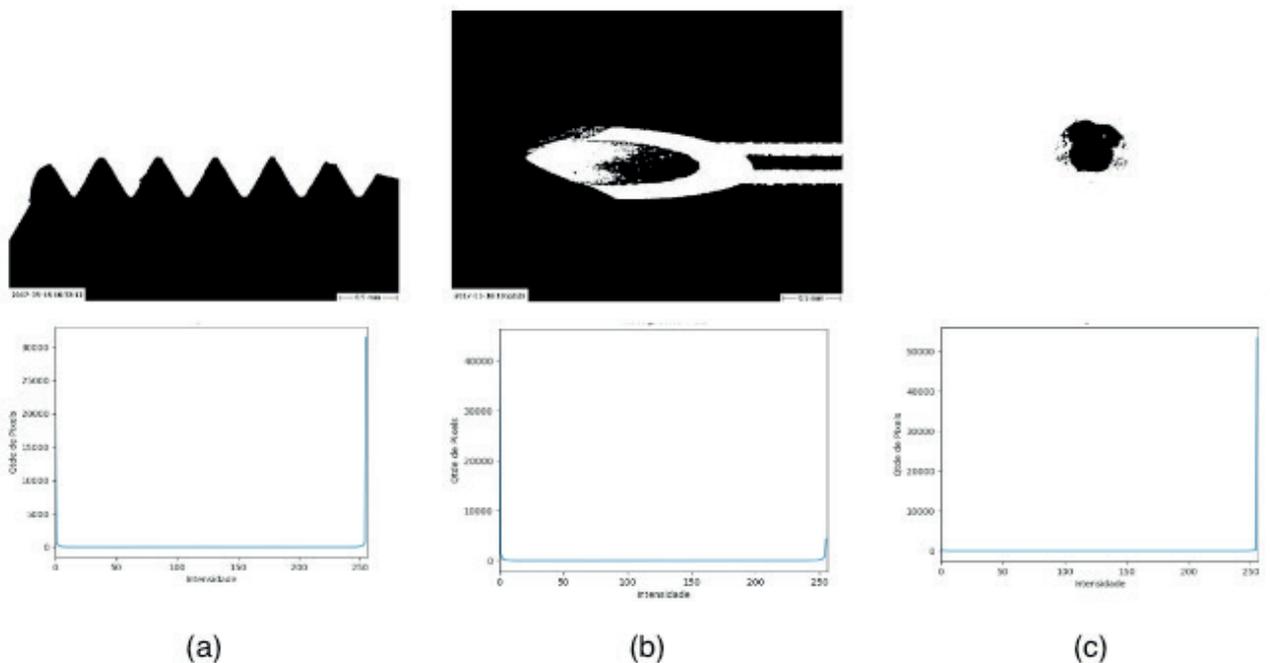


Figura 5: (a) elemento roscado binarizado; (b) cânula binarizada; (c) cânula binarizada – vista superior.

Podemos analisar a qualidade da binarização e da aplicação dos filtros pela análise dos histogramas, que foram produzidos em OpenCV (MORDVINTSEV, 2017), representados nos gráficos adjacentes. Os pixels mais escuros estão posicionados à esquerda dos gráficos (próximos de zero), enquanto que os pixels mais claros estão posicionados mais à direita dos gráficos (próximos de 255). A inexistência de pixels posicionados entre os extremos indica a

completa binarização da imagem.

Como resultados, das quatro imagens, apenas nas duas primeiras (figuras 4 e 5a) podemos observar que houve melhora significativa em relação às imagens iniciais. Nas duas últimas (figuras 5b e 5c), devemos considerar que as imagens não melhoraram em relação às primeiras. Por esta razão, na continuidade, foram consideradas somente as figuras 4, 5a, 3b e 3c, para a fusão de imagens.

3.3 Fusão de imagens

A fusão das imagens da régua graduada com o elemento roscado é apresentada na sequência.

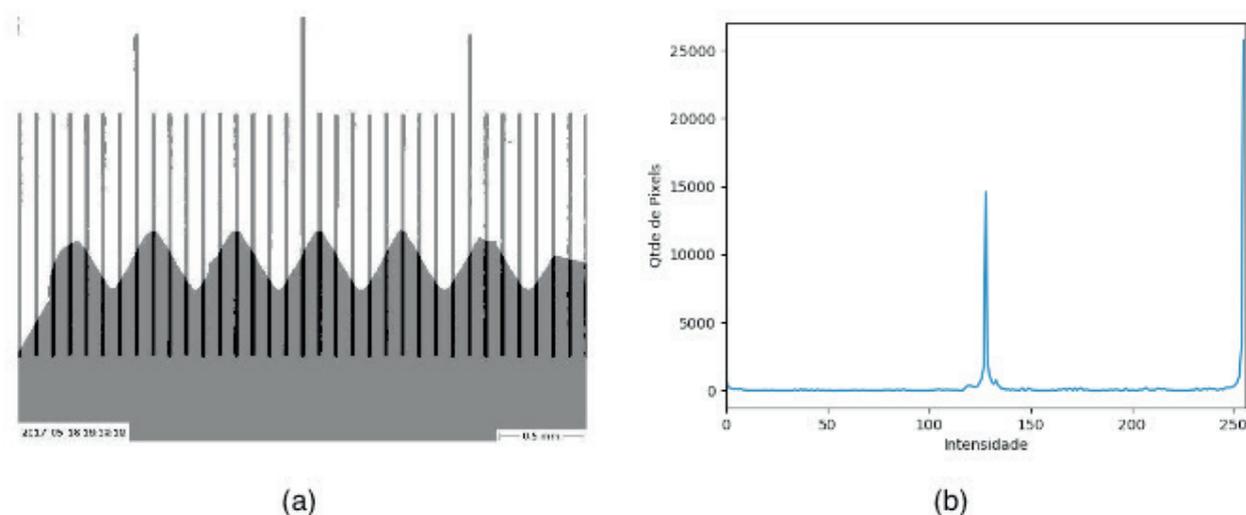


Figura 6: (a) Régua graduada + elemento roscado; (b) histograma.

Da figura acima, podemos verificar que o passo do elemento roscado é igual a 0,5 mm; o comprimento roscado, considerando-se os seis filetes é igual a 3 mm.

Na cânula da figura 7 abaixo, podemos fazer a leitura de aproximadamente 2,2 mm, do comprimento referente à parte chanfrada da agulha que penetra no tecido humano.

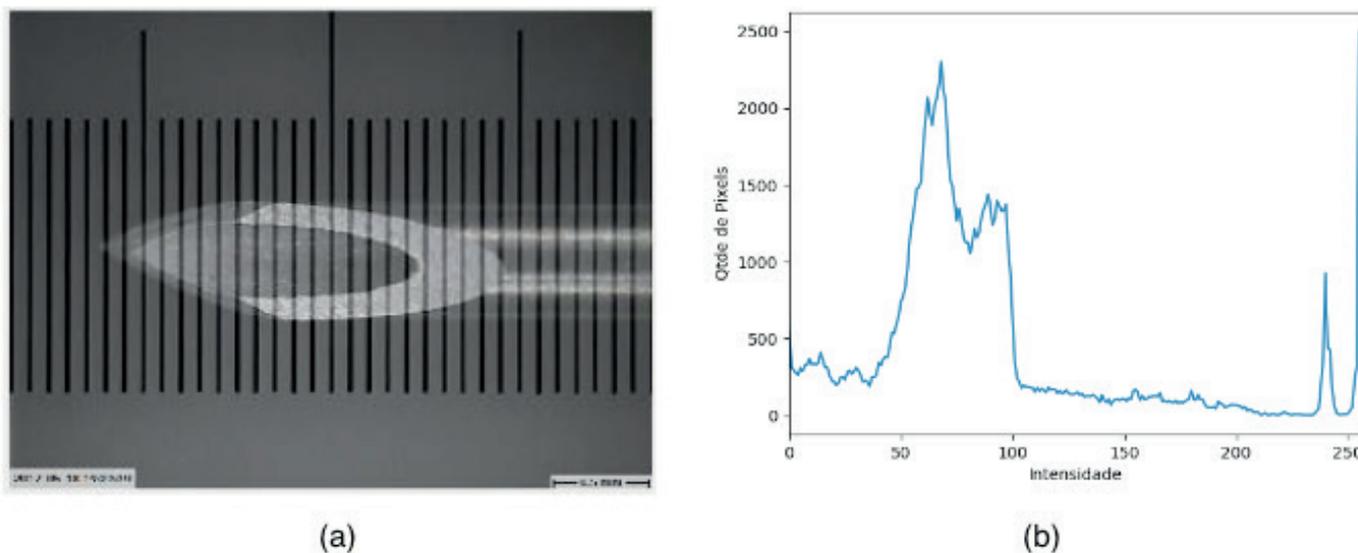


Figura 7: (a) Régua graduada + cânula; (b) histograma.

As análises mais complexas referem-se às medições do diâmetro interno e da espessura da cânula. Por ser chanfrada, a distância focal varia ao longo da circunferência, fazendo com que seja necessário o uso de uma iluminação que torne a imagem 2D do diâmetro a mais nítida possível, em toda a sua superfície. A figura 8 mostra a fusão da régua graduada com a cânula. O valor que podemos estimar para o diâmetro interno é de 0,4 mm.

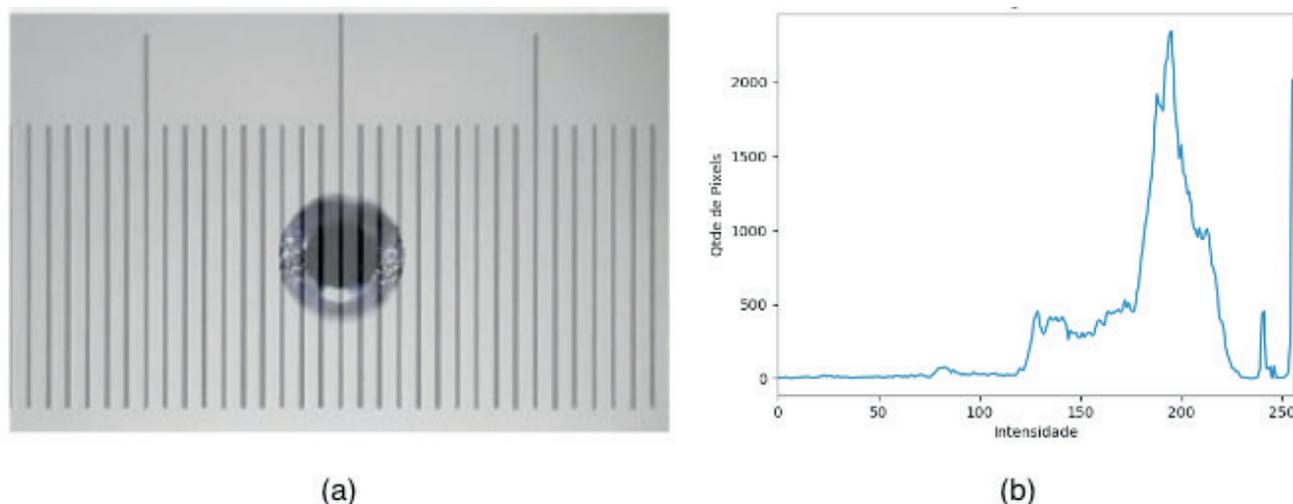


Figura 8: (a) Régua graduada + cânula (vista superior); (b) histograma.

Valores de espessura do tubo da cânula podem ser obtidos pela análise desta última figura. Para isto, primeiramente, foi realizada a detecção das bordas da cânula usando o algoritmo de Canny (foram testados também operadores de gradiente, laplaciano de gaussiana e transformada de Hough, porém com resultados não satisfatórios). Após, a figura da régua graduada foi adicionada à da figura segmentada. A figura 9 apresenta o resultado.

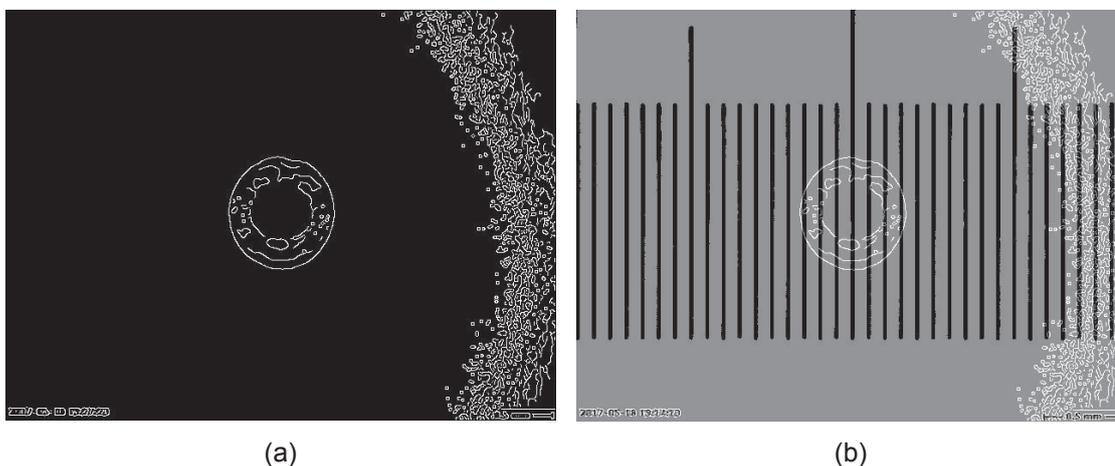


Figura 9: (a) Cânuła com bordas segmentadas; (b) Régua graduada + cânuła com bordas segmentadas.

Um refinamento foi realizado, pela ampliação da região de interesse e posterior inserção de linhas paralelas entre as linhas da régua graduada. O resultado final pode ser visto na figura 10.

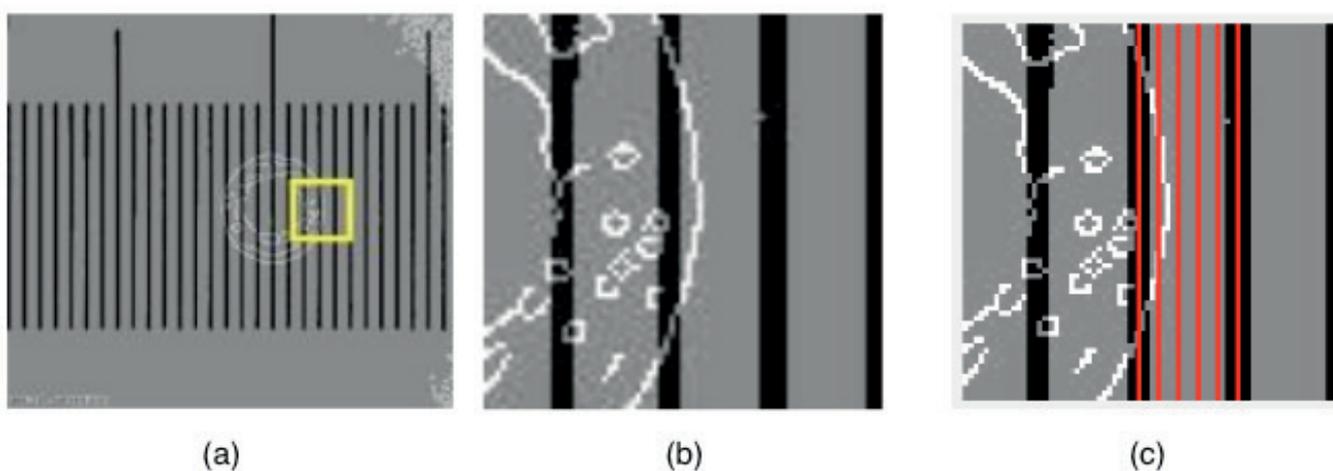


Figura 10: (a) Área a ser recortada; (b) Recorte; (c) Adição de linhas.

Por esta última figura, o valor estimado para a espessura do tubo da cânuła é de 0,13 mm. A incerteza de medição foi estimada em 0,01 mm.

3.4 Quadros-resumo

São apresentados três quadros-resumo que agrupam e sintetizam o processo de tratamento, a fusão e o uso de recursos de visão computacional nas imagens dos artefatos utilizados neste trabalho.

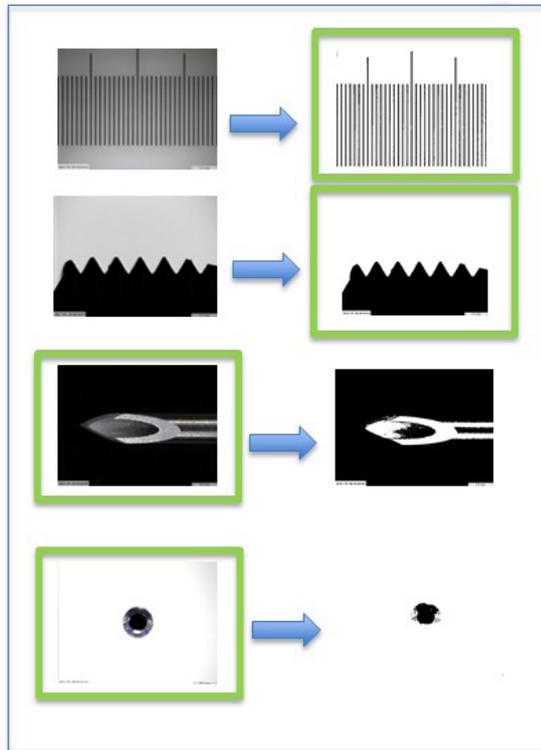


Figura 11: Imagens iniciais (à esquerda) e imagens binarizadas (à direita).

No primeiro quadro (figura 11), são apresentadas as quatro imagens iniciais e as quatro imagens binarizadas. O contorno em verde indica a imagem que foi selecionada para a fusão das imagens.

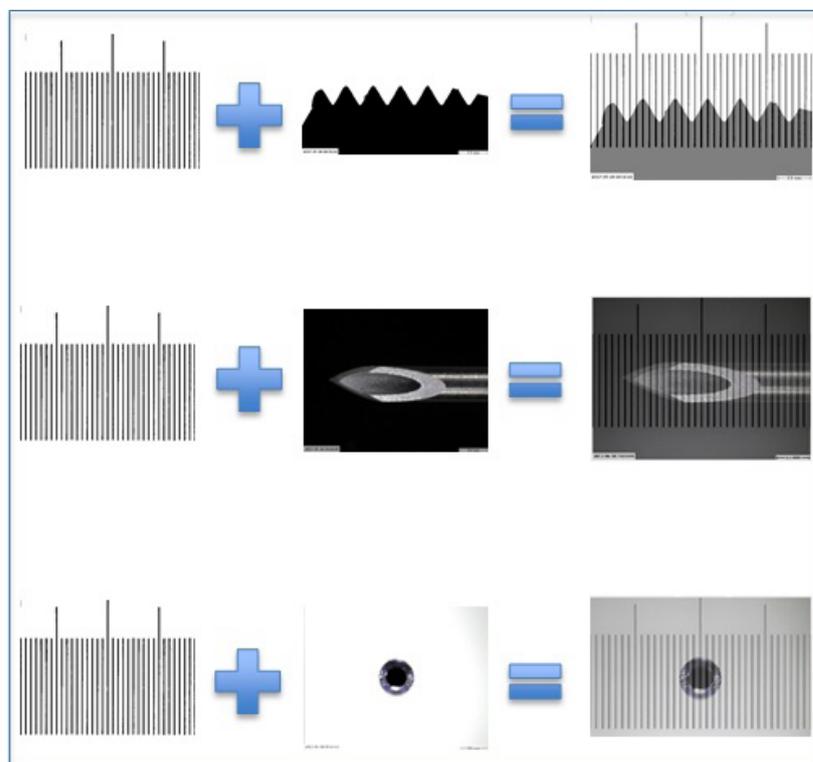


Figura 12: Fusão de imagens e resultados.

O segundo quadro (figura 12), apresentada a técnica de fusão das imagens selecionadas.

E no terceiro quadro (figura 13) é apresentado o passo-a-passo para determinação da espessura do tubo.

3.4.1

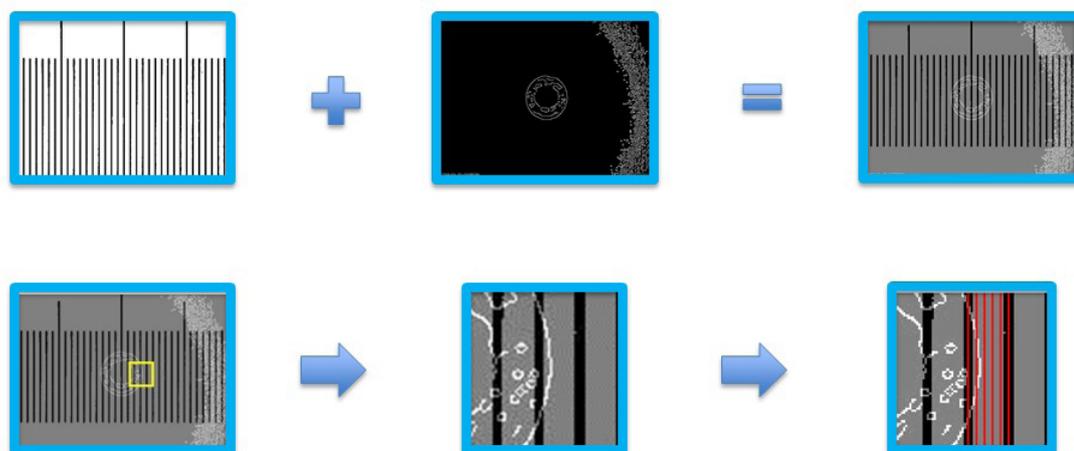


Figura 13: Passo-a-passo dos recursos utilizados nesta etapa.

4 | CONCLUSÃO

Foi apresentada neste trabalho uma proposta para medições dimensionais pela fusão e segmentação de imagens.

A fusão e a segmentação de imagens são recursos computacionais que podem ser muito bem explorados, pelo uso correto de filtros e técnicas de extração de características. Os valores encontrados estão em concordância com as medições realizadas pela própria MMCO.

Uma limitação desta técnica é que ela é dependente do valor de uma divisão da régua em uso. A principal vantagem é sua aplicabilidade em laboratórios e em linhas de produção que exigem rapidez em medições dimensionais.

Estudos a respeito de incerteza de medição com fusão e segmentação de imagens não foram o escopo deste trabalho, podendo ser tema para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 9753: **Escalpe estéril de uso único – Requisitos e métodos de ensaio**, 2003.

BACKES, A. R.; Sá Júnior, J. J. M. **Introdução à visão computacional usando Matlab**. Alta Books, 2016.

COVENEY, T. **Dimensional measurement using vision systems**. Measurement good practice guide No. 29, NPL, 2014.

FELICIANO, F. F.; SOUZA, I. L.; LETA, F. R. **Visão computacional aplicada à metrologia dimensional automatizada: considerações sobre sua exatidão**. Engevista, v. 7, n. 2, p. 38-50, 2005.

LETA, F. R.; BALDENER, F. O.; GOMES, J. F. S.; COSTA, P. B. **Metrologia por imagem**. Elsevier, 2016.

MORDVINTSEV, A.; K, ABID. **OpenCV-Python Tutorials Documentation** – Release 1, 2017.

STARIKOV, A. **Metrology of image placement**. AIP Conference Proceedings, v. 449, p. 513-535, 1998.

WU, L; CAO, X.; ZHANG, W.; WANG, Y. **Detecting image forgeries using metrology**. Machine Vision and Applications, v. 23, p. 363-373, 2012.

MAPEAMENTO GEOLÓGICO DE 1:25.000 E EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO SINCLINAL PIEDADE, NORDESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, CAETÉ/MG

Data de aceite: 28/05/2020

Data de Submissão: 03/02/2020

Sabrine Conceição de Moraes

Graduação em Geologia na UniBh (2018).
Pos-Graduanda em Geologia Urbana (PUC Minas) e Gestão de Recursos Hídricos (Universidade Candido Mendes). Belo Horizonte, MG.

Jhonny Nonato da Silva

Graduação em Geologia na UniBh (2018).
Belo Horizonte, MG.

Ulisses Cyrino Penha

Graduação em Geologia na UFPR (1982),
Doutorado em Geologia Regional pela UNESP (2001). Professor no Centro Universitário de Belo Horizonte (UniBh). Belo Horizonte, MG.

RESUMO: No Sinclinal Piedade participam as principais unidades estratigráficas do Quadrilátero Ferrífero. Este trabalho se baseia em um mapeamento geológico em escala 1:25.000 para entendimento das relações estruturais e geológicas do sinclinal. A área mapeada apresenta os granito-gnaisses arqueanos do Complexo Caeté, sobrepostas pelo Grupo Nova Lima, observado na área como anfibólio/clorita/sericita/talco xistos e formações ferríferas. As litologias do Supergrupo Minas compreendem os filitos prateados e quartzitos

micáceos do Grupo Caraça, os itabiritos da Formação Cauê (Grupo Itabira) os quartzitos ferruginosos do Grupo Piracicaba e as exposições de filitos/xistos do Grupo Sabará. Ocorrem diques de diabásio de idade incerta, depósitos coluvionais, principalmente tálus de itabiritos, e coberturas lateríticas. Em relação à evolução tectônica do QF, foram identificadas estruturas do Transamazônico, representado pela direção NE/SW da foliação do Grupo Sabará e indícios de, pelo menos, três fases do Brasileiro: a primeira é de grande importância deformacional, na qual gerou alinhadas N/S com vergência para oeste, dobras no Supergrupo Minas com vergência para NE, lineações minerais orientadas para SE/NW e falhas de empurrão com vergência para oeste; a segunda fase é marcada pelo redobramento da foliação principal com orientação E-W e a terceira, apresentando direção em N-S, está associada à formação de crenulações e kink-bands.

PALAVRAS-CHAVE: Quadrilátero Ferrífero, Sinclinal Piedade, Leste da Serra do Curral.

GEOLOGICAL MAPPING OF 1:25.000 AND TECTONIC EVOLUTION OF SINCLINAL PIEDADE, NORTHEAST OF QUADRILATERO FERRIFERO, CAETÉ / MG

ABSTRACT: In the Sinclinal Piedade the

main stratigraphic units of the Quadrilátero Ferrífero participate. This work is based on a 1:25,000 geological mapping to understand the structural and geological relationships of the syncline. The mapped area presents the Archaean granite-gneisses of the Caeté Complex, superposed by the Nova Lima Group, observed in the area as amphibole / chlorite / sericite / talc schist and iron formations. The lithologies of the Minas Supergroup include the silica filaments and micaceous quartzites of the Caraça Group, the itabirites of the Cauê Formation (Itabira Group), the ferruginous quartzites of the Piracicaba Group and the expositions of filitos / schists of the Sabará Group. There are dykes of diabase of uncertain age, coluvial deposits, mainly itabirite stones, and lateritic coverings. In relation to the tectonic evolution of the FF, Transamazonic structures, represented by the NE / SW direction of the Sabará Group foliation and evidence of at least three phases of the Brazilian one were identified: the first is of great deformational importance, in which it generated alignments N / S with vergence to the west, folds in the Minas Supergroup with vergence for NE, mineral orientations orientated to SE / NW and thrust faults with vergence to the west; the second phase is marked by the refolding of the main foliation with E-W orientation, and the third, with N-S direction, is associated with the formation of crinkles and kink-bands.

KEYWORDS: Quadrilátero Ferrífero, Sinclinal Piedade, Eastern Curral Range.

1 | INTRODUÇÃO

O Sinclinal Piedade, situado na porção nordeste da província mineral do Quadrilátero Ferrífero (QF), compreende grande parte das unidades estratigráficas do QF: embasamento cristalino (EC), Supergrupo Rio das Velhas (SRV) e Supergrupo Minas (SM) (LADEIRA, 1984). Segundo Chemale Jr. *et al* (1994), Sanglard *et al* (2013), Alves (1961) e Romano (1989). A serra da Piedade, extensão ENE da Serra do Curral e limite sul do Sinclinal Piedade, apresenta importantes estruturas que auxiliam na compreensão da evolução tectônica do QF.

Face à importância mineral e geológica desta província, este estudo consiste na caracterização da geologia e do arcabouço tectônico do Sinclinal Piedade, através de um mapeamento em escala 1:25.000 em uma área de aproximadamente 25 km², na porção nordeste do município de Caeté, centro-sul de Minas Gerais. O entendimento das relações estruturais e geológicas da região estudada constituiu aspecto chave na análise estratigráfica e tectônica da província mineral do QF.

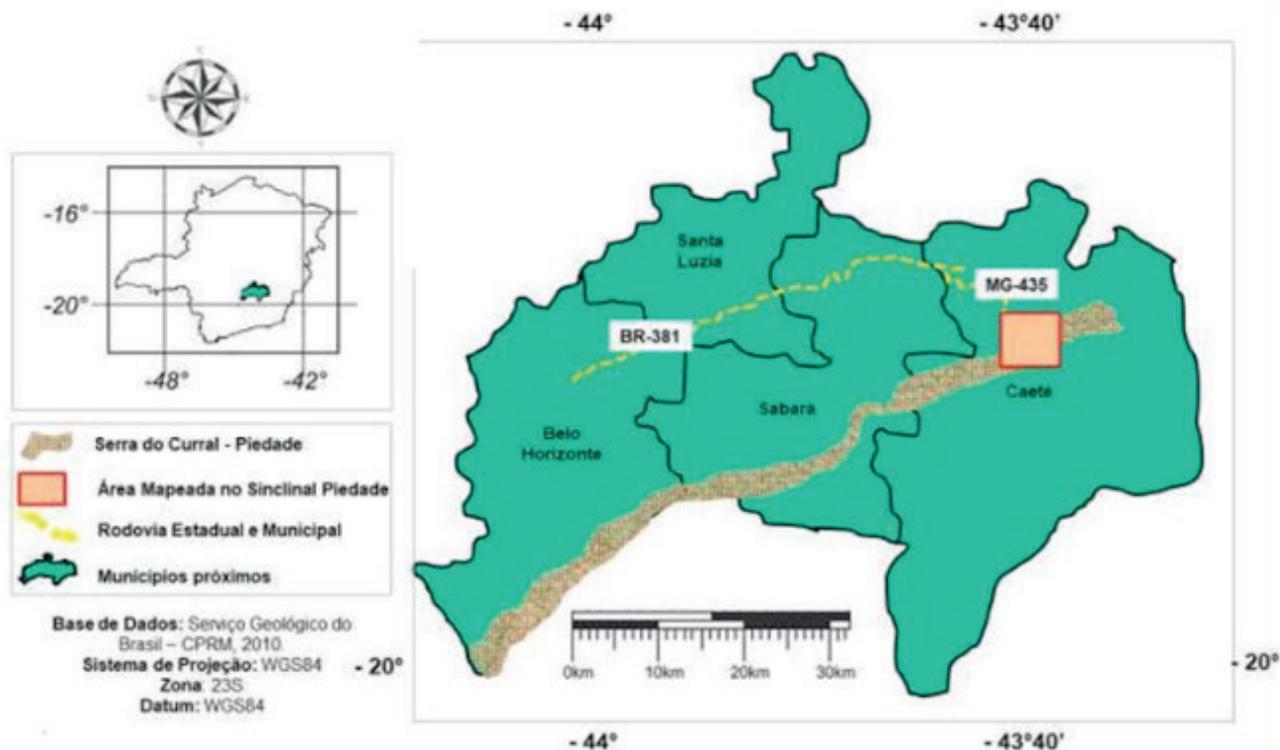


Figura 1 – Mapa de localização e acessos da área investigada com os principais limites municipais.

Fonte – Modificado de CPRM, 2010.

A área de estudo está inserida na porção noroeste do Quadrilátero Ferrífero, na divisa entre os municípios de Caeté e Sabará, no extremo leste da serra do Curral (Figura 1). O acesso à área é realizado partindo-se de Belo Horizonte, seguindo por aproximadamente 40 km pela rodovia BR-381 e, a partir do trevo para a cidade de Caeté, pela MG-435, aproximadamente 10 km até a portaria principal do Santuário da Piedade, importante ponto de referência da área.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Esta investigação suporta-se em um mapeamento, na escala 1:25.000, realizado no interior do Sinclinal Piedade, fundamentado pelos dados de fotointerpretação, revisão bibliográfica e descrição macoscópica e microscópica as amostras coletadas em campo.

A revisão bibliográfica deste trabalho, baseia-se, principalmente, nos estudos de Alkimim e Marshak (1998), Dorr (1969), Farina *et al.* (2016), Ladeira (1980), Lobato *et al.* (2001), Renger *et al.* (1994), Rosière e Chemale (2000).

Para a análise de fotointerpretação, utilizou-se o imageamento de satélite disponível no Google Earth, onde se tornou possível a interpretação de alinhamentos morfológicos, drenagens e zonas homólogas, importantes ferramentas para a realização do trabalho.

As campanhas de campo foram fundamentadas na descrição de afloramentos, coleta de amostras para laminação, descrição microscópica e macroscópica, a fim de obter informações seguras e detalhadas. Os mapas pré-campo e inseridos neste trabalho, foram

confeccionados a partir de uma base de dados georreferenciada da CPRM e trabalhados no *ArcGis*. Durante a execução do campo, realizou-se o caminhamento em vias de acesso já estabelecidas na área, como estradas e trilhas e, auxiliados pelo mapa geológico, topográfico e imagem de satélite, tornando possível o alcance de grande parte da área mapeada.

As medidas estruturais foram coletadas com o auxílio de bússola Brunton, e lançadas no *Stereonet Software*, tornando possível a interpretação do comportamento das litologias encontradas.

Além dos materiais supracitados, utilizou-se o aplicativo para *smartphone*, *Avenza Maps*, desenvolvido pela empresa *Avenza Systems*, onde se inseriu um mapa de satélite georreferenciado, realizando a marcação dos pontos de análise e dados de GPS.

A descrição microscópica de lâminas das litologias do Supergrupo Minas e do Complexo Metamórfico Caeté foi realizada em microscópio binocular de luz transmitida. Já as amostras coletadas no Supergrupo Rio das Velhas foram analisadas pelo método de Fluorescência de Raios-X (FRX), por onde temos acesso aos elementos químicos de uma amostra através da detecção dos raios-X que são característicos de cada elemento. Além disso, foram realizadas análises de Difração de Raios-X, em amostras pontuais.

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

a. Contextualização Geológica

Regionalmente, a área de estudo é moldada por um sinclinal com direção preferencial NE-SW e compreende as principais unidades litoestratigráficas do QF: complexos TTG's, Supergrupo Minas e Supergrupo Rio das Velhas, conforme observado na Tabela 1.

O embasamento cristalino do QF, de idade arqueana, é representado por complexos de domos granito- gnaisses, TTG's (tonalito-trondhjemito-granodiorito), que exhibe bandamento e feições de migmatização (HIPPERTT; DAVIS, 2000), representando a crosta mais velha, sílica, que foi intrudida por granitóides de composição variável (NOCE, 1994).

Segundo Lobato *et al.* (1998), o Supergrupo Rio das Velhas consiste nas sequências metavulcano- sedimentares que circundam os terrenos granito gnáissicos do QF. Segundo Baltazar e Silva (1996) apresenta estratigraficamente três grupos: Maquiné (GM), Nova Lima (GNL) e Quebra Osso (GQO). O GNL consiste principalmente de lavas basálticas metamorfisadas, grauvacas e quartzitos, com intercalações de formação ferrífera bandada e rocha quartzo-ankerítica. O GQO constitui-se de metakomatiito peridotítico, metakomatiito, serpentinito, formação ferrífera bandada, metachert, turmalinito e filito carbonoso. O GM, definido por Dorr *et al.* (1957), foi dividido nas formações Palmital (O'ROURKE, 1957), quartzito, quartzito sericítico, quartzito-sericita xisto, representando metarenito, metagrauvaca e metargilito, com estratificação cruzada preservada, e Casa Forte (GAIR, 1962) quartzito sericítico fino, de granulação média a grossa e metaortoconglomerado polimítico, sericita xisto e sericita-quartzito xisto.

Segundo Rosière e Chemale (2000), sobrepondo as litologias citadas anteriormente, ocorrem as megassequências do Supergrupo Minas, cuja estratigrafia é dividida, da base

para o topo, em duas principais: a primeira é uma sequência entre fluvial deltaica e marinha plataformal que inclui os grupos Caraça, Itabira e Piracicaba, e a segunda representada pelos depósitos marinhos imaturos do Grupo Sabará. O Grupo Caraça apresenta as formações Moeda, inferior (quartzitos com intercalações de filito e níveis metaconglomeráticos). E Batatal, superior (filitos sericíticos, por vezes carbonosos ou ferruginosos) (ROSIÉRE; CHEMALE, 2000). O Grupo Itabira, segundo Dorr (1969), é constituído por uma sequência de metassedimentos químicos iniciados pela Formação Cauê (itabirito, itabirito dolomítico, dolomito ferruginoso e filito), seguida da Formação Gandarela, (dolomitos, filito dolomítico e dolomito silicoso). O Grupo Piracicaba é constituído por rochas metassedimentares clásticas da Formação Cercadinho (filitos com intercalação de quartzitos ferruginosos) (LOBATO *et al.*, 2001) e apresenta um contato discordante erosivo com a Formação Fecho do Funil (dolomitos silicosos, filitos hematíticos e fillitos dolomíticos) em contato gradativo ao quartzito da Formação Taboões (DORR, 1969) e sobreposta pela Formação Barreiro (filitos róseos a carbonosos). No topo da sequência, o Grupo Sabará apresenta intercalações de clorita xisto, mica xisto, grauvacas e formações ferríferas bandadas (FFB), com presença de turbiditos, tufos e materiais vulcanoclásticos (ALKIMIM; MARSHAK, 1998). Segundo Alkimim e Marshak (1998), o Grupo Itacolomi ocorre somente na porção sudeste a sul do QF e está acima de todas as camadas já citadas com predominância de litologias como quartzito, quartzito conglomerático, veios de quartzo e metapelitos.

Idade	Supergrupo	Grupo	Formação	Log	Litotipos Encontrados	
Paleoproterozóico	Minas	Itacolomi	Indiviso		ortoquartzitos, quartzitos (matriz ferruginosa), filitos quartzosos filitos e conglomerados com seixos de itabirito.	
		Sabará	Indiviso		Clorita-xistos, grauvacas, metatufos, conglomerados, quartzitos, diamictitos, turbiditos e itabiritos.	
			Piracicaba	Barreiro		filitos e filitos grafitosos
				Toboões		ortoquartzitos
				Fecho do Funil		filitos, filito dolomítico e dolomito silicoso
			Cercadinho		quartzito ferruginoso, quartzitos, filitos ferruginosos e dolomitos	
			Itabira	Gandarela		Dolomitos, filito dolomítico e calcário
		Cauê			itabirito, itabirito dolomítico, hematita, lentes de xistos e filitos	
		Caraça	Batatal		filito e filitos grafitosos, metachert e formação ferrífera	
			Moeda		Metaconglomerado, quartzitos e filitos	
		Arqueano	Rio das Velhas	Maquiné	Indiviso	
Nova Lima	Indiviso				filitos, xistos, formações ferríferas, dolomitos, quartzitos, metacherts, rochas máficas e metaultramáficas	
Complexos Metamórficos	Indiviso		Indiviso		gnaisse bandados, gnaisse migmatíticos, augen-gnaisse e granitos	

Tabela 1 – Coluna Litoestratigráfica do Quadrilátero Ferrífero e os principais litotipos associados.

Fonte – Modificado de Dorr, 1969; Ladeira, 1980; Renger *et al.*, 1994.

b. Contextualização Tectônica

Diversos estudos de cunho estrutural e tectônico realizadas no QF (ALKMIM e MARSHARK, 1998; ALKMIM e NOCE, 2006; CHEMALE Jr. *et al.*, 1994; DORR, 1969) demonstraram que o QF apresenta uma história tectônica polifásica, que culminou em um cenário estrutural muito complexo. Alkmim e Marshak (1998) desenvolveram a conjectura

tectônica com base nos seguintes eventos:

1. **“Granite-Greenstone belt” Arqueano:** segundo os autores, as rochas cristalinas (3,2 Ga) serviram de embasamento para o estabelecimento do Supergrupo Rio das Velhas em um contexto geotectônico de colisão de placas. Posteriormente, um plutonismo contemporâneo ao Supergrupo Rio das Velhas teria criado um “*granite-greenstone belt*” arqueano clássico.
2. **Bacia sedimentar Minas:** entre 2,6 Ga e 2,4 Ga, a região a leste e sudeste do QF teria evoluído para uma bacia de margem passiva, tornando a futura província uma plataforma continental. O início dessa bacia sedimentar representaria um evento extensional.
3. **Orogenia e colapso Transamazônico:** a partir de 2,1 Ga, a região do QF teria evoluído para uma bacia *foreland* associada a um cinturão de dobras e cavalgamentos de vergência NW, resultando no desenvolvimento de cavalgamentos, zonas de cisalhamento e dobras de escala regional. O desenvolvimento dessa orogenia ocorreu logo após a deposição do Grupo Sabará, aproximadamente 2Ga. A partir disso uma deformação de caráter extensional de escala regional produziu uma nova estruturação do QF em “domo e quilha”, ao mesmo tempo reativando e truncando a estruturação anterior. Rochas supracrustais afundaram entre os domos de rochas do embasamento cristalino.
4. **Rifteamento Espinhaço:** o rifteamento Espinhaço em uma área a nordeste do QF é representado por uma intrusão de diques de diabásio no QF, que teria acontecido a cerca de 1.75 Ga.
5. **Cavalgamentos Brasileiros:** o evento Brasileiro (0,7-0,45 Ga) criou um cinturão de cavalgamentos de vergência oeste que reativou e truncou as estruturas mais antigas do QF e teria representado uma das várias orogenias que levaram à montagem final do Gondwana. Além disso, o Brasileiro também teria representado a reativação de zonas de cisalhamento pré-existentes e dos principais contatos litológicos em falhamentos direcionais.

C. Contextualização Fisiográfica

Segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al, 2013), a área do Sinclinal Piedade insere-se no clima definido como subtropical úmido, onde a topografia acentuada da serra é um fator fisiográfico determinante na caracterização do clima da região por sua altitude entre 1200 e 1700 m.

A rede hidrográfica da área mapeada faz parte da sub-bacia do Rio das Velhas, região do Alto São Francisco. Entre os principais cursos d’água da região se destacam os córregos Monjolo e Palmital que pertencem a sub-bacia do Ribeirão Vermelho e o córrego Fazendinha pertencente a sub-bacia do Rio Taquaraçu. A maior parte da área é composta por mares de morros e por domínios montanhosos (Figura 2). Os primeiros correspondem aos terremos dissecados com morros de topos convexo-côncavos e possuem amplitude de relevo que variam de 80 a 200 metros, com inclinação de vertentes entre 15 e 35°. Em relação aos domínios montanhosos, eles se correlacionam com os alinhamentos serranos, neste caso,

com o alinhamento do prolongamento da serra da Piedade, onde predominam vertentes retilíneas.

De acordo com Scolforo e Carvalho (2008), a vegetação típica da área mapeada se faz por Floresta Estacional Semidecidual Montana. Nas áreas próximas as drenagens, a vegetação se torna mais densa com características de matas ciliares. Nas encostas, os campos rupestres ocorrem com maior frequência, enquanto nas altitudes intermediárias, as árvores rarefeitas e de galhos retorcidos demarcam o cerrado.



Figura 2 – Domínios Geomorfológicos da área de estudo. A) Sinclinal Piedade demarcado pela linha vermelha) observado do ponto de maior altitude da serra da Piedade, envolto pelos mares de morros. B) Domínio Montanhoso da área estudada, caracterizado pelos dobramentos da Serra da Piedade, observado em área lavrada desativada e de propriedade da AVG.

Fonte – Acervo dos autores.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

a. GEOLOGIA DO SINCLINAL PIEDADE

Complexo Metamórfico Caeté

O Complexo Caeté ocorre no extremo norte e leste, composto por granito-gnaisses em lajedos aflorantes (Figura 3A), com foliações marcantes mais ou menos pronunciadas e ocorrência de faixas miloníticas.

São rochas félsicas, coloração cinza clara, granulação média a grossa com faixas porfiroblásticas. Texturalmente podem ser classificadas como granoblástica, lepidoblástica ou nematoblástica, apresentam maior quantidade de feldspato, seguidos por quartzo e biotita (Figura 3B), além de intenso magnetismo induzido pela presença de magnetita em algumas porções.

Microscopicamente, os minerais se apresentam de forma anédrica e de tamanho mediano. O quartzo granoblástico, apresenta extinção ondulante e bordas fragmentadas por recristalização. Há também microfraturamentos preenchidos por óxidos de ferro que aparecem próximos às biotitas em pequenos glomérulos ou dispersos nas microfraturas. Conseguem-se identificar também biotita lepidoblástica tabular, de extinção reta, orientadas

segundo um direcionamento principal, por vezes segmentada. O plagioclásio granoblástico, sericitizado por alteração e com a presença de micrólitos não identificados, que sugerem uma cristalização tardia, é característico de zonas de metamorfismo. Minerais como os porfiroblastos de feldspato perítico, apresentam sericitização como os plagioclásios e suas lamelas de exsolução apresentam pequenos dobramentos, provavelmente por causa de tensão dúctil e bandamento incipiente. Segundo sua mineralogia e estrutura, a rocha foi classificada como hornblenda- biotita gnaíse.



Figura 3 – A) afloramento de granito-gnaíse na porção nordeste da área mapeada; B) gnaíse do embasamento com os principais minerais constituintes.

Fonte – Acervo dos autores.

Superggrupo Rio das Velhas

As litologias do Superggrupo Rio das Velhas encontradas na área mapeada são pertencentes ao Grupo Nova Lima, subdivididas nas unidades Ouro Fino e Morro Vermelho. As principais rochas encontradas na região consistem em clorita, sericita e talco xisto, de granulação fina, e formações ferríferas. As análises de FRX foram realizadas em cinco amostras, conforme observado na Tabela 2.

Amostra	Unidade Geológica	Principais Elementos encontrados na FRX	Características	Rocha
TCC-SRV01	Ouro Fino	Si, Al e Fe	Rocha sílico-aluminosa típica de metamorfismo regional	sericita-xisto
TCC-SRV02	Ouro Fino	Si, Al, Fe, K e Ti	Coloração amarela a rosada	sericita-xisto
TCC-SRV03	Ouro Fino	Si, Al, Ti, Mg	Pouco alterado e coloração cinza	clorita-xisto
TCC-SRV04	Ouro Fino	Fe	Superfície intemperizada e coloração ocre	metaBIF
TCC-SRV05	Morro Vermelho	Si, Al e Fe	Vermelha escura	clorita-xisto
		Si, Al e Fe e Mg	Intemperizado, cor amarelada e untuosa ao toque	talco-xisto

Tabela 2 – Resultado da Análise de Fluorescência de Raios X em amostras do Superggrupo Rio das Velhas

Fonte – Acervo dos autores.

As quatro primeiras amostras representaram a unidade Ouro Fino. A amostra TCC-SRV01, apresentou significativa porcentagem de sílica (Si), alumínio (Al) e Ferro (Fe), e

foi identificada como sericita xisto. A amostra TCC-SRV02, sericita-quartzo xisto, apresenta coloração de amarelo a rosa e elevado teor de sílica, alumínio, ferro, potássio (K) e titânio (Ti), estes últimos com maior porcentagem na análise pontual da rocha. Segundo os dados da análise, a TCC-SRV03 apresentou importantes dados relacionados à presença de sílica, alumínio, titânio e magnésio (Mg), caracterizando a existência de clorita xisto, pouco alterado com coloração cinza. A formação ferrífera bandada (BIF) foi identificada na amostra TCC-SRV04, apresentando superfície intemperizada para óxidos/hidróxidos de ferro de coloração ocre.

Representando a unidade Morro Vermelho, a amostra TCC-SRV05 foi dividida em duas: a primeira apresentou coloração avermelhada escura com teores significativos de sílica, alumínio e ferro, caracterizando clorita-xisto intemperizada; a segunda apresentou teores elevados de magnésio, identificada como um talco xisto intemperizado de cor amarela e untuosa ao toque.

Supergupo Minas

I Grupo Caraça: Encontrado na porção centro-sudeste da área, o Grupo Caraça ocorre em exposições de filito prateado intercalado a quartzito com contato estratigraficamente concordante entre as camadas, representando a Formação Batatal. Os quartzitos (Figura 4A) micáceos e compactos destacam-se no relevo na forma de escarpa, com baixo grau de intemperismo (rocha sã). Os filitos (Figura 4B) apresentam coloração acinzentada a prateada, gradando para colorações mais amareladas com alto grau de intemperismo e fraturamento, sendo ainda observada grande presença de sericita e veios de quartzo.

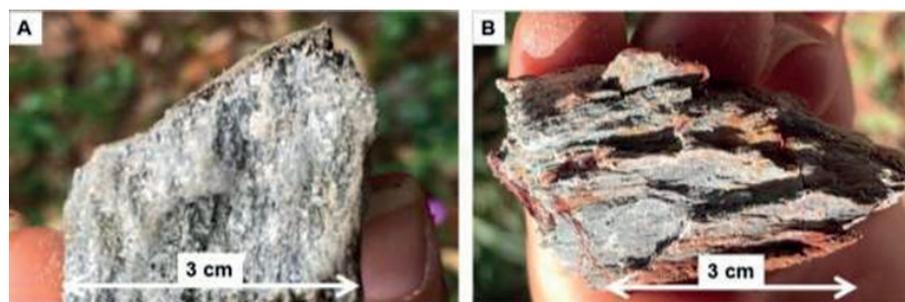


Figura 4 – A) amostra de quartzito do Grupo Caraça; B) filito prateado observado em amostra de mão.

Fonte – Acervo dos autores.

II Grupo Itabira: A Formação Cauê, única litologia do Grupo Itabira presente na área, é representada pelas exposições de itabirito que marcam o limite sul sustentando a topografia da Serra a Piedade. A alternância rítmica de bandas silicosas e ferruginosas nos itabiritos apresenta, geralmente, espessuras inferiores a 2 cm. Localmente, ocorrem veios de quartzo fumê e leitoso, com tamanhos variando de 5 a 11 cm, preenchendo fraturas discordantes da foliação. Por vezes ocorrem dobras intrafoliais, principalmente na porção silicosa do itabirito (Figura 5A). Lamelas de hematita com iridescência são comuns, conforme amostra ilustrada

na Figura 5B. O contato entre o Itabirito Cauê e o Grupo Caraça é gradacional, marcado pelo aparecimento de hematita na Formação Batatal, aumentando gradualmente em quantidade em direção à Formação Cauê. A rocha se torna bandada com o aparecimento de camadas ferruginosas e silicosas.

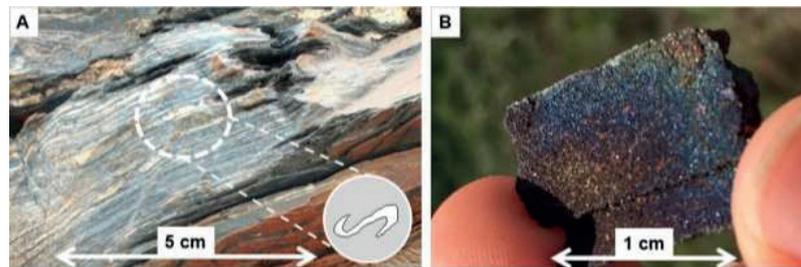


Figura 5 – A) itabirito com venulação quartzosa localizada e dobrada intrafolialmente; B) hematita com iridescência na Formação Cauê.

Fonte – Acervo dos autores.

iii Grupo Piracicaba: O Grupo Piracicaba, encontrado na porção centro-sul da área, é representado pela Formação Cercadinho, cujos quartzitos micáceos apresentam alto grau de intemperismo (Figura 6A) marcado pela coloração branca a ocre, e os quartzitos ferruginosos (Figura 6B) tem predominância de cores de intemperismo acinzentadas e avermelhadas.



Figura 6 – A) afloramento de quartzito micáceos alterado; B) quartzito ferruginoso da Fm Cercadinho.

Fonte – Acervo dos autores.

iv Grupo Sabará Indiviso: O Grupo Sabará expõe-se em toda porção central da área mapeada. Ocorrem, localmente, porções mais arenosas gradando para siltosas, geralmente, apresentam camadas ricas em sericita com lamelas de hematita muito fina. Os filitos/xistos avermelhados ocorrem em faixas pouco definidas. Os xistos são classificados, segundo sua mineralogia, como sericita-clorita-quartzo xisto. Ocorrem sericita filitos (Figura 7A) e exposições clorita xistos (Figura 7C) cortados por veios de quartzo, sugerindo possível fluidização hidrotermal. Bandamentos incipientes são frequentes (Figura 7B), bem como veios ricos em cianita e estauroлита (Figura 7D). As rochas apresentam granulação média a fina e demonstram processos de recristalização em certos pontos.

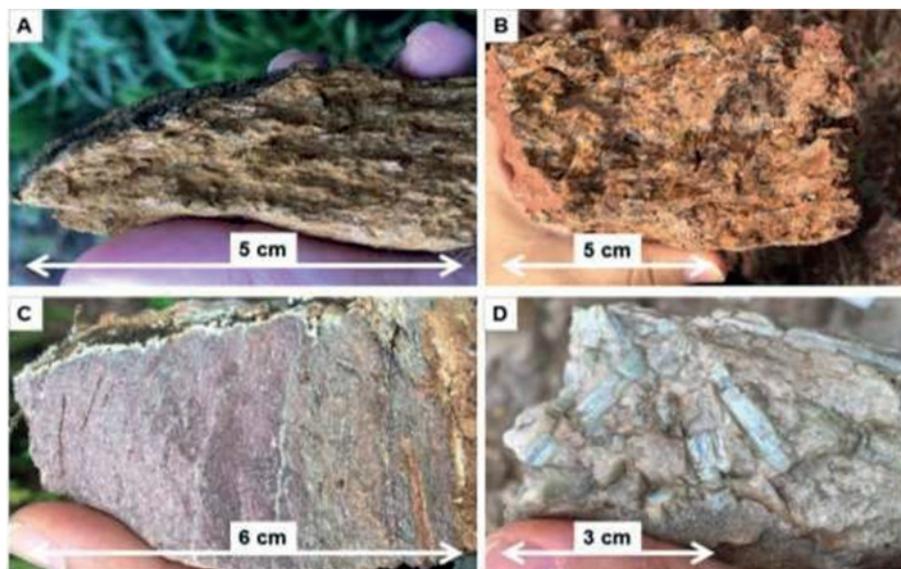


Figura 7 – Litologias observadas no Grupo Sabará; A) filito sercítico ocre com bandamento incipiente; B) cianita- estaurolita-quartzo-mica xisto com foliação e crenulação bem marcadas; C) clorita xisto; D) cristais de cianita desenvolvidos junto a veio de quartzo leitoso.

Fonte – Acervo dos autores.

V Rochas Intrusivas: Os diques encontrados na área mapeada estão intemperizados (Figura 8A), muito fraturados e com coloração avermelhada provocada pelo intemperismo dos minerais máficos. Esses diques correspondem a rochas básicas, geralmente diabásios (Figura 8B) e gabros, conforme descrição microscópica anexa.

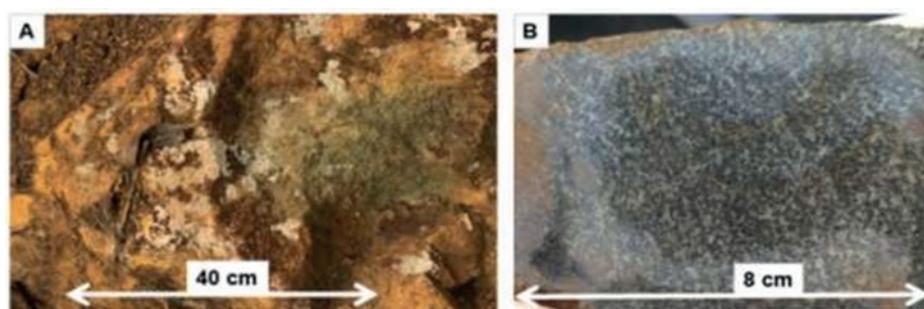


Figura 8 – A) bloco de diabásio na porção sudeste da poligonal; B) detalhe da amostra de diabásio coletada.

Fonte – Acervo dos autores.

VI Sedimentos do Neógeno: A cobertura laterítica (Figura 9A) ocorre em quase toda a porção de desenvolvimento da Formação Cauê, com espessura aproximada de no máximo 50 cm, marcada pela coloração avermelhada em decorrência do óxido de ferro. Localmente apresentam fragmentos centimétricos a métricos, ocorrendo também presença de blocos e matacões constituídos de itabiritos e quartzitos. Os depósitos coluviais ocorrem próximo de áreas montanhosas relacionadas à tálus (Figura 9B), encaixadas em vales ou cobrindo encostas. São constituídos de material inconsolidado, em geral matacões e blocos de rochas adjacentes, em meia encosta ou no sopé de serras, em ambientes de alta energia. Ocorrem,

geralmente, blocos métricos a centimétricos de itabiritos, relacionados às metaBIFs da Formação Cauê, e quartzitos, além do desenvolvimento de saprólitos.



Figura 9 – A) solo laterítico observado na área mapeada em meia encosta; B) depósito de talus com blocos centimétricos a métricos do Itabirito da Formação Cauê.

Fonte – Acervo dos autores.

Os cambissolos e os solos alóctones ocorrem nas regiões altitude intermediária e, ao se aproximar da serra da Piedade, o solo do tipo neossolo litólico se desenvolve com maior frequência. Ocorrem também latossolos amarelos distróficos com horizontes B bem desenvolvidos. A cor amarelada é uniforme em profundidade, o mesmo ocorrendo com o teor de argila. A textura mais comum é a argilosa ou muito argilosa.

B. Arcabouço Estrutural

Foliação: Os elementos planares e lineares utilizados para subsidiar o arcabouço estrutural da área mapeada, consistiram na identificação e caracterização de estruturas S_0 , S_n e S_{n+1} . As estruturas em S_0 estão relacionadas, principalmente, a laminação do Itabirito Cauê marcadas pela intercalação de lâminas de quartzo e hematita (Figura 10A), e também é observado granodecrescência no grupo Sabará, representada pela metagrauvaca. A clivagem e a clivagem de crenulação, S_n e S_{n+1} , são definidas pelas lamelas de hematita no itabirito (Figura 10B).

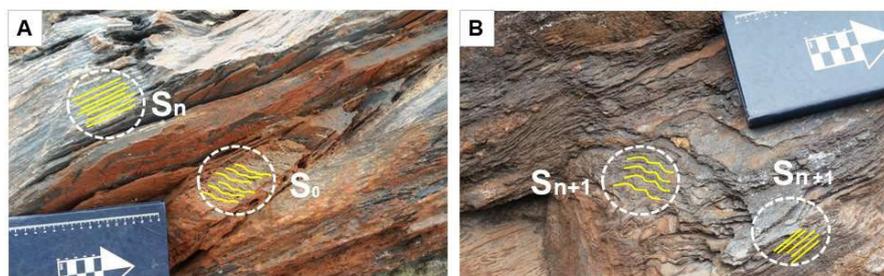


Figura 10 – Estruturas encontradas na área, segmentadas em S_0 , S_n e S_{n+1} . A) S_0 relacionada à laminação do itabirito e a clivagem S_n ; B) clivagem de crenulação S_{n+1} observada no itabirito.

Fonte – Acervo dos autores.

Concordando com Alkmim e Marshak (1998), as primeiras estruturas compressivas

do Transamazônico se desenvolveram durante uma compressão com vergência para NW na bacia *foreland*, representada pelo Grupo Sabará (Supergrupo Minas), orientando as estruturas para a direção identificada no estereograma. As atitudes medidas em campo de Sn próximo ao Sinclinal Piedade apresentam uma concentração de pólos nos quadrantes NW e NE, ou seja, os planos definidos possuem direção principal de NE-SW e NW-SE (Figura 11). Os polos condensados na borda do estereograma apresentam planos com mergulhos variando de médio a alto ângulo e os polos adensados mais ao centro representam ângulos de mergulho inferiores, variando o mesmo ora para SE, ora para SW. Neste caso, formando guirlandas com eixos de dobras para sul, condizendo que houve um redobramento da foliação principal em E-W. Esses dados indicam que a região apresenta estruturas com deformações mais recentes provocadas pela orogênese Brasileira, concordando com Alkmim e Marshak (1998).

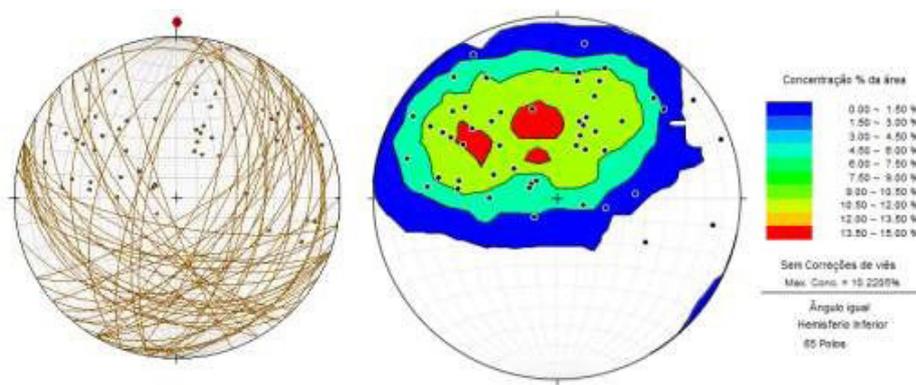


Figura 11 – Medidas de Sn com guirlandas representando eixos de dobras com caimento para sul, condizendo com o Evento Brasileiro.

Fonte – Acervo dos autores.

Dobramentos: As estruturas dobradas são observadas, principalmente nas bandas silicosas e ferruginosas dos itabiritos da Formação Cauê, com direção preferencial NE-SW. São o resultado de deslizamentos flexurais que causaram a abertura das zonas de charneira da rocha, sendo esses locais de baixa pressão, favorecendo a percolação de fluidos hidrotermais. As dobras variam de harmônicas a desarmônicas, de milimétricas a centimétricas, isoclinais a apertadas, e geralmente acilíndricas. De acordo com o ponto de observação, ocorrem em “Z”, “S” e “M”, conforme detalhamento dos tipos relacionados na Figura 12 e 13.

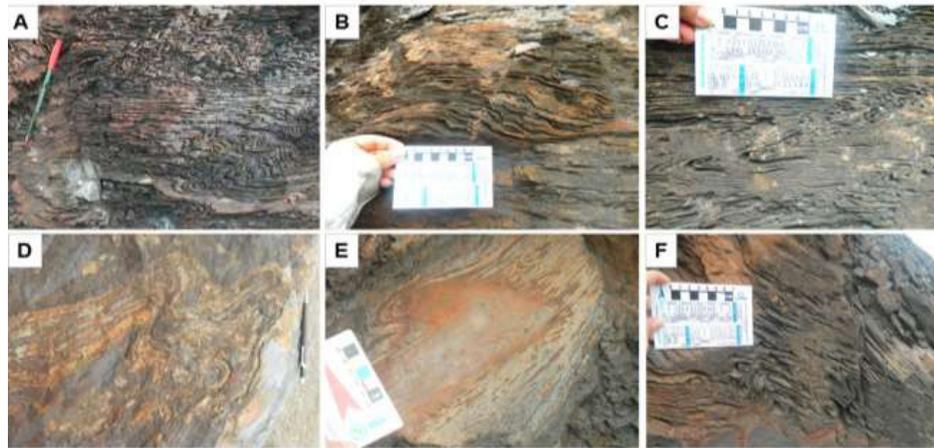


Figura 12 – A) dobras parasíticas assimétricas em forma de “Z”; B) dobra suave de flexão; C) dobra *en chevron*; D) dobra assimétrica em “M”, apresentando mesma amplitude e comprimento de onda; E) dobra inclinada com lentes félsicas; F) dobra desarmônica inclinada.

Fonte – Acervo dos autores.

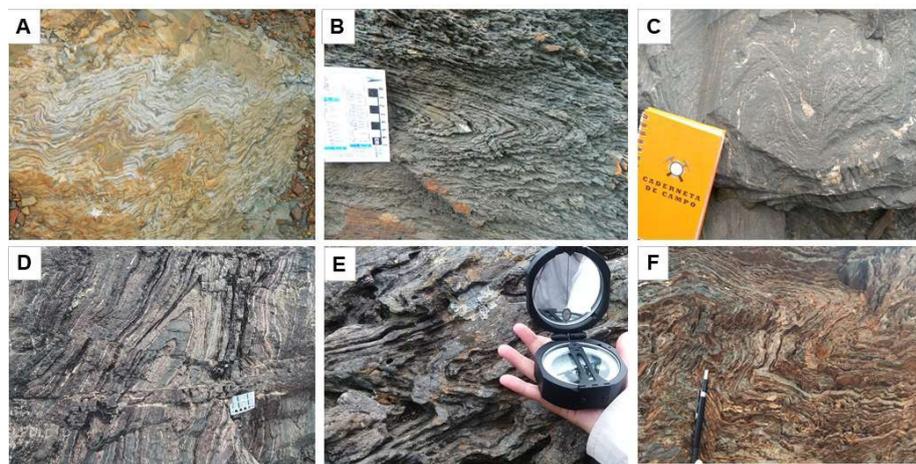


Figura 13 - A) dobras desarmônicas; B) dobra recumbente simétrica; C) dobra simétrica em “M”; D) dobra fechada e assimétrica *en chevron*; E) dobra recumbente em cúspide; F) dobras isoclinais desarmônicas.

Fonte – Acervo dos autores.

Falhas e Fraturas: Além de estruturas dobradas características de eventos deformacionais na área, foram identificadas famílias de fraturas e falhas sub verticais e sub horizontais, discordantes da foliação. Estas fraturas foram observadas no embasamento (Figura 14A) e, muitas vezes, marcando os contatos das litologias do Supergrupo Minas (Figura 14B).



Figura 14 – A) falha transcorrente (direção N/S) observada no embasamento. B) parede de fraturas no contato entre o Grupo Itabira e Grupo Piracicaba.

Fonte – Acervo dos autores.

Com relação às fraturas da área mapeada, a análise dos dados medidos em campo demonstrou um predomínio das mesmas para a direção NE, N e NW, conforme diagrama de rosetas abaixo (Figura 15). Correlacionando a fotointerpretação anexa com as medidas coletadas, foi evidenciado uma maior densidade de lineamentos negativos para a direção NE, o que se pode associar às fraturas na região. Ocorrem quatro principais famílias de fraturas sendo a primeira NE/SW, variando de 45 a 70 graus, a segunda praticamente N/S, a terceira NW/SE de 270 a 280 graus e a quarta praticamente E/W.

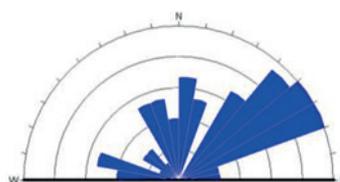


Figura 15 - Diagrama de rosetas para fraturas ao longo do Sinclinal Piedade.

Fonte – Acervo dos autores.

C. Evolução Tectônica

Com base na revisão bibliográfica e compilação dos dados estruturais, elaborou-se um modelo para a evolução tectônica da área através de blocos diagramas, conforme observado na Figura 17. No Transamazônico, concordando com Alkmim e Marshak (1998), ocorreram eventos compressivos com vergência para NW, revelados pelas estruturas Sn do Grupo Sabará com direção principal NE/SW. Concordando com Chemale Jr. *et al.* (1994) e Alkmim e Marshak (1998), que descrevem o Brasiliano como um evento colisional com vergência para oeste, na área mapeada ocorrem *kink-bands* N/S (Figura 16A), encontrados na porção nordeste da poligonal, crenulações na mesma direção do esforço (NE/SW), principalmente nos xistos do Grupo Sabará (Figura 16B), falhas transcorrentes alinhadas N/S (Figura 16C) com vergência para oeste, dobras com vergência preferencial para o quadrante NE, observadas principalmente na Formação Cauê, além de falhas de empurrão com vergência

para oeste.



Figura 16 – A) *kink-bands* em embasamento próximo ao contato com o Grupo Nova Lima, na porção nordeste da área mapeada; B) crenulação observada nos xistos do Grupo Sabará; C) transcorrência N/S observada no embasamento, no mesmo sentido das falhas observadas no mapa geológico.

Fonte – Acervo dos autores.

De um modo geral, foram identificados três principais períodos orogenéticos (Figura 17): o primeiro sendo o Rio das Velhas, com idade em torno de 2,7 Ga, o segundo o ciclo Transamazônico, 2,26 Ga a 1,86 Ga, e o terceiro o ciclo Brasileiro, de 650 a 500 Ma, concordando com os trabalhos de Endo (1997).

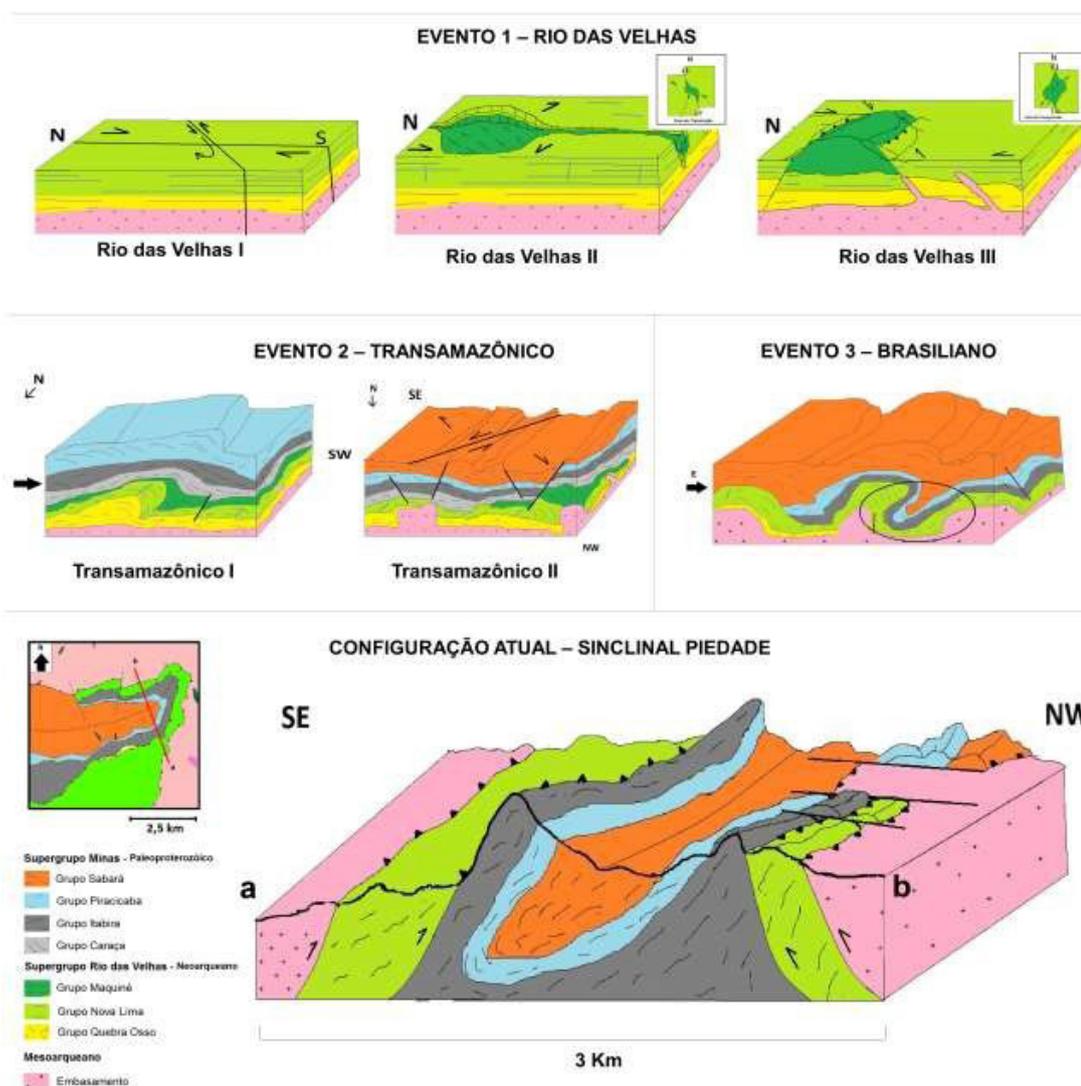


Figura 20 – Representação esquemática da evolução estrutural do Sinclinal Piedade onde se

tem: Evento Riодas Velhas e as fases compressivas associadas a cada fase deformacional; Evento Transamazônico subdividido em duas fases; Evento Brasileiro representando a última fase deformacional da área; Representação em bloco diagrama da configuração geológica atual do Sinclinal Piedade.

Fonte – Adaptado de Endo (1997).

O evento Rio das Velhas é subdividido em três fases. A primeira se deu por compressão direcional dextral com deformação dútil cisalhante de NE-SW e N-S. A segunda está associada a uma deformação extensional com tensão direcional sinistral, no qual gerou o faturamento do grupo Nova Lima e formou uma bacia do grupo Maquiné de NW-SE. A terceira e última fase deste período é caracterizado pela cinemática direcional dextral, com inversão da bacia do Maquiné e intrusão de granitos sin-tectônicos colisionais. Na área do Sinclinal Piedade, este evento só foi observado na porção sul da área onde o Supergrupo Rio das Velhas está inserido. Já o Transamazônico é o resultado de dois megaeventos tectônicos, sendo o primeiro de caráter compressional com vergência para SW e o segundo extensional com vergência para SE.

O ciclo Brasileiro está associado a um evento colisional com vergência para oeste e é dividido em quatro fases. A primeira fase é de grande importância deformacional, na qual gerou dobramentos, observados principalmente na Formação Cauê, foliações miloníticas, lineações minerais e falhas de empurrão, representadas pelos cavalgamentos na área mapeada. Já a segunda fase é marcada pelo redobramento da foliação principal com orientação E- W e a terceira, apresentando direção em N-S, está associada à formação dos *kink-bands*, observado no embasamento e crenulações. A última fase do ciclo Brasileiro está associada a um regime dútil com geração de fraturamentos de ângulos variados.

5 | GEOLOGIA ECONÔMICA

Segundo informações das áreas de requerimento de pesquisa no DNPM (Apêndice VII), as principais litologias pesquisadas estão associadas à ferro, ouro, areia, caulim e materiais para pavimentação e uso na construção civil. As ocorrências minerais de ferro e ouro são frequentes objetivos de pesquisa na região, devido ao grande potencial geoeconômico, principalmente para minério de ferro na Formação Cauê.

A área apresenta pontos ativos e inativos de extração de minério de ferro na Formação Cauê. A região apresenta uma mina ativa, de responsabilidade da Crusader do Brasil Mineração e localizada no extremo noroeste, e duas lavras inativas em meia encosta, sendo a da porção centro-leste explorada pela antiga Companhia Ferro Brasileiro e a do extremo oeste pela antiga Brumafer. A exploração de minério de ferro pela Brumafer em meia encosta e no topo da Serra da Piedade provocou intenso impacto visual na área e atualmente segue em processo de recuperação pela AVG.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento nos permitiu observar a relação estratigráfica das seguintes unidades:

Complexo Caeté, Supergrupo Rio das Velhas (Grupo Nova Lima), Supergrupo Minas (Grupo Itabira- Formação Cauê, Grupo Piracicaba - Formação Cercadinho, Grupo Sabará – Indiviso) e coberturas fanerozóicas.

O Complexo Metamórfico Caeté ocorre no extremo norte e sul da área mapeada, formado por granito- gnaisses com alternâncias de porções quartzosas e micáceas, bordas fragmentadas e recristalizadas, além de epidoto e clinozoisita como minerais secundários e observados microscopicamente. A extinção ondulante do quartzo e a recristalização são resultantes de um esforço deformacional dúctil.

O evento Transamazônico no Supergrupo Rio das Velhas se apresenta em duas fases. A primeira fase compressional exhibe-se em xistos moldando a borda do sinclinal e cavalgando os metassedimentos do Supergrupo Minas. Já a segunda fase apresenta Sn na direção NE/SW, formadas pelo evento extensional com vergência para SE.

O resultado do esforço compressivo Brasileiro, com vergência para oeste, é observado nas dobras assimétricas com planos axiais N50E mergulhando 45° para SE. A clivagem de crenulação com direção N-S e mergulhos moderados para NE, falhas de empurrão para oeste, *kink-bands* N/S, diques intrusivos N/S e falhas na mesma direção também são resultados deste evento.

Os diques encontrados no embasamento são foliados nas bordas do contato, diminuindo gradativamente ao se aproximar da porção central. Eles apresentam foliações com direção em torno de N30E, mergulhando 60° para SE, foliações S_{n+1} com direção N05E e mergulhando 60° para NW. Sugere-se, que esses diques sejam Pré-Brasiliano.

Os principais recursos minerais da região são minério de ferro, ouro, brita e cascalho. Praticamente toda a área mapeada se encontra requerida, com áreas livres apenas no extremo noroeste, onde afloram gnaisses do Complexo Caeté.

REFERÊNCIAS

ALKMIM, F. F. & NOCE, C. M. (Org.). **The Paleoproterozoic record of the São Francisco Craton**. 2006. In: IGCP 509 Field workshop, Bahia and Minas Gerais, Brasil. Field Guide and Abstracts. UFOP-UFBA, v. 1. 105 p.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. **Transamazonian orogeny in the Southern Sao Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero**. 1998. *Precambrian Research*, v. 90, n. 1, p. 29-58.

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, 2013. v. 22, n. 6, p.711-728.

ALVES, B. P. **Sumário sobre estratigrafia e estrutura das quadrículas de Caeté e Serra da Piedade**. *Publicação da Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos*, 1961. 1, 257-260. Ouro Preto: SICEG.

BALTAZAR, O. F.; SILVA, S. L., 1996. **Projeto Rio das Velhas. Mapa geológico integrado do Supergrupo Rio das Velhas, em escala 1:100.000**. DNPM/CPRM, Brasília.

CHEMALE, F. Jr., ROSIÈRE, C. A. & ENDO, I.: **The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. 1994. *Precambrian Research*, 65: 25 – 54.

CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geodiversidade do Estado de Minas Gerais**, 2010. Programa de Geologia do Brasil Levantamento da Geodiversidade.

DORR, J. V. N. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. 1969. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 641-A, 1-110.

DORR, J.V.N., II; POMERENE, J.B.; RYNEARSON, G.A. 1957 **Revisão da Estratigrafia Pre-Cambriana do Quadrilátero Ferrífero**. DNPM/DFPM. 31 p.

ENDO, I. **Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da Placa Sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes**. 1997. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FARINA, F; ALBERT, C; MARTÍNEZ DOPICO, C; AGUILAR GIL, C; MOREIRA, H; HIPPERTT J.P; CUTTS, K; ALKIMIM, F.F; LANA, C. **The Archeane Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero**. 2016. Ouro Preto, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Journal of South American Earth Sciences 68 (2016) 4e21.

GAIR, J. E. 1962. **Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima Quadrangles, Minas Gerais, Brazil**. U. S. Geological Survey Professional Paper, 341(A):67p.

HIPPERTT, J.F; DAVIS B. Dome emplacement and formation of kilometer-scale-synclines in a granite-greenstone terrain (Quadrilátero Ferrífero, southeastern Brazil). 2000. Precamb. Res., 102: 99-121.

LADEIRA, E.A. **Metallogenesis of gold at the Morro Velho Mine and in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. 1980. Univ. Western Ontario, unpubl. Ph.D. thesis, 272 p. London, Ontario/Canada.

LADEIRA, E.A.; VIVEIROS, J.F.M. **Hipótese sobre a estruturação do Quadrilátero Ferrífero com base nos dados disponíveis**. 1984. Boletim Especial da Sociedade Brasileira de Geociências, n.4, p. 1-14.

LOBATO, L.M., RIBEIRO-RODRIGUES, L.C., ZUCCHETTI, M., NOCE, C.M., BALTAZAR, O.F., SILVA, L.C., PINTO, C.P. **Brazil's premier gold province. Part I: the tectonic, magmatic and structural setting of the Archaean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero**. 2001. Mineral. Deposita 36, 228–248.

LOBATO, L.M., VIEIRA, F.W.R., RIBEIRO- RODRIGUES, L.C., PEREIRA, L.M.M., MENEZES, M.G., JUNQUEIRA, P.A., PEREIRA, S.L.M. **Styles of hydrothermal alteration and gold mineralization associated with Nova Lima Group of the Quadrilátero Ferrífero**. 1998.

NOCE, C.M. et al. **O Complexo Belo Horizonte e a evolução arqueana do Quadrilátero Ferrífero, MG**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Camboriú. Anais. Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994.

O'ROURKE J. E. R. **The stratigraphy of the metamorphic rocks of the Rio de Pedras and Gandarela Quadrangles, Minas Gerais, Brazil**. 1957. Wisconsin. Ph.D Thesis. University of Wisconsin, EUA, 106p.

RENGER, F. E.; NOCE, C. M.; ROMANO, A. W.; MACHADO, N. **Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 1994. Geonomos, v. 2/1: 1-11.

ROMANO, A. W. **Evolution Tectonique de la region nord-ouest du Quadrilatère Ferrifère – Minas Gerais – Brésil**. 1989. Tese (Doutorado). Nancy: Université de Nancy

ROSIÈRE, C. A; CHEMALE JR. F. **Itabiritos e Minérios de Ferro de Alto Teor do Quadrilátero Ferrífero – Uma Visão Geral e Discussão**. 2000. GEONOMOS 8 (2): 27-43.

SANGLARD, J. C. D., ROSIÈRE, C. A., SANTOS, J.O.S, MCNAUGHTON, N.J; FLETCHER, I.R. (2013):**A estrutura do segmento oeste da Serra do Curral, Quadrilátero Ferrífero, e o controle tectônico das acumulações compactas de alto teor em Fe.** São Paulo, Revista do Instituto de Geociências – USP, v. 14, n. 1, p. 8-95. março 2014.

SCOLFORO, J.R.S; CARVALHO, M.T. **Inventário Florestal De Minas Gerais: Monitoramento da flora nativa 2005-2007.** Lavras: Editora UFLA, 2008. 357 p.

IMPLEMENTATION OF THE GAMMA MONITOR CALIBRATION LABORATORY (LABCAL) OF THE INSTITUTE OF CHEMICAL, BIOLOGICAL, RADIOLOGICAL AND NUCLEAR DEFENSE (IDQBRN) OF THE TECHNOLOGY CENTER OF THE BRAZILIAN ARMY (CTEX)

Data de aceite: 28/05/2020
Data de submissão: 18/02/2020

Mario Cesar Viegas Balthar

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx;
Universidade Estácio de Sá – UNESA
Fundação Técnico-Educacional Souza
Marques – FTESM Rio De Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/3277118437503283>

Aneuri Souza de Amorim

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx
Universidade Estácio de Sá – UNESA
Rio De Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/6914068487740556>

Avelino dos Santos

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx
Rio De Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/8997730953249562>

Paulo Ricardo Teles De Vilela

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx
Rio De Janeiro - RJ

Luciano Santa Rita Oliveira

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx
Universidade Estácio de Sá – UNESA
Rio De Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/8576030547171431>

Paulo Eduardo Chagas de Oliveira Penha

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx
Rio De Janeiro - RJ

Roberto Neves Gonzaga

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx
Rio De Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/7535226259255347>

Luiz Cesar Sales Fagundes

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx
Rio De Janeiro - RJ

Thiago de Medeiros Silveira Silva

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx
Rio De Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/9278115198250280>

Fábio Gomes Vieira

Instituto de Defesa Química, Biológica,
Radiológica e Nuclear – IDQBRN/CTEx
Rio De Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/4631060163519087>

Domingos D'Oliveira Cardoso

Instituto Militar de Engenharia – IME
Rio de Janeiro - RJ
<http://lattes.cnpq.br/4264729606472762>

ABSTRACT: The objective of this work is to describe the implementation and adaptation stages of the Gamma Monitor Calibration Laboratory (*Laboratório de Calibração de Monitores Gama - LABCAL*) of the Institute of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defense (*Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear - IDQBRN*) of the Technology Center of the Brazilian Army (*Centro Tecnológico do Exército - CTEEx*). Calibration of the radiation monitors used by the Brazilian Army will be performed by quantitatively measuring the ambient dose equivalent, in compliance with national legislation. LABCAL still seeks licensing from CNEN and INMETRO. The laboratory is intended to supply the total demand for calibration of ionizing radiation devices from the Brazilian Army

KEYWORDS: Metrology, gamma radiation calibration, ionizing radiation.

IMPLANTAÇÃO DO LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO DE MONITORES GAMA (LABCAL) DO INSTITUTO DE DEFESA QUÍMICA, BIOLÓGICA, RADIOLÓGICA E NUCLEAR (IDQBRN) DO CENTRO TECNOLÓGICO DO EXÉRCITO (CTEX)

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo apresentar as etapas de implantação e de adequação do Laboratório de Calibração de Monitores Gama (LABCAL) do Instituto de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (IDQBRN) do Centro Tecnológico do Exército (CTEX). A calibração dos monitores de radiação usados pelo Exército Brasileiro será realizada através das medições da grandeza dosimétrica “dose equivalente ambiente”, em cumprimento à legislação nacional. O LABCAL ainda busca licenciamento junto à CNEN e ao INMETRO. Este laboratório visa atender a demanda de calibração de instrumentos detectores e identificadores de radiações ionizantes utilizados em todo o Exército Brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Metrologia, calibração gama, radiação ionizante.

1 | INTRODUCTION

In Brazil, there are currently only seven accredited laboratories for calibration of ionizing radiation measuring instruments. As listed in a document issued by “CASEC / IRD / CNEN Certified Laboratories” (IRD, 2016) they are:

1. Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes do IRD (Instituto de Radioproteção e Dosimetria);
2. Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (CDTN);
3. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);
4. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN);
5. Laboratório de Ciências Radiológicas da UERJ (Universidade Estadual do Rio de Janeiro);

6. Laboratório de Calibração de Monitores de Radiação da METROBRAS (Centro de Ensaio e Pesquisas em Metrologia), e;

7. Laboratório de Calibração de Monitores de Radiação da ELETRONUCLEAR – Eletrobrás Termonuclear S.A..

The need for implementation of the Gamma Monitor Calibration Laboratory (in Portuguese: Laboratório de Calibração de Monitores Gama - LABCAL) mostly results from the growing demand from the Brazilian Army (in Portuguese: Exército Brasileiro - EB) for calibration of ionizing radiation measurement detectors. Such detectors are of paramount importance to secure the radiological safety in high visibility events and in cases radiological emergencies occur. In addition, they are also used for training, testing and preparation of personnel and equipment, including ready-to-deploy specialized troops for prompt action when necessary. Currently, the Brazilian Army owns over 250 monitors of ionizing radiation, which in the future will be calibrated in this laboratory. The legislation currently enforced in Brazil requires that calibration be performed once a year.

2 | METHODOLOGY

The description of the LABCAL deployment will be presented in four steps.

2.1 Description of the building

A building site located on the ground floor of the Radiation and Nuclear Defense Section (in Portuguese: Seção de Defesa Radiológica e Nuclear - SDRN) of IDQBRN was selected to house LABCAL. Figure 1 shows the floor plan of the room. The choice for the new location was due to the construction characteristics of the new laboratory. The boundary walls of the room and the entrance labyrinth, which make up the secondary barriers, were shielded with barite mortar and the primary barrier used is a concrete wall 30 cm thick, capable of receiving the primary beam from an gamma facility containing two sources (^{137}Cs and ^{60}Co).

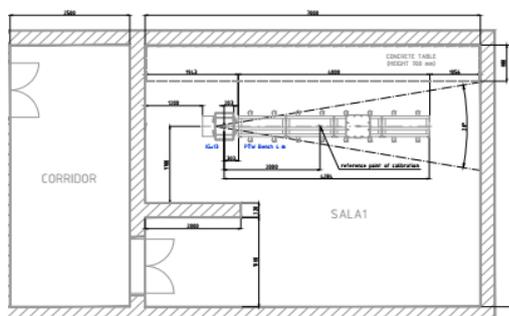


Figure 1 – View from above of the ground floor of the selected building site for LABCAL assembly (source: authors)

2.2 Equipments

In order to increase the laboratory capacity of IDQBRN, the equipment listed below was acquired for LABCAL operation and shown in figure 2:

- Gamma calibration facility, with capacity for three sources. Now we have two sources, one ^{137}Cs and another of ^{60}Co , both with activity of 1 Ci (37 GBq) each, measured in January 2016, in order to calibrate ambient dose equivalent rate from tenths $\mu\text{Sv/h}$ up to units of Sv/h ;
- Manual positioning system in 3 axes, consisting of 4,00 m in length of rail, 0,50 m of adjustment in the width (on the exposure bench) and 0,35 m of adjustment in the height;
- Two lasers for positioning and centralization of the detectors to be irradiated;
- Computer that functions as a control desk for exposure and collection of radiation sources; two one liter PTW TW32002 standard ionization chambers with PTW electrometers;
- A thermometer with resolution of 0.1°C ;
- A barometer with resolution of 0.1 hPa ;
- A hygrometer with resolution of 1% relative humidity.
- TCP/IP camera monitoring system for room surveillance and read out of dosimeter displays;
- Safety interlocking system;



Figure 2 - Equipment installed in LABCAL (source: authors)

3 | RESULTS

According to the description of the methodology presented in the previous topic, the IDQBRN inaugurated a laboratory for calibration of gamma ionizing radiation measuring instruments, in a building located on the ground floor of the building that houses the nuclear and radiological defense section, where pre-operational procedures for its licensing are being tested intensively, such as tests for radiation leakage and scattering in the LABCAL and adequacy dosimetry of the sources to the distance square inverse law.

3.3 Efficiency of the installation shield

Measurements performed during the radiometric survey in areas adjacent to the LABCAL have been found to exhibit effective doses values lower than the dose limit established for the public listed in the CNEN Standard NN-3.01, in agreement with calculations performed for the shields. The background in external area is $H_p(10)=0,18\mu\text{Sv/h}$ and when the sources are exposed the measurements are:

* external area: $H_p(10)=0,20\mu\text{Sv/h}$

*in front of the door of the irradiator: $H_p(10)=0,28\mu\text{Sv/h}$

* in the operator position: $H_p(10)=0,25\mu\text{Sv/h}$

3.4 Calibration of instruments

Ionization chambers and electrometers were calibrated by the National Laboratory of Ionizing Radiation Metrology (IRD) and are being used for measurements of homogeneity and field size (at 1,00 m, 2,00 m and 3,00 m from the source) and for performing the system dosimetry (between 1,00 m, and 3,00 m from the source).

3.5 Laboratory Intercomparison of the Coefficient of Calibration of an Ionization Chamber in Beams of ^{137}Cs and ^{60}Co for Radioprotection Purposes

The event happened from October 2016 to March 2017. It led to the Laboratory Intercomparison of the Coefficient of Calibration of an Ionization Chamber, in beams of ^{137}Cs and ^{60}Co , for radioprotection purposes. The activity involved the laboratories that provide calibration service for radiation monitors in Brazil. The LABCAL of IDQBRN is getting ready to offer the calibration service soon. The laboratory that coordinated all the intercomparison activity was the IRD National Laboratory of Ionizing Radiation Metrology (LNMRI).

Interlaboratory comparison is essential to establish the credibility of measurements results, as well as to bring an important collaboration between the involved laboratories. Participation in this type of program is also a requirement enforced by ABNT BR ISO / IEC 17025: 2005.

It was verified that the intercomparison exercise presented an excellent result, demonstrating the competence of the LABCAL in performing calibration services and proving its measurement capacity in practice.

4 | CONCLUSION

It is expected that LABCAL will meet increasing demand for calibration of ionizing radiation measuring instruments from specialized organizations of the Brazilian Army, for use in big events and also to supply specific demands from sectors such as health, safety and research.

The implementation of LABCAL will also contribute to increase the availability of Science, Technology and Innovation infrastructure in Brazil and support programs and projects of National Defense interest in the area of application of nuclear techniques and ionizing radiations in Brazil.

THANKSWE

Thank LNMRI of IRD and the Laboratory of Radiological Sciences of UERJ for the technical-scientific support given to IDQBRN in the implementation phase of LABCAL.

REFERENCES

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, “**Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibração**”, ABNT NBR ISO/IEC 17025, Outubro,2005.
2. Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, “**Licenciamento de Instalações Radiativas**”, CNEN – 6.02, Resolução CNEN 166/14 Publicação: DOU29.04.2014.
3. Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, “**Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**” - CNEN NN 3.01 CNEN 164/14 Publicação: DOU11.03.2014.
4. Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes – LNMRI, “**Requisitos para Operação de Laboratórios de Calibração de Instrumentos de Medição de Radiação usados em Radioproteção**”, Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD, CASEC / IRD – Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN,2004.

CARACTERIZAÇÃO DE FILMES FINOS DE DERIVADOS DE POLIFULERENOS

Data de aceite: 28/05/2020
Data de submissão: 05/02/2020

André Vítor Santos Simões

UNESP – Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de
Ciências e Tecnologia, departamento de Física
Presidente Prudente - SP

<http://lattes.cnpq.br/4442553304654313>

Lucas Kaique Martins Roncaselli

UNESP – Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de
Ciências e Tecnologia, departamento de Física
Presidente Prudente – SP

<http://lattes.cnpq.br/6222719419170014>

Hasina Harimino Ramanitra

CNRS/Univ Pau & Pays Adour, Institut des
Science Analytiques et Physico-Chimie pour
l'Environnement et les Materiaux,
Pau – França

<https://orcid.org/0000-0002-8039-995X>

Meera Stephen

CNRS/Univ Pau & Pays Adour, Institut des
Science Analytiques et Physico-Chimie pour
l'Environnement et les Materiaux,
Pau – França

<https://orcid.org/0000-0003-0326-4354>

Deuber Lincon da Silva Agostini

UNESP – Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de
Ciências e Tecnologia, departamento de Física
Presidente Prudente – SP

<http://lattes.cnpq.br/8933884950667644>

Roger Clive Hiorns

CNRS/Univ Pau & Pays Adour, Institut des
Science Analytiques et Physico-Chimie pour
l'Environnement et les Materiaux,
Pau – França

<https://orcid.org/0000-0002-9887-5280>

Clarissa de Almeida Olivati

UNESP – Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de
Ciências e Tecnologia, departamento de Física
Presidente Prudente - SP

<http://lattes.cnpq.br/9822212808651415>

RESUMO: O fulereno é considerado o terceiro alótropo do carbono, depois do diamante e do grafite. O estudo de sua estrutura química vem crescendo, devido a sua afinidade para coletar elétrons. Este trabalho propõe um estudo comparativo a respeito das propriedades elétricas de três diferentes derivados de fulerenos. São eles: PCBM, OPCBMMB e PPCBMB. Para tal, os materiais foram usados para a fabricação de filmes finos, através da técnica de Langmuir-Schaefer, que permite um alto nível de controle de espessura e uniformidade morfológica. Os filmes finos foram submetidos a tensão elétrica, onde foi possível determinar os valores de

condutividade elétrica dos materiais e resistência elétrica dos filmes.

PALAVRAS-CHAVE: Fulereo, Langmuir-schaefer, filmes finos.

CHARACTERIZATION OF POLY(FULLERENE) THIN FILMS

ABSTRACT: Fullerene is considered to be the third carbon allotrope after diamond and graphite. The study of fullerene derivatives has been growing due to their exceptional electron affinity. This work proposes a comparative study of the electrical properties of three different fullerenes derivatives, being phenyl- C_{61} -butyric acid methyl ester (PCBM), oligo{(phenyl- C_{61} -butyric acid methyl ester)-*alt*-[1,4-bis(bromomethyl)-2,5-bis(octyloxy)benzene]} (OPCBMMB) and poly{[bispyrrolidino(phenyl- C_{61} -butyric acid methyl ester)]-*alt*-[2,5-bis(octyloxy)benzene]} (PPCBMB). For this, the materials were used to the fabrication of thin films, using the Langmuir-Schaefer technique, which allows a high level of thickness and morphological uniformity. The thin films were submitted to an electric tension, where it was possible to determine the electrical conductivity to the materials and the electric resistance to the films.

KEYWORDS: Fullerene, Langmuir-Schaefer, thin films.

1 | INTRODUÇÃO

A facilidade e o baixo custo de processamento fizeram com que os materiais poliméricos se tornassem abundantemente presentes em nossa vida cotidiana. Na indústria elétrica, os materiais poliméricos foram usados inicialmente com o intuito de substituir os isolantes feitos a base de papel. Sua aceitação foi muito boa por serem materiais leves, baratos e altamente isolantes (DE PAOLI, 1986).

A descoberta, em 1985, do buckminsterfullerene C_{60} , atualmente chamado de fulereo C_{60} , ocorreu acidentalmente na tentativa de simular as condições de nucleação dos átomos de carbono nas estrelas gigantes vermelhas frias, tipo N (KROTO, 1985). Por causa de sua grande estabilidade química e estrutural, o C_{60} é considerado como sendo o terceiro alótropo do carbono, depois do diamante e do grafite (VENEGAS ROMERO, 2002). O estudo da estrutura química do fulereo vem crescendo muito, os atrativos para seu estudo se devem a sua afinidade excepcional para coletar elétrons.

Além de sua aplicação na área de dispositivos eletrônicos, os fullerenos apresentam características excepcionais na área anti-câncer e anti-virais, sendo promissores candidatos a citoproteção, fotoclivagem de DNA e inibição enzimática, dentre outras (LUCAFÒ, 2013).

Obtém-se certo controle sobre as propriedades de agregação do fulereo ao adicioná-lo a uma cadeia principal de um monômero, efetivamente transformando o fulereo (C_{60}) em um monômero. A polimerização do fulereo, de maneira controlada, é feita via adição de radicais. Tal procedimento apresentou grande rendimento de oligo(fulereo)s e poli(fulereo)s (ORLOVA, 2013)

Devido às características anfífilas dos copolímeros de fullerenos, eles materiais tem potencial para serem estudados em forma de filmes de Langmuir; Langmuir-Blodgett (LB) e Langmuir-Schaefer (LS). Filmes de Langmuir são formados na interface gás-líquido,

normalmente constituídos por moléculas anfifílicas que têm regiões polares e apolares bem definidas e insolúveis na fase líquida (subfase). Os filmes são formados pela transferência do material da subfase para substratos sólidos pela imersão e emersão sucessiva através da interface. Quando formados por anfifílicos ideais, os filmes de Langmuir podem constituir uma monocamada, nas quais as moléculas se organizam com sua parte polar voltada para a água e sua porção apolar dirigida para o ar. A técnica de formação dos filmes de Langmuir possibilita controle da organização da monocamada, quanto a sua compactação e arquitetura, através de uma barreira móvel capaz de varrer moléculas na interface. Filmes de Langmuir podem ser constituídos com grande controle de organização e de espessura, além de estruturação (GAO, 2005).

Este trabalho propõe um estudo comparativo de diferentes polifulerenos visando estudar suas propriedades elétricas na forma de filmes finos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Materiais

Neste trabalho, foram utilizados três materiais derivados de fulerenos; phenyl- C_{61} -butyric acid methyl ester (PCBM), obtido comercialmente pela Sigma-Aldrich, e oligo{(phenyl- C_{61} -butyric acid methyl ester)-*alt*-[1,4-bis(bromomethyl)-2,5-bis(octyloxy)benzene]} (OPCBMMB), sintetizado em parceria com o Dr. Roger Hiorns (RAMANITRA, 2016)

e poly{[bispyrrolidino(phenyl- C_{61} -butyric acid methyl ester)-*alt*-[2,5-bis(octyloxy)benzene]} (PPCBMB), sintetizado também em parceria com o Dr. Roger Hiorns (STEPHEN, 2016). A Figura 1 representa a estrutura química dos materiais trabalhados.

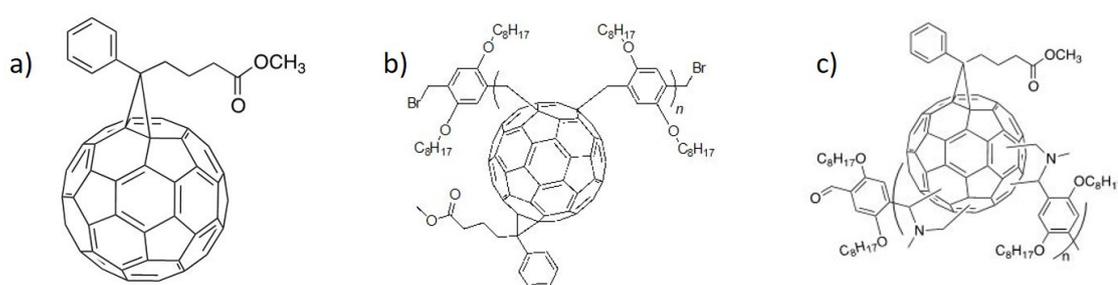


Figura 1: estrutura química do a) PCBM, b) OPCBMMB, c) PPCBMB

A fim de fabricar filmes finos com os materiais, para posteriormente realizar sua caracterização elétrica, os mesmos foram estudados na forma de solução, utilizando clorofórmio como solvente, com uma concentração de 0,2 mg/mL.

2.2 Fabricação dos filmes de Langmuir

Para a fabricação dos filmes ultrafinos foi utilizada uma Cuba de Langmuir KSV 5000, representada na figura 2, onde ocorre o espalhamento da solução em uma superfície aquosa

(subfase) e, após a evaporação do solvente, resta apenas o material espalhado na subfase. Neste ponto, o material é comprimido por barreiras móveis de modo que suas moléculas se organizem na superfície aquosa, formando uma monocamada, chamado filme de Langmuir.

Idealmente, os filmes de Langmuir são constituídos de monocamadas obtidas a partir do material anfifílico espalhado. A fase mais organizada do filme é chamada de fase condensada. Esta é a fase ideal para a deposição do material. As moléculas na fase condensada se encontram mais organizadas de modo que, o aumento da pressão além desta que mantém o filme organizado, provocaria uma sobreposição das moléculas e uma perda da organização, chamado colapso do filme (BLODGETT, 1935; MATTOSO, 2013).

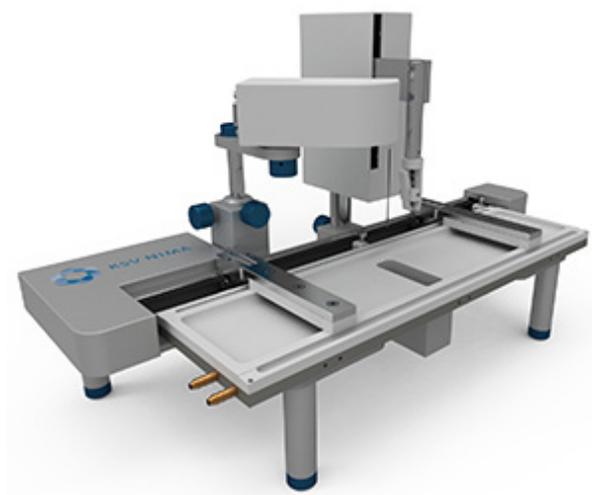


Figura 2: Representação de uma cuba de Langmuir (ATA).

Uma vez atingida a fase ideal, iniciou-se a deposição dos materiais, através da técnica de Langmuir-Schaeffer, que consiste na deposição horizontal do material no substrato, conforme representado na figura 3.

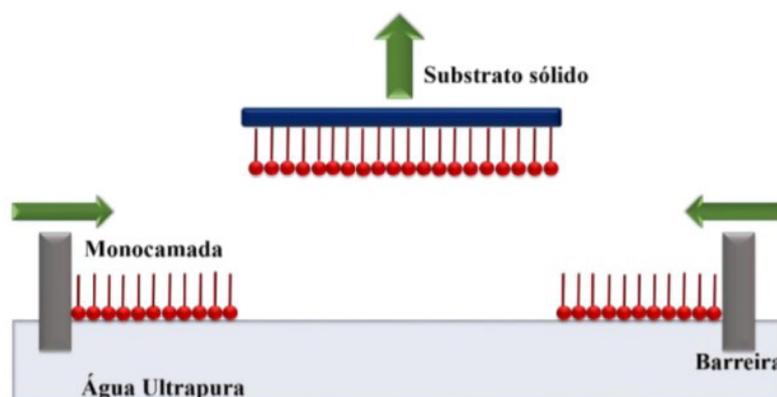


Figura 3: Técnica de deposição de Langmuir-Schaeffer (LS).

2.3 Caracterização Elétrica em Corrente Contínua

As caracterizações elétricas foram realizadas utilizando uma fonte Keithley modelo

238, onde a condutividade dos materiais foi estudada através das curvas I (corrente elétrica) vs. V (tensão).

Para sua caracterização elétrica, os filmes foram depositados pela técnica de Langmuir-Schaefer sobre eletrodos interdigitados de ouro (IDE-Au), cujas características de cada eletrodo são $N = 50$ dígitos com dimensões de 110 nm de altura (h), 8 mm de comprimento (L) e 100 μm de largura (w), conforme representado na Figura 4 (IDE com $N = 10$).

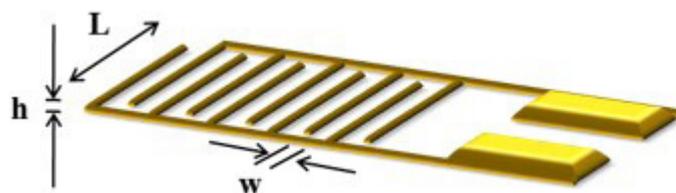


Figura 4: Representação esquemática de um eletrodo interdigitado de ouro (BITTENCOURT, 2019).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 – Isotermas de pressão de superfície (π -A)

A Figura 5, mostra os resultados obtidos pelas isotermas (π -A) para os materiais estudados, a fim de observar o comportamento dos polímeros e determinar a pressão ideal para a deposição dos filmes, bem como determinar a área molecular média dos materiais. As isotermas foram feitas espalhando 250 μL das soluções na cuba.

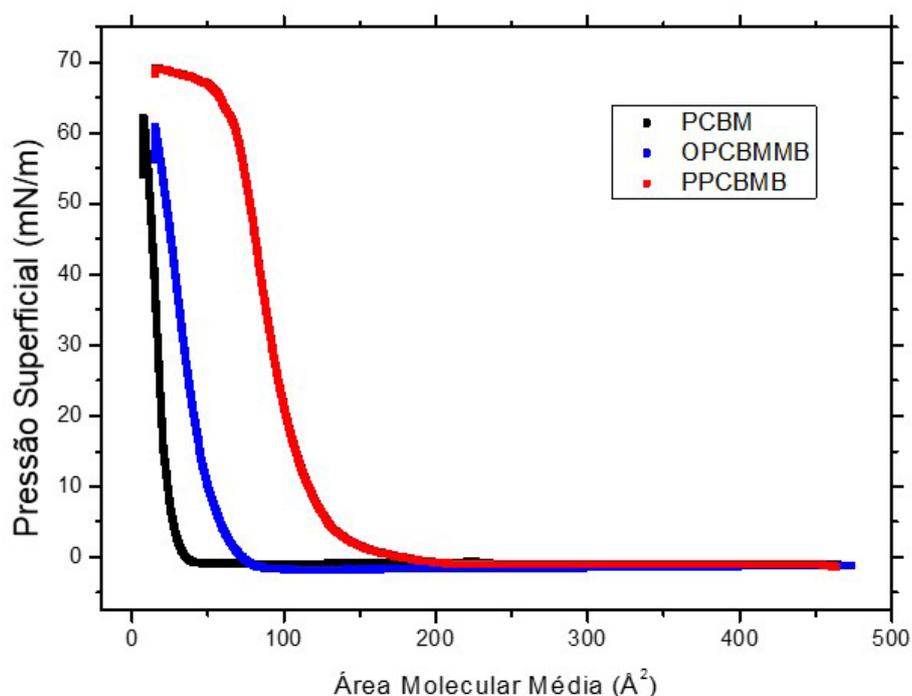


Figura 5: isotermas de pressão de superfície do PCBM, OPCBMMB e PPCBMB.

Através da análise das isotermas (π -A), foi possível observar a formação da fase sólida

e determinar a pressão superficial de aproximadamente 20 mN/m como uma fase ideal para a deposição do material (LONG, 1997; RAVAINÉ, 1996), bem como determinar a área molecular média de cada material, sendo, 25,5 Å², 53,9 Å² e 121,9 Å², respectivamente para o PCBM, OPCBMMB e PPCBMB, conforme disposto na tabela 1. Podemos observar uma diferença na área por molécula dos fulerenos, isso é atribuído ao grupo funcional de cada material que esta voltada para água, explicando a diferença entre as áreas, sendo o PCBM o menor, o OPCBMMB o intermediário e o PPCBMB o maior dentre os fulerenos estudados.

	PCBM	OPCBMMB	PPCBMB
Área molecular média (Å ²)	25,5	53,9	121,9

Tabela 1: Área Molecular Média dos polímeros estudados.

3.2 Caracterização Elétrica em Corrente Contínua

Os filmes finos, transferidos para o IDE, foram submetidos a uma tensão de -15 V a 15 V, gerando uma corrente elétrica. Os resultados obtidos para os três materiais estão dispostos na figura 6.

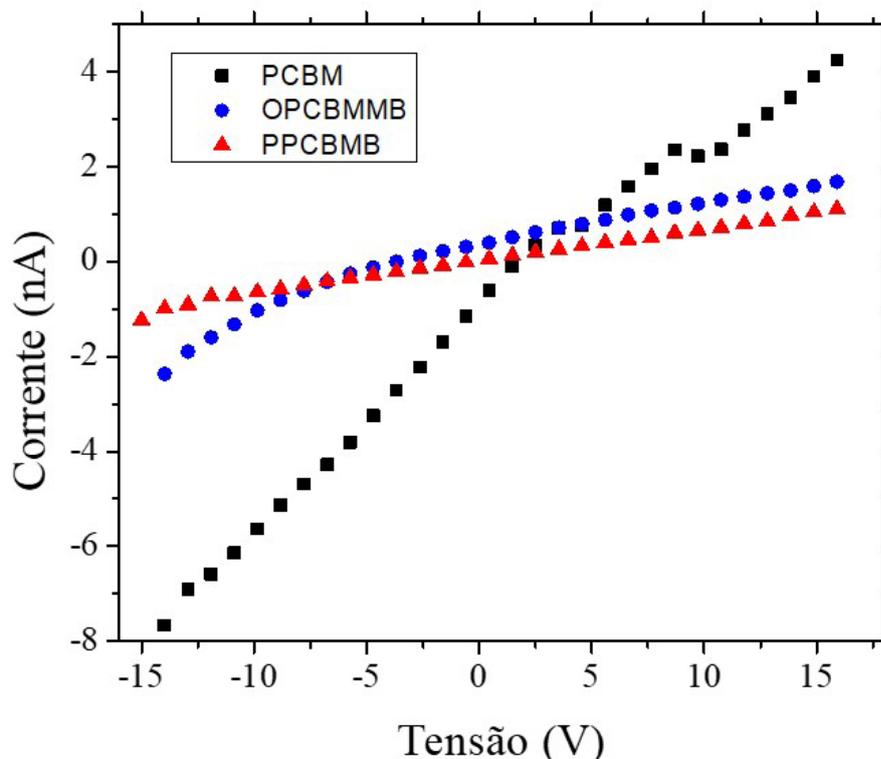


Figura 6: Curva característica I versus V para os filmes LS do PCBM, OPCBMMB e PPCBMB

Através do estudo das curvas I versus V, é possível observar que os três materiais possuem comportamento ôhmico. Também a partir do gráfico, foi possível estimar os valores de condutividade elétrica dos materiais, além da resistência elétrica dos filmes, conforme

descrito em trabalhos anteriores (OLIVEIRA, 2018). Os valores obtidos encontram-se dispostos na tabela 2.

	Condutividade (S/m)	Resistência (Ω)
PCBM	$2,01 \times 10^{-9}$	$2,53 \times 10^9$
OPCBMMB	$5,95 \times 10^{-10}$	$8,56 \times 10^9$
PPCBMB	$3,51 \times 10^{-10}$	$1,45 \times 10^{10}$

Tabela 2: Condutividade elétrica e resistência elétrica dos filmes LS

4 | CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu estabelecer um estudo comparativo entre três diferentes derivados de fulerenos: PCBM, OPCBMMB e PPCBMB.

Filmes finos foram fabricados através da técnica de Langmuir-Schaefer, em uma Cuba de Langmuir, onde foi possível observar o comportamento do material e definir, através das isotermas de pressão, a fase ideal de deposição. As isotermas (π -A) feitas na Cuba de Langmuir permitiram também, fazer uma estimativa a respeito da área molecular média de cada material. Onde a maior área foi obtida para o PPCBMB a partir do estudo do comportamento dos materiais em corrente contínua, foi possível determinar o comportamento elétrico dos polímeros, através da curva de corrente elétrica x tensão, em que foi possível estimar os valores de condutividade elétrica dos materiais e resistência elétrica dos filmes. Mostrando que ambos, OPCBMMB e PPCBMB possuem uma condutividade uma ordem de grandeza menor que o PCBM.

REFERÊNCIAS

ATA Scientific Instruments. KSV NIMA LANGMUIR AND LANGMUIR-BLODGETT TROUGH. Disponível em <<https://www.atascientific.com.au/products/ksv-nima-langmuir-and-langmuir-blodgett-trough/>>. Acesso em: 01 de Fev. de 2020

BITTENCOURT, Jéssyka Carolina et al. Gas sensor for ammonia detection based on poly (vinyl alcohol) and polyaniline electrospun. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 136, n. 13, p. 47288, 2019.

BLODGETT, Katharine B. Films built by depositing successive monomolecular layers on a solid surface. **Journal of the American Chemical Society**, v. 57, n. 6, p. 1007-1022, 1935.

DE PAOLI, Marco-A.; MENESCAL, R. K. Polímeros Orgânicos Condutores de Corrente Elétrica; Uma revisão. **Química Nova**, v. 9, n. 2, p. 133-140, 1986.

GAO, Yuan et al. Synthesis and Characterization of Amphiphilic Fullerenes and Their Langmuir– Blodgett Films. **Langmuir**, v. 21, n. 4, p. 1416-1423, 2005.

KROTO, Harold W. et al. C60: Buckminsterfullerene. **nature**, v. 318, n. 6042, p. 162-163, 1985.

LONG, Chengfen et al. Tem study on Langmuir-Blodgett films of two novel C60 derivatives. **Solid state communications**, v. 101, n. 6, p. 439-442, 1997.

LUCAFÒ, Marianna et al. Profiling the molecular mechanism of fullerene cytotoxicity on tumor cells by RNA-seq. **Toxicology**, v. 314, n. 1, p. 183-192, 2013.

MATTOSO, Luiz HC; FERREIRA, Marysilvia; OLIVEIRA JUNIOR, Osvaldo N. Filmes Langmuir-Blodgett de polímeros condutores. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 23-34, 2013.

OLIVEIRA, Vinicius Jessé Rodrigues de. Fabricação e caracterização de dispositivos fotovoltaicos utilizando filmes Langmuir-blodgett de polímeros com baixo valor de bandgap. 2018.

ORLOVA, Marina A. et al. Perspectives of fullerene derivatives in PDT and radiotherapy of cancers. **Journal of Advances in Medicine and Medical Research**, p. 1731-1756, 2013.

RAMANITRA, Hasina H. et al. Increased thermal stabilization of polymer photovoltaic cells with oligomeric PCBM. **Journal of Materials Chemistry C**, v. 4, n. 34, p. 8121-8129, 2016.

RAVAINE, S.; MINGOTAUD, C.; DELHAES, P. Langmuir and Langmuir-Blodgett films of C60 derivatives. **Thin solid films**, v. 284, p. 76-79, 1996.

STEPHEN, Meera et al. Sterically controlled azomethine ylide cycloaddition polymerization of phenyl-C 61-butyric acid methyl ester. **Chemical communications**, v. 52, n. 36, p. 6107-6110, 2016.

VENEGAS ROMERO, Jose Gino et al. Síntese de fulerenos (C60 e C70) e nanotubos de carbono de parede simples por pirólise em plasma de hélio, e sua caracterização por espectroscopia IV, UV-Vis, DRX, adsorção de gases, espectroscopia Raman, MEV e MET. 2002.

UTILIZAÇÃO DA CENTRAL DE AJUDA PARA A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO: ESTRATÉGIAS PARA AUXÍLIO AO USUÁRIO

Data de aceite: 28/05/2020

Paulo Freire Sobrinho

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD)

Dourados – MS – Brasil

Data de submissão: 21/02/2020

RESUMO: Objetivo desta pesquisa é o uso de métodos relativo a encontrar através de mecanismo centralizado em que agilize por meio da TI, com o propósito de melhorar o suporte de atendimento ao usuário. O principal interesse é comprovação de que maneira a Central de Ajuda poderia ser melhor e eficiente, comparado a outros recursos já utilizados para o fluxo do atendimento aos usuários. Através dos resultados constatou-se as estratégias e padronizações nos Artigos contribuirão na qualidade dos atendimentos envolvendo a TI. Concluiu-se que houve a redução de recursos humanos e de tempo, para auxílio através do mecanismo de informações centralizadas reutilizados pelos usuários que necessitaram de suportes.

PALAVRAS-CHAVE: Artigos, Central de Ajuda e Tecnologia da Informação.

USING THE INFORMATION TECHNOLOGY HELP CENTER: STRATEGIES FOR USER ASSISTANCE

ABSTRACT: The purpose of this research is the use of methods to find through a centralized mechanism in which to accelerate through IT, with the purpose of improving user service support. The main interest is evidence of how the Central de Ajuda could be better and more efficient compared to other resources already used to streamline customer service. Through the results it was verified the strategies and standardization in the Articles will contribute to the quality of care involving IT. It was concluded that there was a reduction of human and time resources, to help through the centralized information mechanism reused by users who needed support.

KEYWORDS: Articles, Help Center and Information Technology.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Foina (2009), a Tecnologia de Informação (TI) é um “conjunto de tecnologias, metodologias e procedimentos que atuam em coleta, tratamento e disseminação das informações na organização” [03]. De maneira geral, a TI pode ser definida como

um conjunto de atividades e soluções obtidas por meio dos recursos computacionais, as quais são aplicadas em diversas áreas de atuação, pois existe uma grande necessidade de conseguir conceituá-la por completo, tendo em vista a sua grande magnitude e expansão usual.

A TI deve auxiliar as organizações a atuarem na sociedade que convive com difusões de informações variadas, devido ao desenvolvimento das tecnologias de informação e de comunicação para resolver e acelerar resultados [01]. No entanto, existem dificuldades mediante ao fornecimento do devido suporte, por meio dos serviços especializados e eficientes através dos mecanismos que facilitem e aprimorem o fluxo destas informações, bem como na ampliação de competências daquelas que já sabem como aplicá-la.

Baseado nesta problemática, esta pesquisa propõe o uso de métodos através de uma ferramenta para a apresentação e formalização de conhecimentos em TI para produzir ou descrever, por meio de desenvolvimento de padrões e soluções para auxiliar o seu uso para usuários de organizações. Pois o objetivo é relativo a encontrar maneiras de aumentar, aperfeiçoar e garantir melhor qualidade das informações através de mecanismo centralizado em que agilize por meio da TI, para oferecer redução de tempo, aumento de confiabilidade, segurança e on-line de fácil acesso com o propósito de auxiliar os usuários do seu uso, especificamente para suporte de atendimento a partir do direcionamento adequado, através de informações úteis e essenciais para a utilização eficaz dos sistemas e serviços para as grandes organizações [01].

Neste contexto para conseguir soluções que atendam a estes fatores e outros, torna-se necessário encontrar maneiras através de vários estudos a partir da utilização de conteúdos centralizados on-line, por meio da ferramenta chamada de Central de Ajuda, a qual foi desenvolvida pela Coordenadoria de Desenvolvimento de Tecnologia da Informação (COIN), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Por isso, a proposta deste artigo é de apresentar determinada solução utilizada para que o conjunto de serviços e sistemas desenvolvidos os quais são utilizados pela Universidade, com o intuito de melhorar a eficiência e o uso dos recursos tecnológicos disponíveis para que os usuários façam uso da TI, existente dentro desta organização.

2 | MÉTODOS E MATERIAIS

Quanto à abordagem utilizada nesta pesquisa é qualitativa, a partir da investigação empírica, através de critérios subjetivos¹, dentro de uma Universidade durante o período de 2 (dois) anos entre 2013 e 2014, no qual envolve a TI e os usuários com a utilização da Central de Ajuda. Pois o principal interesse seria o questionamento mediante a comprovação de que maneira a Central de Ajuda poderia ser melhor e tanto quanto mais eficiente comparado a outros recursos já utilizados até aquele momento, por exemplo, manuais em formato PDF/

¹**Subjetivos**, neste caso, a subjetividade ocorre devido a enorme quantidade de informações em múltiplos registros de características e tecnologias heterogênicas, os quais poderiam necessitar, possivelmente, das autorizações formais para poderem ser analisadas e posteriormente, não haveria tempo hábil para ser ajustadas e tabuladas.

DOC, instruções na página da Universidade e etc.

O fato de todas as informações ser encontradas em ambiente centralizado com ótima visualização e melhor manutenção do material, acessível de maneira rápida e simples por qualquer usuário tanto, interno ou externo da Universidade que deseje consultar e buscar informações de como usar algum serviço ou sistema da Central de Ajuda através do link <http://ajuda.ufgd.edu.br/>, junto com determinada Área Administrativa acessado pelo link <http://ajuda.ufgd.edu.br/admin> os quais todos os conteúdos do site são hospedados com segurança e estabilidade em único Servidor de Internet. Para realização da manutenção de conteúdo, por exemplo, adicionar, alterar ou remover conteúdo através Ambiente Administrativo (precisa ser administrador) que possui um editor de texto simples e usual, de modo que o seu conteúdo é codificado para Hypertext Markup Language (HTML) automaticamente, pela Central Ajuda.

Para melhor apresentação dos artigos, houve a necessidade de padronizar os conteúdos presentes na Central Ajuda UFGD, sendo que o uso do ambiente de Máquina Virtual utilizado especificamente para um Sistema Operacional, a fim de ser usado como protótipo para a extração prática do material, por exemplo, criação, descrição, obtenção de imagens e demais recursos importantes com propósito da geração elaboração dos Artigos². Pois a partir desta fase é então, padronizados todos os conteúdos dos materiais para auxiliar de maneira ágil tanto, o usuário e o atendente, através da formatação do texto (fontes, tamanhos, cor, etc.), tipos das imagens, descrição de numeração dos itens e passos.

Ainda sobre a Central de Ajuda, no qual possui em sua estrutura, determinadas subdivisões entre Serviços e Sistemas, tornando assim, simplificado para obtenção da informação com a finalidade de organizar internamente, todos os seus conteúdos. Os Serviços e Sistemas podem ser comparados ao Catálogo de Serviços [02], conforme explicado a seguir:

- Os **Serviços** possuem maior quantidade, por isso, torna-se mais adequado para várias situações e soluções, pois são referentes aos aplicativos externos, equipamentos, rede de computadores, etc.
- Os **Sistemas** são referentes a todos os aplicativos internos, os quais foram desenvolvidos pela instituição, pois nesta subdivisão tem a finalidade de facilitar e orientar o usuário sobre o funcionamento e a utilização do mesmo, no qual houve dificuldade de categorizar qual o procedimento deve ser aplicado, pois o seu acesso é limitado, devido ao envolvimento de informações sigilosas, derivadas das mudanças e melhoramentos contínuos, os quais são comuns em sistemas em organizações de grande porte [01], pois neste caso, a Universidade pesquisada compreendia que muitas informações desta área poderiam ser esclarecidas diretamente, com o setor externo responsável pelo gerenciamento da manipulação destas informações.

A Central de Ajuda através desta sua estrutura de subdivisões comprovou a sua eficiência de modo para conduzir o usuário, pois a organização destas informações encontra-

²*Artigos, neste caso, a palavra é exatamente, escrita no plural que é referente a todos os textos presentes na Central Ajuda, os quais estão dentro das subdivisões, Serviços e Sistemas.

se de maneira objetiva, ágil e segura.

Foram desenvolvidas estratégias após cada um dos artigos ser preparados em conjunto com o solicitante, desse modo havia então, a necessidade da divulgação interna por e-mails no setor de TI e caso, não surgisse novas recomendações de alterações, posteriormente, era comunicado a todos. Esta fase de divulgação concretizava os artigos, após ser enviado por e-mails, para no mínimo, um usuário para cada um dos setores existentes dentro da Universidade. Ainda, sobre o critério, por meio do envio de e-mail para cada usuário por setor havia sido mapeados o que possuíam melhor interesse ou habilidade em TI e os tornando assim, em stakeholders.

Com isso, foi realizado outro mapeamento, no qual descobriu-se que a maioria dos usuários acompanhavam o conteúdo e sabia que aqueles Artigos mais recentes divulgados continham informações que poderia ser úteis durante aquele período. No geral, os usuários da Universidade acreditavam que os Artigos já continham todas as orientações sobre o processo interno do setor de TI e inclusive as soluções.

Na maioria casos, o atendente conseguia diminuir o tempo de instruções por telefone e conforme a situação, apenas o fato de ser explicar exatamente, qual entre os Artigos solucionaria a situação, já concluía o atendimento. Também foram testadas outras medidas, por exemplo: 1) após ser orientado o item, na Central de Ajuda que o usuário deveria seguir, sendo informado que poderia tentar executar as instruções; 2) caso, não conseguisse, o usuário poderia retornar a ligação (este fato contribuiu diretamente, pois normalmente o usuário conseguia concluir sozinho); 3) e caso, não tivesse solucionado, seria então, refeitos os procedimentos com o usuário, com isso, aumentando as chances do problema ser solucionado.

Outro fato relevante foi que após a Central de Ajuda produzir excelentes resultados, confiabilidade e estabilidade, onde percebeu-se que houve demandas maiores para a elaboração de Artigos. Porém, por medidas de qualidade e divulgação do conteúdo, houve a necessidade de limitação de apenas um por semana em média, pois assim, seria possível garantir que o material obtivesse entendimento, consistência, aceitação, memorização pelos usuários dos setores externos a TI.

3 | RESULTADOS

Neste sentido, percebeu-se que através do surgimento e uso da Central de Ajuda, tornou-se um forte aliado, que, cada vez mais, é utilizado internamente para os Sistemas e Serviços existentes a área de TI. Pois os Artigos foram tratados em muitas situações como importantes documentações por todos os envolvidos, principalmente, que compõe os artefatos em sistemas legados e serviços antigos ou pouco utilizados recentemente.

Para as diversas situações, de modo que existiam os Artigos relativos, aos quais os usuários solicitavam suporte tanto, por telefone, e-mail ou pessoalmente, e eram direcionados pelo atendente a acessar o link <https://ajuda.ufgd.edu.br/> no qual orientava até os itens relacionados com a solução sobre a determinada demanda. Com isto, tornando-se

assim, objetivos todos estes processos e garantindo o melhoramento da qualidade no fluxo das solicitações baseados nos atendimentos.

Com isto, observou-se que a Central de Ajuda contém excelente integração, baseado em funcionalidades e necessidades, principalmente para os usuários e profissionais em TI. Pois a partir de estudos e análises constatou-se que após definidas as padronizações nos Artigos e organizados a estrutura dos textos em instruções de como proceder, os quais contribuirão em muito para os atendimentos envolvendo a TI. E partir deste modelo de padronizações estruturas os quais diretamente, foram baseados no próprio fluxo de atendimento, pois o princípio seria que, ao invés, de ser explicado para o usuário todos os passos que ele deveria proceder por telefone, e-mail ou pessoalmente, reduziria o tempo de atendimento e aumentaria a qualidade destas informações, e evitando conforme os Artigos de ser explicado novamente, para o usuário.

Devido ao grande potencial que a padronização dos Artigos contidos na Central de Ajuda, os quais tornaram-se úteis também como fontes de estudos pelos estagiários e técnicos ainda durante a fase de treinamento, através da familiarização com os Serviços e Sistemas, reduzindo com isto, custos de tempo e demais recursos operacionais que seriam necessários na capacitação. Pois, neste último requisito é relevante, devido os treinamentos consumiram muito tempo para qualquer organização [01], já que envolve a experiência no caso, de outro profissional sênior. Partindo deste contexto, os esforços aplicados pelas organizações, muitas vezes, não possuem condições financeiras suficientes e prazos de projetos tecnológicos reduzidos, rotatividade de profissionais direcionados a suporte, infraestrutura e desenvolvimento com quantitativo mínimo, comparando as demandas de serviços e produtos existentes.

Outro aspecto favorável sobre o uso Central de Ajuda está relacionado diretamente com a procura (localizado no botão “**Clique para buscar**”), pois possui enorme potencial, facilitando o acesso e uso dos Artigos. No entanto, conforme relatado informalmente, por muitos usuários, os quais ainda utilizam raramente, este recurso de procura.

Portanto, os métodos de estudos mostraram adequados de maneira que podem ser utilizados em Universidades, diversas outras organizações e principalmente em órgãos públicos, ainda com a utilização da ferramenta em formato padronizado, no qual concretizou o fundamento desta pesquisa.

4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que o objetivo desta pesquisa foi atingido, pois foi proposto e estudado determinada solução que pudesse auxiliar o usuário e contribuir para o atendimento perante o setor de TI poder realizar o suporte necessário quando solicitado de maneira centralizada. O estudo buscou fazer uma análise econômica, tanto em recursos humanos e a redução de tempo para atender diretamente a todos que necessitam ou estão envolvidos com a TI.

O diferencial dos outros métodos e materiais já mencionados comparado a Central de Ajuda, consiste exatamente, em padronizações e atendimentos baseado em TI através do

uso de site que pode ser utilizado como um mecanismo de informações centralizadas em que são codificadas para a integração de determinados repositórios para ser utilizados e/ou reutilizados pelos usuários que necessitaram de orientações de profissionais experientes para realização do suporte de como proceder diante do fluxo de informações.

Espera-se que a elaboração deste artigo possa contribuir para todos os profissionais envolvidos com a TI, no sentido de disseminar o uso de novos métodos e materiais, apresentando soluções práticas, viáveis, seguras, compatíveis e tornando assim, esse material em certa referência para os novos pesquisadores, interessados em manter as informações dos produtos e serviços em TI acessíveis de maneira prática e simples principalmente, nos ambientes universitários com intuito que possa aumentar a economia em escala e a eliminação de qualquer gerenciamento de informação que possa ser ineficiente.

REFERÊNCIAS

[01] Almeida, Jocely Santos Caldas; Oliveira, Maria De Fátima Lima Chaves Figueiredo de. **Tecnologia da Informação (TI) e o Desempenho Competitivo das Organizações**. Disponível em <http://www.convibra.com.br/upload/paper/adm/adm_3123.pdf>. Acessado em 11/03/2019.

[02] Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE). 2014. **Catálogo de Serviços de TI do Cade. Diretoria Administrativa (DA), Coordenação-Geral de Tecnologia da Informação (CGTI). Brasília**. Disponível em <http://www.cade.gov.br/acesso-a-informacao/publicacoes-institucionais/tecnologia-da-informacao/subpasta/catalogo_de_servico.pdf>. Acessado em 15/03/2019.

[03] Foina, Paulo Rogério. 2001. **Tecnologia de Informação: planejamento e gestão**. São Paulo: Editora Atlas.

SOBRE OS ORGANIZADORES:

Dr. Marcelo Máximo Purificação - Pós-doutor em Educação pela Universidade de Coimbra, Portugal. Doutor em Ciências da Religião pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás -2014). Doutorando em Ensino pela Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES 2017). Mestrado Profissional em Teologia: Educação Comunitária Infância e Juventude pela Escola Superior de Teologia - EST/UFRGS e Mestre em Ciências Educacionais pela UEP. A nível de graduação, possui formação multidisciplinar (licenciatura e bacharelado) cursados no período (1993-2011), sendo: Licenciatura Plena em Matemática (UEG), Licenciatura em Pedagogia (ICSH/UFG), Licenciatura em Filosofia (FBB/UNIT) e Bacharelado em Teologia (FATEBOV). Professor Titular C-I (Estatutário) da Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior FIMES/UNIFIMES, lotado na Unidade Básica das Humanidades. Professor P-IV da Secretaria Estadual de Educação de Goiás SEDUCE/GO. Professor Permanente no Mestrado Profissional em Intervenção Educativa e Social (MPIES) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) (Colaboração técnica). Professor Permanente no Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGEdu - Mestrado em Educação) da Faculdade de Inhumas (FACMAIS); Professor Permanente no Programa de Educação da Universidade do Estado do Mato Grosso do Sul (UEMS) (Colaboração técnica); Coorientador nos Programas de Pós-Graduação em Ensino (PPGEns) e Ciências Exatas (PPGECE) da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES. Coordenador do Grupo de Pesquisa (NEPEM/UNIFIMES). E-mail: maximo@unifimes.edu.br.

Dra. Miriam Ines Marchi - Possui graduação em Química Industrial pela Universidade de Santa Cruz do Sul (1994), mestrado em Química pela Universidade Federal de Santa Maria (1998) e doutorado em Química pela Universidade Federal de Santa Maria (2003). Atualmente é professora titular da Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES. Atua, principalmente, nas seguintes linhas de pesquisa: Tecnologias, metodologias e recursos didáticos para o ensino e Formação de Professores e Práticas Pedagógicas no Ensino. E-mail: mmarchi@univates.br

Dra. Nélia Maria Pontes Amado - Doutora em Matemática, especialidade de Didática da Matemática pela Universidade do Algarve, Portugal. É professora Auxiliar da Universidade do Algarve e Membro da Unidade de Investigação e Desenvolvimento em Educação e Formação, do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. Colabora com vários programas de doutoramento em Portugal e no estrangeiro, nomeadamente na Universidade do Vale do Taquari, UNIVATES, Brasil. Tem orientado várias teses de doutorado em Portugal e no Brasil, assim como dissertações de Mestrado. É autora de vários livros e capítulos de livros internacionais publicados pela Springer e de artigos de investigação publicados em diversos países. Foi membro da Comissão de Acompanhamento do Plano da Matemática I e do Plano da Matemática II e do Novo Programa de Matemática (ME 2006-2012). É consultora científica do Programa de Formação e Acompanhamento dos Professores de Matemática do 3º ciclo do Ensino Básico da Região Autónoma dos Açores. E-mail: nmpamado@hotmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aletas 30, 31, 32, 33, 35, 36, 38, 40, 42, 43
Antena 11, 79, 80, 81, 82, 83, 84
Aquíferos fraturados 11, 85, 86, 87, 97
Aterro sanitário 44, 45, 46, 48

C

Condução 30, 31, 33, 34, 35, 37, 38, 43
Condutividade 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 32, 36, 40, 137, 140, 141, 142

D

Desenvolvimento de suportes 68

E

Eletrodeposição 49, 52, 53, 54
Emissão radiada 79, 80, 81
Ensaio de tração 13

F

Fator 5, 11, 51, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 115
Filmes finos 12, 136, 137, 138, 141, 142
Fulereo 136, 137

G

Glicerol 49, 50, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 69

I

Imobilização 68, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 78

M

Medição dimensional 99
Metrologia 2, 4, 99, 100, 108, 131, 132, 135
Microemulsão 49, 57, 58, 59

P

Poluição 44, 46
Preservativos 10, 13, 21

Q

Quadrilátero Ferrífero 110, 111, 112, 114, 127, 128, 129
Qualidade 2, 3, 4, 5, 10, 11, 23, 47, 48, 51, 59, 80, 88, 98, 100, 103, 144, 145, 147, 148

R

Radônio 11, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98

Refrigeração industrial 2

Resistividade 5, 12, 85, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97

S

Sedimento 22, 23, 24, 27

T

Textura cristalográfica 61

Transesterificação 49, 50, 60, 68, 69, 73, 75

V

Validação 10, 11, 79, 80, 82, 83

Visão computacional 108

 **Atena**
Editora
2 0 2 0