

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
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
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Gabriel Motomu Teshima
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Luis Ricardo Fernandes da Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G342 Geociências: a história da terra / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-120-3

DOI 10.22533/at.ed.203210106

1. Geociências. I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da (Organizador). II. Título.

CDD 550

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

É com muito prazer que apresentamos a obra “Geociências: a história da Terra”, que apresenta uma série de dezessete artigos com diferentes abordagens e metodologias que abrem a discussão da produção acadêmica nesse segmento.

A obra é composta por trabalhos voltados para as geociências e que abordam diferentes metodologias, desde análises climáticas, passando pela interpretação de Modelos Digitais de Elevação e diferentes aplicações para o meio ambiente.

Como destaque, cabe ressaltar a aplicabilidade em diferentes contextos e realidades no Brasil e no exterior, além das experiências voltadas a consolidação do ensino de geociências a nível nacional, como é abordado ao longo do livro.

Diante dos desafios e atual conjuntura da ciência brasileira, a presente obra é uma possibilidade e esforço de divulgação de trabalhos em diferentes escalas e com a qualidade a nível Brasil, mesmo com os percalços e desafios da pesquisa cotidiana.

Convidamos a todos os leitores a percorrer pelo sumário e conferir essa incrível coleção, com possibilidades de expansão e disseminação nos próximos trabalhos da área.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A APLICAÇÃO DA TÉCNICA MULTIVARIADA (PCA) NA CORRELAÇÃO DO PALEOAMBIENTE DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO IRATI (BACIA DO PARANÁ) POR MEIO DE DADOS DE BIOMARCADORES

Lorena Tuane Gomes de Almeida

Sidney Gonçalo de Lima

DOI 10.22533/at.ed.2032101061

CAPÍTULO 2..... 15

A CRIAÇÃO DE UMA SALA DE EXPOSIÇÃO DE METEOROLOGIA NO MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL DA UFAL

Natalia Fedorova

Vladimir Levit

Ana Paula Lopes da Silva

Jorge Luiz Lopes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2032101062

CAPÍTULO 3..... 30

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DOS MUNICÍPIOS DE BOM JESUS DO ITABAPOANA – RJ E BOM JESUS DO NORTE – ES, UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E SENSORIAMENTO REMOTO

Wallace Maciel Pacheco Neto

DOI 10.22533/at.ed.2032101063

CAPÍTULO 4..... 43

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO SEGUNDO OS DADOS DE PLUVIÔMETRO, GPCC E TRMM PARA RONDON DO PARÁ E SUA RELAÇÃO COM ANOMALIAS DE TSM

Priscila dos Santos Ribeiro

Juliana Cristina Silva do Nascimento

Fernando Bosco de Sousa Melo

Luciano André Barbosa da Silva

Paulo Rick Soares Rodrigues

Emily Amaro Pires

Davi Miranda Costa

Matheus Henrique Melo Farias

Laura Carolina Trindade Santos

Luan Bezerra Moreira dos Santos

Jordana do Socorro Silva do Nascimento

Talleson Gabriel Andrade dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.2032101064

CAPÍTULO 5..... 58

PROSPECÇÃO GEOELÉTRICA DE OCORRÊNCIA DE COBRE EM FAIXA DE DOBRAMENTOS NA REGIÃO DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)

Shaiely Fernandes dos Santos

César Augusto Moreira

Fernanda Teles Gomes Rosa
Karolliny Borssatto
Marly Aparecida da Silva
DOI 10.22533/at.ed.2032101065

CAPÍTULO 6..... 76

AVALIAÇÃO NUMÉRICA DO IMPACTO DA RESSURGÊNCIA NO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE BRISAS NO LITORAL DO RIO DE JANEIRO – BRASIL

Caio Pereira de Souza
Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira
Luiz Paulo de Freitas Assad

DOI 10.22533/at.ed.2032101066

CAPÍTULO 7..... 93

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DITAIS DE ELEVAÇÃO E CARTA TOPOGRÁFICA NA GERAÇÃO DE MAPAS DE DECLIVIDADE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS – PR

Sidival Antonio Calderan
Ricardo Henrique Bueno
Giovana Moreira Goes
Rodrigo Gonçalves Ferreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2032101067

CAPÍTULO 8..... 99

COMPARAÇÃO ENTRE O POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO E DIFERENTES MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

Juliana Tamires Ferreira Kizahy Nagem
Maria Luiza de Castro Garcia
Wanessa Dias Alves
Samuel Salin Gonçalves de Souza
Emerson Ricardo Barros Pires
Nathalia de Souza Lima
Marcus Vinicius Zamorim da Costa
Júlio Anderson Araujo Pereira
Wendell Fonseca Pinheiro
Karen Patricia Macedo Cesário
Patrick Rafael Silva Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.2032101068

CAPÍTULO 9..... 109

COMPARAÇÃO ENTRE OS INTERPOLADORES DO ARCGIS -PRO PARA DADOS GRAVIMÉTRICOS

Leticia Cristina Ribeiro
Danilo Fernandes de Medeiros
Giuliano Sant'Anna Marotta
Rejane Ennes Cicerelli

DOI 10.22533/at.ed.2032101069

CAPÍTULO 10.....	116
CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS, TERRAS RARAS E ESCÂNDIO EM PERFIL DE INTEMPERISMO DE ROCHA METAULTRAMÁFICA (BOM JESUS DA PENHA – MG)	
Ilio Rodarte Faria Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010610	
CAPÍTULO 11.....	135
DISTRIBUIÇÃO DAS VELOCIDADES E DIREÇÕES DO VENTO EM UM PLANTIO DE CUPUAÇUZEIRO COM AÇAÍ	
Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes	
Joyse Tatiane Souza dos Santos	
Deborah Luciany Pires Costa	
Denilson Barreto da Luz	
Matheus Lima Rua	
Erika de Oliveira Teixeira	
Igor Cristian de Oliveira Vieira	
Adrielle Carvalho Monteiro	
João Vitor de Nóvoa Pinto	
Stefany Porcina Peniche Lisboa	
Maria de Lourdes Alcântara Velame	
Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.20321010611	
CAPÍTULO 12.....	145
ESTUDOS DE DAM BREAK	
Olavo Tozete Tercini	
Arthur Bucciarelli Andreetta	
Euclides Cestari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010612	
CAPÍTULO 13.....	151
MEDIDAS GERAIS PARA PRECAUÇÃO DE DESASTRES EM BARRAGENS	
Olavo Tozete Tercini	
Arthur Bucciarelli Andreetta	
Mariane Chimite Nossa	
Douglas Meira Brito	
Euclides Cestari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010613	
CAPÍTULO 14.....	157
MOVIMENTO DO PÓLO ANALISADO SOB A INFLUÊNCIA DO TERREMOTO DE SAMOA	
Juliana Tamires Ferreira Kizahy Nagem	
Wendell Fonseca Pinheiro	
Maria Luiza de Castro Garcia	
Lucas Daniel Noronha Ferreira	
Mozart dos Santos Silva	

Marcos Gabriel Silva e Silva
Arthur Jeronimo Santana Aragão
Patrick Rafael Silva Corrêa
Júlio Anderson Araújo Pereira
DOI 10.22533/at.ed.20321010614

CAPÍTULO 15..... 167

RECLASSIFICAÇÃO DO AMBIENTE FLUVIAL NO ESPAÇO URBANO DE PONTA GROSSA-PR: UM NOVO OLHAR

Marcelo Mendes
Maria Ligia Cassol-Pinto

DOI 10.22533/at.ed.20321010615

CAPÍTULO 16..... 180

USO DE SÉRIE CLIMATOLÓGICA PARA CARACTERIZAÇÃO DA SAZONALIDADE E VARIABILIDADE CLIMÁTICA EM BELÉM-PA

Gabriel Brito Costa
Ana Caroline da Silva Macambira
Letícia Victória dos Santos Matias
Duany Thainara Corrêa da Silva
João Thiago Rodrigues de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.20321010616

CAPÍTULO 17..... 198

VERIFICAÇÃO DO CÓDIGO FLORESTAL ATUAL EM APP DE RIOS PERENES E INTERMITENTES NO CONTEXTO URBANO DA CIDADE DE CURITIBA

Carla Jaqueline Casaroti
Flávia Silveira
Gabriele Silveira Camara
Luís Antônio Soares e Sousa
Jorge Antonio Silva Centeno

DOI 10.22533/at.ed.20321010617

SOBRE O ORGANIZADOR..... 212

ÍNDICE REMISSIVO..... 213

PROSPECÇÃO GEOELÉTRICA DE OCORRÊNCIA DE COBRE EM FAIXA DE DOBRAMENTOS NA REGIÃO DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)

Data de aceite: 21/05/2021

Shaiely Fernandes dos Santos

Universidade Estadual Paulista/UNESP,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Campus de Rio Claro
Rio Claro, SP, Brasil

César Augusto Moreira

Universidade Estadual Paulista/UNESP,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Campus de Rio Claro
Rio Claro, SP, Brasil

Fernanda Teles Gomes Rosa

Universidade Estadual Paulista/UNESP,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Campus de Rio Claro
Rio Claro, SP, Brasil

Karolliny Borssatto

Universidade Estadual Paulista/UNESP,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Campus de Rio Claro
Rio Claro, SP, Brasil

Marly Aparecida da Silva

Universidade Estadual Paulista/UNESP,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Campus de Rio Claro
Rio Claro, SP, Brasil

RESUMO: A prospecção de sulfetos por meio de métodos geofísicos, como a eletrorresistividade e a polarização induzida, são altamente promissores devido ao contraste de resistividade

elétrica e cargabilidade, onde depósitos com sulfetos disseminados ou filoneanos são caracterizados por baixa resistividade e alta polarizabilidade. Esse trabalho realizou estudo de prospecção geofísica por meio de aquisição tomográfica em ocorrência mineral de cobre, na região de Caçapava do Sul (RS). Foram realizadas 3 linhas de aquisição por meio da técnica de tomografia elétrica em arranjo dipolo-dipolo, com 400 m de comprimento e 5 m de espaçamento entre eletrodos, dispostas de forma perpendicular à estruturação da área, representada com um grande sinclinal, em cuja crista foram reconhecidas galerias de pesquisa com carbonatos e sulfetos de cobre. Os modelos de inversão 2D e mapas de multiníveis 3D indicam regiões centrais e laterais com alta resistividade e alta cargabilidade com indicativo de provável zona de stockwork com sulfetos alojados. Zonas periféricas com moderada resistividade e moderada cargabilidade infere possíveis áreas com presença de argilização, zonas com alta cargabilidade e baixa resistividade são prováveis zonas de sulfetação e as possíveis zonas de silicificação com altos valores de resistividade e baixos de cargabilidade, observadas nas adjacências das prováveis zonas mineralizadas.

PALAVRAS - CHAVE: pesquisa mineral, sulfeto, resistividade elétrica, cargabilidade, modelamento 3D.

ABSTRACT: The wide variety of copper applications encourages the exploration of mineralized areas. Sulfide prospecting by means of geophysical methods, such as electrical resistivity and induced polarization (IP), are highly

promising due to the contrast of electrical resistivity and chargeability, where deposits with disseminated sulfides or filonians are characterized by low resistivity and high polarizability. This work carried out a study of geophysical prospecting by means of tomographic acquisition in mineral copper occurrence, in the region of Caçapava do Sul (RS). Three acquisition lines were performed by means of electrical tomography technique using a Dipole-dipole arrangement, with a length of 400 m and a spacing of 5 m between the electrodes, arranged in perpendicular layout to the general structure of the area, represented by a large synclinal where research galleries with carbonates and copper sulfides were recognized in the ridge. The 2D inversion models and 3D multilevel maps indicate central and lateral regions with high resistivity and high chargeability with indication of probable presence of copper sulfide, possibly housed in quartz veins. Peripheral zones with moderate resistivity and moderate chargeability infer possible areas with presence of argilization, zones with high chargeability and low resistivity are likely to be zones of sulfation and possible silicification zones with high resistivity values and low chargeability values, observed in the vicinity of the probable mineralized zones.

KEYWORDS: Chargeability, Mineral research, Resistivity, Sulfide, 3D multilevel modeling.

INTRODUÇÃO

A grande importância do minério de cobre na economia mundial é mantida por décadas devido a propriedades físicas e químicas que lhe conferem ampla gama de usos no desenvolvimento tecnológico industrial, como na indústria elétrica e eletrônica, engenharia industrial, construção civil, transporte (indústrias automobilísticas, naval, aeronáutica e ferroviária) entre outros usos (DNPM, 2001).

A prospecção de sulfetos por meio de métodos geoeletricos, como a eletrorresistividade e a polarização induzida (IP), são altamente promissores devido ao contraste de resistividade elétrica e cargabilidade, onde depósitos com sulfetos disseminados ou filoneanos são caracterizados por baixa resistividade e alta polarizabilidade (Moon *et al.*, 2006; Kearey *et al.*, 2002). Diversos trabalhos de aplicação dos métodos geofísicos demonstram a aplicabilidade no reconhecimento, delimitação e modelagem de ocorrências minerais sulfetadas, citando Irvine & Smith (1989), Locke *et al.*, (1999), Allis (1990), Moreira & Ilha (2011), Moreira *et al.*, (2012), Cortês (2016), entre outros.

O método de eletrorresistividade possibilita medições de resistência elétrica de solos e rochas e é potencialmente aplicável para identificação de contrastes entre litologias e zonas mineralizadas. O método de polarização induzida, por sua vez, mede a polarizabilidade dos materiais geológicos. Este método foi inicialmente desenvolvido para pesquisa de sulfetos disseminados, onde ocorre acúmulo de cargas elétricas em grande escala em comparação aos materiais geológicos que frequentemente compõem solos e rochas, como silicatos e carbonatos (Telford *et al.*, 1990; Kearey *et al.*, 2002).

Este projeto visa aplicação dos métodos de eletrorresistividade e polarização induzida de forma a detalhar uma ocorrência de sulfeto de cobre no município de Caçapava

do Sul-RS.

Localização e geologia da área de estudo

A área de estudo está localizada a noroeste do município de Caçapava do Sul (RS), distante 260 km de Porto Alegre, com acesso pela BR-290. A região é historicamente conhecida por suas atividades de mineração, que remontam ao século XIX, principalmente de cobre e ouro até a década de 1990 (Ronchi & Lobato, 2000) (Figura 1).

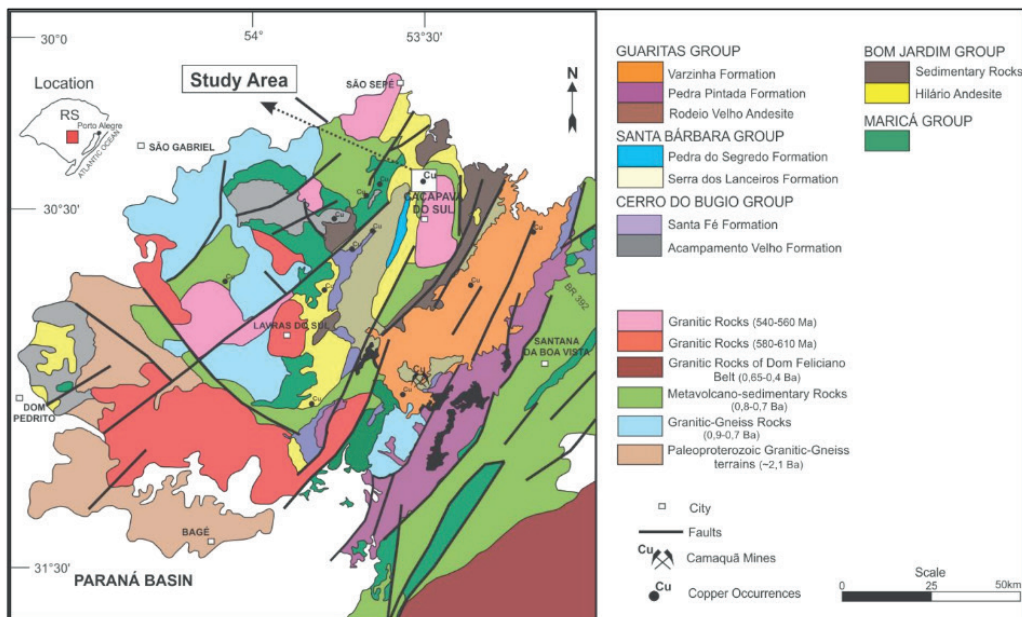


Figura 1 – Geologia da bacia sedimentar do Camaquã, com localização da ocorrência mineral em estudo (Modificado de Paim et al. 2000 e Kazmierczak 2006).

A ocorrência mineral estudada está inserida no Complexo Metamórfico Vacacaí, próximo ao contato com a Bacia do Camaquã. Esta Unidade Metavulcano-Sedimentar, é constituída por xistos, grafita xisto, quartzitos, anfíbolito e níveis de metavulcânicas intermediárias, todo o conjunto metamorfozado na fácies xisto verde superior a anfíbolito (CPRM, 2000).

A ocorrência mineral estudada está inserida no Complexo Metamórfico Vacacaí, próximo ao contato com as rochas da Bacia do Camaquã. O Supercomplexo Vacacaí, assim denominado por Chemale Jr (2000), engloba os vários complexos de rochas metavulcano-sedimentares deformadas e metamorfozadas em fácies xisto verde superior a anfíbolito (Complexo Passo Feio, Complexo Bossoroca/Palma e Complexo Ibaré) corresponde ao embasamento da região de estudos. As rochas constituintes são xistos, grafita xisto,

quartzitos, anfíbolito e níveis de metavulcânicas intermediárias.

A região de estudos é englobada pelo Cinturão Metavulcano-Sedimentar, onde a evolução estrutural ocorreu em 5 fases de deformação para os metamorfitos adjacentes à borda oeste do Complexo Granítico Caçapava do Sul. A primeira fase (D1) representada por foliação altamente transposta, teria sido dobrada isoclinalmente na segunda fase (D2), resultado da foliação transposta regionalmente dominante, associada a um bandejamento complexo. A terceira fase teria redobrado esse bandejamento sob forma de grandes isoclinais recumbentes, associadas a falhamentos de baixo ângulo. As estruturas até então formadas teriam sido deformadas em uma quarta fase (D4), com formação de um sistema de sinformes e antiformes com planos axiais de mergulhos acentuados, enquanto a quinta fase (D5) seria caracterizado por uma clivagem de fratura ortogonal aos eixos das dobras anteriores (CPRM,1995).

O metamorfismo regional que afetou as rochas desta associação é de baixo grau, com rochas de grau metamórfico mais elevado nas proximidades do Complexo Granítico Caçapava, onde ocorre paragênese mineral de fácies hornblenda cornubianitos, anfíbolitos e anfíbolitos feldspatizados (CPRM,1995).

O Complexo Granítico Caçapava do Sul consiste em uma estrutura dômica alongada na direção N/S, constituído por leucogranitos, monzogranitos, granodioritos e tonalitos (Remus, et al. 2000), com foliação, principalmente nas bordas, definida pelo estiramento do quartzo, feldspato e dos minerais plácóides e prismáticos. A idade e origem do granito Caçapava é incerta, entretanto dados isotópicos de Rb/Sr apontam idades de cristalização de 552 ± 8 Ma (Gastal e Lafon, 1998).

O minério de cobre na região é de origem hidrotermal magmática, segundo Teixeira (1937), Leinz e Almeida (1941), Bittencourt (1972), Beckel (1990), Remus et al. (2000) sendo encontrado como filões e preenchendo fraturas que provocam alterações na rocha encaixante, como silicificação, carbonatação, argilização e disseminação. De acordo com as hipóteses, a ascensão dos fluidos hidrotermais originados de corpos magmáticos profundos por meio de fraturas, teria ocorrido nas minas do Camaquã, complexo mineiro constituído pelas minas Uruguai, São Luiz e jazida Santa Maria, lavrado desde o século XIX e que serviu de base para estudos geológicos detalhados e para a proposição dos principais modelos genéticos para depósitos metálicos no âmbito da Bacia Sedimentar do Camaquã.

Os modelos propostos por Bettencourt (1972) e Remus et al. (2000) apontam características que sugerem a origem hidrotermal magmática do minério, como: a mineralização controlada por zona fraturada, a presença de filões espessos, a temperatura de deposição dos principais minerais do minério em torno de 210°C a 300°C, os metais derivados de uma antiga fonte do embasamento crustal durante o final do ciclo orogênico brasileiro, em 594 Ma, datado por U / Pb SHRIMP determinado por zircões.

Os mesmos autores indicam que os fluidos do Granito Caçapava lixiviam os

metais da Formação Passo Feio, remobilizando e depositando os sulfetos nas cristas das dobras e em fraturas. Entretanto, Remus et al. (2000) sugere que os sulfetos epigenéticos da Formação Passo Feio não podem ter sido a única fonte das mineralizações da Bacia do Camaquã. Outros estudos isotópicos realizados por este mesmo autor também não corroboram com a hipótese de que os sulfetos da Formação Passo Feio serem a única fonte das mineralizações, evidenciando que uma fonte hidrotermal magmática deve ter contribuído para a deposição dos sulfetos na Bacia do Camaquã.

A área de estudo é representada por uma ocorrência mineral de cobre alojada na crista de um dobramento composto por alternância de xistos e quartzitos, onde foram explorados filões mineralizados em cobre nos anos 1950, a partir de galerias e trincheiras. Os indícios de mineralização reconhecidos na área consistem em carbonatos de cobre (malaquita e azurita), além de sulfetos de cobre e ferro (cuprita, calcopirita, covelita, calcosita e pirita), reconhecidos em exposições principalmente nas galerias de pesquisa reconhecidas na área (Figura 2). Este conjunto de fatores são indicativos da existência de minério do tipo filoniano, possivelmente contido em fraturas ou cristas de dobras parasíticas orientadas segundo o eixo de dobramentos regional (N-S).

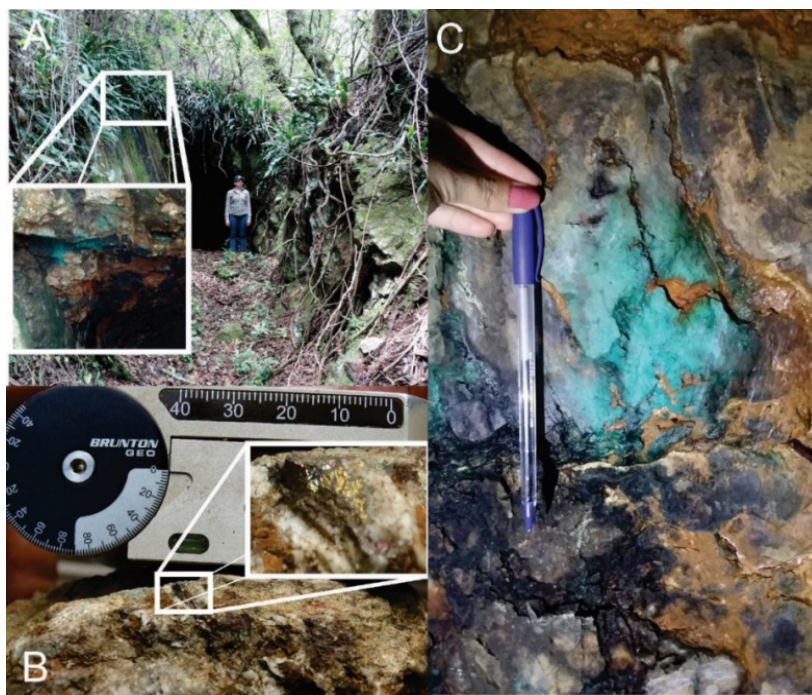


Figura 2 – A) Galeria de pesquisa contendo alteração do minério de cobre em forma de malaquita (carbonato de cobre); B) pirita em amostra localizada na linha 2; C) malaquita na parede da galeria.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de um adequado posicionamento das linhas de tomografia elétrica, foi realizado levantamento estrutural a partir de 200 medidas de fraturas por meio de bússola. Posteriormente, foram definidos três perfis longitudinais com direção E-W, com o objetivo de cruzar a orientação geral do dobramento em estudo (eixo N-S).

Foram utilizados os métodos de Eletrorresistividade e da Polarização Induzida (IP) por meio da técnica de tomografia elétrica em arranjo Dipolo-dipolo. Tal arranjo foi escolhido devido a configuração de disposição dos eletrodos na superfície que ocasiona a propagação inclinada do fluxo de corrente, portanto mais eficaz em delinear feições contrastantes em meio a zonas de dobras inclinadas e fraturadas do que os outros arranjos.

As linhas foram dispostas paralelamente com espaçamento de 50 m entre linhas e 5 m entre eletrodos (Figura 3). O equipamento utilizado foi o resistímetro Terrameter LS fabricado pela ABEM Instrument. Os parâmetros de configuração do equipamento para leitura do método da polarização induzida foram 400 mA, transmissão de tempo 1.5s, corte de corrente após 0.3s em duas janelas de leitura consecutivas de 0.1s.

Os dados foram processados no programa RES2DINV desenvolvido pela Geotomo *Software*, que determina um modelo de seção bidimensional (2D) da subsuperfície, de resistividade e cargabilidade, em termos de distância x profundidade (Loke & Barker, 1996).

O produto numérico da inversão 2D de cada seção foi reunido em uma única planilha, que registra a posição das leituras ao longo das linhas (variável x), espaçamento entre linhas (variável y), profundidade modelada pela inversão (variável z) e o valor do parâmetro geofísico (variável resistividade/cargabilidade). Essa planilha é utilizada para geração dos modelos 3D, transferidos no programa *Oasis Montaj*, pertencente a plataforma *Geosoft*, que segue rotina de etapas básicas adotadas em pesquisa mineral. O plano de amostragem é frequentemente definido a partir de critérios estatísticos, estruturais, disposição espacial de uma acumulação mineral, dentre outros Moon et al. (2006). Um procedimento simples consiste em amostragens por um conjunto de furos perpendicular ao eixo principal da estrutura, sucedidos por um conjunto paralelo de linhas de furo.

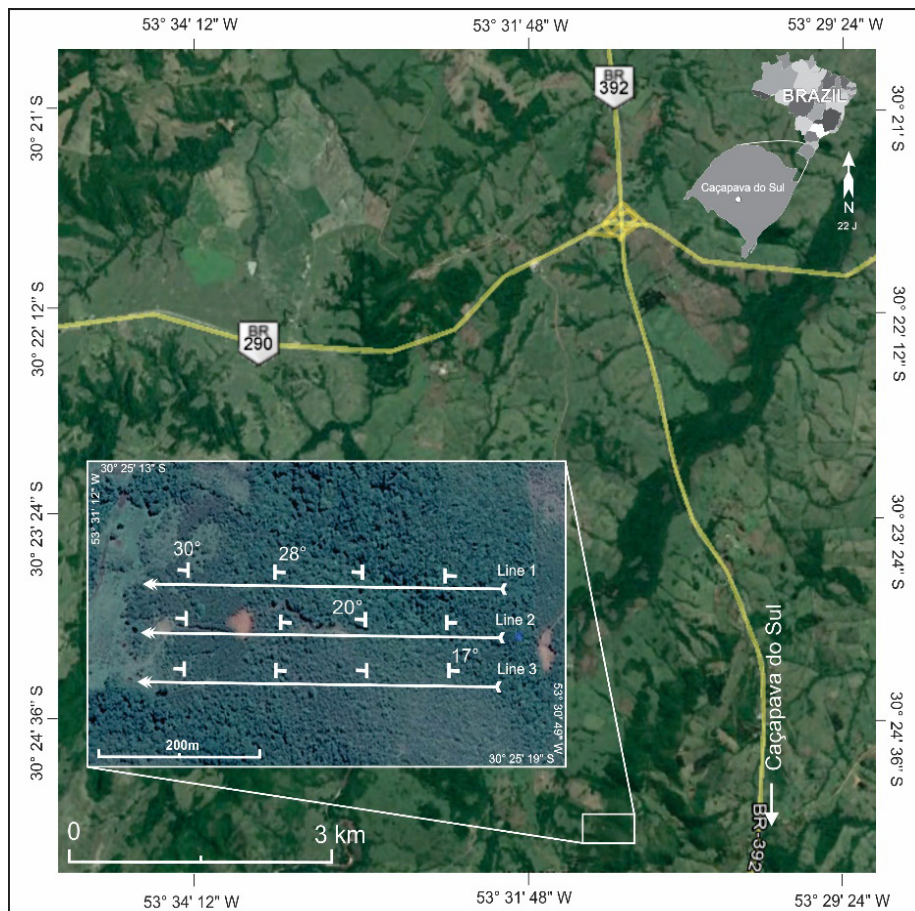


Figura 3 – Localização da área de estudos e posicionamento das linhas de tomografia elétrica e medidas de foliação.

A resolução da malha de amostragem é condicionada ao espaçamento entre furos, entre linhas de furos e entre quantidade de amostras coletadas por furo. De qualquer forma, o resultado analítico das amostras é tabelado e modelado em termos bidimensionais e posteriormente interpolado em termos tridimensionais. O modelo 3D final é transformado num bloco, com dimensões dependentes a critérios estatísticos e de malha amostral, ao qual é atribuído um teor baseado em análises químicas e um valor médio de densidade relativo a rocha que hospeda o minério (Moon *et al*, 2006; Moreira et al. 2016; Chen 2011; Houlding, 2012). Para este trabalho o modelo utiliza uma adaptação com critérios dependentes de parâmetros físicos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As 200 medidas estruturais em trabalho de campo, indicaram duas famílias de fraturas, com direções N39/47W, N54/62W e acamamento para NE. Baseado neste arcabouço estrutural, foi proposta a aquisição de dados no sentido E/W.

A linha 1, apresenta uma zona com alto valor de resistividade na distância de 135m que varia entre 2147 Ω .m a uma resistividade moderada de 400 Ω .m. As zonas de moderada a baixa resistividade apresentam formatos mais arredondados espalhados ao longo do perfil, nas distâncias de 100 m e 220 m, variando entre 70,4 Ω .m e 400 Ω .m. A resistividade mais baixa concentra na parte final da seção com variação entre 12.8 Ω .m e 70,4 Ω .m.

Na linha 2 o perfil apresenta zona com valor moderado de resistividade de 400 Ω .m a partir dos 30 m de profundidade. Na seção são evidenciadas duas feições próximas, separadas por um alto resistivo de 11859 Ω .m, nas distâncias entre 180 m e 260 m.

Próximo à superfície, a linha 3 exhibe as mesmas feições da linha 2, nas distâncias entre 0 m a 135 m e 210 m a 300 m. Estas apresentam resistividade moderada de 400 Ω .m e a partir dos 300 m feições com baixa resistividade de 12.8 Ω .m a 70,4 Ω .m. A porção final da seção do arranjo evidencia alta resistividade de 11859 Ω .m.

O método de polarização induzida resultou em modelos de inversão para cargabilidade. Na linha 1, a seção apresenta feições de alta cargabilidade com valores superiores a 46, 2 mV/V entre as distâncias 0 m e 100 m, 250 m e 295 m e na distância 135 m variando de 19,2 a 46,2 mV/V. Na parte central nas distâncias 215 m a 220 m, apresenta feição com baixa cargabilidade, variando até 0,24 mV/V. A linha 2 exhibe uma zona circular que varia de baixa a moderada cargabilidade, 3,33 mV/V a 8 mV/V, mais próxima à superfície. Apresenta também próximo aos 300 m uma feição de alta cargabilidade, com valor superior a 46,2 mV/V.

A linha 3 apresenta zonas de alta cargabilidade que atinge até 50 m de profundidade, nas quais contrastam com os valores circundantes. Uma zona de moderada a alta cargabilidade é observada próxima aos 200 m, com os mesmos valores que são apresentados na linha 1. São observadas também feições arredondadas na faixa de 210 m a 300 m, com valores superiores a 46,2 mV/V.

Estas feições destacadas e apresentadas, estão diretamente relacionadas com a estrutural, tectonismo e litologia da área.

A região de estudo foi afetada por metamorfismo termal ocorrido por evento tectônico compressivo que resultou no basculamento e dobramento das camadas (CPRM, 1995). Este processo realocou o minério para zona de menor pressão, ou seja, na crista da dobra, posicionado em formato de filão. Atividades do sistema hidrotermal causam significativas mudanças físicas na rocha hospedeira e que resulta em anomalias. Os veios e filões mineralizados estão sempre envolvidos por um halo de alteração hidrotermal bem

desenvolvido, normalmente proporcional à dimensão dos filões. (Robb, 2005; Biondi, 2003; Allis, 1990).

As estruturas de mineralização podem ser caracterizadas por contrastes em parâmetros geoeletricos. Zonas com sulfetos disseminados reagem como capacitores, que acumulam a carga da corrente elétrica aplicada, assim ocasionam o efeito da polarização induzida. As zonas com alta concentração de sílica apresentam um comportamento dielétrico, que dificulta a passagem de corrente elétrica, onde ocorre o efeito de resistência. Portanto, com base nesses conceitos físicos e na geologia local, é possível interpretar as zonas de cargabilidade e resistividade.

A identificação de zonas com potencial de acumulações minerais sulfetadas é baseada em faixas de valores de cargabilidade, parâmetro físico diretamente influenciado pela presença de sulfetos disseminados no contexto geológico em estudos, além de faixas de resistividade e suas relações com feições ou estruturas de mineralização, reunidos em 4 grupos. Estes grupos apresentam as seguintes características: zonas com altos valores de resistividade ($\geq 2147 \Omega.m$) e altos de cargabilidade ($\geq 19.2 \text{ mV/V}$), são do grupo 1, zonas com baixos valores de resistividade ($\leq 12,8 \Omega.m$) e altos de cargabilidade ($\geq 19.2 \text{ mV/V}$), são do grupo 2, zonas com valores moderados de cargabilidade ($\geq 8 \text{ mV/V}$) e resistividade ($\geq 389 \Omega.m$), fazem parte do grupo 3 e zonas com altos valores de resistividade ($\geq 2147 \Omega.m$) e baixos de cargabilidade ($\leq 3,3 \text{ mV/V}$), pertencem ao grupo 4 (Figuras 4 e 5).

O grupo 1 indica regiões com concentração de sulfetos e quartzo. As descrições geológicas de campo possibilitaram o reconhecimento de quartzitos fraturados predominantemente. Este conjunto de fatores justifica a ocorrência de mineralizações sulfetadas do tipo *stockwork*, caracterizada por uma rede concentrada de fraturas preenchidas por uma associação de quartzo e sulfetos (Biondi, 2003). Nesse sentido, os altos valores de cargabilidade associados a uma zona condutiva indicam a ocorrência de uma zona de sulfetação, composta por disseminações de sulfetos de cobre. Esta zona apresenta o potencial para os maiores teores de sulfetos de cobre da área.

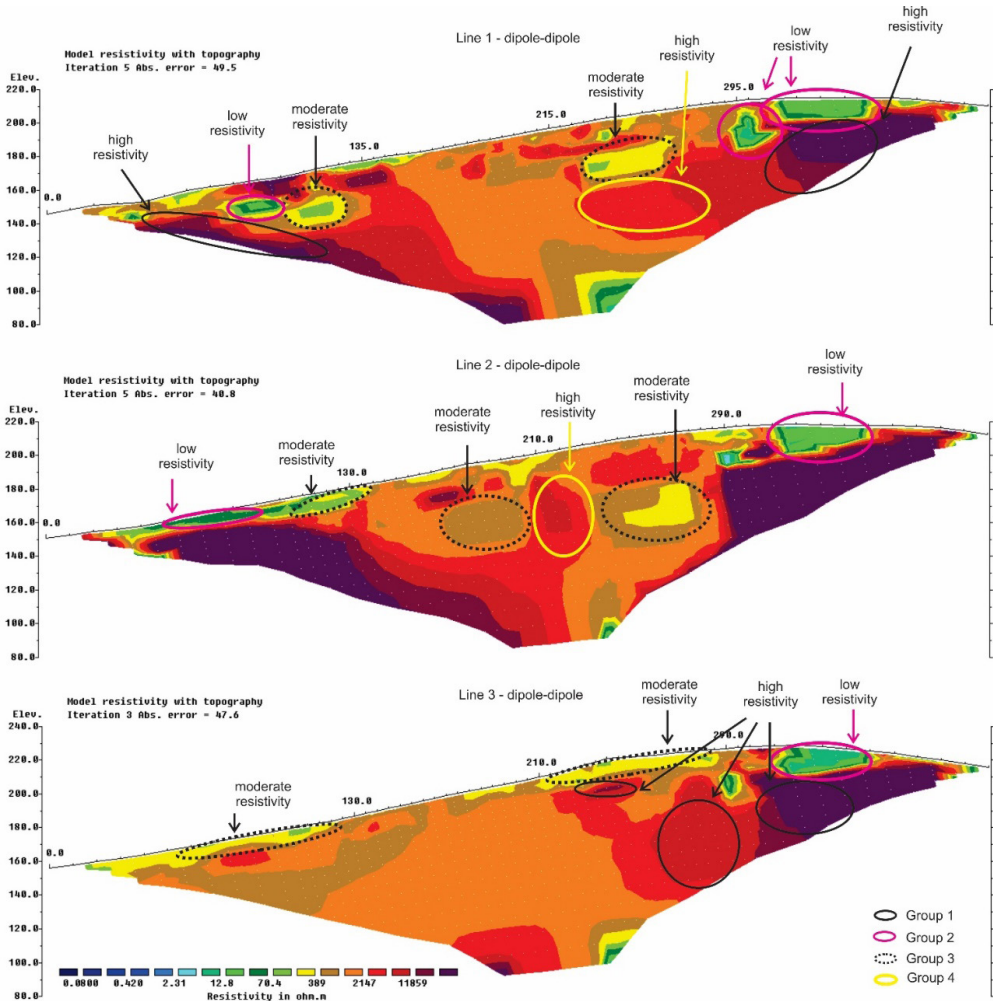


Figura 4- modelos de inversão para o parâmetro de resistividade das linhas 1, 2 e 3.

O grupo 2 indica a presença de sulfetos e uma provável área de sulfetação em xisto, comumente descrita numa grande variedade de depósitos metálicos hidrotermais (Roob, 2005). As zonas de alta cargabilidade apresentam valores equivalentes a zonas sulfetadas descritas em superfície (grupo 1). As áreas de baixa resistividade referentes a este grupo são extremamente baixas e podem ser atribuídos de trocas químicas e gênese de mineralizações sulfetadas. Esta zona apresenta o potencial para os maiores teores de sulfetos de cobre da área.

O grupo 3 indica regiões com presença de sulfetos, em menores intensidades, e pode estar relacionado a possíveis áreas de argilização em xisto. Zona de alteração argílica é caracterizada pela formação de argilominerais devido a lixiviação ácida, oriunda do

processo de percolação de fluido hidrotermal no xisto. Tipicamente ocorre metassomatismo sob temperaturas abaixo de 250°C, apresenta uma forma extrema de lixiviação onde são removidos da rocha encaixante diversos elementos alcalinos por fluidos ácidos (Pirajno, 1992).

O grupo 4 indica áreas com baixa teor de sulfetos, inferido como possíveis zonas de silicificação. A cimentação da rocha por quartzo, durante os processos hidrotermais, resulta na diminuição da porosidade e no conseqüente aumento da resistividade (Roob, 2005). Neste contexto, zonas resistivas e com baixos valores de cargabilidade são indicativas de zonas de silicificação periféricas à zonas de sulfetação.

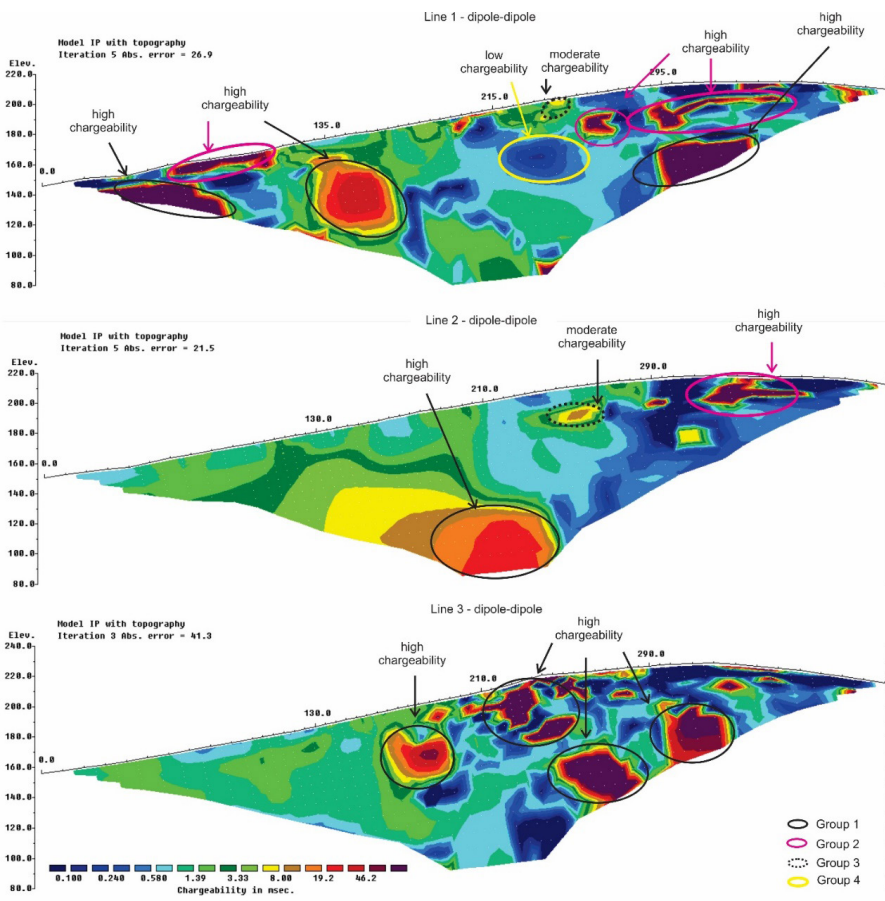


Figura 5- modelos de inversão para o parâmetro de cargabilidade das linhas 1, 2 e 3.

A integração e interpolação dos modelos de inversão permitiu a geração de modelos de visualização 3D ou quase 3D. O processamento subsequente permitiu a geração de mapas de parâmetros físicos para diferentes níveis de profundidade, separados a cada 10

m.

Os mapas multiníveis de resistividade apresentam importantes feições entre 10 m e 70 m de profundidade. Estas feições são observadas na distância de 100 m e na região final a partir dos 270 m, que varia de 389 $\Omega.m$ a 2147 $\Omega.m$. Os mapas multiníveis de cargabilidade apresentam feições significativas a partir de 300 m, até a profundidade de 70 m, com valores superiores a 19 mV/V. Na região central, entre as distâncias 200 m a 300 m, são observadas também zonas de alta cargabilidade no sentido da linha 2 para linha 3, que podem ser correlacionadas com as feições circulares da linha 3 no modelo de inversão 2D e altos valores na porção inicial da seção (Figura 6).

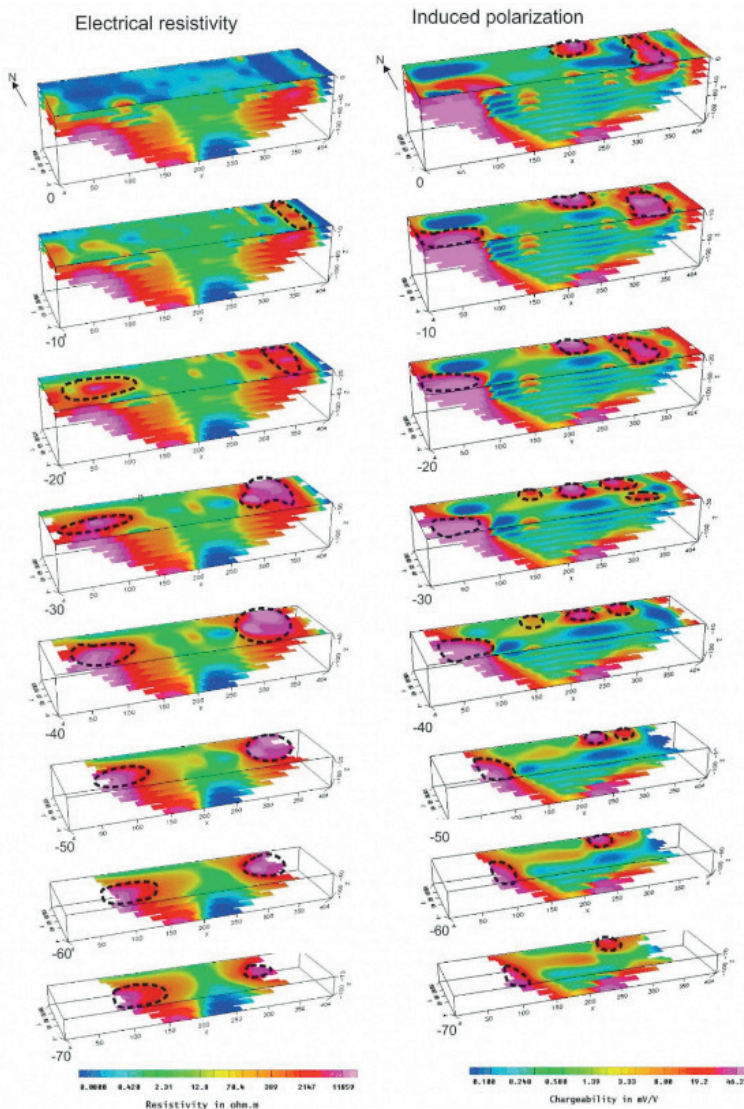


Figura 6 - Mapas de multiníveis de resistividade e cargabilidade.

Neste conjunto de dados é possível observar duas feições relevantes, tanto para resistividade quanto para cargabilidade. Estas feições localizadas na porção inicial e final do mapa, apresentam formatos alongados e direções distintas, uma N-S e outra E-W. As duas são caracterizadas com cargabilidade e resistividade altas, o que retoma a provável ocorrência de mineralizações sulfetadas do tipo *stockwork* apresentada no grupo 1 (Figura 6).

No modelo de cargabilidade, ao final do mapa, é possível notar que esses altos valores localizam entre 0 e 30 m de profundidade, e quando comparado com o modelo para resistividade os altos valores permanecem até 70 m de profundidade. Portanto é possível observar elementos do grupo 4 a partir do nível de 40 metros de profundidade.

No modelo de isosuperfície 3D para o arranjo Dipolo-dipolo, é possível observar uma estrutura de geometria inclinada de alta cargabilidade, 30 mV/V, localizada na porção central do modelo. Este volume de alta cargabilidade pode refletir uma zona mineralizada em sulfetos, acompanhado por baixos valores de resistividade, características que permitem associa-la a uma provável zona de sulfetação. É possível notar também um segundo corpo de alta cargabilidade na porção final do modelo, caracterizado por alta resistividade e associado a uma possível zona de acumulação de sulfetos do tipo *stockwork* (Figura 7).

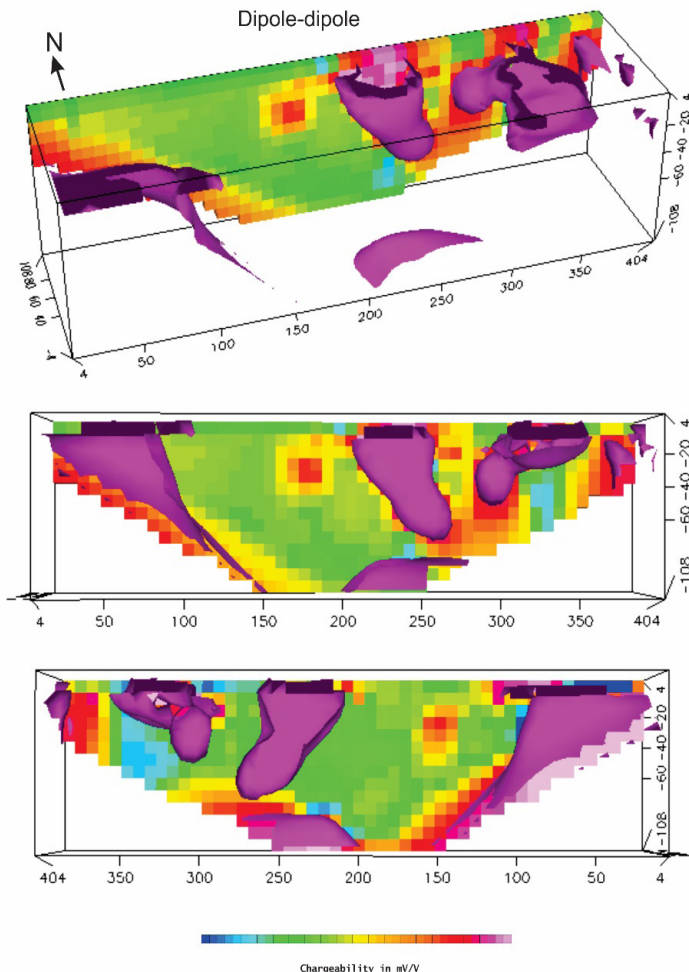


Figura 7 – Modelo de isosuperfície 3D com parâmetro de cargabilidade para o arranjo Dipolo-dipolo.

CONCLUSÕES

A despeito da complexidade geológica e estrutural da área de estudos, os resultados geofísicos possibilitaram o reconhecimento de zonas com assinatura geofísica compatível com acumulações minerais sulfetadas estruturalmente controladas, baseado em indícios de mineralização descritos em campo e em dados revisados em estudos de prospecção geofísica em ocorrências minerais semelhantes.

A área de estudo é constituída por uma sequência metassedimentar rúptil de dobramentos, resultante de 5 fases de deformação que proporcionaram a remobilização de mineralizações, possivelmente oriundas de exalações vulcânicas de fundo marinho, em mineralizações filonianas e venulares alojadas em fraturas e cristas de dobras (CPRM,

1995). Esta hipótese é baseada em modelos metalogenéticos descritos na bacia sedimentar do Camaquã, relacionados a sistemas de falhas e fraturas que serviram tanto ao fluxo quanto a hospedagem de mineralizações filonianas de origem hidrotermal-magmática (Costa Filho, 1944; Leinz & Almeida, 1941; Laux, 2005; Remus et al., 1999a, 2000).

Os indícios de mineralização que caracteriza a ocorrência mineral em superfície são carbonatos de cobre (malaquita) e pirita, descritos na galeria de pesquisa. Estes minerais são evidências associadas a porções periféricas de depósitos sulfetados, como reconhecido em estudos anteriores na região (Renac, 2014; Allis, 1990; Irvine & Smith, 1990).

Os modelos de inversão 2D apresentam áreas circulares de moderada a alta intensidade, tanto para resistividade quanto cargabilidade, relacionadas a prováveis mineralizações. Essa resposta é relacionada ao comportamento condutivo e polarizável dos sulfetos e ao comportamento isolante dos veios de quartzo.

Dessa forma, o método da polarização induzida demonstrou resultados satisfatórios na caracterização das ocorrências de cobre, uma vez que permitiu verificar a continuidade lateral e a profundidade das zonas com concentração de sulfetos devido ao contraste das propriedades físicas entre as rochas encaixantes e as zonas mineralizadas. Os dados obtidos neste trabalho permitiram também estabelecer que entre 0m e 80m ocorrem as zonas mais promissoras a estudos de investigação direta. Trabalhos anteriores realizados por Moreira & Ilha (2011), Moreira et al. (2012), Côrtes et al. (2016) que utilizaram métodos geofísicos da eletrorresistividade e polarização induzida em áreas com ocorrência de sulfeto indicam, a coincidência entre mineralizações sulfetadas, altos valores de cargabilidade e resistividade, em consonância aos resultados deste trabalho.

O modelo genético das mineralizações apresenta diversos elementos (*stockwork*, veios com concentração de sulfetos, silicificação e argilização). Contudo, diante de uma evolução tectônica policíclica regional, os elementos deste depósito não apresentam a estrutura clássica de zonação.

Assim, diante da concentração de sulfetos em zonas de alta cargabilidade e alta resistividade (grupo 1) e alta cargabilidade e baixa resistividade (grupo 2), é recomendado trabalhos de investigação direta via sondagem testemunhada direcionada, com o objetivo de verificar teores e a viabilidade econômica da ocorrência. A existência de mineralizações sob a forma de corpos individualizados e independentes, torna a detecção por investigação direta (sondagens) algo extremamente difícil, com elevado custo e baixo grau de sucesso. Neste sentido, os resultados deste estudo demonstram também a possibilidade de uso de métodos geoeletricos na definição de alvos para sondagem em condicionantes geológicos de alta complexidade.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALLIS, R.G. Geophysical anomalies over epithermal systems. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 36, p. 339-374, 1990.

BETTENCOURT, J. S. **A mina de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul**. 1972. 175 f.

Tese de Doutorado. Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.

BIONDI, J.C. **Processos metalogenéticos e os depósitos minerais brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

CHEMALE Jr., F. Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: HOLZ, Michael; DE ROS, Luiz Fernando (Org.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p. 13 - 52.

CHEN, D. *Advances in Data, Methods, Models and Their Applications in Geoscience*. New York: InTeOpP, 2011, 348p.

CÔRTEZ, A.R.P.; MOREIRA, C.A.; VELOSO, D.I.K.; VIEIRA, L.B.; BERGONZONI, F.A. **Geoelectrical prospecting for a copper-sulfide mineralization in the Camaquã sedimentary basin, Southern Brazil**. *Geofísica Internacional*, VOL. 55-3, 2016.

COSTA FILHO, J. H. Prospecção das minas de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul. DNPM. Ministério da Agricultura. **Boletim nº 59**, p. 13-94, 1944.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Passo do Salsinho. Folha SH-22-Y-A-I-4, Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:50.000**. Programa Levantamentos Geológicos do Brasil. Brasília, 1995.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:750.000**, 2000.

DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Balanco Mineral Brasileiro**. Brasília: DNPM, 2001. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/cobre.pdf>

GASTAL, M.C.P; LAFON, J.M. **Gênese e evolução dos granitóides metaluminosos de afinidade alcalina da porção oeste do escudo Sul-Riograndense: geoquímica e isótopos de Rb-Sr e Pb-Pb**. *Revista Brasileira de Geociências* 28(1): 11-28, março de 1998

HOULDING, S. *3D Geoscience Modeling: Computer Techniques for Geological Characterization*. Springer, Heidelberg, 2012, 309p.

IRVINE, R.J.; SMITH, M.J. Geophysical exploration for epithermal gold deposits. **Journal of Geochemical Exploration**, v.36, 375-412, 1990.

KAZMIERCZAK, T. S. **Mapeamento da bacia do Camaquã com a utilização de dados geofísicos, geologia e sensoriamento remoto**. MSc Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **An introduction to Geophysical Exploration**. Blackwell Science, London, 3ªed., 2002, 281p

LAUX, J. H.; LINDENMAYER, G. Z.; TEIXEIRA, J. B. G.; NETO, A. B. **Ore genesis at the Camaquã copper mine, a Neoproterozoic sediment-hosted deposit in Southern Brazil**. *Ore Geology Reviews* 26 (2005) 71–89

LEINZ, V., ALMEIDA, S. C. **Gênese da jazida de cobre “Camaquã”, município de Caçapava - Rio Grande do Sul**. Secretaria dos Negócios de Agricultura Indústria e Comércio do Estado do Rio Grande do Sul, DPM, Boletim nº 88, 1941, 56 p.

LOCKE, C.A.; JOHNSON, S.A.; CASSIDY, J.; MAUK, J.L. Geophysical exploration of the Puhipuhi epithermal area, Northland, New Zealand. **Journal of Geochemical Exploration**, 65: 91-109, 1999.

LOKE, M. H.; BAKER, R. D. **Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by quasi-newton method**. *Geophysical Prospecting*, v. 44, p. 131–152, 1996.

MOON, C. J.; WHATELEY, M. E. G.; EVANS, A. M. **Introduction to Mineral Exploration**. 2o ed. Backwell Publishing, Oxford, 499 pp., 2006

MOREIRA, C. A.; ILHA, L. M. Prospecção geofísica em ocorrência de cobre localizada na bacia sedimentar do Camaquã (RS). **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 64, n. 3, p. 309-315, 2011.

MOREIRA, C.A.; LOPES, S.M.; SCHWEIG, C.; SEIXAS, A.R. Geoelectrical prospection of disseminated sulfide mineral occurrences in Camaquã Sedimentary Basin, Rio Grande do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 30, n. 2, p. 169-179, 2012.

MOREIRA, C.A.; BORSSATTO, K.; ILHA, L.M.; SANTOS, S.F.; ROSA, F.T.G.

Geophysical modeling in gold deposit through D C Resistivity and Induced Polarization methods. R. Esc. Minas, Ouro Preto, 69(3), 287-293, jul. sep. 2016.

OASIS MONTAJ, GEOSOFT Inc. version 6.4.2 (HJ), 2012.

PAIM, P.; CHEMALE JR, F.; LOPES, R. C. A Bacia do Camaquã. *In*: HOLZ, M., DE ROS, L. F. (Org.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p. 231-274.

PIRAJNO, F. **Hydrothermal mineral deposits**: Principles and fundamental concepts for the exploration geologist. Berlin: Springer-Verlag, 1992.

REMUS, M.V.D., HARTMANN, L.A., MCNAUGHTON, N.J., GROVES, D.I., REISCHL, J.L., DORNELES, N.T., 1999. **The Camaquã Cu (Au±Ag) and Santa Maria Pb±Zn (Cu±Ag) Mines of Rio Grande do Sul, southern Brazil - Is their mineralization syngenetic, diagenetic or magmatic hydrothermal?** In: Silva, M.G., Misi, A. (Eds.), Base Metal Deposits of Brazil. MME-CPRM-DNPM, Brasil, pp. 54± 63.

REMUS, M.V.D.; HARTMANN, L.A.; MCNAUGHTON, N.J.; GROVES, D.I.; REISCHL, J.L. **Distal Magmatic-Hydrothermal Origin for the Camaquã Cu (Au-Ag) and Maria Pb, Zn (Cu-Ag) Deposits, Southern Brazil.** 2000. Gondwana Research, V. 3, N° 2, p. 155-174.

RENAC, C.; MEXIAS, A.S.; GOMES, M. E. B.; RONCHI, L. H.; NARDI, L. V. S.; LAUX, J. H. **Isotopic fluid changes in a Neoproterozoic porphyry–epithermal system: The Uruguay mine, southern Brazil.** Ore Geology Reviews, V. 60, 2014.

RES2DINV, GEOMOTO SOFTWARE., version 3.53, Rapid 2D resistivity & IP inversion using the least-square method - Geoelectrical Imaging 2-D & 3D, Geotomo Software, Penang, Malaysia, 129 f. 2003.

ROOB, L. **Introduction to ore-forming processes.** Oxford: Blackwell, 2005.

RONCHI LH & LOBATO AOC. 2000. **Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar.** São Leopoldo: Unisinos. 366 pp.

TEIXEIRA E. **Cobre no Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro: DNPMDFPM, 29 p. (Avulso 22), 1937.

TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E. **Applied Geophysics.** 2º ed., New York, Cambridge University Press, 1990.

TERRAMETER LS.Fabricado pela ABEM Instrument, Suécia.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Altitudes normais ortométricas 109
Ambiente Depositional 1, 6, 7, 9, 10, 11
Anemômetro 136, 138, 140, 141, 143
APPs 198, 201, 206, 208
Argilominerais neoformados 116

B

Bacia do Paraná 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13
Barragens 8, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156
Biomarcadores 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11

C

Chandler 157, 158, 163, 164, 165
Classificação de Imagens 30, 172, 198, 204, 205, 209
Clima 15, 19, 43, 44, 45, 53, 78, 117, 137, 140, 171, 180, 182, 193, 195, 211
Cobertura do Solo 182, 198, 204
Curitiba 9, 12, 41, 115, 198, 201, 203, 204, 208, 209, 211

D

Dam Break 8, 145, 146, 150
Desastres 8, 44, 55, 151, 152, 153, 155

E

Educação 15, 18, 19, 20, 26, 27, 41
ENOS 43, 44, 48, 51, 52, 54, 56, 180, 185, 188
Enriquecimento laterítico 116, 131
Equações Empíricas 145, 146, 147, 148
Escala de Beaufort 136
Escândio 8, 116, 125, 130
Euterpe Oleracea 136, 143
Evolução Temporal 30, 182

F

Formação Irati 6, 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14

G

Geodésia 100, 110, 158

Gestão ambiental 30

Gravimetria 109

Greenstone Belt Morro do Ferro 116, 117, 118

I

Imagens de Satélite 30, 31, 40, 199, 202, 209

Interpolação 55, 68, 80, 94, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

L

Legislação Ambiental 167, 168, 169

M

Medidas 8, 63, 64, 65, 80, 96, 110, 111, 150, 151, 152, 153, 155, 169, 182, 184

Morfometria fluvial 167, 174

Movimento Polar 157, 158, 163, 164

Mudanças Climáticas 110, 168, 180, 182

Museu 6, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 135

P

Planejamento Urbano 199, 203

Plano de Ação 145

R

Rios Urbanos 167, 168, 173, 174, 175, 205

S

Sensoriamento Remoto 6, 30, 31, 32, 34, 37, 40, 41, 74, 80, 85, 167, 168, 198, 201, 209

T

Tempo 5, 15, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 31, 40, 44, 46, 63, 78, 82, 84, 100, 101, 103, 107, 110, 137, 139, 146, 147, 148, 149, 163, 186, 196, 204

Terremoto 8, 157, 158, 159, 160, 162, 164, 165, 166

TSM 6, 43, 44, 45, 47, 48, 54, 55, 56, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 88

U

Urbanização 40, 167, 168, 175, 176, 177, 180, 186, 197


V

Variável hidrológica 44

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br





Atena
Editora

Ano 2021

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021