



9º

SIMPÓSIO DE

QUANTIFICAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

18 a 21 de setembro de 2022 | Campinas - SP

ANAIS

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



EDITORES:

Iata Anderson de Souza

Adilson Viana Soares Jr.

Francisco Manoel Wohnrath Tognoli

Wagner da Silva Amaral

Cesar Augusto Moreira

Saul Hartmann Riffel

ANAIS

9º SIMPÓSIO DE QUANTIFICAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

1º edição

CAMPINAS, SP

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

2022

Simposio de Quantificaco em Geociências, 9., 2022

Anais do 9º Simposio de Quantificaco em Geociências [recurso eletrônico] / editores: Iata Anderson de Souza... [et al.]. – Campinas : UNICAMP, 2022
97 p.

Evento realizado em Campinas/SP de 18 a 21 de setembro de 2022, no Centro de Convenoes da UNICAMP

Textos apresentados em Congresso
ISBN 978-65-992688-7-8

1. Geologia. 2. Geociências. 3. Quantificaco. 4. Análise de dados.
5. Geotecnologias. I. Souza, Iata Anderson de. II. Soares Jr., Adilson Viana.
III. Tognoli, Francisco Manoel Wohnrath. IV. Amaral, Wagner da Silva. V.
Moreira, Cesar Augusto. VI. Título.

CDD 550

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP,
Campus de Rio Claro/SP





Comissão Organizadora

Presidente de Honra:

Paulo Milton Barbosa Landim (UNESP)

Membros:

Adilson Viana Soares Jr. (UNIFESP), Alef Leal Santos de Queiroz (LitoJr/UNESP), Alice Cunha (UNICAMP), Carolina Zabini (UNICAMP), Cesar Augusto Moreira (UNESP), Francisco Manoel Wohnrath Tognoli, Gabriela Bueno Fagundes de Freitas (IG-UNICAMP), Iata Anderson de Souza (UNESP), Igor Matheus Ferreira (LitoJr/UNESP), Isabela Carolini Souza Araujo (LitoJr/UNESP), Isabela Dall'Acqua (LitoJr/UNESP), Jorge Kazuo Yamamoto (Geokrigagem), Laísa de Assis Batista (UFBA/USP/ABMGeo/GeoMamas), Maria José Mesquita (UNICAMP/ABMGeo- Núcleo Campinas), Marina Thimotheo (UNICAMP), Mauren Gaspar (UNISINOS), Saul Hartmann Riffel (UNESP), Talita Gantus (UNICAMP/ABMGeo), Wagner da Silva Amaral (UNICAMP)

Comitê Científico:

Adelir J. Strieder (UFPel), Anderson Moraes (PETROBRAS/UFRRJ), Álvaro Penteado Crósta (UNICAMP), Claudia Regina Passarelli (USP), Fabiano do Nascimento Pupim (UNIFESP), Fresia Ricardi-Branco (UNICAMP) Jacinta Enzweiler (UNICAMP), José Leonardo Silva Andriotti (CPRM), Marcilene dos Santos (UNESP), Marly Babinski (USP), Marcio Costa Alberto (Geolnovações), Michelle Chaves Kuroda Avansi (CEPETRO/UNICAMP), Rodrigo Lilla Manzione (UNESP), Silvia Saito (CEMADEN)



SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

Diretora Presidenta:
Simone Cerqueira Pereira Cruz (UFBA)

Diretora Vice-Presidenta:
Elisa Soares Rocha Barbosa (UFG)

Diretor 1º Secretário:
Murilo Brandão de Medeiros (Shell)

Diretora 2ª Secretária:
Aline Meiguins - UFPA

Diretor Financeiro:
Iata Anderson de Souza (UNESP)

Diretora de Comunicação e Publicações:
Nely Palermo (UNESP)

Diretora de Programação Técnico-Científica:
Sheila Gatinho Teixeira (SBG/CPRM)

Diretor Adjunto:
João Marinho de Moraes Neto (PETROBRAS)

MENSAGEM DO PROF. DR. PAULO MILTON BARBOSA LANDIM SOBRE O 9º SIMPÓSIO DE QUANTIFICAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

De 1985 a 2000 foram realizados, no campus da UNESP em Rio Claro, 8 Simpósios sobre Quantificação em Geociências. Nesses encontros, em que tive a honra e a responsabilidade de coordenar, os eventos sempre tiveram como objetivo principal proporcionar a troca de experiências entre profissionais e estudantes a respeito da aplicação dos mais diversos modelos e técnicas quantitativas em Geociências. Desse modo foram realizadas, pelos participantes, sessões de palestras, de mesas-redondas e de comunicações para apresentação e debate de trabalhos e demonstração de *softwares*, além do oferecimento de minicursos. Em 2004 havíamos planejado a realização do nono encontro para o início de novembro daquele ano, o que infelizmente, por um conjunto de fatores, não se concretizou e trouxe para a então Comissão Organizadora um gosto amargo de frustração.

Recentemente fui contactado por um entusiasmado grupo de docentes e profissionais, entre os quais vários ex-alunos, que me expuseram a ideia de realizar novamente um encontro sobre quantificação em Geociências. Evidentemente apoiei a iniciativa e desejei que conseguissem transformar a ideia em algo concreto. Com grande alegria, a alegria que só um velho professor pode ter, constato que finalmente, após mais de 20 anos decorridos, o 9º Simpósio sobre Quantificação em Geociências será realizado em setembro próximo no campus da UNICAMP. Mais diversificado em aplicações, com metodologias atualizadas e, principalmente, dentro da programação oficial de eventos da Sociedade Brasileira de Geologia.

A Geologia até há bem pouco tempo, era frequentemente considerada uma ciência baseada em interpretações puramente qualitativas dos fenômenos geológicos. Nos últimos anos, porém, tem sido notável a mudança da fase descritiva para a utilização de métodos quantitativos. Na área aplicada, onde a interpretação geológica, além de estar fundamentada em conceitos científicos, precisa ter enfoque econômico, observa-se uma marcante tendência quantitativa que vem possibilitando avanços importantes principalmente no uso de técnicas espaciais e espaço-temporais, além de avaliação de riscos e incertezas.

Nas últimas décadas, graças a avanços tecnológicos tanto em termos computacionais como em equipamentos de laboratório e de campo mais refinados, tem sido intensa a obtenção de dados geológicos quantitativos. A sua análise, porém, está muito aquém dessa imensa quantidade de informações coletadas. Basta ver os relatórios de pesquisa e mesmo os bancos de dados com um grande número de matrizes de informações não trabalhadas. Verbas e tempo são gastos com essa coleta que precisa ser devidamente manuseada para a análise dos dados. Deve ser enfatizado, porém, que a pura utilização de métodos quantitativos, hoje em dia bastante facilitada graças à vasta disposição de programas computacionais, não é condição suficiente se o estudo não for embasado num sólido conhecimento geológico. Desejo todo o sucesso ao 9º simpósio de Quantificação em Geociências e o meu agradecimento, em nome das Comissões que realizaram os anteriores, por terem conseguido novamente organizar este importante evento.

SUMÁRIO

Sessão Temática 1 – Estatística, Geoestatística, Modelagem e Simulação

USO DE TÉCNICAS DE MODELAGEM GEOESTATÍSTICA PARA A REPRESENTAÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DAS UNIDADES CRETÁCEAS DA BACIA DO PARNAÍBA (BRASIL)	2
<i>Alessandro Ferraz Palmeira, Renata da Silva Schmitt, André Pereira de Assis, Jorge de Jesus Picanço de Figueiredo, Leidiane Sampaio D'Souza, Marta Teixeira da Costa Soares</i>	
INTERPRETAÇÃO DE DADOS SÍSMICOS E DE PERFIS DE POÇOS PARA CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS PETROLÍFEROS DO PRÉ-SAL NO CAMPO DE TUPI, BACIA DE SANTOS	3
<i>Eloise Cristina Santos, Emilson Pereira Leite</i>	
CLASSIFICAÇÃO SÍSMICA MULTI-ATRIBUTOS NA FORMAÇÃO BARRA VELHA DO CAMPO DE BÚZIOS A PARTIR DE ALGORITMOS DE APRENDIZADO NÃO-SUPERVISIONADO	4
<i>Felipe Ferreira Luiz Gorla, Gustavo Luan Cardoso, Cleyton de Carvalho Carneiro, Andre Henrique, Henrique Luiz de Barros Penteado</i>	
ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS COMO FERRAMENTA PARA COMPARTIMENTAÇÃO DE TIPOS DE ÁGUAS DE FORMAÇÃO NO CAMPO DE BÚZIOS	5
<i>Felipe Ferreira Luiz Gorla, Jordão Douglas de Lima Nogueira, Saulo Bertolino dos Santos, Rosane Alves Fontes, Luiz Alexandre Sacorague, Andre Henrique, Henrique Luiz de Barros Penteado, Cleyton de Carvalho Carneiro</i>	
CONECTIVIDADE DE BANDAS DE DEFORMAÇÃO A PARTIR DE ANÁLISE TOPOLÓGICA EM MODELOS DIGITAIS DE AFLORAMENTOS	6
<i>Juliano Bonato, Francisco Manoel Wohnrath Tognoli, Francisco César Costa Nogueira, Tiago Siqueira de Miranda, Leonardo Campos Inocencio</i>	
APLICAÇÃO DE INCERTEZAS DE ESTIMATIVAS, OBTIDAS POR SIMULAÇÃO GEOESTATÍSTICA, NA CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS DE UM DEPÓSITO DE BAUXITA AMAZÔNICA	7
<i>Gabriel C. Moreira, Robson Aglinskas, Luigi Carboni, Gustavo Usero, Márcio Soares</i>	
AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E VOLUME DE INTRUSÕES RELACIONADAS AO MAGMATISMO SERRA GERAL NA BACIA DO PARANÁ	8
<i>Jhenifer Caroline da Silva Paim, Gabriel Bertolini, Juliana C. Marques, Diego Marques</i>	
ESTUDO DE DEFINIÇÃO DE MALHA ÓTIMA A PARTIR DE SIMULAÇÕES CONDICIONAIS EM SUBDOMÍNIOS EM UM DEPÓSITO DE BAUXITA AMAZÔNICA	9
<i>Luigi Carboni, Gabriel C. Moreira, Robson Aglinskas, Ítalo Barreto, Gustavo Usero, Marco A. H. Monteiro, José Diogo O. Lima, Keila P. Gomes</i>	
ANÁLISE QUANTITATIVA DAS PROPRIEDADES PETROGRÁFICAS DE AMOSTRAS DE ROCHAS CARBONÁTICAS DO PRÉ-SAL BRASILEIRO	10
<i>Luis Augusto Antoniossi Mansini, Najlah Zeitoum, Leonardo Fernandes Godoi, Nathália Rocha Amorim, Alexandre Campana Vidal</i>	
A MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA AO GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS COMO UM GRANDE ALIADO NA ABORDAGEM ESG NAS CORPORAÇÕES	11
<i>Marcio Costa Alberto, Vinícius Falchi Bernardo</i>	
ÍNDICE DE VULNERABILIDADE GEOQUÍMICA E FÍSICA DE SOLOS À CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO EM ÁREA DE MINERAÇÃO AURÍFERA	12
<i>Marina Thimotheo, Ricardo Perobelli Borba, Francisco Manoel Wohnrath Tognoli</i>	
AVALIAÇÃO INTEGRADA DE DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS UTILIZANDO ANÁLISE DE DADOS, SENSORIAMENTO REMOTO E AEROMAGNETOMETRIA: UM ESTUDO DE CASO NA PORÇÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL	13
<i>Mauren Espinosa Gaspar, Christie Helouise Engelmann de Oliveira, Francisco Manoel Wohnrath Tognoli</i>	
MEDINDO A SIMILARIDADE DE MODELOS ESTRATIGRÁFICOS	14
<i>Paulo C. Soares, Ana Paula Soares, Daniel F. Bettú, Lindaura Maria Steffens, João Vitor Lottin Boing, Marcel de Araujo, Bruno Mateus Bazzo</i>	

MODELOS DE RECONSTRUÇÃO CINEMÁTICA E PALEOGEOGRÁFICA DAS BACIAS MESOZOICAS DO NOROESTE DO GONDWANA 15
Rodrigo Gentil Coelho de Azambuja; Alessandro Ferraz Palmeira; Evânia Alves da Silva; Renata da Silva Schmitt; André Pereira de Assis

VARIAÇÃO DA EMISSIVIDADE DE SUBSTRATOS ARENOSOS IMPREGNADOS COM HIDROCARBONETOS POR MEIO DE TÉCNICAS DE ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO TERMAL 16
Samara Cristina dos Reis Medeiros, Rebecca Del Papa Moreira Scafutto, Carlos Roberto de Souza Filho

ESTIMATIVA DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUIABÁ/MT 17
Stefania Cristino de Oliveira, Renan Cassimiro Brito, Fabiano do Nascimento Pupim

ATUALIZAÇÃO DE MODELO EXPLORATÓRIO A PARTIR DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO DO BLOCO F DA MINA UNDERGROUND ZN-PB DE MORRO AGUDO, GRUPO VAZANTE-MG 18
Tatiana Moreira César, Maria José Mesquita

MÉTODO PARA EVITAR PESOS NEGATIVOS NA KRIGAGEM ORDINÁRIA 19
Adelir José Strieder, Maria João Pereira, Tomás Dalpiaz Strieder

Sessão Temática 2 – Análise Espacial e Séries Temporais

ESTIMATIVA DE UNIDADES GEOFÍSICAS E GEOLÓGICAS COM APRENDIZADO DE MÁQUINA 21
Bruno Ruas de Pinho, Adelir José Strieder

AVALIAÇÃO TEMPORAL DA REMOÇÃO DA COBERTURA FLORESTAL DA AMAZÔNIA NA REGIÃO DO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA UTILIZANDO NDVI (ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA) ENTRE OS ANOS DE 1985 E 2021 22
Adilson Viana Soares Junior, Samara Lydía Dias Fernandes Pereira

AVALIAÇÃO TEMPORAL DA REMOÇÃO DA COBERTURA FLORESTAL DA AMAZÔNIA NA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DE RONDÔNIA UTILIZANDO NDVI (ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA) ENTRE OS ANOS DE 1975 E 2021 23
Adilson Viana Soares Junior, Iruatan Caetano Pimenta Barreto, Danilo Góes Macedo Castanho

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NORMALIZADA PARA ANÁLISE DO DESMATAMENTO ESPECULATIVO DA AMAZÔNIA 24
Bruno Henrique Valdambri Vieira, Angelita Matos Souza

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE DECOMPOSIÇÃO ESPECTRAL EM PERFIS DE POÇOS PARA A DETECÇÃO DE CICLOS SEDIMENTARES - INSIGHTS DOS CARBONATOS LACUSTRES DA BACIA DE SALTA E DO PRÉ-SAL DA BACIA DE SANTOS 25
José Arthur Oliveira Santos, Márcio Vinícius Santana Dantas, Gabriel Coutinho, Alan Cabral Trindade Prado, Kaio Henrique Masse Vieira, Thomás Jung Spier, Humberto Reis, Tiago Novo, Gabriel Uhlein, Alexandre Uhlein

SEGMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE PERFIS DE POÇOS DE PETRÓLEO COM INTEGRATED DETREND ERROR LOG 26
Luiz Antonio Rozendo, Rafael da Costa Silva, Marcelus Glaucus Araújo, Diego Furtado Silva

ANÁLISE DAS SÉRIES TEMPORAIS DE PRECIPITAÇÃO NA SUB-BACIA DO ALTO JACARÉ-PEPIRA 27
Marcelo Donadelli Sacchi, Rodrigo Lilla Manzione, Didier Gastmans

AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE ALINHAMENTO DE CURVAS LWD E A CABO VIA TÉCNICA DTW 28
Marcelus Glaucus de Souza Araújo

CICLICIDADE EM SEQUÊNCIAS ESTRATIGRÁFICAS: O CASO DA FORMAÇÃO MORRO DOS CHAVES - CRETÁCEO 29
Paulo C. Soares, Ana Paula Soares, Julia C. Guerrero, Daniel F. Bettú, Antonio J.V. Garcia

O USO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA PREVISÃO DE TEMPO DE OPERAÇÃO E VOLUME REMOVIDO DE LNAPL (LIGHT NON-AQUEOUS PHASE LIQUIDS), PELA TÉCNICA DE REMEDIAÇÃO DE DPE (DUAL PHASE EXTRACTION)	30
<i>Vitor Gonçalves de Oliveira, Leonardo Tadeu Marquesani Cruz, Marcio Costa Alberto</i>	

Sessão Temática 3 – Quantificação de Processos Endógenos e Exógenos e suas interações

CONTROLES DEPOSICIONAIS SOBRE A HETEROGENEIDADE DE RESERVATÓRIOS DE HIDROCARBONETOS EM ARENITOS EÓLICOS (FORMAÇÃO PIRAMBOIA, SE BRASIL)	32
<i>Davi Machado Querubim, Áquila Ferreira Mesquita, Giorgio Basilici</i>	

ESTRUTURA DE IMPACTO DE NOVA COLINAS NO MARANHÃO: UMA ABORDAGEM GEOFÍSICA COM O MÉTODO MAGNETOMÉTRICO	33
<i>Fernando Lessa Pereira, Alvaro Penteado Crósta</i>	

APLICAÇÃO DO PROGRAMA MAGMA1D NA INTERPRETAÇÃO DE EFEITOS TÉRMICOS ASSOCIADOS A CORPOS ÍGNEOS EM SISTEMAS PETROLÍFEROS	34
<i>Hudson Lupi Pinheiro Belim, André Valente, Guilherme Bastos, Sérgio de Castro Valente, Alan de Albuquerque Miranda, Artur Corval, Saulo Martins</i>	

QUANTIFICAÇÃO DE MINERAIS PESADOS A PARTIR DE TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA DE QUÍMICA MINERAL OBTIDO POR EDS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA: UM EXEMPLO NA FORMAÇÃO TWYFELFOUTEIN, NAMÍBIA	35
<i>João Miguel Maraschin Santos, Gabriel Bertolini, Juliana Charão Marques</i>	

INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA REOLÓGICA DA LITOSFERA, VELOCIDADE DE ESTIRAMENTO E AÇÃO DE PROCESSOS SUPERFICIAIS NA PRESERVAÇÃO DE ESCARPAS COSTEIRAS EM MARGENS RIFTEADAS	36
<i>João Pedro Macedo Silva, Victor Sacek, Rafael Monteiro da Silva</i>	

ANÁLISE NUMÉRICA DE EFEITOS TOPOGRÁFICOS E ESTRUTURAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES NO SEGMENTO CENTRAL DO RIFT CONTINENTAL DO SUDESTE DO BRASIL	37
<i>João Pedro Silva Pereira, Ginaldo Ademar da Cruz Campanha, Anderson Moraes</i>	

PRETERIT LANDSLIDES IN A POST-OROGENIC AND POST-RIFTING UPLAND, SOUTHERN BRAZIL, AND POTENTIAL CONTROLLING FACTORS	38
<i>Marcilene dos Santos, Salomão Silva Calegari, Karina Patricia Prazeres Marques, Eduardo Salamuni, Alessandro Batezelli, Daniel Peifer, Nelson Fernandes</i>	

PROCESSOS MORFOGENÉTICOS E OS VERTISSOLOS DO NORDESTE	39
<i>Matheus S. S. Figueiredo, Sheila A. C. Furquim, Grace B. Alves</i>	

QUANTIFICAÇÃO MODAL E VETORIZAÇÃO DO PALEO-SISTEMA HIDROTERMAL DO DEPÓSITO DE Cu-Au CORPO SUL, ARCO MAGMÁTICO DE MARA ROSA, GOIÁS	40
<i>Patricia Tatiane Lopes, Roberto Perez Xavier, Wagner da Silva Amaral</i>	

EFEITOS DE PROCESSOS PEDOGENÉTICOS NAS QUALIDADES PETROFÍSICAS DE RESERVATÓRIOS FLUVIAIS ANÁLOGOS DE HIDROCARBONETOS DA FORMAÇÃO UBERABA DA BACIA BAURU	41
<i>Reginaldo Molka Júnior, Alessandro Batezelli</i>	

DIFFERENTIAL PHANEROZOIC EVOLUTION OF CRATONIC AND NON-CRATONIC LITHOSPHERE FROM A THERMOCHRONOLOGICAL PERSPECTIVE: SÃO FRANCISCO CRATON AND MARGINAL OROGENS (BRAZIL)	42
<i>Ana Fonseca, Tiago Novo, Tobias Fonte Boa, Johan De Grave</i>	

Sessão Temática 4 – Programação, IA, Bancos de Dados e Aplicativos

INTERPOLAÇÃO DE DADOS AEROMAGNÉTICOS POR MEIO DE APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA RESSALTAR ZONAS DE FRATURA NA PROSPECÇÃO DE AQUÍFEROS	44
<i>Bruno Ruas de Pinho, Paola Bastos Rego, Adelir José Strieder</i>	
COMO ARMAZENAR UM MILHÃO DE ARQUIVOS	45
<i>Álvaro Gomes Sobral Barcellos, Carlos Eduardo Miranda Mota</i>	
UTILIZANDO BASE DE DADOS E DATA MINING PARA ENTENDER O IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS EM FAUNAS MARINHAS RASAS ATRAVÉS DA ICNOLOGIA.....	46
<i>Antônio Rosales Gonçalves Oliveira, Renata Guimarães Netto</i>	
MODELAGEM DE GRÁFICOS DE PROBABILIDADE PARA SEPARAÇÃO DE SUBPOPULAÇÕES EM DADOS GEOQUÍMICOS UTILIZANDO O WEBAPP PLOT	47
<i>Francisco Ferreira de Campos, Otavio Augusto Boni Licht, Nivaldo Benedito Ferreira Campos</i>	
A INFLUÊNCIA DE MÉDIAS MÓVEIS SIMPLES NA CLASSIFICAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES COM BASE NO ALGORITMO KNN	48
<i>Francisco Manoel Wohnrath Tognoli, Aline Fernanda Spaniol, Marcus Eduardo de Mello</i>	
CLUSTER ANALYSIS NA DEFINIÇÃO DE SUBDOMÍNIOS EM UM DEPÓSITO DE BAUXITA AMAZÔNICA	49
<i>Gabriel C. Moreira, Luigi Carboni, Robson Aglinskas, Ítalo Barreto, Gustavo Usero, Marco A. H. Monteiro, José Diogo O. Lima, Keila P. Gomes</i>	
UTILIZAÇÃO DE DADOS PETROFÍSICOS DE POÇOS PARA PREDIÇÃO DE FÁCIES UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING	50
<i>Gilberto Raitz Junior, Jeferson Santos, Leonardo Fonseca Borghi de Almeida</i>	
MAGMA1D: UM PROGRAMA PARA MODELAGEM TÉRMICA EM SISTEMAS PETROLÍFEROS	51
<i>Hudson Lupi Pinheiro Belim, André Valente, Guilherme Bastos, Sérgio de Castro Valente, Alan de Albuquerque Miranda, Artur Corval, Saulo Martins</i>	
FLUIDCALC: BIBLIOTECA DE INTERPRETAÇÃO E MODELAGEM DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS PARA INCLUSÕES FLUIDAS	52
<i>Ingrid de Souza Hoyer, Yago Moreira Castro, Elder Yokoyama</i>	
AS NOVAS FRONTEIRAS DA QUANTIFICAÇÃO DE FASES MINERAIS: UMA APLICAÇÃO DO USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA IDENTIFICAÇÃO DE FILOSSILICATOS EM LÂMINA DELGADA.....	53
<i>Kerollan da Silva Ramos, Pedro Armond, Leonardo Gonçalves, Carlos Alberto Pereira</i>	
geoML: UM SOFTWARE LIVRE PARA MODELAGEM GEOLÓGICA ATRAVÉS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA	54
<i>Pablo Losano Guedes, Italo Gomes Goncalves, Diogo Peixoto Cordova, Felipe Guadagnin</i>	
SEGMENTAÇÃO DE ALVOS ESCUROS EM IMAGEM DE RADAR A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE MODELO DE APRENDIZADO PROFUNDO NÃO-SUPERVISIONADO	55
<i>Priscila Martins Oliveira da Costa, Laura Elena Cué La Rosa, Rebecca Del Papa Moreira Scafutto, Carlos Roberto de Souza Filho</i>	
PLATAFORMA DE GESTÃO DE DADOS EM PROJETOS DE PETROLOGIA MAGMÁTICA E TECTÔNICA	56
<i>Tiago Badre Marino, Sergio de Castro Valente</i>	
APLICAÇÃO DE MACHINE LEARNING PARA À ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE ZIRCÃO DETRÍTICO. ESTUDO DE CASOS EM DEPOSITOS PALEOZOICOS DA BACIA DO PARNAÍBA.....	57
<i>Thiago da Cunha Rodrigues, Maria Helena Bezerra Maia Hollanda, Ana Maria Góes</i>	
DETECÇÃO AUTOMATIZADA DE CANAIS PARA ESTIMATIVA DE POROSIDADE A PARTIR DE DADOS SÍMICOS	58
<i>Mauricio Maregoni, Wagner Meira Jr. , Humberto Reis, Tiago Novo, José Geraldo, Jéssica Lia, Ruann Medanha, Elita Abreu</i>	

INTERFACE DE PROGRAMAÇÃO DE APLICAÇÃO E APLICATIVO MÓVEL PARA ESTUDOS DE INCLUSÕES FLUIDAS.....	59
<i>Yago Moreira Castro, Ingrid de Souza Hoyer, Elder Yokoyama</i>	

Sessão Temática 5 – Técnicas Analíticas

ANÁLISE NÃO SUPERVISIONADA DE DADOS DE FRX PORTÁTIL PARA IDENTIFICAÇÃO DE ZONAS SILICIFICADAS E DOLOMITIZADAS NO PRÉ-SAL	61
<i>Josiane Branco Plantz, Bruno Rafael Santo, Leonardo Borghi</i>	

LANTHANIDES IN K-FELDSPAR: ESPECTROSCOPIC AND STRUTURAL STUDY	62
<i>Marcos Antonio Couto dos Anjos, André M. Otsuka, Carlos Jacinto, Jefferson L. Ferrari, Marcos V. S. Rezende</i>	

TESTES DE PROFICIÊNCIA GEOPT, G-PROBE E G-CHRON: AVALIAÇÃO INDEPENDENTE DA QUALIDADE DE RESULTADOS ANALÍTICOS	63
<i>Margareth Sugano Navarro, Jacinta Enzweiler</i>	

AVALIANDO SINAIS ISOTÓPICOS EM DIFERENTES MATRIZES CARBONÁTICAS: SERIAM AS CALCISFERAS UMA FERRAMENTA PARA RECONSTITUIÇÕES PALEOCEANOGRÁFICAS?.....	64
<i>Marlene H.H.Bom, Karlos G.D. Kochhann, Guilherme Krahl, Lucas V. Oliveira, Valeska Meirelles, Andressa Esswein, Gerson Fauth</i>	

ADVANCED SAMPLE PREPARATION AND INTRODUCTION FOR TRACE ELEMENT AND ISOTOPE RATIO ANALYSIS IN GEOLOGICAL SCIENCES	65
<i>Paul Field</i>	

HIGH RESOLUTION LA-ICPMS IMAGING: FINDING THE RIGHT ANSWER	66
<i>Paul Field</i>	

DEVELOPMENT OF AN ANALYTICAL METHOD TO INVESTIGATE EARLY EARTH PROCESSES: THE 142ND ISOTOPE ANALYSIS AND THE HADEAN-ARCHEAN TRANSITION	67
<i>Rafael Gordilho Barbosa, André Abreu Martins, Felipe Padilha Leitzke, Rommulo Vieira Conceição, Juliana Charão Marques, Johildo Salomão Figueiredo Barbosa</i>	

Sessão Temática 6 – Geotecnologias para a Sociedade

USO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS E GEOTÉCNICOS NA IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS RUPTURAS EM TALUDES	69
<i>Beatriz Guzzo Duz, César Augusto Moreira, Marcos Eduardo Hartwig, Fernanda Miranda de Siqueira Büchi</i>	

USO DE SÉRIE TEMPORAL DE IMAGENS DE SATÉLITE NA ANÁLISE DE MUDANÇAS MORFOLÓGICAS E SEDIMENTARES CAUSADAS POR AÇÕES ANTRÓPICAS NO RIO CUIABÁ (MT),PANTANAL	70
<i>Beatriz Silva Fernandes, Ana Luiza Faria de Souza , Stefania Cristino de Oliveira, Fabiano do Nascimento Pupim</i>	

CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERR NEAS ASSOCIADAS ÀS ROCHAS PLUTÔNICAS E METAVULCANO-SEDIMENTARES, NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL, RS	71
<i>Dimitri Tallemberg Soares, Gabriel Martins Fontoura, Manoela Bettarel Bállico</i>	

ANÁLISE PRELIMINAR DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS NA REGIÃO CENTRO-SUL NO MUNICÍPIO DE GASPARGAR, SANTA CATARINA	72
<i>Dimitri Tallemberg Soares, Gabriel Martins Fontoura, Liliana Sayuri Osako</i>	

APLICAÇÕES DE GEOPROCESSAMENTO PARA SIMULAÇÕES DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO/RS	73
<i>Eduarda Tobolski, João Pedro Di Marco, Marcelo Zagonel de Oliveira, Francisco Manoel Wohnrath Tognoli</i>	

BIBLIOTECA VIRTUAL DE GEOLOGIA DO BRASIL: O EXEMPLO DOS GEOSSÍTIOS DO TERRITÓRIO GEOPARQUE CAÇAPAVA ASPIRANTE UNESCO	74
<i>Pablo Losano Guedes, Jady Caroline Alves, Felipe Guadagnin</i>	

Sessão Temática 7 – Geocronologia e Geoquímica Isotópica

A -SPEEDY' K-AR ROUTINE APPLIED TO MG-SIZED BULK ROCKS AND ITS POTENTIAL FOR OIL-GAS INDUSTRY	76
<i>Alisson Lopes Oliveira, Maria Helena Bezerra Maia Hollanda, Roberto Siqueira</i>	

DO WE REALLY NEED TENS OF KILOGRAMS OF ROCK SAMPLES TO CONCENTRATE ZIRCON FROM MAFIC MAGMAS?	77
<i>Alisson Lopes Oliveira, Mark David Schmitz, Maia Helena Bezerra Maia Hollanda</i>	

ISÓTOPOS DE ZINCO COMO TRAÇADORES DE CONTAMINAÇÃO EM SEDIMENTOS COSTEIROS: QUAL A CONTRIBUIÇÃO DAS TINTAS ANTI-INCRUSTANTES?	78
<i>Bruno Cunha, Jérémie Garnier, Daniel Araújo, Myller Tonhá, Wilson Machado, Marcos Fernandez, Carlos Eduardo Souto-Oliveira, Izabel Ruiz, Marly Babinski</i>	

SENSIBILIDADE DE LUMINESCÊNCIA NA ANÁLISE DA PROVENIÊNCIA SEDIMENTAR CENOZÓICA NO NOROESTE DA BACIA AMAZÔNICA (COLÔMBIA): INSIGHTS PARA RECONSTRUÇÃO DE PALEODRENAGEM	79
<i>Carolina Barbosa Leite da Cruz, Fabiano do Nascimento Pupim, Fernanda Costa Gonçalves Rodrigues, Caio Breda, Mauricio Parra Amezquita, Giovanny Rodriguez Nova, Sebastián Gomez Marulanda, André Oliveira Sawakuchi</i>	

ESTENDENDO O LIMITE TEMPORAL DA DATAÇÃO POR LUMINESCÊNCIA PARA TODO O QUATERNÁRIO: APLICAÇÕES NA AMAZÔNIA ORIENTAL	80
<i>Fabiano Pupim, Fernanda Costa Gonçalves Rodrigues, Naomi Porat, Thays Desiree Mineli, André Oliveira Sawakuchi</i>	

PALEOVOLCANOLOGY, GEOCHEMISTRY, ZIRCON U-PB GEOCHRONOLOGY AND LU-HF ISOTOPY OF THE EDIACARAN CAMPO ALEGRE-CORUPÁ BASIN, SOUTHERN BRAZIL: VOLCANO-TECTONIC CYCLES AND SETTINGS DURING WESTERN GONDWANA CONSOLIDATION	81
<i>Francy Roxana Quiroz-Valle, Lucas Martins Lino, Miguel Ângelo Stipp Basei, Mathias Hueck, Silvio Roberto Farias Vlach</i>	

USO DE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING NÃO-SUPERVISIONADAS MULTIDIMENSIONAIS PARA IDENTIFICAÇÃO GEOLÓGICA: UM OLHAR SOBRE ROCHAS ALCALINAS NA ILHA DA TRINDADE, BRASIL	82
<i>Lucas Guimarães Pereira Monteiro, Anderson Costa Santos, Luizemara Szameitat, Eduardo Reis Viana Rocha</i>	

PETROGENESIS AND TECTONIC SIGNIFICANCE OF TWO BIMODAL VOLCANIC STAGES FROM THE EDIACARAN CAMPO ALEGRE-CORUPÁ BASIN (BRAZIL): RECORD OF METACRATONIZATION DURING THE CONSOLIDATION OF WESTERN GONDWANA.....	83
<i>Lucas Martins Lino, Francy Roxana Quiroz-Valle, Miguel Ângelo Stipp Basei, Silvio Roberto Farias Vlach, Mathias Hueck</i>	

ESTUDOS DE PROVENIÊNCIA PELO MÉTODO U-PB E Hf PELA TÉCNICA LA-ICP-MS EM CRISTAIS DE ZIRCÃO DOS DEPÓSITOS PERMIANOS DA BACIA DO PARANÁ E DE ROCHAS VULCÂNICAS DA PROVÍNCIA ÍGNEA DE CHOIYOI	84
<i>Mariana de Matheus Marques dos Santos, Cláudia Regina Passarelli, Miguel Angelo Stipp Basei, Lucas Martins Lino, Antonio Roberto Saad, Paulo Roberto dos Santos</i>	

GEOCRONOLOGIA E PROVENIÊNCIA DE CRISTAIS DE ZIRCÃO COMO FERRAMENTA PARA A DEFINIÇÃO DO MODELO GENÉTICO DO DEPÓSITO DE Cu-Au CORPO SUL, ARCO MAGMÁTICO DE MARA ROSA, GOIÁS	85
<i>Patricia Tatiane Lopes, Roberto Perez Xavier, Wagner da Silva Amaral</i>	

LINKING METAMORPHIC AND METASOMATIC PROCESS TO CONSTRAIN THE T-T-X HISTORY OF NEOARCHEAN IOCG DEPOSITS FROM THE NORTHERN CARAJÁS PROVINCE (BRAZIL)	86
<i>Poliana Iara de Freitas Toledo, Carolina Penteado Natividade Moreto, Vinicius Tieppo Meira, Antonio Garcia-Casco, Lena Virginia Soares Monteiro</i>	



9º
SIMPÓSIO DE
**QUANTIFICAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS**

SESSÃO TEMÁTICA 1:

**Estatística, Geoestatística,
Modelagem e Simulação**

COORDENADOR:
José Leonardo Silva Andriotti

USO DE TÉCNICAS DE MODELAGEM GEOESTATÍSTICA PARA A REPRESENTAÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DAS UNIDADES CRETÁCEAS DA BACIA DO PARNAÍBA (BRASIL)

Palmeira, A. F.¹; Schmitt, R. S.¹; Assis, A.P.¹; Figueiredo, J. J. P.¹; D'Souza, L. S.¹; Soares M. T. C.¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, e-mail: apalmeira@gmail.com; schmitt@geologia.ufrj.br; assis@geologia.ufrj.br; j.figueiredo@geologia.ufrj.br; leidiane@geologia.ufrj.br; marta@geologia.ufrj.br;

O processo de fragmentação do Gondwana Oeste iniciou no limite Jurássico-Cretáceo culminando na quebra continental e formação da crosta oceânica do Atlântico no final do Albiano. Neste intervalo ocorreram alterações climáticas e migrações dos depocentros significativas nas bacias do nordeste brasileiro. Essas mudanças estão registradas principalmente nas unidades do Cretáceo, no qual o registro sedimentar aponta para uma ingressão marinha que sobrepõe depósitos continentais e desérticos de idade jurássica. Os esforços que culminaram na ruptura do Gondwana influenciaram na evolução tectônica das bacias do nordeste do Brasil, que são majoritariamente encaixadas entre regiões de lineamentos crustais e associadas a bacias do tipo *rift* e/ou *“pull-apart”*. No entanto, a Bacia do Parnaíba é uma bacia *“sag”* que permaneceu como uma extensa área de sedimentação até o Cretáceo e ainda não há um consenso sobre quais estruturas e processos de subsidência foram responsáveis ou interferiram na deposição dos sedimentos cretáceos da bacia. Neste contexto, a utilização de técnicas de modelagem geoespacial favorecem as estimativas, com maior precisão, dos principais processos de formação das bacias, dispondo de ferramentas de simulações computacionais para representar e estudar os processos deposicionais e feições estruturais atuantes em bacias sedimentares. Este trabalho tem por objetivo avaliar as técnicas de modelagem geoestatística para estimar a geometria, limites de sequência, espessuras e profundidades, em escala regional, das formações Grajaú, Codó e Itapecuru. A fim de corroborar no entendimento sobre quais processos e quais estruturas basais desenvolveram papel significativo na deposição das unidades acima mencionadas. Para tanto foi feita uma vasta compilação de dados bibliográficos sobre as unidades litoestratigráficas do Cretáceo que permitiu a utilização dos dados de isópacas, publicadas em Mesner e Wooldridger (1964), Bigarella (1973), Cunha (1986) e Souza (1996); e dos poços, disponibilizados pela ANP; localizados nas porções norte e noroeste da Bacia do Parnaíba. O método de trabalho seguiu três etapas: (a) tratamento dos dados, com a interpretação, digitalização e georreferenciamento dos mapas de isópacas e dos dados de poços; (b) conversão dos dados das isópacas e dos poços em altitude; e (c) geração de superfícies representativas das formações Grajaú, Codó e Itapecuru. Para gerar as superfícies foram aplicadas duas técnicas de interpolações geoestatísticas: a krigagem ordinária e a krigagem universal. Os métodos geoestatísticos abordam expressões matemáticas que usam os valores de coordenadas geográficas (x, y) associados a um parâmetro de profundidade (z). Este método possibilita construir um conjunto amostral de informações, referente ao topo de cada unidade litoestratigráfica. Dessa forma, esses dados foram integrados e interpolados com os dois métodos de interpolação por krigagem, buscando estimativas de variâncias mínimas. Este procedimento possibilitou gerar superfícies representativas das espessuras, dos limites de sequência, do topo e das profundidades das formações Grajaú, Codó e Itapecuru da Bacia do Parnaíba.

Apoio: Os autores agradecem o suporte da Shell Brasil Petróleo Ltda e a importância estratégica do suporte da ANP (Agência Nacional de Petróleo), através do regulamento obrigatório P&D (cooperação técnica #20.219-2).

Palavras-chave: Modelagem Geoestatística; Krigagem; Cretáceo

INTERPRETAÇÃO DE DADOS SÍSMICOS E DE PERFIS DE POÇOS PARA CARACTERIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS PETROLÍFEROS DO PRÉ-SAL NO CAMPO DE TUPI, BACIA DE SANTOS

Eloise Cristina Santos¹, Emilson Pereira Leite¹

¹ Universidade Estadual de Campinas, e-mail: eloisegeologia@gmail.com e-mail: emilson@unicamp.br.

A exploração e gerenciamento de campos petrolíferos é bem mais eficiente e menos arriscada quando associada a uma boa caracterização de seus reservatórios. Os dados sísmicos e perfis de poços são utilizados para esta finalidade porque, quando integrados, permitem a obtenção de informações sobre propriedades físicas e geológicas, que são utilizadas na construção de modelos e identificação de novos alvos para a exploração de hidrocarbonetos. O Campo de Tupi, na Bacia de Santos, foi o pioneiro da descoberta do pré-sal e possui os poços mais produtivos do Brasil. Nesta região, o sistema petrolífero é composto pelas rochas geradoras da Formação Piçarras e carbonatos das formações Itapema e Barra Velha, que atuam como reservatórios. Para a realização deste trabalho foram utilizados o volume sísmico 3D, que representa a área de estudo situada na porção sudoeste do Campo de Tupi, além de 30 perfis de poços distribuídos espacialmente. Desta forma, o objetivo do presente estudo consiste em compreender as características geológicas e geofísicas dos carbonatos que compõem os reservatórios do Campo de Tupi, em escala sísmica. Logo, o volume sísmico e os poços foram carregados no software Petrel (Schlumberger), ambos em escala de profundidade, com o intuito de extrair as principais estruturas. Para delimitação dos horizontes e falhas no intervalo do reservatório foram aplicados diferentes atributos sísmicos de caráter estrutural focados em feições como curvatura, mergulho, azimute e variação de amplitude e gradiente. Com isso, foi possível extrair o horizonte representante do embasamento, Formação Camboriú, no qual a elevação varia entre -4.800 m a -6.200 m. Ainda sobre o embasamento, existe uma alta densidade de falhas no sentido NE-SW, o alto topográfico situa-se na porção SE e as zonas mais baixas estão a NW. Em relação a Formação Itapema, a altitude está entre -4.800 m a -5.300 m, também com distribuição da topografia decrescendo de SE para NW. A superfície da Formação Barra Velha possui elevação entre -4.600 m a -5.000 m e apresenta menor densidade de falhas. De maneira geral, as falhas apresentam direção NE-SW e mergulho de 45° a 75°. Além disso, avaliando a performance dos atributos, para a determinação dos horizontes e falhas, os atributos *Amplitude Contrast*, *Gradient Magnitude*, *Structural Smoothing* e *Directional blending* foram os que se demonstraram mais eficientes no destaque das feições. No caso do mergulho, os atributos *Local Dip Structural* e *Consistent Dip* demonstraram-se mais efetivos.

Apoio: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Palavras-chave: Reservatório pré-sal, Atributos sísmicos, Sísmica Campo de Tupi.

CLASSIFICAÇÃO SÍSMICA MULTI-ATRIBUTOS NA FORMAÇÃO BARRA VELHA DO CAMPO DE BÚZIOS A PARTIR DE ALGORITMOS DE APRENDIZADO NÃO-SUPERVISIONADO

Felipe Ferreira Luiz Gorla¹, Gustavo Luan Cardoso², Cleyton de Carvalho Carneiro³, Andre Henrique⁴, Henrique Luiz de Barros Penteado⁵

¹ Petrobras, felipegorla@petrobras.com.br

² Petrobras, gustavoluan@petrobras.com.br

³ Universidade de São Paulo, cleytoncarneiro@usp.br

⁴ Petrobras, andre.henrique@petrobras.com.br

⁵ Petrobras, hpenteado@petrobras.com.br

A camada pré-sal da margem atlântica brasileira, onde reside grande interesse econômico, é constituída por reservatórios carbonáticos de idade aptiana-barremiana. Estes reservatórios apresentam distribuição anisotrópica das propriedades petrofísicas e forte influência de processos diagenéticos, demandando esforços multidisciplinares para seu entendimento. Neste contexto, a classificação de atributos sísmicos em sismofácies constitui ferramenta importante, trazendo resultados robustos, destacando feições de interesse de forma rápida. Além disso, este tipo de classificação pode ainda auxiliar na interpretação geológica de áreas nas quais não existem poços perfurados, auxiliando as campanhas exploratórias. Tendo isso em vista, o presente trabalho tem como objetivo estabelecer um procedimento metodológico para classificação de sismofácies de maneira semiautomatizada, tendo como base analítica algoritmos não-supervisionados aplicados em cubos de atributos sísmicos. Para tanto foi utilizado um dado sísmico reprocessado (PSDM_D_RTM) do Campo de Búzios, situado na porção *offshore* da Bacia de Santos, na margem continental sudeste brasileira. O trabalho apresenta uma rotina que visa a segmentação dos diferentes elementos arquiteturais da plataforma carbonática da Formação Barra Velha (Aptiano), desenvolvendo assim, modelos de distribuição de sismofácies do reservatório carbonático. A rotina compreendeu a aplicação em dados sísmicos reamostrados para a escala de modelo geológico. O processo englobou a extração de atributos sísmicos que respondem predominantemente à litologia e estruturas, a importação desses atributos para uma malha 3D, análises de correlação, análise de componentes principais, determinação do número ótimo de grupos e posterior aplicação do algoritmo *perceptron* multicamadas com conexões laterais. Cinco atributos sísmicos foram selecionados para as análises, a saber: impedância acústica relativa, curvatura mais-negativa, amplitude, envelope e caos. As variáveis de entrada para a etapa de classificação foram as principais componentes que mais contribuem com a variância total dos dados considerando os cinco atributos. Utilizando conceitos de sismoestratigrafia, dados litológicos de poços e os modelos conceituais de plataformas carbonáticas, as sismofácies obtidas foram associadas a elementos arquiteturais da plataforma como: rampas e plataformas de baixa energia, rampas e plataformas de alta energia, limites de sequência, depósitos de fluxos gravitacionais, sedimentos argilosos, *mounds* e *buildups* de borda de plataforma e carbonatos porosos de borda de plataforma. Os elementos deposicionais foram correlacionados com dados de associações de fácies reconhecidas nos poços e características petrofísicas constatadas em perfis. Com isso, foi possível estabelecer um padrão de associações de fácies típico para cada sismofácies, bem como estimar o potencial selante ou reservatório. A composição de atributos utilizada com a presença de um atributo de curvatura proporcionou a segmentação de elementos deposicionais constituídos de argilas e carbonatos porosos que no dado sísmico de impedância tenderiam a apresentar características semelhantes (impedâncias baixas). A utilização de um algoritmo não-supervisionado proporcionou uma classificação dos principais domínios deposicionais de forma rápida, constituindo importante ferramenta para auxiliar os intérpretes na avaliação de um campo de petróleo, em especial em áreas com ausência de poços perfurados.

Palavras-chave: Classificação sísmica, Algoritmo não-supervisionado, Formação Barra Velha

ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS COMO FERRAMENTA PARA COMPARTIMENTAÇÃO DE TIPOS DE ÁGUAS DE FORMAÇÃO NO CAMPO DE BÚZIOS

Felipe Ferreira Luiz Gorla¹, Jordão Douglas de Lima Nogueira², Saulo Bertolino dos Santos³, Rosane Alves Fontes⁴, Luiz Alexandre Sacorague⁵, Andre Henrique⁶, Henrique Luiz de Barros Penteadó⁷ Cleyton de Carvalho Carneiro⁸

¹ Petrobras, felipegorla@petrobras.com.br

² Petrobras, jordaodouglas@petrobras.com.br

³ Petrobras, saulobertolino@petrobras.com.br

⁴ Petrobras, rafontes@petrobras.com.br

⁵ Petrobras, sacorague@petrobras.com.br

⁶ Petrobras, andre.henrique@petrobras.com.br

⁷ Petrobras, hpenteadó@petrobras.com.br

⁸ Universidade de São Paulo, cleytoncarneiro@usp.br

As características das águas de formação constituem importantes insumos para projetos de desenvolvimento da produção nos campos do pré-sal. Conhecer as variações composicionais das águas é primordial para guiar ações que visam combater processos de incrustação nos equipamentos responsáveis pela elevação e escoamento. No Campo de Búzios (Bacia de Santos), a salinização das águas de formação do aquífero evoluiu a partir de solutos originados pela interação com salmouras de evaporação da água do mar. O objetivo desse estudo foi correlacionar as características das famílias de águas de formação encontradas com as características geológicas do campo. Para isso, a pesquisa estabeleceu um procedimento metodológico composto por duas rotinas de classificação das águas de formação do campo de modo semiautomatizado, tendo como base analítica o algoritmo não-supervisionado *k-means*. As variáveis de entrada utilizadas foram as composições iônicas oriundas das análises de águas, sendo selecionados os íons: magnésio, bário, cálcio, lítio, potássio, estrôncio, sulfato, bicarbonato, brometo, cloreto e boro. A primeira rotina de classificação visou uma análise exploratória dos dados para observar as características das amostras e a performance do algoritmo, sendo utilizadas todas as amostras da base de dados. A metodologia compreendeu a padronização dos dados, análises de principais componentes, determinação do número de grupos, processamento via *k-means* e interpretação dos resultados. A segunda rotina de classificação suprimiu amostras de fluidos de perfuração e ampliou o número de grupos para maior detalhamento. Para auxiliar na interpretação dos resultados, as famílias de águas de formação foram plotadas em mapas e correlacionadas com dados geológicos. Uma nomenclatura que indica os íons mais representativos de cada agrupamento foi utilizada como referência para as interpretações. A segunda segmentação proporcionou dez grupos de águas de formação, dos quais quatro corresponderam a amostras contaminadas ou não representativas. Outros dois grupos, denominados Médio-K-Sr e Alto-B evidenciaram as variações iônicas dentro das coquinas da Formação Itapema (Idade Jiquiá), caracterizada pela distribuição homogênea do grupo Médio-K-Sr em toda a porção central do campo, porém com valores crescentes de boro em direção à área nordeste. Três grupos compreenderam variações dentro da Formação Barra Velha (Idade Alagoas), a saber: Alto-HCO₃, Alto-Ba-Li e Alto-Cl. O primeiro descreve a composição das amostras da porção oeste do campo, onde é constatado um aquífero suspenso em profundidades mais rasas que o aquífero principal. O segundo isola a região extremo norte do campo e o terceiro, por sua vez, a região noroeste. Por fim, o último grupo denominado Alto-K-Sr, apresenta-se tanto em amostras da Formação Barra Velha quanto Itapema e descreve uma direção de enriquecimento em potássio e estrôncio no sentido sul e sudeste do campo. A segmentação dos tipos de águas proporcionou caracterizar as variações composicionais ao longo do campo, destacando as diferenças entre o aquífero principal e o suspenso. Além disso, marcou as diferenças iônicas que acontecem entre formações estratigráficas e nas extremidades do campo, onde possivelmente barreiras de permeabilidade podem ter impedido a completa homogeneização das águas.

Palavras-chave: Águas de formação, análise de agrupamentos, algoritmo não-supervisionado

CONECTIVIDADE DE BANDAS DE DEFORMAÇÃO A PARTIR DE ANÁLISE TOPOLÓGICA EM MODELOS DIGITAIS DE AFLORAMENTOS

Juliano Bonato ¹, Francisco Manoel Wohnrath Tognoli ¹, Francisco César Costa Nogueira ², Tiago Siqueira de Miranda ³, Leonardo Campos Inocencio ¹

¹ Universidade do Vale do Rio dos Sinos, VizGEO Sci Data Lab, jbonato@edu.unisinos.br,
ftognoli@unisinos.br, lcinocencio@unisinos.br

² Universidade Federal de Campina Grande, aulascezar@gmail.com

³ Universidade Federal de Pernambuco, ModLab, tiago.smiranda@ufpe.br

Agrupamentos de bandas de deformação associados a zonas de dano e núcleos de falhas modificam as propriedades petrofísicas de rochas e influenciam a migração de fluidos no sistema poroso. Entretanto, são poucos os estudos que abordam a conectividade das bandas de deformação como um controle para o fluxo de fluidos em meios porosos. Neste trabalho, uma avaliação quantitativa da conectividade de uma rede de bandas de deformação foi realizada em arenitos porosos da Formação Antenor Navarro, Bacia do Rio do Peixe. Observações em campo delimitaram a área de amostragem e determinaram os parâmetros de aquisição de dados. Dados de solo integrados com dados obtidos por VANT e por GNSS-RTK resultaram em um modelo digital de afloramento (MDA) de alta resolução espacial. O MDA foi gerado pela técnica fotogramétrica *Structure from Motion – Multi-View Stereo* (SfM-MVS) a partir do processamento de 1014 fotografias, 1 estação fixa GNSS-RTK e 11 pontos de controle para garantir erros posicionais inferiores a 2 cm. Parâmetros topológicos como frequência, intensidade e intensidade adimensional foram quantificados em três áreas amostrais representativas, *i.e.*, círculos de 20 metros de diâmetro no Afloramento Melancias. A identificação das bandas de deformação gerou uma base de dados numérica para as diferentes áreas de amostragem, que inclui os parâmetros topológicos, comprimento e orientação. A proporção dos nós tipo X aumenta para oeste enquanto a proporção de nós tipo I é maior na região leste. Na porção sul do afloramento, observa-se altos valores de frequência, intensidade, conexões por linha, conexões por ramo e um maior número de todos os tipos de nós. A geometria das bandas define a proporção dos tipos de nós, influencia a distribuição de nós dos tipos I e Y (setor nordeste) e tipos X e Y (setor sudoeste) e controla a conectividade da rede de fraturas. Os resultados derivam do processamento de 6.692 bandas, 6.414 linhas, 17.540 nós e 22.920 ramos, com comprimentos entre 0,109 e 29,044 metros, tamanho médio de 2,213 metros e somatório de comprimentos de 16.778 metros. As análises geométrica e topológica definem o setor nordeste do afloramento como um corredor de fluidos associado a uma zona de dano. Por outro lado, o setor sudoeste é interpretado como uma barreira de fluxo associada a um núcleo de falha. A influência do comprimento e da orientação no arranjo geométrico das bandas foi testado a partir da filtragem de dados utilizando a mediana dos comprimentos. A exclusão das bandas de comprimento inferior à mediana resultou em uma nova base de dados com 3.346 bandas, com comprimentos variando de 1,440 a 29,044 metros. Apesar da remoção de 50% das bandas de deformação, 82% do comprimento total das bandas (13.758 m) permaneceram na nova base de dados e o padrão de orientação das bandas não se alterou. Com isso, determinou-se potenciais zonas favoráveis e potenciais barreiras à percolação de fluidos com base na influência dos parâmetros topológicos, comprimento e orientação das bandas de deformação, que fornecem subsídios para simulações da variabilidade de reservatórios e aquíferos e propostas de modelos de fluxo.

Apoio: Petrobras (TC 5850.0106528.17.9) e CNPq (proc. 311204/2017-1)

Palavras-chave: Geologia Digital Quantitativa, Modelo Digital de Afloramento, Fotogrametria Digital.

APLICAÇÃO DE INCERTEZAS DE ESTIMATIVAS, OBTIDAS POR SIMULAÇÃO GEOESTATÍSTICA, NA CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS DE UM DEPÓSITO DE BAUXITA AMAZÔNICA

Gabriel C. Moreira¹, Robson Aglinskas², Luigi Carboni³, Gustavo Usero⁴ e Márcio Soares⁵

¹ Geovariances Brasil, e-mail: moreira@geovariances.com;

² Mineração Rio do Norte, e-mail: projel.robson.aglinskas@mrnlx.com.br;

³ Geovariances Brasil, e-mail: carboni@geovariances.com;

⁴ Geovariances Brasil, e-mail: usero@geovariances.com;

⁵ Mineração Rio do Norte, e-mail: marcio.soares@mrn.com.br

É crescente e bem-vindo o uso de parâmetros quantitativos, como incertezas de teores estimados, para classificar Recursos Minerais. Metodologias qualitativas de classificação, tais como quantidades mínimas de amostras usadas para estimar dado bloco, aplicação de alcances de modelos variográficos como perímetros delimitadores ou mesmo critérios mais sofisticados como variância de krigagem, guardam certa controvérsia na indústria por não irem além de significar um mero “conforto” de que as estimativas estariam “bem-feitas” e por si só teriam adequada confiabilidade. Numa realidade em que projetos minerais são avaliados de forma multidisciplinar, dimensionar o grau de incerteza é fundamental para se conhecer seu potencial de viabilidade econômica e riscos relacionados. Adicionalmente, as normas que padronizam os reportes de Recursos e Reservas Minerais, nacionais ou estrangeiras, vinculam as categorias *medido/provado* e *indicado/provável* às respectivas capacidades de “confirmar” ou “atestar” o depósito que está sendo reportado. Neste contexto e, aproveitando um extenso trabalho de revisão das estimativas dos Recursos e Reservas Minerais de um depósito de Bauxita localizado no Norte do Brasil, os autores propõem substituir o critério de quantidades mínimas de amostras num dado raio de busca, até então vigente, para a quantificação das incertezas dos parâmetros que são relevantes para a operação, seguindo referências já publicadas por outros autores. Isto se deu pela simulação de múltiplas realizações pelo método de bandas rotativas dos teores de sílica reativa (contaminante de maior variância e impacto financeiro da bauxita comercializada) e das espessuras da camada de bauxita (devido à natureza tabular desta mineralização, que se caracterizam por oscilações deste parâmetro e até mesmo ausências localizadas). O trabalho descreve como foram feitos os ajustes de volumes destas simulações (para escalas de produção reais da operação), os critérios de pós-processamentos das simulações e o fluxograma esquemático e critérios para categorizar os Recursos Minerais, incluindo-se como foram empregadas as incertezas de espessura de bauxita e teores de sílica reativa. Por fim, discute-se o grau de robustez da metodologia e eventuais ajustes oportunos para mitigar potenciais fragilidades. Dentre as evidentes vantagens dessa metodologia, cabe destacar a efetiva noção do grau de incerteza indicado (e se é tolerado ou não pela organização), o automático mapeamento dos locais com maior incerteza (que podem ser priorizado em eventuais campanhas de adensamento amostral) e a flexibilidade de alterar os parâmetros de incerteza máximos (e as classificações em si), conforme a conjuntura. Também cabe citar que esta previne artefatos indesejados tipo “cachorro malhado” (em que há um zoneamento proposital entre as categorias de classificação).

Palavras-chave: simulação geoestatística, classificação de recursos minerais, bauxita

AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E VOLUME DE INTRUSÕES RELACIONADAS AO MAGMATISMO SERRA GERAL NA BACIA DO PARANÁ

Jhenifer Caroline da Silva Paim¹, Gabriel Bertolini², Juliana C. Marques³, Diego Marques⁴

¹ UFRGS, e-mail: jheniferpaimufrgs@gmail.com; .

² UFRGS, e-mail: gabertol@gmail.com.

³ UFRGS, e-mail: juliana.marques@ufrgs.br.

⁴ UFRGS, e-mail: diego.marques@ufrgs.br; .

A Bacia do Paraná constitui uma bacia intracratônica localizada no sul, sudeste e centro-oeste do Brasil e em países como a Argentina, Paraguai, Uruguai e Namíbia. Sua deposição foi descontínua no tempo, e dessa forma, separada em seis Supersequências entre o Ordoviciano e o Cretáceo. Destaca-se a ocorrência de rochas com potencial gerador de hidrocarbonetos como folhelhos negros e carvões nessa Bacia, e rochas reservatório como arenitos e carbonatos. Os estratos sedimentares mencionados são cortados por uma série de corpos subvulcânicos do magmatismo Serra Geral de aproximadamente 135 Ma. Estudos petrográficos, geoquímicos e de biomarcadores orgânicos apontam que o aporte termal e alteração hidrotermal promovido por essas intrusões gera efeitos diversos na encaixante os quais podem alterar características originais da rocha sedimentar como mineralogia, porosidade e permeabilidade. Além disso, a colocação de corpos intrusivos nas proximidades de unidades ricas em matéria orgânica possibilita a expansão da janela de maturação de hidrocarbonetos. A divulgação de dados históricos das bacias terrestres brasileiras pela ANP e desenvolvimento de novas técnicas de análise e quantificação permitem um aprofundamento no entendimento das relações espaciais, aprimorando o entendimento geológico. Dessa forma, foram utilizados 120 poços da Bacia do Paraná, a fim de modelar intrusões e suas encaixantes imediatas. Com base na espessura das intrusões é possível por meio de uma relação empírica definir o comprimento de sua base, e por consequência, calcular seu volume. Assim, foram desenvolvidos scripts que possibilitaram a quantificação dos pacotes, e que possibilitou: (1) modelar o volume da intrusão em subsuperfície; (2) avaliar a distribuição espacial das intrusões; e (3) determinar a predominância litológica da rocha encaixante. O modelamento do volume da intrusão e o entendimento da distribuição das mesmas em relação às suas encaixantes são fundamentais para avaliação da potencialidade energética da bacia quanto a geração atípica pelo efeito em rochas geradoras como pelo efeito nos reservatórios de O&G. Adicionalmente, este trabalho tem potencial para contribuir para a quantificação de reservatórios de outros fluidos como água, e mesmo para trabalhos que visem a estocagem de carbono.

Apoio: PRH – 14.1 Finep, ANP

Palavras-chave: Diabásio, Soleira, Modelagem,

ESTUDO DE DEFINIÇÃO DE MALHA ÓTIMA A PARTIR DE SIMULAÇÕES CONDICIONAIS EM SUBDOMÍNIOS EM UM DEPÓSITO DE BAUXITA AMAZÔNICA

Luigi Carboni¹, Gabriel C. Moreira², Robson Aglinskas³, Ítalo Barreto⁴, Gustavo Usero⁵, Marco A. H. Monteiro⁶, José Diogo O. Lima⁷ e Keila P. Gomes⁸

¹ Geovariances Brasil, e-mail: carboni@geovariances.com;

² Geovariances Brasil, e-mail: moreira@geovariances.com;

³ Mineração Rio do Norte, e-mail: projel.robson.aglinskas@mrnlx.com.br;

⁴ Mineração Rio do Norte (à ocasião), e-mail: italolimabarreto@gmail.com;

⁵ Geovariances Brasil, e-mail: usero@geovariances.com;

⁶ Mineração Rio do Norte, e-mail: marco.monteiro@mrn.com.br

⁷ Mineração Rio do Norte, e-mail: jose.lima@mrn.com.br

⁸ Mineração Rio do Norte, e-mail: keila.gomes@mrn.com.br

É bem conhecido e aplicado na indústria de mineração estudos de incerteza baseado em simulações condicionais. Existem muitas aplicações baseadas nesta metodologia, e uma delas é o *Drillhole Spatial Analysis* (DHSA). Sua aplicação traz uma indicação robusta da incerteza média esperada na estimativa de recursos a partir de diferentes configurações espaciais de malhas de sondagem. Essa indicação auxilia o tomador de decisão no momento de destinação dos recursos financeiros e laborais com amostragem, sendo esse, por sua vez, um processo financeiramente custoso no empreendimento mineiro, além de ser servir como um tópico adicional a ser analisado nos procedimentos de classificações de recursos minerais que levam em conta incerteza e períodos de produção. Esta metodologia se baseia no estudo de incertezas em diferentes configurações de furos de sondagem virtuais geradas a partir de simulações condicionais. Essas, por sua vez, respeitam o comportamento estatístico e espacial dos dados de entrada. Com as novas malhas virtuais, são realizadas simulações que, associadas as massas de produções, são usadas como base no cálculo das respectivas incertezas. Seu cálculo é feito a partir do Intervalo de Confiança de 90% da Média da distribuição das simulações geradas para cada configuração de malha virtual. Para o trabalho em questão foi feito o estudo de DHSA para a variável mais crítica em termos de lucro, nos três domínios previamente definidos com a análise de clusters. Os procedimentos realizados contam com o uso de correção estratigráfica que se propõe a justapor os níveis estratigráficos que estavam em cotas distintas, foi verificado que com o seu uso, o comportamento espacial da variável se torna mais contínuo e mais bem estruturado. A escolha das configurações virtuais a serem analisadas foi feita de tal forma que expusesse as incertezas das configurações amostrais atualmente adotadas e que são usadas na classificação de recursos minerais. Desta forma, foram estudadas as malhas de 25x25, 50x50, 100x100 e 200x200 nos períodos de produção anual, trimestral, mensal, semanal e na massa do embarque. Os resultados do trabalho mostram que, de modo geral as incertezas de produção para os períodos trimestrais nos domínios são abaixo de 6% e para períodos anuais são abaixo de 3%, para todos os domínios analisados. Levando em consideração métodos de classificação de recursos minerais que se baseiam em incertezas e em períodos de produção, a malha de sondagem de 200x200, para a variável e para o local de estudo em questão, está associada a regiões de recursos minerais medidas.

Palavras-chave: simulações condicionais, malha de sondagem, bauxita, classificação de recursos minerais, incerteza

ANÁLISE QUANTITATIVA DAS PROPRIEDADES PETROGRÁFICAS DE AMOSTRAS DE ROCHAS CARBONÁTICAS DO PRÉ-SAL BRASILEIRO

Luis Augusto Antoniossi Mansini¹, Najlah Zeitoum², Leonardo Fernandes Godoi³, Nathália Rocha Amorim⁴, Alexandre Campana Vidal⁵

¹ Universidade Estadual de Campinas, e-mail: l182868@dac.unicamp.br

² Universidade Estadual de Campinas, e-mail: nah.zeitoum@gmail.com

³ Universidade Estadual de Campinas, e-mail: l201162@dac.unicamp.br

⁴ Universidade Estadual de Campinas, e-mail: n222831@dac.unicamp.br

⁵ Universidade Estadual de Campinas, e-mail: vidal@unicamp.br

O início da exploração do pré-sal é um dos marcos mais importantes da história geológica e econômica do Brasil. Com a enorme disparidade positiva entre a produção prevista antes e após a exploração do pré-sal, há cada vez mais mobilização por parte de empresas e pesquisadores por estudos caracterizando as rochas-reservatório dessa camada. O presente trabalho tem como finalidade a caracterização petrográfica de amostras de rochas carbonáticas de um reservatório do pré-sal brasileiro na Bacia de Santos, que visa analisar a gênese de seus principais componentes sedimentares e diagenéticos através de descrições macro e microscópicas, além da análise de dados petrofísicos correlacionando valores de porosidade e permeabilidade. O objetivo é definir o potencial de reservatório dessas rochas e correlacioná-las com as principais fácies definidas para o intervalo do pré-sal: (i) Esferulitos; (ii) Shrub-Like Limestone; (iii) Grainstone Intraclástico; (iv) Packstone Intraclástico; (v) Dolostone; e (vi) Mudstone/Siltstone. Acerca de todas as amostras analisadas, esferulitos, shrubs e matriz (argilosa, sílica e/ou carbonática) são elementos comuns, tanto *in situ*, quanto retrabalhados ou substituídos parcialmente. A cimentação das rochas é de dois tipos: sílica, com chert bordejando os grãos, calcedônia e cristais de quartzo, nessa ordem na direção grão-poro; e carbonática, com a cristalização de calcita e dolomita romboédrica por substituição, pelo processo diagenético de dolomitização. Com a análise estatística aplicada nas lâminas delgadas, foi medido o diâmetro de esferulitos e o comprimento de estruturas *shrub* preservadas, além de espessuras de fraturamentos. Os esferulitos apresentaram média de diâmetro de $1,60 \pm 0,76$ mm, com o menor e maior grão com 0,25 e 6,92 mm, respectivamente. O comprimento dos grãos com estruturas *shrub* apresentaram uma média de $3,05 \pm 1,44$ mm, com menor e maior estrutura com 0,71 e 12,9 mm, respectivamente. Por fim, as fraturas apresentaram espessura média de $0,16 \pm 0,07$ mm, com menor e maior intervalo de espessura equivalente a 0,01 a 1,47 mm, respectivamente. As medições permoporosas indicaram porosidade com média de $13,77 \pm 5,78$ % e permeabilidade com média de $172,63 \pm 474,90$ mD. A correlação entre os dois parâmetros é baixa devido ao elevado grau de complexidade do sistema poroso dos carbonatos, com baixa conectividade dos poros, inviabilizando uma relação direta entre porosidade e permeabilidade. Portanto, em sua maioria os valores de porosidade das rochas estão abaixo de 15%, caracterizando um potencial regular de reservatório carbonático.

Palavras-chave: Caracterização da porosidade, Reservatórios carbonáticos, Bacia de Santos

A MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA AO GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS COMO UM GRANDE ALIADO NA ABORDAGEM ESG NAS CORPORAÇÕES

Marcio Costa Alberto¹ & Vinícius Falchi Bernardo²

¹ GeoInovações®, e-mail: mralberto@geoinovacoes.com.br

² GeoInovações®, e-mail: vinicius.bernardo@geoinovacoes.com.br

Tema veiculado hoje em dia, ESG – *Environmental, Social and Governance* se tornou matéria obrigatória na gestão responsável e holística pelas empresas interessadas em demonstrar que suas atividades podem ser preferência de investimentos.

ESG é uma abordagem para avaliar até que ponto uma corporação trabalha em prol de objetivos sociais e ambientais, além da maximização de lucros aos acionistas. Para tanto, é necessária a realização de quantificação das ações da corporação, pois, sem medir é impossível atuar na gestão das questões de interesse.

Como trata-se de tema abrangente, este trabalho é uma breve reflexão sobre as questões do gerenciamento de áreas contaminadas (GAC), e como estas podem influenciar na abordagem ESG, e o potencial uso da modelagem matemática nesta.

GAC é tema controverso nas corporações, pois sua existência é um passivo, e representa influência direta nas finanças, contabilidade, gestão e balanço patrimonial, por vezes na imagem. Em adição, as disciplinas de GAC e a metodologia de investigação ambiental apresentam incertezas, e sua quantificação é um desafio, técnico quanto de comunicação aos stakeholders envolvidos.

A modelagem matemática aplicada ao GAC atualmente vem sendo limitada à avaliação preditiva do comportamento de contaminantes e da remediação, incluída a possibilidade dos contaminantes atingirem receptores e recursos naturais, a estimativa de áreas de restrição de uso dos recursos subterrâneos, entre outras funções, todas associadas à questões referentes aos riscos à saúde humana, e com uma abordagem técnica e multidisciplinar. Uma visão “miope”, em se tratando do uso de modelos robustos para tal fim.

A miopia se dá pelas incertezas mencionadas, e pela falácia de que um modelo matemático não representa a realidade por ter limitações e suposições, e não contemplar todas as variáveis envolvidas no comportamento dos contaminantes. Aqui cabe uma pergunta: Com a abordagem atual de investigações e tecnologias existentes, é possível medir, e até mesmo conhecer, todas as variáveis? A segunda pergunta serve para reflexão técnica: Os modelos matemáticos usados amplamente nas previsões econômicas, consideraram todas as variáveis e possibilidades em suas análises? Ou seja, também há incertezas nos modelos matemáticos aplicados em outras áreas.

Desmistificado este fato, então, a primeira reflexão é entender onde, na abordagem ESG, há potencial impacto da existência de áreas contaminadas. E, ao consultar ORÉ Inovação & Impacto Social (2020), verifica-se os seguintes potenciais impactos, para cada uma das letras da abordagem ESG, não restritas a essa:

- Ambiental: Uso de Recursos, Poluição;
- Social: Saúde e Segurança, Impacto na Comunidade; e
- Governança: Gestão de Riscos, Transparência Fiscal, Direito dos Acionistas.

Com base nesta reflexão, os autores entendem que a modelagem matemática é uma ferramenta que, com a quantificação em GAC, pode trazer impactos positivos à governança corporativa, possibilitando o dimensionamento de questões ambientais, sociais e financeiras de um passivo ambiental relacionado a uma área contaminada, trazendo melhor abordagem para a gestão dos recursos para: proteção dos receptores e a remediação das áreas; e permite a definição de métricas para os passivos de uma empresa, trazendo transparência à avaliação financeira e contábil, deixando mais seguros acionistas, sociedade e órgãos reguladores.

Apoio: GeoInovações®

Palavras-chave: água subterrânea, contaminação, aquíferos, indicadores, investimentos

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE GEOQUÍMICA E FÍSICA DE SOLOS À CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO EM ÁREA DE MINERAÇÃO AURÍFERA

Marina Thimotheo¹, Ricardo Perobelli Borba¹, Francisco Manoel Wohnrath Tognoli²

¹ Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/SP, marina.thimotheo@gmail.com, borba@ige.unicamp.br

² Universidade do Vale do Rio dos Sinos, VizGEO Data Sci Lab – UNISINOS/RS, ftognoli.geo@gmail.com

O mercúrio, metal altamente tóxico e principal subproduto do processamento artesanal de ouro, é descartado em sua forma líquida nos solos e cursos d'água. Uma vez disposto no ambiente, o mercúrio não se degrada e tem fácil acesso à cadeia alimentar, o que torna fundamental o mapeamento das áreas em que possam haver anomalias nos teores deste metal. Objetivando otimizar a compreensão da vulnerabilidade química de solos à contaminação metálica no Distrito Aurífero de Lavras do Sul (DAL-S-RS), propõe-se a adaptação do método GOD (*Groundwater hydraulic confinement–G; Overlaying strata–O; Depth to groundwater table–D*) a partir da incorporação do Índice Geoquímico de Teor Metálico em Solo (GTM) e o Índice de Resistência a Impactos Ambientais (RIA). A ponderação dos índices mencionados são: GOD: vulnerabilidade medida entre 0 (desprezível) e 1 (extrema); GTM: teor de Hg no solo entre 0-40 µg/kg com peso 1 (vulnerabilidade extrema, considerando que a retenção do solo ao Hg é baixa) até >305 µg/kg com peso 0,2 (vulnerabilidade desprezível); RIA: o índice se baseia em parâmetros físicos e no tipo de solo para mensurar a vulnerabilidade. Os três tipos de solos no DAL-S-RS são argissolos e chernossolos, com peso 0,75 (vulnerabilidade alta), e neossolos, com peso 1 (vulnerabilidade extrema). O desafio nesta abordagem está no cálculo final dos três índices. Sugere-se um Índice de Vulnerabilidade (IV) obtido por relações entre os três índices: GOD, GTM e RIA. Os resultados do IV serão apresentados por meio de mapas geoquímicos, a serem desenvolvidos em ambiente SIG. O método de interpolação geoestatística IDW (*Inverse Distance Weighted*) foi escolhido em função da malha amostral. Estes produtos cartográficos serão discutidos com relação às áreas de mineração e tipos de solo, além da discussão sobre a efetividade da adaptação do método. Ao integrar ao GOD dados de escalas regional e local, e variáveis químicas e físicas, espera-se que o IV represente uma alternativa viável para estudos de risco ambiental a partir de técnicas de modelagem e geoprocessamento.

Palavras-chave: GOD; geoprocessamento; metais.

AValiação INTEGRADA DE DOMÍNIOS HIDROGEOLÓGICOS UTILIZANDO ANÁLISE DE DADOS, SENSORIAMENTO REMOTO E AEROMAGNETOMETRIA: UM ESTUDO DE CASO NA PORÇÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

Mauren Espinosa Gaspar¹, Christie Helouise Engelmann de Oliveira¹, Francisco Manoel Wohnrath Tognoli^{1,2}

¹ Universidade do Vale do Rio dos Sinos, PPGeo, e-mail: MAURENGASPAR@edu.unisinos.br;
CHELOUISE@unisinos.br;

² Universidade do Vale do Rio dos Sinos, PPGeo, VizGEO Sci Data Lab, e-mail: FTOGNOLI@unisinos.br;

O estado do Rio Grande do Sul vem passando por longos períodos de estiagem que agravaram uma crise hídrica no estado. O Escudo Sul-Riograndense (ESRG) é composto por unidades litológicas sedimentares e cristalinas, que condicionam domínios hidrogeológicos distinguidos por fatores hidráulicos e hidroquímicos. O objetivo desse trabalho foi avaliar as condicionantes hidrogeológicas da área de estudo por meio de análise de dados de poços cadastrados no sistema SIAGAS; sensoriamento remoto, para análise de lineamentos; e avaliação aeromagnetométrica, para avaliação de estruturas de subsuperfície. Como objetivos específicos buscou-se: estabelecer um código em linguagem python, para a classificação automática de poços conforme o seu domínio hidrogeológico; utilizar o código python como ferramenta para Sistema de Informações Geográficas (SIG); identificar compartimentos estruturais; correlacionar os dados para modelagem hidrogeológica da área. A metodologia foi proposta a partir de revisão bibliográfica, com análise dos diferentes tipos de aquíferos nos diferentes tipos rocha, para assim visualizar a dinâmica conceitual da hidrogeologia da área. A partir disso, corroborou-se a necessidade de método de avaliação para banco de dados, elaborada nesse trabalho através da plataforma Jupyter Notebook com python 3.8. No total, foram avaliados 1.496 poços, dentro de uma área de estudo de 41.051 km², e classificados 884 poços que apresentavam as informações para classificação. Estes poços foram classificados de acordo com a subdivisão de Sistemas Aquíferos do Rio Grande do Sul: Cristalino produtor, cristalino não produtor, Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Pirambóia (Sp), Aquitardos Permianos (ap), Sistema Aquífero Palermo/Rio Bonito (pr), Sistema Aquífero Sedimentos Deltaicos(sd), Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II (qc2), Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I ou Sistema Aquífero Quaternário Barreira Marinha (qc1 ou bm). O código inclui as etapas de importação de dados, lógica classificatória, análises de SIG através do python, compilação e correlações de dados. As avaliações dos lineamentos foram feitas utilizando Modelo Digital de Elevação e processadas no software QGIS 3.22.7, em diferentes pseudo-iluminações (45°, 135°, 225°, 315°), para destacar estruturas em diferentes escalas (1:400.000 e 1:100.000). No total, foram traçados 311 lineamentos em escala 1:400.000, e 6183 lineamentos em escala 1:250.000. Em ambas as escalas, regional e de detalhe, os lineamentos traçados foram coerentes em relação à bibliografia do ESRG. Em escala regional, as direções preferenciais são NW-SE (dominante) e NE-SW (subordinada); em escala de detalhe, a direção preferencial é NE-SW e, subordinadamente, NE-SW. A avaliação aerogeofísica foi realizada utilizando os dados aeromagnetométricos disponibilizados pelo Serviço Geológico Brasileiro (CPRM). No produto magnetométrico da primeira derivada vertical (1DV) foram identificadas grandes estruturas lineares com direção NW-SE, e subordinadamente NE-SW, com valores de até 0.245 nT/m. O mapa de anomalia magnetométrica mostra uma orientação predominante NE-SW para a área de estudo. A área está dividida essencialmente em dois domínios geofísicos, um domínio geofísico com valores expressivos de até 133,47 nT, e um segundo com valores menores, de -171,08 nT a -40,49 nT. Os poços com maior capacidade específica encontram-se nos domínios hidrogeológicos sedimentares. Porém, poços em domínios hidrogeológicos cristalinos com maiores capacidades específicas, encontram-se inseridos nos domínios geofísicos com valores de nT mais baixos.

Apoio: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Palavras-chave: Hidrogeologia, Análise de dados, Sensoriamento Remoto, Aerogeofísica

MEDINDO A SIMILARIDADE DE MODELOS ESTRATIGRÁFICOS

Paulo C. Soares¹, Ana Paula Soares², Daniel F. Bettú³, Lindaura Maria Steffens³, João Vitor Lottin Boing⁴,
Marcel de Araujo³, Bruno Mateus Bazzo³

¹ p_soares@ufpr.br (DGEOL/UFPR - CRONOS)

² a_p_soares@yahoo.com (GPER/UDESC - CRONOS)

³ daniel.bettu@udes.br, lindaura.steffens@udes.br, marcell.araujoo@hotmail.com,
bmbazzo@hotmail.com (Departamento de Engenharia de Petróleo - UDESC)

⁴ joaovboing@gmail.com (PPGEM/UDESC)

Uma das questões que tem intrigado e desafiado a comunidade geológica é validação de modelos genéticos e preditivos. As tentativas vêm desde o início do uso de computação em geociências, na década de 70. O principal objetivo inicial era a geração de um modelo digital da sedimentação e a busca de situações exploratórias favoráveis, como para ‘a ocorrência de camadas de carvão’. Para isto foi investigada a capacidade de correlação automática entre diferentes registros litológicos. A principal dificuldade era, e ainda é, como superar a ausência de resolução temporal. Outro desafio é como realizar correlação litológica, posteriormente de fácies, e ao mesmo tempo admitir a variação lateral de fácies e de espessuras em um sistema deposicional que anularia a premissa básica de empilhamento *layer-cake*. Entretanto, para a calibração e validação de modelos estratigráficos genéticos físicos, em modelagem *forward*, há necessidade de um procedimento quantitativo que reconheça o grau de similaridade entre os atributos do modelo descritivo e aqueles do modelo simulado. Propostas recentes de comparação camada por camada, tipo correlação estratigráfica, para uma função objetivo, são as mais usadas admitindo a computação das similaridades, das omissões e das adições no intervalo comparado. Duas FO’s foram desenvolvidas neste projeto. Uma prioriza as diferenças entre fácies buscando a melhor correlação. Outra, aqui apresentada, prioriza o conceito de sequência e busca comparar os atributos obtidos para a sequência simulada. Os diferentes atributos, cerca de uma dezena, são considerados como evidências de similaridade, obtidas na seção descrita e na simulação; são analisadas como duas amostragens sistemáticas, nas quais ocorrem diferenças nos valores médios, nas variâncias e nas tendências, tanto texturais como composicionais. Adotam-se testes T e F de hipóteses, para estimar a probabilidade de se estar errado ao admitir que ambas as séries amostrais são de mesma população, com base nestes valores de média e variância. Este valor de probabilidade constitui uma medida de dissimilaridade entre o modelo descritivo e o modelo simulado. A combinação destes resultados de probabilidade condicional segue duas rotas possíveis e conhecidas: médias normais ou ponderadas (Bayesiana) ou produto ponderado pelo poder da evidência. Os atributos condicionais são as médias e variâncias de: (1) litologia textural; (2) proporção de sedimentos terrígenos; (3) domínio zonal ambiental, definido por cotas e em faixas; (4) tendência textural vertical; (5) tendência ambiental (*shallowing*) e (6) espessuras. Os testes revelam bom desempenho na certificação do resultado da modelagem estratigráfica e elevada sensibilidade, apresentando potencial promissor para orientar a calibração. A vantagem desta função é trabalhar com propriedades características da sequência, independentemente da existência de correlação camada com camada entre os modelos descritivo e simulado.

Apoio: Projeto Forward, UDESC - PETROBRAS (Contr. 2018/00587-5)

Palavras-chave: Modelagem *forward*, Função Objetivo, Calibração, Modelos estratigráficos,

MODELOS DE RECONSTRUÇÃO CINEMÁTICA E PALEOGEOGRÁFICA DAS BACIAS MESOZOICAS DO NOROESTE DO GONDWANA

Azambuja, R. G. C.¹; Palmeira, A. F.¹; Silva, E. A.¹; Schmitt, R. S.¹; Assis, A.¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, e-mail: rodrigoazambuja@ufrj.br; apalmeira@gmail.com; evania@geologia.ufrj.br; schmitt@geologia.ufrj.br; assis@geologia.ufrj.br.

Durante o período Cretáceo, os processos geológicos e tectônicos relacionados à abertura do Oceano Atlântico foram responsáveis pela formação e reativação de estruturas pré-cambrianas na crosta continental, que geraram bacias sedimentares, hoje parcialmente preservadas, nas porções *onshore* do nordeste brasileiro e do noroeste africano. Essas bacias representam parte de um sistema de riftes cujo registro sedimentar remonta sistemas fluviolacustres que precederam uma ingressão marinha iniciada no Aptiano, conforme avançavam os processos de rifte e posterior drifte ao longo do Cretáceo Superior. Entretanto, ainda não há um consenso sobre o sentido da ingressão marinha nas bacias abortadas da província Borborema, se pela porção sul ou pela porção equatorial do Atlântico Sul. Este projeto objetiva reconstruir cenários paleogeográficos do Cretáceo com informações da coluna estratigráfica dessas bacias, em superfície e subsuperfície, colocando num modelo de reconstrução cinemática para a placa do NW do Gondwana. Para tanto foram utilizados os dados da base GIS do CDGG/UFRJ (Centro Digital Gondwana de Geoprocessamento), e os dados de poço disponibilizados pela ANP (Agência Nacional de Petróleo), bem como mapas geológicos gerados do nordeste do Brasil e noroeste da África. A metodologia adotada foi dividida em três partes: (1) aquisição e preparação do banco de dados geológicos; (2) geração de modelos de reconstrução cinemática e (3) integração dos dados no modelo cinemático para a geração dos mapas paleogeográficos. A primeira parte consistiu na compilação e digitalização dos limites das unidades mesozoicas pertencentes às bacias sedimentares *onshore* do Brasil (Parnaíba, Alagoas, Araripe, Rio do Peixe, Potiguar, Marajó, São Luís, Recôncavo, Tucano Sul e Central e Tucano Norte e Jatobá) e da África (West Ghana e Cotê d'Ivoire). Nas áreas em que as formações sedimentares estavam encobertas foram usados dados de perfis composto dos poços da ANP e interpolados por geoestatística. Em seguida foi feita a compilação e comparação das colunas estratigráficas das bacias; a definição de uma legenda ideal para os mapas; a revisão cartográfica das sequências mesozoicas para a escala de 1:5M e a revisão da COB (*Continent-ocean boundary*), através do software ArcGIS. A segunda parte envolveu a modelagem de cenários a partir da reconstrução cinemática das placas tectônicas em tempo, com as respectivas unidades sedimentares cartografadas das bacias, seguindo o modelo de Heine et al., (2013), através do software *GPlates*. Três diferentes modelos cinemáticos foram produzidos: para 120 Ma, 115 Ma e 110 Ma. Na última etapa foram integrados os mapas das unidades litoestratigráficas com os modelos cinemáticos, gerando-se os mapas paleogeográficos. A integração de banco de dados GIS multi-informação com modelos de reconstruções cinemáticas e paleogeográficos permite contribuir com o entendimento da evolução tectônica que levou à quebra do Gondwana e consequente desenvolvimento da atual margem equatorial brasileira.

Apoio: Os autores agradecem o suporte da Shell Brasil Petróleo Ltda e a importância estratégica do suporte da ANP (Agência Nacional de Petróleo), através do regulamento obrigatório P&D (cooperação técnica #20.219-2).

Palavras-chave: Modelagem; placas tectônicas; Cretáceo

VARIAÇÃO DA EMISSIVIDADE DE SUBSTRATOS ARENOSOS IMPREGNADOS COM HIDROCARBONETOS POR MEIO DE TÉCNICAS DE ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO TERMAL

Samara Cristina dos Reis Medeiros¹, Rebecca Del Papa Moreira Scafutto², Carlos Roberto de Souza Filho³

¹²³Universidade Estadual de Campinas; Instituto de Geociências; secpos@ige.unicamp.br
¹sammedeirosgeo@gmail.com; ²rebecca.scafutto@gmail.com; ³beto@unicamp.br.

A sociedade moderna depende economicamente de diversas matrizes energéticas, principalmente do petróleo (hidrocarbonetos – HCs) e seus derivados. Os avanços de tecnologias nacionais estão focados principalmente na otimização de atividades de exploração e produção. Todavia, o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a identificação precoce e monitoramento de vazamentos de HCs é imprescindível, devido ao alto risco de contaminação ambiental dessas atividades. O sensoriamento remoto (SR) tem sido utilizado como uma ferramenta eficaz e de baixo custo para a realização desta tarefa, permitindo a detecção remota de áreas contaminadas através da identificação de feições espectrais características dos HCs. Na literatura, diversos trabalhos já demonstraram a eficácia de sensores operantes no infravermelho próximo (NIR) e de ondas curtas (SWIR) para este fim. Entretanto, a aplicabilidade de dados termais (TIR – infravermelho médio e longo) permanece pouco explorada. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicabilidade de dados TIR para a detecção e monitoramento de solos contaminados, por meio de uma análise temporal e estatística, a fim de acompanhar as alterações na emissividade das amostras de misturas e buscar padrões que auxiliem no monitoramento de refinarias e dutos. Amostras de solo arenoso foram misturadas a óleos com diferentes API^o e medidas com o espectrorradiômetro FTIR Agilent 4300 por um período de seis meses. A partir das medidas espectrais coletadas, uma biblioteca espectral foi elaborada. Feições de emissividade características de cada mistura (solo-HC) foram selecionadas e normalizadas com o método do contínuo removido, entre elas, o comprimento de onda do centro da feição, profundidade e assimetria da feição. Com base na geometria das curvas espectrais estas feições selecionadas foram medidas e parametrizadas tanto para a feição do óleo, localizada em ~3.3 μm , quanto para a feição característica do solo, centrada em ~8.4 μm . Diante dos resultados, foi observado, nas análises temporais, que a emissividade dos espectros varia entre as semanas, principalmente logo após o período de contaminação. Existe uma maior variação nas feições do solo quando comparada às feições do óleo. O comportamento da emissividade nas amostras com mistura de óleo e água é mais instável do que as amostras contendo solo e HCs puros. Padrões interessantes foram observados nos experimentos: i) o comprimento de onda do centro da feição do óleo tende a diminuir ao longo do tempo e o da feição do solo tende a aumentar; ii) a profundidade da feição do óleo tende a aumentar ao longo do tempo e a profundidade da feição do solo tende a diminuir; iii) a assimetria tanto da feição do óleo quanto do solo tende a aumentar ao longo do tempo do experimento. A temperatura também influencia na variação dessas feições. Tanto as feições do óleo quanto do solo apresentaram padrões conforme o aumento de temperatura. O comprimento de onda do centro das feições tende a aumentar e a assimetria das feições tende a diminuir. Os resultados gerados podem ser utilizados como metodologia para a detecção de exsudações de HCs ou monitoramento periódico de refinarias e dutos, auxiliando na identificação de contaminações e acompanhamento da recuperação de áreas contaminadas nessas instalações.

Apoio: Agência Nacional de Petróleo (ANP).

Palavras-chave: TIR; espectrorradiômetro; petróleo.

ESTIMATIVA DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUIABÁ/MT.

Stefania Cristino de Oliveira¹, Renan Cassimiro Brito², Fabiano do Nascimento Pupim².

¹ Universidade de São Paulo - USP, e-mail: steoliveira@usp.br

² Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, e-mail: renan.cassimiro@unifesp.br

² Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP, e-mail: f.pupim@unifesp.br

A estimativa da concentração de sedimentos em suspensão (CSS) por sensoriamento remoto é uma ferramenta valiosa, pois permite o monitoramento sistemático em grandes bacias hidrográficas e fornece informações sobre variações na CSS e seus propulsores, como mineração e desmatamento. Além disso, devido aos altos custos logísticos e financeiros das medições *in situ* de sedimentos em suspensão, o sensoriamento remoto pode ser utilizado para complementar o registro de observações diretas. Portanto, este trabalho apresenta um modelo estatístico para estimar a CSS na Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá/MT a partir da integração de dados coletados *in situ* de estações hidrológicas e dados de sensoriamento remoto a partir de uma série de dados históricos. O método utilizado foi baseado na premissa de que a refletância espectral varia em função do CSS, ou seja, o aumento da CSS na água leva a um aumento no retroespalhamento da radiação eletromagnética (REM), o qual é observado como um aumento na refletância do corpo d'água nas imagens Landsat. Inicialmente, os dados da CSS *in situ* foram obtidos na base de dados da Agência Nacional de Água (ANA) e os dados orbitais a partir do Sistema de Dados Geoespaciais do Landsat 5 e 7 (Tier 1 Surface Reflectance), adquiridos da plataforma Google Earth Engine. Em seguida, foi realizada uma filtragem dos valores dos *pixels* para evitar amostragem com valores de refletância que não correspondessem às alterações sedimentares na superfície da água, como nuvens e sombras de nuvens. Após a coleta dos dados *in situ* e orbitais, os dados foram calibrados no programa RStudio. Para a implementação do modelo, as medidas de refletância espectral da água devem ser quase simultâneas às medidas de CSS nas estações fluviométricas. Assim, foram escolhidas imagens que coincidissem em um intervalo de 6 dias com a data da coleta da CSS. A análise de regressão múltipla foi o método utilizado para expressar a relação entre REM refletida e a CSS, o que permite estimar a variável dependente (CSS) em função de uma ou mais variáveis independentes, neste caso, bandas espectrais. Desta maneira, os dados obtidos *in situ* e as imagens de satélite possibilitaram estimar a distribuição da carga sedimentar suspensa no Rio Cuiabá no período de 1984 a 2021, resultando em uma maior distribuição temporal e espacial de amostras de forma rápida, com baixo custo e logística simples. Ainda, foi possível constatar o impacto da construção da UHE de Manso no transporte sedimentar no Rio Cuiabá, visto que, houve redução da CSS nas estações hidrossedimentológicas localizadas a jusante da usina hidrelétrica.

Apoio: Este trabalho foi financiado pela bolsa de doutorado nº 88887.475867/2020-00, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), concedida a Stefania Cristino de Oliveira e pela bolsa de iniciação científica (nº 100107/2022-2), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), concedida a Renan Cassimiro de Brito.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Landsat, Google Earth Engine.

ATUALIZAÇÃO DE MODELO EXPLORATÓRIO A PARTIR DO MAPEAMENTO GEOLÓGICO DO BLOCO F DA MINA *UNDERGROUND* ZN-PB DE MORRO AGUDO, GRUPO VAZANTE-MG

Tatiana Moreira César¹, Maria José Mesquita¹

¹ Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP tatimcezar@gmail.com; majo@unicamp.br.

O depósito de Zn-Pb de Morro Agudo, junto com as minas de Vazante, Extremo Norte, Ambrósia, Fagundes e a recente descoberta de Bonsucesso, compõem a principal província zincífera brasileira. Esta localiza-se a sul da cidade de Paracatu, noroeste do estado de Minas Gerais. O depósito é hospedado nas rochas carbonáticas do Grupo Vazante e classificado no modelo de depósito do tipo *Mississippi Valley (MVT)*. Morro Agudo está localizado estratigraficamente na Fm. Morro do Calcário, e o minério está associado a dolarenitos, brechas dolareníticas e brechas dolomíticas. Os corpos de minério ocorrem como lentes *stratabound* e possuem 5 tipos de minério definidos por textura e assembleia mineral diferentes, da base ao topo: hospedado em brecha (GHI), hospedado em dolarenito rico em esfalerita (JK), hospedado em dolarenito rico em galena (L), silicificado recristalizado (M) e estratiforme superior (N). Atualmente, a mina de Morro Agudo possui um modelo exploratório para as lentes de minério J, K e L na região do Bloco F, elaborado no *software Leapfrog Geo*, a partir dos dados de uma malha de testemunhos de sondagem. O modelo implícito é a principal ferramenta para guiar o desenvolvimento das galerias subterrâneas, porém observou-se que o desenvolvimento das galerias não representava totalmente o modelo de lentes. Para atualizar o modelo exploratório e aumentar sua confiabilidade, foi necessário realizar um estudo de detalhe no Bloco F. À luz deste problema, desenvolveu-se o mapeamento geológico, estrutural e de textura do minério de dois níveis, chamados de *sublevel*, 716 RJKF e 750 RJKE. Foram identificados três litotipos distintos dispostos, da base para o topo, pelo filito carbonoso do membro Mocambo, Unidade de Brecha Dolomítica, e Unidade Dolarenítica. O minério hospedado no dolarenito foi dividido em três tipos com base nas texturas e estruturas em cimento de granulação fina, vênulas e agregados de granulação média e falhas e fraturas de granulação grossa. Estes foram interpretados como produtos de três episódios distintos de mineralização, e a textura de cimento como representativa das lentes J e K. Foram identificadas falhas reversas de 2ª ordem, relacionadas ao sistema de falhas reversas de escala regional. Estas são sobrepostas por falhas NNW-SSE normais de 1ª e 2ª ordens relacionadas à Falha Principal e falhas secundárias subparalelas que afetam o minério e dividem o depósito em blocos. Foram gerados dois mapas geológicos em planta baixa, utilizados para guiar o remodelamento local das lentes JKL. Como o modelo implícito não é capaz de prever estruturas e características da rocha, que influenciam a disposição das lentes de minério do tipo MVT, foi importante utilizar os mapas para realocar as lentes de minério para regiões visíveis nas galerias, retirar de regiões identificadas como estéril, e reajustar conforme a movimentação das falhas, interpretadas por movimentação dos rejeitos. A união do modelamento implícito com o mapeamento de detalhe das galerias mostrou-se uma ótima ferramenta para dar maior confiabilidade ao modelo e contribuir de forma mais assertiva para as decisões de exploração das lentes de minério JKL no Bloco F da mina de Morro Agudo.

Palavras-chave: Modelo exploratório de lentes de minério; Mapeamento geológico de galeria subterrânea, Depósito Zn-Pb de Morro Agudo, *Mississippi Valley Type*; Formação Morro do Calcário, Grupo Vazante.

MÉTODO PARA EVITAR PESOS NEGATIVOS NA KRIGAGEM ORDINÁRIA

Adelir José Strieder ¹, Maria João Pereira ², Tomás Dalpiaz Strieder ³

¹ Eng. Geológica – UFPel, e-mail: adelirstrieder@gmail.com

² Inst. Superior Técnico – ULisboa – Lisboa - Portugal, e-mail: maria.pereira@ist.utl.pt

³ Eng. Geológica – UFPel, e-mail: tomasstrieder@gmail.com

A Krigagem Ordinária (KO) frequentemente produz valores negativos para os pesos locais de interpolação. Os pesos negativos aparecem quando um dado próximo ao local a ser estimado recobre dados mais afastados (efeito sombra). O efeito de geração de pesos negativo é tanto maior quanto maior o valor do dado próximo e menores os valores dos dados afastados recobertos; esse efeito também é mais significativo em dados agrupados. Os pesos negativos, se interpretado como probabilidades, não possuem significado físico e podem gerar estimativas negativas. Este problema vem sendo abordado há muito tempo e algumas soluções foram implementadas; essas soluções incluem seleção e eliminação dos pontos com pesos negativos e aplicação de funções de minimização, ou recálculo dos pesos positivos (soma dos pesos = 1). “*Não há nada, nos algoritmos de KO, que alerte o sistema de krigagem sobre o intervalo de pesos menores do que zero*”. Os algoritmos de KO calculam os pesos locais para uma determinada estimativa e, então, aplicam as soluções para eliminação dos pesos negativos. O objetivo deste trabalho é apresentar um método que previna a produção de pesos negativos já durante o cálculo das matrizes de covariância. O método consiste em uma análise da quantidade de pontos amostrais dentro do mesmo intervalo de azimute e em eliminar, dos pontos muito próximos entre si no intervalo azimutal, aqueles com maior distância. Este método atende, de forma diferente, o pressuposto de eliminar os pontos agrupados, muito próximos, recobertos por um ponto amostral mais próximo do ponto a ser estimado. O algoritmo foi implementado em SCILAB e aplicado na base de dados Walker Lake. O método foi capaz de reproduzir perfeitamente o histograma de distribuição exaustiva para os valores de V conforme apresentado por Isaaks & Srivastava (1989).

Apoio: CAPES (BEX 5283/14-0)

Palavras-chave: pesos negativos, krigagem ordinária, identificação azimutal de recobrimento



9º
SIMPÓSIO DE
**QUANTIFICAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS**

SESSÃO TEMÁTICA 2:

**Análise Espacial e
Séries Temporais**

COORDENADORES:
Adilson Viana Soares Jr.
Rodrigo Lilla Manzione

ESTIMATIVA DE UNIDADES GEOFÍSICAS E GEOLÓGICAS COM APRENDIZADO DE MÁQUINA

Bruno Ruas de Pinho¹, Adelir José Strieder²

¹ Eng. Geológica – UFPel, e-mail: brunorpinho10@gmail.com

² Eng. Geológica – UFPel, e-mail: adelirstrieder@gmail.com

Os Algoritmos de Aprendizado de Máquina (AAM) em dados geofísicos tem ganhado crescente aplicação para fins de regionalização de dados geofísicos, estimativa de unidades geofísicas e apoio ao mapeamento. As ferramentas de AAM são muito versáteis e são aplicados para as mais complexas análises de dados e reconhecimento de padrões geofísicos e geológicos. Os Algoritmos utilizados neste trabalho fazem parte do conjunto de ferramentas do *scikit-learn* (<https://scikit-learn.org/stable/>). Este trabalho apresenta duas aproximações (Método 1 e Método 2) de estimativa de unidades geofísicas e geológicas com a utilização de AAM. As aproximações foram realizadas sobre dados de aerogamaespectrometria, aeromagnetometria (Projeto 1100, CPRM) e de elevação do terreno (SRTM data, NASA). A aplicação dos AAMs foi realizada na parte sudeste do Escudo Sul-Riograndense, mais propriamente na parte sul do Batólito de Pelotas. Nesta região, são encontradas principalmente rochas graníticas a dioríticas gnaissificadas, que são truncadas por múltiplas intrusões de granitos e rochas básicas; complementarmente, rochas da Bacia do Paraná afloram no lado oeste, e sedimentos da Planície Costeira estão presentes no limite leste da área investigada. Os dados aerogeofísicos foram, inicialmente, interpolados por meio de um modelo de regressão *Random Forest*, que identificou a continuidade espacial das feições geológicas em todas as direções e que apresentou resultados melhores em comparação com uma aproximação geoestatística. O Método 1 de estimativa é uma aproximação semi-supervisionada que utiliza um algoritmo de Clusterização (*K-Means*, por meio do módulo *spectral-python*) para agrupar *pixels* com comportamentos geofísicos e morfológicos similares em categorias. Por meio do cruzamento matricial dos clusters com unidades de mapeamentos geológicos existentes (Mapa Geológico CPRM, 2017), é possível distinguir classes de clusters de acordo com as unidades litológicas. O Método 2 é uma aproximação supervisionada pelo treinamento de um modelo *Random Forest* sobre dados de descrição de afloramentos de cinco fontes diferentes, as quais foram agrupadas em classes de unidades litoestratigráficas por um modelo Classificador de Afloramentos, também utilizando *Random Forest*. O Método 1 apresentou as seguintes vantagens principais: i) o reajuste de contatos geológicos de feições previamente mapeadas, e ii) a identificação de novas feições geológicas a serem investigadas em campo ou por sensoriamento remoto. O Método 2 foi treinado com dados insuficientes, e, por isso, é uma aproximação ainda em estudo; porém, os resultados preliminares identificaram que o modelo treinado é capaz de acertar ~70% (*recall score*) dos dados de teste de aerogeofísica e de elevação.

Apoio: ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), pela disponibilização dos dados Aerogeofísicos do RS.

Palavras-chave: algoritmos de aprendizado de máquina, aerogeofísica, estimativa de unidades geofísicas e geológicas.

AValiação Temporal da Remoção da Cobertura Florestal da Amazônia na Região do Município de Marabá-PA Utilizando NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) entre os Anos de 1985 e 2021

Adilson Viana Soares Junior¹, Samara Lydía Dias Fernandes Pereira¹

¹ Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP. Departamento de Ciências Ambientais. Rua São Nicolau, 210. Bairro: Centro. CEP: 09913-030. Diadema - São Paulo – Brasil. e-mail: adilson.soares@unifesp.br.

Foi aplicada a técnica NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*/Índice de Vegetação de Diferença Normalizada) sobre imagens de satélite Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI), cena 223/64 da região do Município de Marabá -PA com o objetivo de avaliar a alteração da cobertura de Floresta Amazônica na região entre os anos de 1984 e 2021. Buscou-se utilizar imagens com um intervalo de aproximadamente 5 anos, de acordo com a disponibilidade de imagens sem nuvens. Foram selecionadas imagens dos anos 1985, 1988, 1992, 1997, 2003, 2008, 2013, 2017 e 2021. O processamento foi realizado no programa QGIS. A técnica NDVI consiste na razão algébrica das bandas Infravermelha próxima (IR) e Vermelha (V), sendo: $(IR-V)/(IR+V)$. O resultado foi classificado de acordo com o padrão de resposta da vegetação, onde valores negativos correspondem áreas com ausência de vegetação (corpos d'água, rochas, areia, neve etc.); valores entre 0,1 e 0,3 correspondem a áreas com predominância de solo exposto; valores entre 0,3 e 0,5 representam gramíneas, plantações e vegetação arbustiva; valores altos (0,7 a 1) correspondem a vegetação de florestas tropicais. Os resultados mostraram que ao longo dos anos analisados, a Floresta Amazônica ocupava 82,8% da área em 1985, 78,3% em 1988, 72,2% em 1992, 54,2% em 1997, 41,3% em 2003, 39,5% em 2008, 34,1% em 2013, 33,5% em 2017 e 28,4% em 2021. As áreas de floresta foram substituídas por gramíneas e vegetação arbustiva, que ocupava 14,9% do total da área 1985, 19,6% em 1988, 25,6% em 1992, 43,5% em 1997, 56,5% em 2003, 58,3% em 2008, 63,7% em 2013, 64,5% em 2017 e 69,7% em 2021.

Palavras-chave: Amazônia, Desmatamento, Marabá-PA, Índice de Vegetação de Diferença Normalizada.

AValiação Temporal da Remoção da Cobertura Florestal da Amazônia na Região Central do Estado de Rondônia Utilizando NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) entre os Anos de 1975 e 2021

Adilson Viana Soares Junior¹, Iruatan Caetano Pimenta Barreto¹, Danilo Góes Macedo Castanho¹

¹ Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP. Departamento de Ciências Ambientais. Rua São Nicolau, 210. Bairro: Centro. CEP: 09913-030. Diadema - São Paulo – Brasil. e-mail: adilson.soares@unifesp.br.

Devido à necessidade de preservação dos ecossistemas e biomas naturais como a Amazônia, as alterações do uso e ocupação do solo precisam ser avaliadas e monitoradas ao longo do tempo. A utilização do Sensoriamento Remoto tem se mostrado uma ferramenta fundamental de monitoramento contínuo e auxílio para este fim. O objetivo do trabalho foi avaliar a alteração da cobertura de Floresta Amazônica da região central do Estado de Rondônia, utilizando o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), entre os anos de 1975 e 2021, com um intervalo de aproximadamente 5 anos, de acordo com a disponibilidade de imagens de nuvens. A área de trabalho está localizada na região central do Estado de Rondônia, entre as cidades de Ji-Paraná e Rolim de Moura. O Estado de Rondônia recebeu fortes incentivos de colonização a partir dos anos 1970 e é uma das áreas mais desmatadas da Amazônia. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 1 (MSS), Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI) dos anos de 1975, 1986, 1991, 1996, 2001, 2006, 2010, 2016 e 2021, adquiridas a partir da plataforma *Earth Explorer* (USGS). As cenas utilizadas estão localizadas na coluna 231 e linha 068, escolhidas conforme o critério de menor cobertura de nuvens e mesma estação do ano (outono). O processamento foi realizado no programa QGIS, onde foi aplicado o método NDVI (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada), que consiste na razão algébrica das bandas Infravermelha próxima (IR) e Vermelha (V), sendo: $(IR-V)/(IR+V)$. O resultado foi classificado de acordo com o padrão de resposta da vegetação, onde valores negativos correspondem áreas com ausência de vegetação (corpos d'água, rochas, areia, neve etc.); valores entre 0,1 e 0,3 correspondem a áreas com predominância de solo exposto; valores entre 0,3 e 0,5 representam gramíneas, plantações e vegetação arbustiva; valores altos (0,7 a 1) correspondem a vegetação de florestas tropicais. Os resultados mostraram que ao longo dos anos analisados, a Floresta Amazônica ocupava 98,3% da área em 1975, 82% em 1986, 77,4% em 1991, 57,8% em 1996, 50% em 2001, 40,8 em 2006, 46,2% em 2010, 34,1% em 2016 e 29,5% em 2021. As áreas de floresta foram substituídas por gramíneas e vegetação arbustiva, que ocupava 1,4% do total da área em 1975, 17,3% em 1986, 21,6% em 1991, 41,3% em 1996, 48,1% em 2001, 50,1% em 2006, 54,9 em 2010, 59,9% em 2016 e 62,4% em 2021. Quase toda a área de cobertura de Floresta Amazônica está inserida dentro das reservas indígenas presentes na área: Uru-Eu-Wau-Wau, Rio Branco e Massaco e áreas montanhosas de difícil acesso, localizadas na porção sudeste da área.

Palavras-chave: Amazônia, Desmatamento, Rondônia, Índice de Vegetação de Diferença Normalizada.

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NORMALIZADA PARA ANÁLISE DO DESMATAMENTO ESPECULATIVO DA AMAZÔNIA

Bruno Henrique Valdambriini Vieira¹, Angelita Matos Souza²

¹ Universidade Estadual Paulista - UNESP (DGPA-IGCE), e-mail: bruno.valdambriini@unesp.br;

² Universidade Estadual Paulista - UNESP (DGPA-IGCE), e-mail: matos.souza@unesp.br

A metodologia aqui apresentada é subsídio central na análise do desmatamento na Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu no Pará, na qual o objetivo geral é a comprovação, por meio de dados espaciais/estatísticos, do uso especulativo da terra em um panorama de pós-desmatamento da Amazônia brasileira. Nesse caso, o movimento especulativo é associado, sobretudo, ao contexto agroexportador que atende à demanda mundial por commodities, o que, internamente, engendra um mercado de terras altamente rentável, favorecido pela fragilização dos mecanismos de normatização e fiscalização espacial pelo próprio Estado. Este movimento de apropriação de um ativo, a terra, com fins especulativos, no âmbito do sensoriamento remoto, é notoriamente marcada por polígonos desmatados que antecedem uma estabilidade vegetativa em baixos níveis, já que não se insere de forma imediata nenhuma atividade agrícola como pastagem e monocultura.

Ou seja, o desmatamento inscrito nessa ótica, não é causa direta da produção agroexportadora, mas acontece principalmente em razão da valorização do valor da terra como ativo. Em nossa investigação desse processo, são utilizadas imagens de base de atmosfera (BOA) do satélite SENTINEL-2 (de 2015 a 2022), corrigidas para nível 2A, da Área de proteção ambiental Triunfo do Xingu, na qual são calculados os índices de vegetação com diferença normalizada (NDVI), a partir da fórmula:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad [1]$$

Em que *IVP* e *V* representam, respectivamente, a banda do infravermelho próximo e a banda do vermelho, ambas participantes da região fotossinteticamente ativa do espectro eletromagnético e que pela fórmula [1] compõem o *NDVI*, índice gerado que compreende uma escala de *-1* à *1*. Sendo *-1*, um índice de atividade de clorofila nula, como é o exemplo da neve e alguns corpos hídricos, e *1*, um índice com atividade de clorofila em sua máxima capacidade.

Dessa forma, posteriormente à correção atmosférica das imagens, feita por meio do algoritmo *Sen2Cor* via prompt de comando, são calculados os índices *NDVI* [1] na calculadora raster do software *QGIS 3.24*, ferramenta que também é utilizada para subtrair cada índice de seu antecessor repetidamente em todas as imagens úteis disponíveis da série temporal de 2015 a 2022. Como consequência, é possível observar um índice de atividade vegetativa que pode ser negativo (perda de vegetação/desmatamento), próximo a zero (sem alteração da vegetação), ou positivo (ganho de vegetação/inserção de atividade agrícola/pecuária).

Esses índices se categorizam de forma muito específica nas classes: (i) solo exposto, (ii) pastagem/monocultura e (iii) floresta amazônica, sendo possível comprovar, a partir do registro de uma estabilidade significativa na escala temporal, em níveis baixos de vegetação (solo exposto ou pouco vegetado), que não houve inserção agrícola/pecuária. Nossa hipótese é a de que, após o desmatamento, o período de estagnação dos índices fornece dados quantitativos e qualitativos ideais à análise de uso da terra apenas como reserva de valor, como procuramos demonstrar em nossa pesquisa.

Apoio: processo nº 2022/01011-5, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

Palavras-chave: sensoriamento-remoto, Amazônia, desmatamento

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE DECOMPOSIÇÃO ESPECTRAL EM PERFIS DE POÇOS PARA A DETECÇÃO DE CICLOS SEDIMENTARES - *INSIGHTS* DOS CARBONATOS LACUSTRES DA BACIA DE SALTA E DO PRÉ-SAL DA BACIA DE SANTOS

José Arthur Oliveira Santos¹, Márcio Vinícius Santana Dantas¹, Gabriel Coutinho², Alan Cabral Trindade Prado², Kaio Henrique Masse Vieira², Thomás Jung Spier², Humberto Reis³, Tiago Novo⁴, Gabriel Uhlein⁴, Alexandre Uhlein⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, e-mails: arthur.geol@hotmail.com; mvsd89@gmail.com;

² Departamento de Ciências da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, e-mails: g@gabrielcouthinho.com; alantctprado@gmail.com; kaiomasseviera@gmail.com; thomasjspier00@gmail.com;

³ Instituto de Geociências, Universidade Federal de Ouro Preto, e-mails: reis.humbertols@gmail.com;

⁴ Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. E-mails: tiagoanovo@gmail.com; guhlein@gmail.com; auhlein@gmail.com

Ciclos sedimentares são caracterizados por um determinado arranjo de fácies que se repetem ao longo de uma sucessão sedimentar. Eles podem ser formados por processos autigênicos ou allogênicos. Ambos podem gerar depósitos sedimentares semelhantes, por vezes iguais, porém, a ciclicidade resultante do processo autigênico está restrita a uma pequena área geográfica, dominada por processos internos ao sítio deposicional, enquanto que no segundo, a ciclicidade pode se prolongar por milhares de quilômetros, podendo ser observada e correlacionada em escala global, sendo controlada por fatores externos. A dinâmica deposicional nos ambientes lacustres está fortemente relacionada aos fatores climáticos, condicionados à quantidade de energia solar que chega até a superfície da Terra, em função de sua distância em relação ao Sol. O *input* de energia recebida é fortemente controlado pelos ciclos de Milankovitch, os quais descrevem os movimentos orbitais da terra em relação ao Sol e em relação ao seu próprio eixo, caracterizando eventos periódicos para os ciclos de excentricidade (400 Ka – 100 Ka), obliquidade (40 Ka) e precessão (20 Ka). A dinâmica orbital externa ao ambiente deposicional acaba por criar uma sazonalidade de momentos úmidos *versus* momentos de maior aridez, os quais controlam direta ou indiretamente a dinâmica da sedimentação, impactando no nível de base deposicional, espaço de acomodação, taxa de produtividade carbonática e aporte sedimentar extrabacinal. Esses fatores contribuem para um empilhamento faciológico específico para cada intervalo estratigráfico influenciado pelo clima mais úmido ou mais seco. No entanto, os registros sedimentares resultantes de tais processos estão distribuídos em sinais de diferentes frequências, resultando em uma assinatura complexa. Nesse sentido, esse trabalho se propõe a utilizar técnicas de decomposição espectral (*Continuous Wavelet Transform*), análise de sinais e cadeias de Markov aliadas às descrições faciológicas de modo a encontrar ciclos sedimentares de baixa, média e alta frequência. no intervalo carbonático do Pré-sal no campo de Tupi da Bacia de Santos, Formação Barra Velha.

Apoio: Petrobras

Palavras-chave: Cicloestratigrafia, pré-sal, decomposição espectral, ciclos de Milankovitch.

SEGMENTAÇÃO AUTOMÁTICA DE PERFIS DE POÇOS DE PETRÓLEO COM INTEGRATED DETREND ERROR LOG

Luiz Antonio Rozendo¹, Rafael da Costa Silva¹, Marcelus Glaucus Araújo², Diego Furtado Silva¹

¹ Universidade Federal de São Carlos, e-mail: {luizrozeno,rafaelcs}@estudante.ufscar.br, diegofs@ufscar.br;

² Petróleo Brasileiro S.A., e-mail: marcelusglaucus@petrobras.com.br;

A etapa de perfilagem de poços de petróleo visa obter características ou propriedades das rochas a partir de medidas indiretas, obtidas por sensores. Dentre as diversas séries temporais registradas, destaca-se os perfis de raios gama cuja premissa é medir a radioatividade das camadas. Para os estratigráficos o comportamento oscilante dessa série é relacionado, em grande parte, a registros geológicos de transgressão e regressão marinha associado a ciclos astronômicos.

Um estudo realizado pela Shell, Schlumberger e a Universidade Técnica Delft apresentou a curva INPEFA (Integrated Prediction Error Filter Analysis), uma curva que tem como objetivo fazer com que as tendências presentes no perfil do poço se tornem muito mais evidentes. Os pontos onde ocorrem mudanças de tendência na curva INPEFA determinam onde se inicia e termina um pacote estratigráfico, e identificá los torna a tarefa de correlação de poços muito mais precisas, pois ajuda a garantir que os pontos correlacionados entre os poços pertençam ao mesmo pacote estratigráfico. A curva pode ser obtida calculando a integral do erro de predição do perfil de poço.

Com o intuito de melhorar a abordagem utilizada pelo INPEFA, Behdad apresentou a curva INDTEL (Integrated Detrend Error Log), cuja principal diferença consiste na mudança do uso de predição linear por CWT (*Continuous Wavelet Transform*) e Normalização Polinomial, isso resulta numa curva filtrada menos ruidosa e, por conseguinte, mais fácil de caracterizar o seu ordenamento estratigráfico.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a experimentação do uso do INDTEL na segmentação automática de perfis de poços através da divisão de sequências em intervalos relativamente estacionários e homogêneos, de forma que cada segmento seja distinto e representam registros de ciclos astronômicos. Para realizar a segmentação, foi gerado uma curva INDTEL do perfil de raios gama, e com um algoritmo de detecção de picos e vales foram extraídos os pontos onde ocorrem mudanças de tendência na curva.

Para avaliar o método, foram utilizados o perfil de raios gama de dois poços segmentados por um especialista. Com a marcação de pontos que determinam os limites dos segmentos, avaliamos a precisão, cobertura e F1-score para diferentes graus de polinômio. Foi possível notar que, ao se aumentar o valor desse parâmetro, há uma redução da precisão e um aumento da cobertura. Ao se variar o grau do polinômio de 1 a 25, a precisão varia de 1,00 a 0,58 no poço 1 e de 1,00 a 0,57 no poço 2. A cobertura para esses poços varia de 0,03 a 0,47 e 0,05 a 0,37, respectivamente.

Isso ocorre pois graus maiores tendem a evidenciar mais picos e vales, gerando novos segmentos corretos (verdadeiros positivos), mas também inesperados (falsos positivos). Porém, a F1-score possui uma tendência de crescimento ao aumentar o grau do polinômio. Em outras palavras, é possível calibrar o método para priorizar precisão ou cobertura pelo grau do polinômio utilizado.

Palavras-chave: Time Series Segmentation, Segmentação de Perfis de Poços

ANÁLISE DAS SÉRIES TEMPORAIS DE PRECIPITAÇÃO NA SUB-BACIA DO ALTO JACARÉ-PEPIRA

Marcelo Donadelli Sacchi¹, Rodrigo Lilla Manzione², Didier Gastmans³

¹ UNESP, Centro de Estudos Ambientais (CEA), Rio Claro/SP, e-mail: marcelo.sacchi@unesp.br

² UNESP, Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação (FCTE), Ourinhos/SP, e-mail: lilla.manzione@unesp.br

³ UNESP, Centro de Estudos Ambientais (CEA), Rio Claro/SP, e-mail: didier.gastmans@unesp.br

Sabendo da vulnerabilidade das águas subterrâneas e da necessidade de melhorar o entendimento das variáveis climáticas que controlam a recarga e, conseqüentemente, a disponibilidade de água, o estudo visa analisar a série temporal da precipitação na sub-bacia do Alto Jacaré-Pepira, em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Para os estudos relacionados a mudanças climáticas, a utilização de séries temporais é essencial, pois permitem avaliar e prever fenômenos a partir da análise das variações e/ou tendências presentes em um conjunto sequencial de dados. Neste caso, os dados utilizados na análise são da missão Global Precipitation Method (GPM), obtidos no sistema de dados Giovanni, desenvolvido e mantido pela NASA GES DISC. Apesar da limitação do período disponível pelos satélites do GPM, foi obtida uma série ininterrupta de 20 anos de dados mensais, entre janeiro de 2001 a janeiro de 2021, para a área de interesse. Após a organização destes dados em planilhas e o tratamento estatístico inicial das séries no software R, foram obtidos os seguintes resultados: A representação gráfica desta série temporal, que exibe uma aparente redução no volume total das chuvas na região para os últimos anos; E a presença de uma linha de tendência negativa, ou seja, de diminuição dos valores de precipitação da série conforme o tempo, obtida por meio do método de regressão local, assim como no gráfico. Contudo, ao analisar a autocorrelação e a autocorrelação parcial da série, é possível observar que a série apresenta uma correlação sazonal, que se estende por pelo menos 3 observações consecutivas antes de reverter a tendência, o que pode influenciar na interpretação da tendência de uma série mais longa. Sendo assim, também foi utilizado o método de Mann-Kendall (MK) para verificar a presença de uma tendência negativa nos valores de precipitação, como também foi testada a utilização do teste de Mann-Kendall com um filtro de Pré Branqueamento (PWMK) para evitar a interferência da correlação serial na análise. Tanto para o teste de MK, quanto para o PWMK, os valores para a estatística S foram negativos (respectivamente -1294,00 e -466,00), indicando uma possível tendência de diminuição do volume das chuvas na série, porém, como o teste estatístico p é maior que 0,05 em ambos, essa tendência não pode ser considerada estatisticamente significativa. Desta maneira, conclui-se que há necessidade de se agregar novas séries, variáveis e métodos estatísticos a análise, pois, apesar de não ser estatisticamente significativa, essa tendência de diminuição dos valores de precipitação está presente no período observado. Portanto, é indispensável a continuação do monitoramento da bacia em estudos futuros, vide a importância de se avaliar eventuais conseqüências para a recarga das águas subterrâneas do SAG frente a um cenário de mudanças climáticas.

Apoio: CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Palavras-chave: Mann-Kendall, Análise de Tendências, Sistema Aquífero Guarani

AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE ALINHAMENTO DE CURVAS LWD E A CABO VIA TÉCNICA DTW

Marcelus Glaucus de Souza Araújo ¹

¹ Petróleo Brasileiro S.A., e-mail: marcelusglaucus@petrobras.com.br

A automatização de processos, como parte integrante de ações de melhoria contínua, é busca incessante para todo e qualquer profissional imbuído com práticas de inteligência digital. Neste contexto, apresentaremos uma dentre as diversas atividades relacionadas ao uso de tecnologias digitais, aplicadas ao processamento e análise de dados de curvas de perfis elétricos, entendidas como coleções de observações efetuadas sequencialmente ao longo do tempo. Apresentaremos em seguida, o alinhamento de séries temporais com auxílio da técnica DTW e suas condicionantes.

Na análise de diagrfias de um mesmo poço, é comum nos depararmos com a necessidade de ajustarmos curvas adquiridas num intervalo de profundidade similar, representativas de propriedades físicas de mesma natureza e que foram registradas em momentos e por ferramentas distintas, como é o caso das curvas LWD e a cabo. As primeiras, obtidas junto à etapa de perfuração do poço apresentam recorrentes problemas de posicionamento das amostras. As seguintes, entendidas como curvas de referência tem seus dados coletados ao término da perfuração de uma das fases planejadas do poço e previamente a etapa de revestimento. Até bem pouco tempo, os ajustes entre essas curvas eram realizados em função da acuidade motora e visual do técnico, suportados por ferramenta de edição gráfica. O resultado obtido dirime dúvidas sobre o posicionamento de amostras e, por conseguinte, este alinhamento passa a ser referência no ajuste de curvas LWD adquiridas sob as mesmas condições.

Nesta síntese, analisamos um grupo de 8 pares de curvas de raios gamas de diferentes poços offshore com o intuito de alinhá-las de modo automático. Preliminarmente, empreendemos esforços na busca de algum mecanismo capaz de reconhecer padrões de similaridades entre séries temporais e alinhá-las, segundo a dimensão espaço-tempo. Ao avaliarmos os algoritmos computacionais, a técnica DTW (Dynamic Time Warping) destacou-se em face da sua interatividade e adaptabilidade para uso em fluxos distintos de trabalhos, custo computacional módico para realização do processamento de dados (quando comparado, por exemplo, às redes neurais) e, por fim, facilidade e agilidade na análise e compreensão dos resultados.

O algoritmo foi desenvolvido em linguagem Python com auxílio de diversas bibliotecas, destacando-se aquelas responsáveis pelo alinhamento final entre as séries (dtwalign e dtaidistance). Os dados foram adquiridos em escalas distintas e para serem melhor utilizados foram submetidos a uma distribuição normal padronizada com média igual a zero e desvio padrão unitário. Para o efetivo alinhamento, as bordas foram delimitadas com o auxílio da rotina de reconhecimento de alinhamentos de subsequência, conforme descrito na biblioteca dtaidistance.

As séries se relacionaram a partir da construção da matriz de deformação, reduzida com o uso de janelas de Sakoe e Chiba. A função de alinhamento foi construída no modo de passo padrão e, posteriormente, foi utilizado o passo tipo IIa. Os resultados para ambos os casos têm suas peculiaridades, mas ambos apontam para ganho na qualidade quando comparados com as técnicas já utilizadas, maior versatilidade, pois a técnica possibilita a verificação e avaliação da qualidade das amostragens em ambos os perfis e significativa redução do tempo para execução da tarefa.

Apoio: Petrobras/EXP/TPGG/TGEO Palavras-chave: DTW, aligning time series, well-logs, step pattern, LWD, wireline.

CICLICIDADE EM SEQUÊNCIAS ESTRATIGRÁFICAS: O CASO DA FORMAÇÃO MORRO DOS CHAVES - CRETÁCEO

Paulo C. Soares ¹, Ana Paula Soares ², Julia C. Guerrero ³,
Daniel F. Bettú ⁴, Antonio J.V. Garcia ⁵

¹ Universidade Federal do Paraná - UFPR e CRONOS consultoria, p_soares@ufpr.br

² CRONOS Consultoria e GPER/ UDESC. a_p_soares@yahoo.com

³ PETROBRAS/SA, juliaguerrero@petrobras.com.br

⁴ Departamento de Engenharia de Petróleo - UDESC, daniel.bettu@udesc.br

⁵ Departamento de Geologia-Progeologia – UFS, ajvgarcia@academico.ufs.br

O reconhecimento de ciclos dentro das sequências estratigráficas facilita a correlação fina e o seu uso para a formulação de modelo experimental na modelagem preditiva (*stratigraphic forward modeling*). A dimensão vertical do ciclo pode viabilizar a análise da variação de subsidência e a comparação com ciclos globais. Neste trabalho, dentro de um projeto maior de calibração de modelos estratigráficos, utilizou-se funções estatísticas de análise de variância, em especial o variograma, para avaliar a recorrência de litologias em perfis litológicos e geofísicos de poços. A unidade investigada é a Formação Morro do Chaves, do Cretáceo da Bacia Sergipe-Alagoas. Especificamente a idade da unidade situa-se no limite Barremiano-Aptiano, da segunda fase de rifteamento, antecedendo a abertura local do Atlântico. A área estudada se encontra na margem ocidental do grande lago então formado. Definiram-se os limites isócronos no topo, base e de um marcador no interior, em um conjunto de poços; a unidade, com espessuras variando em 100 e 250 m, foi fatiada na pressuposição de litologias contidas serem penecontemporâneas. As proporções de litologias foram computadas por fatias 1 a 40, compondo uma seção condensada. Por correlações estratigráficas globais ajustou-se a idade da unidade ao ciclo ocorrido entre 125 e 123 Ma. Os depósitos são siliciclásticos e carboclásticos. As análises variográficas e transformada de Fourier foram feitas com litologias em alguns poços selecionados, usando como passo a profundidade ou espessura local, em metros; também por proporções de sedimentos por camada, para a seção condensada. Os variogramas mostram a evolução da sequência deposicional e a presença de ciclos. Trata-se de uma para-sequência regressiva sucedida por uma transgressiva, revelada por variância crescente até um máximo, na metade da seção condensada, camada 20, em passo superior a quatro dezenas de metros; reflete a variação espacial na espessura acumulada. É evidente na seção condensada a presença de um evento significativo de reestruturação da bacia na camada 20, correspondente ao topo da zona de deriva da variância. Nesta zona de aumento progressivo da variância – zona de influência - ocorre uma ondulação com dois ciclos maiores. Envolvem 8 a 12 camadas cada um, com média de 30 metros; dentro destes ciclos ocorrem ciclos menores envolvendo espessuras de 5 a 10 metros. Estes ciclos menores são mais evidentes nos folhelhos (lutitos). Os ciclos menores ocorrem com espessura média de 7 metros. No total foram identificados 17 ciclos na unidade estratigráfica, sendo 9 ciclos na unidade inferior ao marcador limite da regressão. Este marcador foi correlacionado ao limite Barremiano-Aptiano, com a idade de 124 Ma. Para esta unidade inferior, com 1 Ma, cada ciclo teve a duração em torno de 110 mil anos. Este período corresponde ao principal ciclo de eventos no registro geológico, sendo conhecido pela coincidência com o ciclo de excentricidade da órbita da terra em torno do sol, nos ciclos de Milankovitch. O potencial de reconhecimento desta correlação fina trás maior segurança na modelagem *forward*.

Apoio: Contrato Petrobrás - UDESC-BC-EP-GPER (N. 2018/00587-5)

Palavras-chave: Variogramas, Sequências, Alagoas, Modelagem *Forward*.

O USO DE MODELOS MATEMÁTICOS NA PREVISÃO DE TEMPO DE OPERAÇÃO E VOLUME REMOVIDO DE LNAPL (LIGHT NON-AQUEOUS PHASE LIQUIDS), PELA TÉCNICA DE REMEDIAÇÃO DE DPE (DUAL PHASE EXTRACTION)

Vitor Gonçalves de Oliveira¹, Leonardo Tadeu Marquesani Cruz², Marcio Costa Alberto³

¹CPEA, vitor.oliveira@cpeanet.com

²CPEA, leonardo.marquesani@cpeanet.com

³GEOINOVAÇÕES, mralberto@geoinovacoes.com.br

Em um mundo globalizado, a utilização de ferramentas tecnológicas vêm sendo cada vez mais importante. Na área ambiental, a tecnologia assume um papel importante para a gestão e dimensionamento dos dados, principalmente no que tange a remediação ambiental uma das etapas do gerenciamento de áreas contaminadas (GAC). Esse setor engloba um conjunto de ações de identificação, caracterização e implementação de medidas de intervenção em áreas que estão contaminadas e que até mesmo apresentam risco a saúde humana. O presente estudo apresenta o uso do modelo matemático “LNAPL Distribution and Recovery Model (LDRM), versão 2.0, desenvolvido pela American Petroleum Institute (API), para subsidiar a determinação do tempo de operação e do volume de LNAPL a ser removido pela técnica de remediação por DPE (*Dual Phase Extraction*), em um sítio industrial, localizado em Santo André, SP. O modelo utilizado forneceu uma orientação para auxiliar na determinação da técnica e na projeção do sistema de remediação, assim como a estimativa de seu desempenho. Além disso, permitiu estimar o volume de LNAPL total e recuperável, presente no meio poroso, a partir das espessuras de produto oleoso medidas em poços de monitoramento, e das características do solo e do produto. As características da pressão capilar do solo e os dados de monitoramento da espessura de LNAPL adjacentes aos poços de extração foram utilizadas para a calibração da modelagem e a realização das estimativas necessárias. O contaminante presente no aquífero poroso livre compreende por um passivo decorrido de vazamentos de produtos oleosos (L-NAPL) de uma Caixa de Separação de Água-Óleo (SAO) enterrada, instalada para realizar a captação de efluentes gerados no processo de lavagem de peças na área industrial. O risco caracterizado para a área era por via de inalação de vapores em ambientes fechados para os trabalhadores industriais ali presentes, sendo que o contaminante é constituído majoritariamente por Hidrocarbonetos Alifáticos de faixas leves até as mais pesadas (desengraxante/solvente utilizado para lavagem de peças misturado a produtos oleosos), com residuais de hidrocarbonetos aromáticos (também dos mais leves até os mais pesados) e por compostos orgânicos voláteis (1,1,2,2-Tetracloroetano, 1,2-Dicloroetano, Cloreto de Vinila, Tricloroetano e Etilbenzeno). No decorrer dos 17 meses de projeto, os resultados obtidos pelo *software* da API estimaram um volume recuperável de 4.814,0 L de produto oleoso e a extração de 4.206,0 L de produto oleoso frente a operação do sistema de remediação, no que se refere a 87% de precisão da modelagem efetuada, significativa para um modelo analítico e que não considera heterogeneidades litológicas e variações temporais. Além disso, houve uma retração de 99,7% da área total da pluma de LNAPL, em relação ao baseline, existindo inicialmente 413 m² de pluma de contaminante no início, que chegou a 1,77 m² ao fim da operação da remediação.

Apoio: CPEA. GeoInovações®

Palavras-chave: remediação; água subterrânea; modelagem matemática; gerenciamento de áreas contaminadas



9º
SIMPÓSIO DE
**QUANTIFICAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS**

SESSÃO TEMÁTICA 3:

**Quantificação de Processos
Endógenos e Exógenos
e Suas Interações**

COORDENADORES:
Iata Anderson de Souza
Marcilene dos Santos

CONTROLES DEPOSICIONAIS SOBRE A HETEROGENEIDADE DE RESERVATÓRIOS DE HIDROCARBONETOS EM ARENITOS EÓLICOS (FORMAÇÃO PIRAMBOIA, SE BRASIL)

Davi Machado Querubim¹, Áquila Ferreira Mesquita², Giorgio Basilici³

¹ Instituto de Geociências – Universidade Estadual de Campinas, e-mail: d214912@dac.unicamp.br

² Instituto de Geociências – Universidade Estadual de Campinas, e-mail: aquila.fmesquita@unicamp.br

³ Instituto de Geociências – Universidade Estadual de Campinas, e-mail: giorgio@unicamp.br

Arenitos eólicos são geralmente caracterizadas por seus altos valores de permoporosidade e constituem excelentes reservatórios de hidrocarbonetos (HC). Apesar dessas características, a alta complexidade arquitetural de sucessões eólicas pode imprimir barreiras de fluxo importantes e, assim, afetar o potencial de acumulação de hidrocarbonetos desse tipo de reservatório. O presente trabalho apresenta um estudo preliminar da arquitetura deposicional de uma sucessão eólica impregnada em HC (Formação Piramboia, Bacia do Paraná), bem como sua influência na migração de fluídos em reservatórios dessa natureza. Dois principais elementos arquiteturais foram identificados baseados na geometria dos estratos e nas superfícies limitantes: (i) conjuntos simples de estratos cruzados e (ii) conjuntos compostos de estratos cruzados. Os elementos arquiteturais foram interpretados como produtos da deposição de dunas simples e compostas (megadunas), respectivamente. No domínio dos conjuntos simples de estratos cruzados, a saturação de óleo na rocha (e provável zona de fluxo de fluídos) parece seguir as orientações *up-dip* das cunhas de *grainflow* presentes na base dos *foresets* de estratificações cruzadas. Em contrapartida, as cunhas de *wind-ripple laminations* geralmente exibem baixa saturação. Esse contraste pode indicar sutis mudanças nas características petrofísicas da rocha, mas que controlam importantes padrões de migração e armazenamento de fluídos de hidrocarbonetos no reservatório. A relação de espessura entre as cunhas de *grainflow* e *wind-ripple laminations* propõem uma forma de leito original com alturas superiores a 15 m, em um sistema de dunas transversais que migrava preferencialmente para SE. As superfícies de reativação (*third-order bounding surfaces*) presentes no depósito também parece compor importantes barreiras de fluxo no arenito eólico, uma vez que separa conjuntos de *foresets* de maior e menor impregnação de HC dentro de um mesmo *set* de estratificações cruzadas. No domínio dos conjuntos compostos de estratos cruzados, a organização interna entre as cunhas de *grainflow* e *wind-ripple laminations* não parecem ser importantes na determinação de zonas de maior permeabilidade e saturação de HC na rocha. Nesse caso, a distribuição de superfícies de sobreposição (*second-order bounding surfaces*) sugerem ser o principal fator de controle. A geometria dos elementos arquiteturais e a organização das superfícies limitantes estão diretamente ligadas a morfodinâmica e ao padrão de sobreposição das dunas durante o estágio de construção eólica. Logo, é possível concluir que a morfologia original da duna, o estilo de migração e as taxas de acumulação provavelmente desempenham um papel importante na determinação da permeabilidade direcional dentro do arcabouço estratigráfico eólico. Entretanto, essas relações serão quantificadas com maior detalhe no fluxo de trabalho futuro.

Apoio: Agência Nacional do Petróleo/Finep; PRH 19.1 – Exploração Petrolífera e Geologia de Reservatórios

Palavras-chave: arenitos eólicos, reservatório, hidrocarbonetos

ESTRUTURA DE IMPACTO DE NOVA COLINAS NO MARANHÃO: UMA ABORDAGEM GEOFÍSICA COM O MÉTODO MAGNETOMÉTRICO

Fernando Lessa Pereira¹, Alvaro Penteadó Crósta², Marcos Alberto Rodrigues Vasconcelos³

¹ Universidade Estadual de Campinas, e-mail: f219650@dac.unicamp.br;

² Universidade Estadual de Campina, e-mail: crosta@unicamp.br.

³ Universidade Federal da Bahia, e-mail: marcos.vasconcelos@ufba.br.

Nova Colinas é a mais recente estrutura de impacto confirmada no Brasil. Uma estrutura do tipo complexa, moderadamente erodida, com aproximadamente 7 km de diâmetro. Ela foi formada na Bacia do Parnaíba, centrada em 07°09'33"S / 46°06'30"W, e possui uma idade imprecisa de 200-250 Ma, baseada em análise estratigráfica. As assinaturas geofísicas de estruturas de impacto cósmico são geralmente bem definidas, e amplamente utilizadas para seu reconhecimento inicial, bem como para a compreensão de mudanças físicas e estruturais das rochas alvo. Além disso, o uso de dados geofísicos permite produzir modelos de subsuperfície de estruturas de impacto. A magnetometria é o método geofísico que estuda o campo magnético da Terra. Parte desse campo está associado a variação da susceptibilidade magnética das rochas em subsuperfície. As medidas magnéticas podem ser realizadas por satélites, aviões, drones e por meio de aquisições terrestres. As assinaturas magnéticas em estruturas de impacto, de forma geral, apresentam uma zona magnética baixa ou moderada truncando o campo regional. Em estruturas maiores, anomalias de curto comprimento de onda e alta amplitude podem ocorrer em sua parte central. Para Nova Colinas há dados aeromagnetométricos públicos, adquiridos com 500 m de espaçamento das linhas de voo na direção N-S, 4 km entre as linhas de controle e altura de voo de 100 m. Eles mostram um conspícuo sinal anular positivo no mapa de sinal analítico, espacialmente coincidente com a borda externa aparente da estrutura. Existem dois domínios magnéticos distintos no entorno da estrutura: (i) a região norte caracterizada por anomalias magnéticas de curto comprimento de onda, relacionadas aos fluxos basálticos da Formação Mosquito; e (ii) a região sul constituída por rochas sedimentares da Formação Sambaíba. O último carece de anomalias magnéticas significativas, o que é típico de estratos sedimentares. A profundidade das fontes magnéticas na borda da estrutura é estimada em ~250 m. Nossas análises foram importantes para a caracterização preliminar da estrutura de Nova Colinas, sendo que investigações magnéticas de maior resolução necessárias para melhor caracterizar as litologias e estruturas associadas a ela. Uma campanha de aquisição de dados em campo encontra-se em curso, com o objetivo de coletar dados gravimétricos e magnéticos dentro e no entorno da estrutura. Espera-se caracterizar as assinaturas magnéticas aplicando técnicas de processamento para realce das anomalias como delimitação das fontes, estimar sua profundidade usando diversos métodos numéricos, bem como realizar a modelagem e inversão dos dados magnetométricos. Esses resultados serão interpretados com o auxílio dos dados sísmicos para produzir modelos geofísicos robustos, com indicação das principais características lito-estruturais da nova estrutura de impacto.

Palavras-chave: Estrutura de impacto, magnetometria, modelagem geofísica.

APLICAÇÃO DO PROGRAMA MAGMA1D NA INTERPRETAÇÃO DE EFEITOS TÉRMICOS ASSOCIADOS A CORPOS ÍGNEOS EM SISTEMAS PETROLÍFEROS

Hudson Lupi Pinheiro Belim¹, André Valente², Guilherme Bastos³, Sérgio Valente⁴, Alan Miranda⁵, Artur Corval⁶, Saulo Martins⁷.

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: hudsonbelim@hotmail.com;

² Instituto Federal do Rio de Janeiro, e-mail: andre.valente@ifrj.edu.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, e-mail: gbstravassos@gmail.com

⁴ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: sergio@ufrj.br

⁵ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: alan_miranda@ufrj.br

⁶ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: corvalgeo@ufrj.br

⁷ Universidade Federal do Pará, e-mail: saulo@ufpa.br

Este trabalho mostra os resultados do uso do programa MAGMA1D para o estudo da influência térmica de corpos ígneos intrusivos ou efusivos nas rochas encaixantes em bacias sedimentares. O estudo foi realizado a partir de dois corpos ígneos identificados em um poço de uma bacia sedimentar localizado na região offshore do estado do Rio de Janeiro. O corpo ígneo mais raso possui 65m de espessura, difusividade de $1,3 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ e temperatura inicial de 850°C . Já o corpo ígneo mais profundo, tem 28m de espessura, difusividade de $1,1 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ e temperatura inicial de 1.100°C . Vale ressaltar que a litologia predominante entre os corpos ígneos é um folhelho. Os litotipos acima do corpo ígneo mais raso constituem uma sequência de arenitos, folhelhos e carbonatos. Em contrapartida, um pacote de folhelhos e carbonatos ocorrem abaixo do corpo ígneo mais profundo. A análise dos efeitos térmicos causados pelos corpos ígneos nas rochas do poço estudado será realizada por meio de abordagens distintas, quais sejam: a) as rochas encaixantes posicionadas entre as corpos ígneos; b) encaixantes posicionadas em camada superior ao corpo ígneo mais raso; c) variação térmica no interior dos corpos ígneos. Nas rochas encaixantes entre os corpos ígneos, as curvas de 5 a 20 anos apontam para um decréscimo acentuado da temperatura, em especial, nas proximidades dos contatos. As mesmas curvas entram em equilíbrio com o gradiente geotérmico entre 2700m e 3000m de profundidade. No caso específico da curva de 50 anos, a queda de temperatura apresenta contornos mais suaves quando comparada com as curvas de menores tempos, atingindo temperatura de aproximadamente 100°C em torno de 2.900m de profundidade. A curva de 100 anos possui geometria semelhante àquela de 50 anos. Entretanto, a temperatura atingida na porção central entre os corpos ígneos equivale a 150°C . As curvas de 500 e 1000 anos têm uma configuração próxima da horizontal com temperaturas entre 180°C e 190°C , caracterizando condições de estabilidade. A análise da variação de temperatura no interior dos corpos ígneos denota uma queda de temperatura acentuada nos primeiros anos. Tal fato pode ser atestado pelo comportamento da curva de cinco anos no corpo ígneo mais profundo e de menor espessura. Há uma queda de temperatura próxima de 500°C , o que contrasta com o corpo magmático mais raso, devido a uma diminuição de temperatura que não excede 150°C . Após 100 anos, as temperaturas nos dois corpos ígneos permanecem entre 250° e 200° . Isso implica no equilíbrio em todo o sistema. As rochas encaixantes entre os corpos ígneos foram submetidas a temperaturas que não excedem 200°C entre 2.800m e 3.000m de profundidade. Em condições de metagênese, essa temperatura está em consonância com a formação de gás termoquímico. Por outro lado, as temperaturas satisfatórias (60°C a 150°C) para a formação de óleo durante a catagênese foram obtidas a, no mínimo, 200m acima do corpo ígneo mais raso e a 150m abaixo do corpo ígneo mais profundo do poço.

Apoio: PETROMAGMATISMO (03/19 - FAPUR) - PETROBRAS

Palavras-chave: Modelagem Térmica, MAGMA1D, Sistemas Petrolíferos, corpos ígneos.

QUANTIFICAÇÃO DE MINERAIS PESADOS A PARTIR DE TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA DE QUÍMICA MINERAL OBTIDO POR EDS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA: UM EXEMPLO NA FORMAÇÃO TWYFELFOUTEIN, NAMÍBIA

João Miguel Maraschin Santos¹, Gabriel Bertolini², Juliana Charão Marques¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, maraschinsantos@ufrgs.br gaberto@gmail.com; juliana.marques@ufrgs.br

No estudo de proveniência sedimentar, os minerais pesados são aplicados para a identificação das possíveis rotas de sedimentação, compreensão do clima, relevo e para estimar a distância e tempo de transporte a fim de gerar dados essenciais para reconstrução paleogeográfica da área de estudo. Dados de química mineral são cruciais para a identificação e classificação dos minerais presentes -tradicionalmente obtidos através da microsonda eletrônica: uma técnica que, embora mais acurada, requer mais tempo e recursos para obtenção de um grande volume de dados. De forma alternativa, análises por espectrômetro de dispersão de energia acoplados a microscópio eletrônico de varredura (MEV-EDS), juntamente com uso de métodos de aprendizado de máquina podem proporcionar resultados confiáveis. A técnica permite a obtenção de um volume de dados maior, ainda que com resolução mais baixa, para a detecção e quantificação dos elementos. Buscando validar a utilização de técnicas de aquisição de dados rápidas, aproximadamente 8.000 análises individuais foram realizadas em minerais pesados utilizando MEV-EDS em amostras de arenitos da Formação Twyfelfoutein – Bacia Huab, Namíbia. Foi desenvolvido script utilizando a linguagem R para análise desse banco de dados extensivo e classificação do número de minerais encontrados, utilizando técnicas de agrupamento multivariado, simulação de número de minerais e validação de modelo. A primeira etapa do processamento consistiu na utilização de análise de componentes principais (PCA), o que permitiu um agrupamento dos minerais, baseado nos dados composicionais de química e transformação em valores planos multidimensionais. O algoritmo *k-means clustering*, é utilizado para quantificar o número de agrupamentos de minerais (clusters). Porém, por se tratar de um algoritmo de classificação supervisionado, necessita de um número de clusters (*k*) predefinido para se tornar efetivo. Para evitar esta limitação, foi simulado a classificação de *k-means* com valores de *k* entre 1 e 50. Por fim, a validação se deu por meio do *elbow method*, que indicou um número ótimo de 22 minerais (clusters). Assim, o uso de técnicas de aprendizado de máquina, com aplicação de um *script* em R para a exportação e manipulação de dados obtidos no MEV-EDS, permite gerar gráficos estatísticos de dispersão e semelhança de *clusters* que pode ser aplicado na identificação dos minerais. Este método traz vantagens como economia de tempo e recursos, constituindo uma forma alternativa às clássicas análises por microsonda eletrônica.

Apoio: PRH 14.1 – Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo

Palavras-chave: análise multivariada, proveniência, minerais pesados.

INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA REOLÓGICA DA LITOSFERA, VELOCIDADE DE ESTIRAMENTO E AÇÃO DE PROCESSOS SUPERFICIAIS NA PRESERVAÇÃO DE ESCARPAS COSTEIRAS EM MARGENS RIFTEADAS

João Pedro Macedo Silva¹, Victor Sacek² e Rafael Monteiro da Silva³

¹ Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, e-mail: joao.macedo.silva@usp.br

² Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, e-mail: sacek@usp.br

³ Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, e-mail: rafael.m.silva@alumni.usp.br

Trabalhos anteriores mostraram que a formação de escarpas costeiras ao longo de margens rifteadas está relacionado com a resposta flexural da litosfera durante o estiramento litosférico. Adicionalmente, a preservação destas escarpas em margens maduras pode ser explicada como um mecanismo de retroalimentação entre a denudação diferencial da margem e resposta isostática regional da litosfera. Entretanto, a contribuição relativa do rifteamento litosférico na amplitude da escarpa tanto em margens antigas como maduras não é facilmente quantificado e o impacto da estrutura reológica da litosfera na evolução da escarpa durante a fase pós-rifte é um assunto pouco explorado na literatura. Neste trabalho, foi usado um modelo numérico termomecânico (2D) para simular o estiramento litosférico e avaliar a sensibilidade da amplitude da escarpa e sua preservação sob diferentes condições reológicas sob escalas de tempo superiores a 100 Myr, equivalentes a margens rifteadas maduras. Os resultados mostram que a evolução da amplitude da escarpa e sua preservação por dezenas de milhões de anos são sensíveis ao grau de acoplamento entre a crosta e o manto litosférico, à velocidade de estiramento e à resposta flexural causada pela ação de processos superficiais. Entretanto, o soerguimento flexural ocorre nos primeiros 100-150 km do flanco do rifte e os efeitos do acoplamento entre a crosta e manto e a velocidade de estiramento têm pouca influência no comprimento de onda da resposta flexural da margem durante o rifteamento. Complementarmente, mesmo sem a influência dos processos superficiais, a amplitude da escarpa decresce monotonicamente ao longo do tempo devido ao fluxo lateral da crosta inferior e ao resfriamento da margem independentemente da velocidade de estiramento adotada. Nestes casos, a amplitude do soerguimento do flanco do rifte decresce aproximadamente 70% durante os primeiros 60 Myr quando o acoplamento entre a crosta e o manto é fraco. Conclui-se que qualquer assinatura topográfica do soerguimento do flanco do rifte é preservada somente em margens onde o recuo da escarpa causado por erosão é inferior a aproximadamente 100 km.

Apoio: Petrobras, CAPES, FAPESP

Palavras-chave: Margens Rifteadas, Modelagem Numérica, Escarpas Costeiras.

ANÁLISE NUMÉRICA DE EFEITOS TOPOGRÁFICOS E ESTRUTURAIS NA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES NO SEGMENTO CENTRAL DO *RIFT* CONTINENTAL DO SUDESTE DO BRASIL

João Pedro Silva Pereira¹, Ginaldo Ademar da Cruz Campanha², Anderson Moraes³

¹ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, e-mail: jpereira@ipt.br;

² Universidade de São Paulo, e-mail: ginaldo@usp.br;

³ Petrobras/CENPES, e-mail: andersonmoraes@petrobras.com.br;

Topografia, estrutura geológica e tensões propagadas através da litosfera (*far-field stress*) definem o estado local de tensões na crosta. As estruturas e relevo gerados pelas dinâmicas interna e externa do planeta ao longo do tempo geológico se somam às forças tectônicas regionais (e.g. *slab pull*, *ridge push*) para compor o estado de tensões in situ, determinante no comportamento geomecânico dos maciços rochosos e com implicações em atividades inerentes à sociedade moderna tal como a extração mineral, escavação de túneis e exploração de reservatórios. O segmento central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil é um cenário ímpar para avaliação dos efeitos topográficos e geológicos na distribuição de tensões na crosta superior já que além dos gradientes de elevação de até 2700 m este se desenvolveu sobre a estruturação pré cambriana da Faixa Ribeira e esteve submetido à intensa atividade neotectônica durante o Cenozoico. Este trabalho partiu da integração de modelos digitais de elevação, mapas/perfis geológicos disponíveis na literatura e dados coletados em campo para a construção de uma seção geológica regional de aproximadamente 100 km de extensão transpassando a Serra da Mantiqueira, o Vale do Paraíba (Bacia de Taubaté) e a Serra do Mar, utilizando-se do *software Move (Midland Valley/Petroleum Experts)*. A geometria obtida foi utilizada como *input* inicial a análises tensão-deformação no *software* comercial de elementos finitos RS2 (*Rocscience*), tendo sido testados diversos cenários, destacando-se aqueles contendo apenas a topografia da seção (litologia única) sob ação exclusiva da gravidade, apenas com a estruturação geológica (relevo plano), acrescidos de compressão tectônica regional, e combinações destes casos. A reologia dos litotipos foi adotada como linear elástica perfeitamente plástica e a resistência à ruptura balizada pelo critério de Mohr-Coulomb, tendo ainda considerado zonas de cisalhamento como áreas de menor competência dado seu histórico de deformações, e anisotropias constituídas por planos de foliação, contato e falhas/fraturas, representadas numericamente como elementos de interface de junta. As simulações focadas no efeito da topografia destacaram a rotação das tensões principais em regiões de transição entre altos e baixos topográficos com a horizontalização de σ_1 tal como para as passagens Serra da Mantiqueira-Vale do Paraíba e Serra do Mar-Plataforma Continental, e os expressivos gradientes de energia potencial gravitacional associados a estas regiões capazes de gerar o colapso das elevações rumo à margem atlântica, fraturamento superficial e contornos de plastificação mimetizando pares conjugados em cinemática normal. Já as saídas gráficas dos modelos contendo apenas a estruturação geológica evidenciaram a paralelização de σ_1 a elementos de interface, tensões diferenciais bastante inferiores às obtidas com a presença de topografia, bem como a concentração da deformação nas zonas de cisalhamento. Quando em conjunto topografia e estrutura geológica potencializaram os efeitos citados (e.g. aumento do intervalo de rotação das tensões) e, dada a adição de uma compressão regional, garantiram a movimentação relativa e o rompimento de elementos de interface dos modelos. Os resultados obtidos corroboram teorias formuladas acerca da evolução tectônica da região e dão luz à importância da topografia e estrutura geológica na distribuição das tensões supracrustais.

Palavras-chave: Modelagem Numérica, Tensões, *Rift* Continental do Sudeste do Brasil

PRETERIT LANDSLIDES IN A POST-OROGENIC AND POST-RIFTING UPLAND, SOUTHERN BRAZIL, AND POTENTIAL CONTROLLING FACTORS

Marcilene dos Santos¹, Salomão Silva Calegari², Karina Patrícia Prazeres Marques³, Eduardo Salamuni⁴,
Alessandro Batezelli⁵, Daniel Peifer⁶, Nelson Fernandes⁷

¹ São Paulo State University, UNESP- Campus of Ourinhos, e-mail: marcilene.santos@unesp.br

² Federal University of Espírito Santo, e-mail: salomao.calegari@ufes.br

³ University of São Paulo, e-mail: karina.marques@usp.br

⁴ Federal University of Paraná, e-mail: salamuni@ufpr.br

⁵ State University of Campinas, e-mail: batezeli@unicamp.br

⁶ University of Tuebingen, e-mail: peiferdaniel@gmail.com

⁷ Federal University of Rio de Janeiro, e-mail: nelsonff@acd.ufrj.br

Landsliding plays a crucial role in the Earth's surface dynamics and landscape evolution. Triggered by rainfall, tectonic activity, base level fall, drainage reorganization, human activities, or any combination of these controlling factors, landslide disasters cause the loss of life. They are more widespread than any other geological event. An increased channel incision may favour landslides by steepening slopes and connecting both the fluvial and hillslope mechanisms. Landslide-driven hillslope erosion is commonly observed in uplifting terrain/lowering base level settings, which often show high-relief, threshold hillslopes and relatively narrow river gorges. Rainfall favors river incision and sediment removal by increasing water discharge and enhancing the soil pore pressure, which may trigger landslides. Lithology and contrasting rock strength also influences the landslides since complex ones (e.g., rockfall-debris flow) are prone to occur in geological settings with resistant lithology overlying clayey layers or limestone. Under ongoing climate change and increasing the frequency of extreme events given the greater air moisture, abundant and significant landslides may dominate the landscape in uplands and cause river-blocking events. These conditions affect the erosion rate, inhibiting the topography's ability to achieve the balance between uplift and erosion rates and thereby disturbing the feedback between them. Modern rifting and orogen settings have been attractive areas for a great body of geoscientists seeking a better understanding of the recent landslides and their controlling factors. However, little is known about ancient landslides in post-orogenic and post-rifting uplands in intraplate settings. Despite the great interest in modern extreme events, geological records of ancient landslides may also provide critical insights into landscape dynamics and forcing and, thus, contribute to predicting scenarios linked to climate change. Studies about landslides triggered by earthquakes or internal forcing (e.g. divide migration) are either scarce or barely exist in Brazil. Here, we focus on this issue, and we carried out a quantitative study of the topography and investigation of sedimentation and drainage signatures by field surveys. We investigated ancient landslides, associated dams, and lakes to discuss their triggering forces. We explore this question in the context of the central axis of the Ponta Grossa Arch, a stress concentrator zone in a post-orogenic and post-rifting southern/southeastern Brazil landscape. To explore the potential relationship between divide migration and landslides, we calculated a χ map for two major river networks of the Ponta Grossa Arch, the Tibagi and Cinzas catchments. In addition, we examined the spatial distribution of knickpoints, normalized channel steepness, local relief, and slope angle to discuss potential relations with steepening slopes and landslides. Our results indicate clusters of landslides influenced by lithology and contrasting rock strength, drainage reorganization, base level lowering, and topographic rejuvenation. Further studies supported by dating techniques and previous paleoclimate datasets from the literature are necessary to explore the eventual link between such landslide clusters and past climate events.

Keywords: Ancient landslides; Drainage divide migration; Quantitative Geomorphology

PROCESSOS MORFOGENÉTICOS E OS VERTISSOLOS DO NORDESTE

Matheus S. S. Figueiredo¹, Sheila A. C. Furquim², Grace B. Alves³.

¹ Universidade Federal da Bahia, e-mail: matheussf@ufba.br;

² Universidade Federal de São Paulo, e-mail: sfurquim@unifesp.br;

³ Universidade Federal da Bahia, e-mail: alves.grace@ufba.br.

O Nordeste brasileiro é reconhecido no imaginário popular como uma paisagem homogênea sob clima semiárido. No entanto, possui grande diversidade de paisagens, devido à combinação de diferentes elementos da paisagem e seus respectivos processos evolutivos, destacando-se grandes conjuntos de paisagem: o Sedimentar e o Cristalino, em termos de vegetação e litologia, e Planaltos e Depressões, em relação ao solo e relevo. Neste contexto, buscamos entender a ocorrência dos Vertissolos no Semiárido Brasileiro, focando no entendimento dos processos responsáveis pela sua formação e transformação da paisagem, considerando que a pedogênese é condicionada pela circulação hídrica, material de origem e posição topográfica. Observamos as condições de equilíbrio das paisagens e suas características, através de dados quantitativos sobre nickpoints e relação entre solos e vertentes. Detalhamos as formas e as relação com os elementos da paisagem em áreas com ocorrência de Vertissolos, em diferentes materiais de origem. Para tanto, utilizamos índices quantitativos de investigação morfométrica, e sua relação com a litologia, solos e vegetação primária. Avaliamos perfis e mapas hipsométricos, identificando knickpoints e transiência da paisagem, para buscarmos um entendimento sobre o estado de equilíbrio destas áreas. Verificamos que os Vertissolos são solos com textura argilosa e dominância de minerais esmectíticos, com alto coeficiente de expansão e contração de acordo com a umidade, associados a materiais com alta disponibilidade de cálcio. A distribuição espacial desses solos é condicionada pelo arcabouço litoestratigráfico e/ou climático, assim como posição na vertente, possuindo poucos estudos relacionados à sua gênese e relação com a evolução da paisagem nordestina. Selecionamos três diferentes áreas de Vertissolos: Cachoeirinha em Pernambuco a 550 metros de altitude, apresentando shoshonitos pertencentes ao Plutão Cachoeirinha de idade neoproterozóica; Sousa na Paraíba a 223 metros de altitude e apresenta siltitos, folhelhos com intercalações de arenito calcíferos, marga e calcário associados à Formação Sousa, do Grupo Peixe com idade Cretácea; e Governador Rosado no Rio Grande do Norte a 59 metros de altitude com presença de rochas calcíticas e dolomíticas do Cretáceo associadas a Formação Jandaíra, do Grupo Apodi. Nas três áreas, os Vertissolos se concentram em áreas com baixo desnível topográfico, na média-baixa vertente. Nestas áreas, os knickpoints têm se mostrado importantes para compreendermos a presença das rupturas de vertentes e suas relações com o desenvolvimento dos solos, controlando a evolução dos processos morfo genéticos e pedogenéticos. Assim, os Vertissolos estão associados ao aplainamento local, relacionado ao equilíbrio (steady state) destas paisagens, e limitados pelas áreas com paisagens transientes. Estão ainda correlacionados à litologia com alta disponibilidade cálcio, e ocorrem em associação aos Planossolos e Chernossolos. Todas as áreas avaliadas estão sendo esculpturadas em condições mais recentes, vinculadas à instalação do clima semiárido, associadas à abertura da Depressão Sertaneja, num contexto mais regional. Exceto para a área de Cachoeirinha, que é um aplainamento mais localizado, no Planalto da Borborema. Consideramos que será necessário analisar as modificações da paisagem associadas à tectônica e mudanças climáticas, num contexto mais amplo, e correlacionar estes dados com as características pedogeomorfológicas.

Palavras-chave: semiárido, nickpoints, paleoclima, solo e paisagem.

QUANTIFICAÇÃO MODAL E VETORIZAÇÃO DO PALEO-SISTEMA HIDROTHERMAL DO DEPÓSITO DE Cu-Au CORPO SUL, ARCO MAGMÁTICO DE MARA ROSA, GOIÁS

Patricia Tatiane Lopes¹, Roberto Perez Xavier², Wagner da Silva Amaral³

¹ Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG/UNICAMP), e-mail: p151762@dac.unicamp.br; lopesp.geol@gmail.com;

² Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG/UNICAMP), e-mail: robxav@unicamp.br;

³ Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG/UNICAMP), e-mail: wamaral@unicamp.br;

Fluidos hidrotermais envolvidos na gênese de depósitos promovem processos de lixiviação e precipitação que acarretam consideráveis modificações mineralógicas e químicas nas rochas precursoras e encaixantes. Ao serem metamorfisadas, as rochas produtos de alteração hidrotermal têm obliteradas as suas associações mineralógicas e texturais diagnósticas. Apesar disso, exceto em casos de remobilização anatética expressiva ou quando a alteração hidrotermal resulta sobretudo do influxo de fluidos sin-metamórficos, as composições/assinaturas químicas primárias permanecem preservadas. O depósito de Cu-Au (Corpo Sul), localizado próximo ao limite sudeste do Arco Magmático de Mara Rosa, norte do Estado de Goiás, possui relações geológicas de campo e de testemunhos de furos de sondagem que sugerem uma mineralização de Cu-Au do tipo pórfiro metamorfozido de idade Neoproterozóica ($883,4 \pm 8,5$ Ma; 875 ± 11 Ma). Ao investigar-se essa premissa, dados petrográficos e geoquímicos das rochas hospedeiras da mineralização promoveram avanços significativos na caracterização do depósito no que se refere ao zoneamento do paleo-sistema hidrotermal, intrínseco à mineralização. A partir da composição modal/abundância em minerais considerados índices de diferentes tipos de alteração que compõem as rochas hospedeiras da mineralização e de suas composições/assinaturas geoquímicas, no mínimo 5 halos de alteração hidrotermal foram identificados. Muscovita-biotita xistos, hospedeiros principais da mineralização, possuem facies/núcleos reliquiais com textura ígnea porfirítica. Representam o halo de alteração proximal/central do depósito e foram definidos como os produtos de alteração Fe-sílica e potássica (K-Fe±Mg), provavelmente associadas a uma rocha intrusiva. Variedades mais ricas em muscovita e/ou contendo cianita, entretanto, correspondem a produtos de alteração hidrotermal híbridos e/ou de sobreposição entre as alterações potássica e fílica, caracterizados por crescentes teores de Al. Muscovita xistos, cianita-muscovita xistos, cianititos, cianita quartzitos e quartzitos, compõem os halos de alteração distal e correspondem às alterações fílica (K-Al), argílica (Al-K±Fe±Mg) e argílica avançada (Al-Si), respectivamente. Anfibólio xistos, por seu lado, foram mais bem compreendidos como rochas encaixantes de origem sedimentar ou ígnea ricas em anfibólio, mas parcialmente obliteradas por alteração fílica (K-Al). A paragênese principal da mineralização é inerente ao halo proximal, compreende calcopirita-pirita ± magnetita e molibdenita (traços). Conforme evolui o paleo-sistema, a mineralização inclui as paragêneses distais pirita – calcopirita ± calcocita (tardia), pirita – calcopirita ± rutilo/magnetita, pirita ± calcopirita e pirita ± rutilo, associadas às alterações potássico-fílica, fílica, argílica e argílica avançada, respectivamente. Tais características são muito próximas às de depósitos do tipo pórfiro de Cu e Au clássicos fanerozóicos e configuram importantes atributos geológicos que, apesar dos eventos de deformação e metamorfismo sobrepostos, contribuem para a interpretação genética do depósito Corpo Sul.

Palavras-chave: Sistemas Cu Pórfiro, Pre-Cambriano, Orógeno Brasília

EFEITOS DE PROCESSOS PEDOGENÉTICOS NAS QUALIDADES PETROFÍSICAS DE RESERVATÓRIOS FLUVIAIS ANÁLOGOS DE HIDROCARBONETOS DA FORMAÇÃO UBERABA DA BACIA BAURU

Reginaldo Molka Júnior¹; Alessandro Batezelli²

¹ Instituto de Geociências - Universidade Estadual de Campinas, e-mail: r223964@dac.unicamp.br

² Instituto de Geociências - Universidade Estadual de Campinas, e-mail: batezeli@unicamp.br

O estudo envolvendo a descrição de afloramentos para a confecção de modelos análogos, tem sido utilizado nas últimas décadas como uma ferramenta importante para o entendimento dos reservatórios de hidrocarbonetos. Os dados de afloramentos permitem identificar variações nas propriedades petrofísicas que, ao serem integradas a perfis de poços e dados sísmicos, permitem um melhor entendimento quanto às mudanças no padrão de porosidade e permeabilidade dos reservatórios. O presente trabalho, baseado em dados de afloramentos da Formação Uberaba (Cretáceo Superior da Bacia Bauru), na cidade homônima, descreveu detalhadamente as litologias, estruturas sedimentares e aspectos texturais que permitiram entender, como os processos exógenos representado pela atuação de pedogênese, atuaram na modificação da qualidade do reservatório, além de contribuir com o entendimento do ambiente deposicional, condições paleoclimáticas e processos superficiais atuantes. De modo a entender a distribuição e disposição das camadas reservatórios e não-reservatórios, foi feita uma análise através de painéis fotográficos identificando-se as fácies e superfícies limitantes entre os estratos, possibilitando a definição de elementos arquitetônicos: macroforma de acréscimo lateral (LA) e à jusante (DA), canais (CH), finos de overbank (OF), formas de leito arenosas (SB). Para análise sobre a variação de porosidade e permeabilidade em microescala, foram coletadas amostras para confecção de lâminas petrográficas, Difração de Raios-X, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e posteriormente, utilização do software gratuito JmicroVision e do equipamento TinyPerm II, para tratamento dos dados. Os resultados parciais utilizando a integração de dados em escala macro e micro permitiram identificar atividades pedogenéticas positivas para a geração de porosidade. Através da utilização do software computacional mencionado, foi possível quantificar a porcentagem de poros em seções delgadas 2D e conseqüentemente, mensurar como os processos exógenos atuaram nas camadas do modelo de reservatório análogo estudado. Essa ação pedogenética foi mapeada através da identificação de feições como ortocavidades, poros planares do tipo fissura, redução de cimentação carbonática e com aumento do percentual de argila.

Apoio: Agência Nacional do Petróleo.

Palavras-chave: Paleossolo, Reservatório análogo, Petrofísica.

DIFFERENTIAL PHANEROZOIC EVOLUTION OF CRATONIC AND NON-CRATONIC LITHOSPHERE FROM A THERMOCHRONOLOGICAL PERSPECTIVE: SÃO FRANCISCO CRATON AND MARGINAL OROGENS (BRAZIL)

Ana Fonseca¹, Tiago Novo², Tobias Fonte Boa², Johan De Grave²

¹ Department of Geology, Ghent University, Ghent, Belgium, e-mail: analiberal7@gmail.com

²CPMTC/IGC/UFGM, geoamancio@ufmg.br

Low-temperature thermochronology focuses on the comprehension of the upper crust's thermal history, where morphotectonic processes take place. The São Francisco Craton (SFC) and its marginal Araçuaí and Brasília orogens exhibit a significant diversity in their lithospheric architecture. These orogens were shaped during the Neoproterozoic–Cambrian amalgamation of West Gondwana. The rigid cratonic lithosphere of the SFC and the relatively weak lithosphere of the Araçuaí Orogen were disrupted during the Cretaceous opening of the South Atlantic Ocean, whereas the Brasília Orogen remained in the continental hinterland. In earlier research, the thermal effects of the Phanerozoic reactivations in the shallow crust of the Araçuaí Orogen have been revealed by low-temperature thermochronology, mainly by apatite fission track (AFT) analysis. However, analyses from the continental interior are scarce. Here we present new AFT data from forty-three samples from the Brasília Orogen, the SFC and the Araçuaí Orogen, far from the passive margin of the Atlantic coast (~150 to 800 km). Three main periods of basement exhumation were identified: (i) Paleozoic, recorded both by samples from the SFC and Brasília Orogen; (ii) Early Cretaceous to Cenomanian, recorded by samples from the Araçuaí Orogen; and (iii) Late Cretaceous to Paleocene, inferred in samples from all domains. We compare the differential exhumation pattern of the different geotectonic provinces with their lithospheric strengths. We suggest that the SFC likely concentrated the Meso-Cenozoic reactivations in narrow weak zones while the Araçuaí Orogen displayed a far-reaching Meso-Cenozoic deformation. The Brasília Orogen seems to be an example of a stronger orogenic lithosphere, inhibiting reworking, confirmed by our new AFT data. Understanding the role of the lithosphere rigidity may be decisive to comprehend the processes of differential denudation and the tectonic–morphological evolution over Phanerozoic events. Lastly, the data suggest that elastic thickness, structural network, and drainage system play an important role in the morphotectonic control of landscape evolution.

Apoio: -

Palavras-chave: thermochronology, elastic thickness, São Francisco Craton.



9º
SIMPÓSIO DE
**QUANTIFICAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS**

SESSÃO TEMÁTICA 4:

**Programação, IA, Bancos de
Dados e Aplicativos**

COORDENADORES:
Adelir J. Strieder
Michelle Chaves Kuroda Avansi

INTERPOLAÇÃO DE DADOS AEROMAGNÉTICOS POR MEIO DE APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA RESSALTAR ZONAS DE FRATURA NA PROSPECÇÃO DE AQUÍFEROS

Bruno Ruas de Pinho¹, Paola Bastos Rego², Adelir José Strieder³

¹ Eng. Geológica – UFPel, e-mail: brunorpinho10@gmail.com

² Eng. Geológica – UFPel, e-mail: paolabastosr@gmail.com

³ Eng. Geológica – UFPel, e-mail: adelirstrieder@gmail.com

Este trabalho apresenta a aplicação dos Algoritmos de Aprendizado de Máquina (AAM) na estimativa (interpolação) de variáveis espaciais em locais não amostrados e a sua análise frente a informações obtidas de sensores remotos e medidas diretas em campo. O objetivo principal deste trabalho está no desenvolvimento de ferramentas capazes de ressaltar zonas de fratura próximas da superfície para fins de locação de poços tubulares profundos. A área de teste encontra-se na porção centro-sul do Batólito de Pelotas (RS), a qual foi subdividida em 3 subáreas para fins de detalhamento: Subárea I (Canguçu), Subárea II (Cerrito) e Subárea III (Pelotas). As áreas de detalhamento expõem rochas graníticas a dioríticas gnaissificadas, que são truncadas por múltiplas intrusões de granitos e rochas básicas. A região esteve sujeita à deformação dúctil-rúptil ao final do Ciclo Brasileiro e deformação rúptil após esse período. A regionalização da Primeira Derivada Vertical do Campo Magnético Remanescente dos pontos amostrais do aerolevante do Projeto 1100 (CPRM, 2010) foi realizada por meio de algoritmos de aprendizado de máquina (AAM), especificamente com funções denominadas *Random Forest* (RF), modificadas para busca em todas as direções. A modificação das funções RF resultou num mapa de lineamentos magnéticos expressivos, iluminados NW > SE, que indicam fontes magnéticas rasas, mas não exatamente superficiais. A extração de lineamentos tipo 2 a partir de imagens de satélite e a coleta direta de dados de campo não se demonstram totalmente capazes de identificar as zonas de fraturas existentes, pois o substrato rochoso e fraturado é recoberto por solo. O mapa de lineamentos magnéticos derivado das funções RF de AAM adequadamente reproduz a posição de zonas de fratura identificadas como lineamentos do tipo 2 e, portanto, expressa a posição das zonas de fratura com maior detalhe em relação àqueles. A confiabilidade dos resultados de interpolação com funções RF é ressaltada quando se justapõe esses mapas com os mapas de lineamentos tipo 2, e quando se analisa as orientações dos lineamentos com os dados medidos diretamente em campo. A correlação dessas feições com informações de poços tubulares profundos já existentes propiciou o reconhecimento de direções estruturais potencialmente favoráveis para a locação de novos poços tubulares em aquíferos fraturados na área investigada. Foi possível observar que os maiores valores de vazão estão diretamente relacionados com os lineamentos de orientação NE (Subárea I), ou com zonas onde há grande intersecção de lineamentos nas direções NE e NW (Subáreas II e III). Esta relação é justificada pelo campo atual de tensões terrestre na região, o qual submete as estruturas NW à compressão e as NE a tensões distensivas.

Apoio: ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), pela disponibilização dos dados Aerogeofísicos do RS.

Palavras-chave: algoritmos de aprendizado de máquina, aerogeofísica, zonas de fratura, poços tubulares.

COMO ARMAZENAR UM MILHÃO DE ARQUIVOS ?

Álvaro Gomes Sobral Barcellos¹, Carlos Eduardo Miranda Mota²

¹ CPRM/SGB, alvaro.barcellos@cprm.gov.br

² CPRM/SGB, carlos.mota@cprm.gov.br

No século passado, o surgimento da Internet e a possibilidade de disponibilização de informações estabeleceu de forma inequívoca a transição dos processos de informação. A informação passou a ser preservada na forma digital em arquivos de formatos públicos ou proprietários, em diversos tipos de mídias. Neste século, com a evolução das tecnologias, o custo das mídias digitais, cada vez menor, deixou de ser o fator estratégico imperativo, e estabelecemos a nova transição dos modelos de armazenamento, de segmentado, em tabelas relacionais (eg. SQLs) para completo, em documentos estruturados (eg. JSONs). A função característica da transição é a diferenciação da informação ao longo do tempo, quer seja estática, por praticamente imutável, quer seja dinâmica, por modificada constantemente. A complexidade da custódia de informações envolve investimentos, em armazenamento, parametrizado por disponibilidade e redundância, e em distribuição, parametrizado por indexação e pesquisa. Usar os indexadores públicos da internet possibilita eliminar da complexidade os custos de indexação e pesquisa, garantindo a visibilidade, *os arquivos na internet que são indexados por sistemas de buscas externos públicos*, e a disponibilidade, *os arquivos na internet que são diretamente disponíveis para consultas públicas*. Para sistemas de informações, a escolha do sistemas de arquivos para armazenamento digital envolve a avaliação de aspectos operacionais quanto: 1) ao tipo mídia; 2) a disponibilidade; 3) a redundância; 4) a garantia da integridade do conteúdo; 5) a utilização de nomenclatura exclusiva ou dependente do contexto do conteúdo. Esta proposta consiste de modelo integrado de armazenamento, utilizando sistema distribuído de arquivos, sistema de arquivos local extensível, nomes de arquivos e de diretórios definidos de acordo com algoritmos de integridade dos arquivos. Este modelo foi baseado nas estratégias utilizadas por empresas como Google, Amazon, etc, e práticas indicadas no stackoverflow.com, adaptado com alternativas de programas de FOSS, “free and open source software”. O sistema distribuído de arquivos (GlusterFS) oferece a possibilidade de balancear os serviços geograficamente e garante a disponibilidade de redundância em caso de falhas locais. O sistema de arquivos local (BrtFS) é extensível, permite a expansão da capacidade física de armazenamento por inclusão de volumes avulsos, com possibilidade de gerar “instantâneos” para preservação dos estados e arquivos. O sistema de nomenclatura de diretórios e arquivos preserva a unicidade de escolha dos nomes e a verificação de integridade dos arquivos.

Apoio: Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, CPRM/SGB

Palavras-chave: transição, armazenamento, visibilidade

UTILIZANDO BASE DE DADOS E DATA MINING PARA ENTENDER O IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS EM FAUNAS MARINHAS RASAS ATRAVÉS DA ICNOLOGIA

Antônio Rosales Gonçalves Oliveira¹, Renata Guimarães Netto²

¹ Universidade do Vale do Rio do Sinos – UNISINOS: antonio_oliveira9@hotmail.com;

¹ Universidade do Vale do Rio do Sinos – UNISINOS: nettorg@unisinis.br.

A alternância entre períodos de resfriamento e aquecimento sempre ocorreu na história geológica da Terra e afeta os seres vivos e sua distribuição espacial. O aquecimento global atual não tem precedentes na história humana e as projeções apontam para impactos em áreas costeiras ainda neste século. Apesar do volume de estudos enfocando a dinâmica da última glaciação global (Quaternário), não se conhece como as variações da linha de costa e de temperatura afetaram as biotas marinhas rasas e costeiras, em especial em regiões desprovida de gelo. Considerando que icnofósseis não sofrem transporte e que refletem padrões comportamentais de seus produtores, a análise do registro icnológico das faunas marinhas rasas e marginais marinhas aporta informações importantes para o entendimento dos impactos causados por essa gangorra climática. Esse estudo foca na icnologia dos depósitos marinhos rasos e costeiros de latitudes médias da costa leste sul-americana, que não foi afetada por geleiras, mas sofreu variações importantes da linha de costa a partir do Mioceno inferior, quando as temperaturas globais começaram a declinar. Compilar as informações disponíveis é deveras importante para poder entender como as biotas bentônicas responderam a essas mudanças. Contudo, boa parte dos dados disponíveis está pulverizada em artigos de enfoques diversos. Assim, esse estudo busca integrar os dados icnológicos e sedimentológicos disponíveis para essa região no intervalo de tempo geológico Mioceno-Holoceno em uma base de dados, a fim de prospectar variações de padrões e tendências que reflitam mudanças na estrutura da biota endobêntica e nas características dos ambientes costeiros atribuíveis às mudanças climáticas. Uma biblioteca de publicações sobre os temas supracitados foi então composta para formular esse banco de dados, a partir de buscas por palavras-chaves, e os dados de interesse foram organizados inicialmente em planilhas no software Microsoft Excel. A seguir, utilizou-se o software PostgreSQL e seu componente gráfico pgAdmin 4 para montagem do banco de dados. O PostgreSQL é uma ferramenta que atua como sistema de gerenciamento de banco de dados relacionados e seu foco é permitir a implementação de linguagem SQL (Structured Query Language) em estruturas. A base de dados foi exportada em formato .CSV para o software Rapidminer Studio, uma plataforma para trabalhar com Data Science de forma rápida, simples e visual. Por meio dele, é possível criar workflows extremamente intuitivos com ferramentas que executam todas as tarefas do processo de mineração de dados. A mineração dos dados compilados até o momento mostrou que o icnogênero *Ophiomorpha* apresentou o maior número de ocorrências e uma distribuição geográfica mais esparsa em comparação com outros icnogêneros. *Ophiomorpha* é considerado um bom marcador climático pela distribuição atual de seus produtores (crustáceos decápodes calianassídeos), restrita a climas tropicais e subtropicais. A distribuição biogeográfica mais ampla desses crustáceos durante o Mioceno decorre ao fato de as temperaturas médias globais estarem mais elevadas nesse período em relação ao Quaternário, possibilitando assim a ocorrência do *Ophiomorpha* em latitudes maiores. Assim, o estudo das assembleias icnofossilíferas onde estão contidos pode revelar informações importantes sobre os impactos das mudanças climáticas globais ocorridas durante o Quaternário.

Apoio: CNPq (processos 424237/2018-0 e 310377/2019-6; bolsa PIBIC/UNISINOS)

Palavras-chave: *data-mining*, icnologia, mudanças climáticas globais.

MODELAGEM DE GRÁFICOS DE PROBABILIDADE PARA SEPARAÇÃO DE SUBPOPULAÇÕES EM DADOS GEOQUÍMICOS UTILIZANDO O WEBAPP PLOT

Francisco Ferreira de Campos¹, Otavio Augusto Boni Licht², Nivaldo Benedito Ferreira Campos³,

¹ Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), e-mail: francisco.campos@cprm.gov.br

² Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), e-mail: otavio.licht@gmail.com

³ CECS - Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC (UFABC), e-mail: nivaldo.campos@ufabc.edu.br

Conjuntos de dados geoquímicos envolvem informações advindas de amostras que representam domínios heterogêneos, como por exemplo, geoquímica regional abrangendo diversos litotipos ou dados coletados sobre uma área mineralizada e as litologias hospedeiras estéreis. Esses dados compreendem diversas subpopulações estatisticamente distintas misturadas em único conjunto. É necessário lembrar que as técnicas estatísticas clássicas foram concebidas para serem adequadamente utilizadas somente em populações unimodais com distribuição normal. Portanto, para que séries de dados geoquímicos sejam adequadamente analisados e interpretados faz-se necessário avaliar se são compostos por uma ou mais subpopulações, e se necessário realizar a separação destas subpopulações. Gráficos de probabilidade permitem fazer essa identificação e separação pois uma população unimodal e normal é representada por uma reta, enquanto que um conjunto de dados multimodais (ou multipopulacionais) apresentam curvas com inflexões. Trabalhos anteriores já demonstraram a efetividade da modelagem do gráfico de probabilidade para realizar essa separação, porém a sua utilização é extremamente laboriosa e demorada. Dois programas de computador que permitiam realizar essa tarefa se tornaram obsoletos e não funcionam mais nos sistemas operacionais modernos. Para suprir essa lacuna, desenvolvemos o PPlot, um webapp livre e gratuito que permite a geração dos gráficos de probabilidade e a modelagem de subpopulações contidas nos conjuntos de dados, tanto de maneira interativa quanto automatizada, além de outras funções secundárias. O fluxo de trabalho se inicia com a inserção do conjunto de dados em formato de tabela, e após uma validação inicial, o app gera todos os gráficos de probabilidade, histogramas e *box-plots*. A seguir, o usuário identifica visualmente as inflexões no gráfico de probabilidade, que representam a proporção que cada subpopulação participa no conjunto geral dos dados. Com isso é apresentada a primeira estimativa das subpopulações presentes no conjunto. As subpopulações são representadas por retas (pois são estatisticamente normais ou foram normalizadas a seus logaritmos) e identificadas por cores, e o conjunto resultante da mistura dessas subpopulações na proporção indicada pelas inflexões é traçado no gráfico. As retas coloridas podem ser arrastadas ou inclinadas interativamente pelo usuário, e o modelo gerado é atualizado instantaneamente, de forma a obter o melhor ajuste de curva. O histograma e o *box-plot* apresentados também são atualizados dinamicamente. Para refinar o resultado, é possível utilizar a otimização automática, que através do método dos mínimos locais ajusta todos os parâmetros simultaneamente até obter o valor mais baixo de erro possível. A segunda forma de utilizar o app é através de análise automatizada no qual o usuário apenas entra com os dados e o app identifica as inflexões e otimiza as subpopulações automaticamente, sem intervenção do usuário. Ao final de ambos os métodos é gerada uma tabela com os intervalos para classificar os conjuntos de dados pertencentes a cada subpopulação. O webapp foi desenvolvido em linguagem HTML e Javascript e pode ser acessado no link <https://pplotweb.firebaseio.com/>.

Palavras-chave: análise de dados, dados multimodais, automatização

A INFLUÊNCIA DE MÉDIAS MÓVEIS SIMPLES NA CLASSIFICAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES COM BASE NO ALGORITMO KNN

Francisco Manoel Wohnrath Tognoli ¹, Aline Fernanda Spaniol ¹, Marcus Eduardo de Mello ¹

¹ Universidade do Vale do Rio dos Sinos, VizGEO Sci Data Lab, ftognoli.geo@gmail.com,

Abordagens qualitativas baseadas na análise de fácies são utilizadas para analisar os processos sedimentares e superfícies estratigráficas que embasam as interpretações deposicionais. Análises quantitativas são pouco exploradas em função da natureza descritiva dos dados de rocha. No entanto, dados quantitativos derivados de rochas possuem grande potencial para estudos estratigráficos. Este estudo utilizou dados gamaespectrométricos medidos em 13 poços do intervalo permocarbonífero da Bacia do Paraná, Paleovale do Capané e Alto Iruí-Butiá, Rio Grande do Sul, que registram os eventos de deglaciação associados ao *Late Paleozoic Ice Age* (LPIA). Os principais tipos de rocha são arenitos grossos, conglomerados líticos, intercalações de arenitos finos-siltitos-argilitos e carvão. As medições foram realizadas a cada 0,5 ou 1,0 metro para camadas com espessura inferior ou superior a 2,5 metros, respectivamente. Os registros totalizam 1591 medidas obtidas em 1241,27 metros de testemunhos. Utilizou-se um gamaespectrômetro portátil RS-125 da Radiation Solution Inc., com tempo de medição de 120 segundos e registros de contagem total, potássio (K_%), urânio (U_ppm) e tório (Th_ppm). Os dados foram convertidos para .csv e analisados a partir de *scripts* escritos em linguagem Python para avaliação de parâmetros estatísticos, visualização gráfica, identificação e análise de *outliers* e determinação de coeficientes de correlação entre variáveis. Os dados de treinamento são de poços continuamente testemunhados dentro do intervalo analisado. Contagem total (CT), K e U foram selecionados como as variáveis apropriadas para as aplicações de *machine learning* (ML). A opção pelo algoritmo de classificação supervisionada KNN ocorreu em função de sua simplicidade e rapidez de processamento. Três associações de fácies (AF) tiveram seus dados subdivididos em conjuntos de treinamento (70%) e teste (30%) com base nos dados brutos. O número de vizinhos utilizado foi 5, determinado a partir da maior exatidão do treinamento em função do intervalo testado (1 a 6) e peso uniforme. O valor de exatidão foi de 86% e os valores de f1-score para as AF 1, 2 e 3 foram, respectivamente, de 87%, 73% e 94%. A partir destes resultados, reproduziu-se as mesmas condições de contorno para a classificação das AF utilizando médias móveis simples (MM3, MM5, MM7 e MM9). Os resultados mostram que os valores de exatidão dos modelos para a classificação das AF ultrapassam 90% quando utilizadas as médias móveis, com a MM5 apresentando 96% de exatidão. Quanto ao f1-score, todas as classificações da AF1 foram superiores a 96% (MM3) e o valor máximo foi 98% (MM9). Para a AF2, houve aumento do f1-score quando utilizada a MM3 (86%) e MM5 (90%), e valores similares e inferiores aos dados brutos para as MM7 (75%) e MM9 (70%), respectivamente. A AF3 teve ganho de 2% para a MM3 (96%) e de 3% para a MM5 (97%). As MM7 e MM9 tiveram o f1-score igual (MM7 = 94%) ou inferior (MM9 = 90%) àqueles obtidos com os dados brutos. O melhor resultado considerando as 3 associações de fácies foi obtido a partir da MM5, com exatidão de 96% e f1-score de 97%, 90% e 97% para as AF1, 2 e 3, respectivamente.

Apoio: CNPq (proc. 311204/2017-1) e PROSUC/CAPES

Palavras-chave: Geologia Digital Quantitativa, *Machine learning*, Gamaespectrometria.

CLUSTER ANALYSIS NA DEFINIÇÃO DE SUBDOMÍNIOS EM UM DEPÓSITO DE BAUXITA AMAZÔNICA

Gabriel C. Moreira¹, Luigi Carboni², Robson Aglinskas³, Ítalo Barreto⁴, Gustavo Usero⁵,
Marco A. H. Monteiro⁶, José Diogo O. Lima⁷ e Keila P. Gomes⁸

¹ Geovariances Brasil, e-mail: moreira@geovariances.com;

² Geovariances Brasil, e-mail: carboni@geovariances.com;

³ Mineração Rio do Norte, e-mail: projel.robson.aglinskas@mrnlx.com.br;

⁴ Mineração Rio do Norte (à ocasião), e-mail: italolimabarreto@gmail.com;

⁵ Geovariances Brasil, e-mail: usero@geovariances.com;

⁶ Mineração Rio do Norte, e-mail: marco.monteiro@mrn.com.br

⁷ Mineração Rio do Norte, e-mail: jose.lima@mrn.com.br

⁸ Mineração Rio do Norte, e-mail: keila.gomes@mrn.com.br

Muito tem se falado sobre aprendizado de máquinas e outras técnicas multivariadas modernas sendo aplicadas em diversos campos da ciência, incluindo geologia e modelagem de recursos minerais, por exemplo, PCA, *cluster analysis*, modelos de regressão e redes neurais artificiais. Embora muito poderosas na análise de dados geocientíficos (e muitos outros campos), tais técnicas devem ser vistas como meios para um fim. O levantamento geológico tradicional, que inclui mapeamento, interpretação estrutural e descrição de rochas, é a espinha dorsal de qualquer estudo geológico. Apesar de não ser um assunto novo, o aprendizado de máquinas tem desfrutado de alta popularidade e de um aumento acentuado no desenvolvimento nas últimas décadas, graças ao crescimento do poder computacional e à facilidade de acesso ao público em geral. Na indústria de mineração, já foi utilizado em diversas tarefas, por exemplo, na definição de domínios para modelagem de recursos, no processo de análise e triagem mineral e na previsão de variáveis geometalúrgicas. Uma das primeiras etapas na modelagem geológica é a definição de domínios de estimativa que, se feita de maneira inadequada, pode ser desastrosa para todo o empreendimento, comprometendo o processo de estimativa e levando a uma avaliação equivocada de massas e teores. Técnicas modernas de aprendizado de máquinas, mais especificamente, *cluster analysis*, tem apresentado bons resultados para tal fim. No entanto, tradicionalmente, esses algoritmos foram concebidos para lidar com o caráter estatístico dos dados, sem considerar sua posição no espaço. Mais recentemente, novas abordagens vêm sendo apresentadas, para que a informação espacial também seja incorporada. Neste trabalho, é demonstrada a aplicação de técnicas de *cluster analysis* para a definição de domínios em um depósito de bauxita na região norte do Brasil. Algoritmos do tipo tradicional e do tipo espacial foram usados: k-means, agrupamento hierárquico tradicional e agrupamento hierárquico geoestatístico. Os resultados são apresentados e analisados à luz do contexto geológico, sendo discutida a possibilidade de se utilizar algoritmos de aprendizado supervisionado para a classificação automatizada de novas amostras.

Palavras-chave: geologia, *machine learning*, bauxita

UTILIZAÇÃO DE DADOS PETROFÍSICOS DE POÇOS PARA PREDIÇÃO DE FÁCIES UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING

Gilberto Raitz Junior¹, Jeferson Santos², Leonardo Fonseca Borghi de Almeida³

¹Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed), Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, gilbertoraitz@geologia.ufrj.br

²Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed), Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, jeferson@geologia.ufrj.br

³Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed), Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, lborghi@geologia.ufrj.br

Técnicas de aprendizado de máquina são algoritmos computacionais que identificam padrões, permitindo dentre diversas tarefas, a identificação e classificações de fácies em dados de poços. A classificação de fácies é uma das principais tarefas que geólogos desenvolvem em projetos de exploração. Para estudá-las são necessários amostras físicas na qual nem sempre são obtidas por questões de custos e ou operacionalidade, fazendo-se necessário os estudos no ramo de aprendizado de máquinas na identificação e predição de fácies. Para este trabalho foi utilizado conjunto de dados do Campo de Búzios, Bacia de Santos. Foram utilizados dados de perfis geofísicos de um poço supervisionado com dados de descrição de testemunhos de sondagem com objetivo de prever as fácies descritas do poço e entender quais fatores geológicos podem interferir na qualidade de predição. Todas as implementações são baseadas em bibliotecas em python, aplicados algoritmos de Support Vector Machine (SVM), Gaussian Process Classification (GPC), Random Forest Classifier (RFC), Multi-Layer Perceptron Classifier (NNC), K Nearest Neighbors Classifier (KNN), Decision Tree Classifier (DT) e Logistic Regression (LR). A metodologia consistiu inicialmente no controle de qualidade e remoção de partes incompletas, posteriormente os dados são divididos em etapas para treinamento, teste e poço cego. As litofácies foram agrupadas em nove unidades, sendo elas: Argilitos (ARG), Cherts (CHE), Calcilitos (CLU), Calcarenitos (CRE), Coquinas (COQ), Shrubstone (SHB), Calciruditos (CRU), Spherulestone (SPH) e Dolomitos (DOL). Os resultados obtidos neste trabalho foram analisados utilizando métricas para observar o desempenho de cada conjunto no modelo aplicado utilizando uma matriz 2D de dados reais versus calculados. Foi utilizado a pontuação F1, na qual mescla a probabilidade de ocorrência e a estimativa combinados para obter uma única de medida em escala de 0 a 1 onde para SVM foi de 0,76, GPC 0,67, RFC 0,71, NNC 0,74, KNN 0,71, DT 0,64 e por fim LR com 0,45. Para obter outro parâmetro de avaliação, foi utilizado também o índice Jaccard no qual é definido como o tamanho da intersecção dos valores reais e estimados dividido pelo tamanho da união das duas propriedades, no qual para SVM com resultado de 0,77, GPC 0,68, RFC 0,71, NNC 0,74, KNN 0,70, DT 0,64 e por fim LR com 0,52. Ao aplicar os modelos no teste cego os resultados foram de 0,95 para F1 e 0,95 para Jaccard Index no modelo de SVM, de 0,76 e 0,75 GPC, de 0,94 e 0,94 RFC, 0,83 e 0,83 KNC, 0,94 e 0,94 KNN, 0,91 e 0,91 DT e por fim LR com 0,53 e 0,48. Portanto, os modelos de SVM, NNC e KNN se mostraram com melhores desempenhos no treinamento. No teste cego é possível observar um ganho de desempenho significativo em todos os modelos. Fácies de CRE, com maiores espessuras e com maior frequência de ocorrência apresentaram os melhores resultados, enquanto que fácies pouco espessas e com baixa repetibilidade, exemplo CHE, apresentaram índices zerados em todos os testes. Por fim para buscar melhores resultados, deve-se introduzir mais amostras nos modelos e estudar outras formas de otimizar os parâmetros utilizados.

Apoio: Esta pesquisa foi realizada em conjunto com o projeto de P&D registrado como ANP 20225-9 (PRESAL – Caracterização geológica de reservatórios carbonáticos do pré-sal da Bacia de Santos, correlatos e análogos), financiado pela Shell Brasil como parte do “Compromisso com Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento” da ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Os autores agradecem à ANP/BDEP pela disponibilização dos dados digitais por meio da política de livre cessão de dados públicos para fins acadêmicos. Agradecemos também à Schlumberger pelas licenças acadêmicas do software Techlog Petrophysics.

Palavras-chave: Carbonatos, Pré-Sal, Machine Learning.

MAGMA1D: UM PROGRAMA PARA MODELAGEM TÉRMICA EM SISTEMAS PETROLÍFEROS

Hudson Lupi Pinheiro Belim¹, André Valente², Guilherme Bastos³, Sérgio de Castro Valente⁴, Alan de Albuquerque Miranda⁵, Artur Corval⁶, Saulo Martins⁷.

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: hudsonbelim@hotmail.com ;

² Instituto Federal do Rio de Janeiro, e-mail: andre.valente@ifrj.edu.br

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, e-mail: gbstravassos@gmail.com

⁴ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: sergio@ufrj.br

⁵ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: alan_miranda@ufrj.br

⁶ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e-mail: corvalgeo@ufrj.br

⁷ Universidade Federal do Pará, e-mail: saulo@ufpa.br

Diversos modelos térmicos têm sido construídos para relacionar intrusões ígneas e suas respectivas influências térmicas, mesmo que de uma maneira qualitativa, com a geração de óleo e gás em sistemas petrolíferos. Um tipo específico de modelo unidimensional para esta finalidade se vale da Equação Diferencial Parcial do Calor e tem uma especial importância devido a existência de solução analítica, o que possibilita uma análise quantitativa das intrusões e rochas encaixantes na área estudada, considerando cada posição espacial, o tempo e o fluxo térmico entre as referidas intrusões e as rochas hospedeiras. No entanto, esta modelagem apresenta uma série de limitações, como a falta de possibilidade de determinar diferentes coeficientes de difusividade térmica para as diferentes litologias presentes no modelo, a impossibilidade de considerar múltiplas intrusões (simultâneas ou não) com diferentes temperaturas, a incapacidade da determinação de uma condição inicial que considere o gradiente geotérmico característico da bacia estudada e a inviabilidade matemática da extensão deste modelo para dimensões maiores. Para melhor representar alguns tipos de modelos geológicos, uma nova aplicação foi desenvolvida: o programa Magma1D, que é um programa de computador escrito em Linguagem C baseado no Método dos Volumes Finitos para discretização espacial da Equação Diferencial Parcial da difusão do calor. Este programa utiliza uma formulação explícita para a marcha temporal. O usuário deste programa tem a possibilidade de construir um modelo geológico unidimensional a partir de um arquivo de entrada do tipo *script* e, após a execução do programa, acessar a arquivos de saída com os dados da simulação numérica do campo de temperaturas do modelo construído em cada profundidade e instante de tempo. Este programa possibilita ao usuário a chance de realizar um estudo quantitativo das influências térmicas em um modelo construído com um maior número de dados extraídos de uma dada bacia a ser estudada. Todos os dados provenientes das características citadas como não presentes no modelo analítico podem ser definidas no arquivo de entrada do programa Magma1D e são utilizadas para a realização da simulação numérica, tornando assim os resultados melhor conformados com a situação real. A metodologia usada na construção do Magma1D possibilita a criação de novas versões do programa com métodos e funcionalidades para o estudo de diversas outras situações e propósitos, além de também oportunizar a construção de novos programas bidimensionais e tridimensionais para uma mais realística simulação computacional das interações térmicas de uma bacia com intrusões magmáticas.

Apoio: PETROMAGMATISMO (03/19 - FAPUR) - PETROBRAS

Palavras-chave: Modelagem Térmica, Método dos Volumes Finitos, Sistemas Petrolíferos, Simulação Computacional.

FLUIDCALC: BIBLIOTECA DE INTERPRETAÇÃO E MODELAGEM DE PROPRIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS PARA INCLUSÕES FLUIDAS

Ingrid de Souza Hoyer¹, Yago Moreira Castro², Elder Yokoyama³

¹ Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, e-mail: ingridshoyer@gmail.com

² Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, e-mail: yagomcastro1@gmail.com

³ Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, e-mail: eyokoyama@unb.br

Análises microtermométricas de inclusões fluidas possibilitam interpretar as condições de diversos processos e contextos geológicos com diferentes intervalos de pressão, temperatura, volume e composição (P-T-V-x). Os fluidos mais comuns são representados pelos sistemas H₂O, H₂O-NaCl, CO₂, H₂O-CO₂ e H₂O-CO₂-NaCl e a modelagem de suas propriedades físico-químicas envolve diversas equações de estado (EoS) e fórmulas de correlação. Nesse contexto, o crescente interesse em utilizar dados de inclusões fluidas durante os últimos anos tem sido um avanço para a obtenção de novas EoS aplicáveis aos mais diversos sistemas composicionais, visando a modelagem de condições P-T-V-x. De modo a facilitar a interpretação destes dados, têm sido desenvolvidos softwares específicos para a aplicação de EoS ao estudo dos fluidos. No entanto, a interpretação e modelagem físico-química para os dados ainda carece de um software livre que centralize os dados adquiridos e permita uma interpretação integrada, pois os softwares, planilhas e arquivos executáveis livres que se encontram disponíveis foram desenvolvidos para somente uma composição e/ou propriedade específica ou estão desatualizados. Dadas as limitações existentes, neste trabalho apresentamos uma biblioteca integrada das EoS e fórmulas de correlação para modelar as condições P-T-V-x de inclusões fluidas com base em dados de temperatura de mudança de fase obtidas na rotina laboratorial de análises microtermométricas. A biblioteca, construída em linguagem Phyton, contempla os 5 principais sistemas e permite que o usuário trabalhe com diferentes sistemas ao mesmo tempo, considerando a possibilidade de diferentes fluidos estarem envolvidos no mesmo evento e ambiente geológico. Além disso, a biblioteca facilita a interpretação de dados em grande quantidade, uma vez que o input dos dados é realizado a partir de uma planilha Excel com padrões de coluna pré-definidos. Como resultado (output), o usuário obtém a planilha final constando as propriedades dos fluidos, tais como salinidade, densidade, pressão de homogeneização, volume molar e a relação dP/dT.

Palavras-chave: Modelagem Físico-Química, Inclusões Fluidas, Biblioteca Phyton

AS NOVAS FRONTEIRAS DA QUANTIFICAÇÃO DE FASES MINERAIS: UMA APLICAÇÃO DO USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA IDENTIFICAÇÃO DE FILOSSILICATOS EM LÂMINA DELGADA

Kerollan da Silva Ramos¹, Pedro Armond¹, Leonardo Gonçalves¹, Carlos Alberto Pereira¹

¹Universidade Federal de Ouro Preto, e-mail: (kerollan.ramos@aluno.ufop.edu.br, pedro.armond@aluno.ufop.edu.br, leonardo.goncalves@ufop.edu.br, carlos.ii@ufop.edu.br)

A classificação de rochas é uma etapa fundamental na rotina de pesquisa geológica de uma dada região. Este estudo envolve diversas ferramentas que incluem uma boa caracterização petrográfica de campo e posterior análise petrológica laboratorial. Nesta última etapa passa-se à investigação de lâminas delgadas polidas, que embora seja um estágio básico e corriqueiro, não é uma tarefa trivial. Tal caracterização possui uma série de desafios, pois a depender do objetivo da pesquisa, utiliza-se de amplo acervo de amostras e necessita-se de uma completa varredura das lâminas delgadas em estudo. Além do fator tempo, que está diretamente associado a rotina de aplicação da técnica de microscopia, a análise é feita sob juízo de quem observa, portanto, sujeita à percepção individual e ao nível de experiência do observador. A identificação e quantificação de fases minerais com características óticas muito semelhantes, tornam o elemento da subjetividade uma parte integrante da análise microscópica, conduzindo de certa maneira a decisões que estão susceptíveis a erros. Diante do exposto, o presente estudo fundamenta-se na utilização de algoritmos de inteligência artificial que possam apresentar versatilidade e ótima performance no processo de identificação e quantificação de fases minerais. Os algoritmos escolhidos são constituídos por redes neurais convolucionais que avaliam diversos parâmetros das imagens (ordem de grandeza de milhões), o que tornam suas inferências bastante precisas e confiáveis. Em busca de alta performance, tomou-se uma série de lâminas delgadas de rochas quartzo-feldspáticas como objeto de estudo. A escolha foi feita por se tratarem de rochas leuco- a mesocráticas e apresentarem minerais coloridos, como a biotita, permitindo assim alto contraste visual com a mineralogia incolor dominante. Utilizando-se de uma câmera fotográfica AxioCam MRc5 Zeiss[®] acoplada ao microscópio ótico Leica DMLP foram gravadas imagens ao longo da varredura completa das lâminas. Posteriormente, as imagens obtidas, bem como os demais parâmetros dos algoritmos, foram preparadas conforme descrito pela documentação dos mesmos, como por exemplo: adequação do tamanho das imagens, criação de rótulos para cada imagem, elaboração de imagens exemplos para o algoritmo, separação das imagens em blocos para “treinamento” e “validação” e ampliação do banco de dados através da geração de imagens artificiais a partir das imagens obtidas. Após treinados e configurados, os algoritmos foram então aplicados, e os modelos gerados passaram por testes práticos para imagens desconhecidas. Por fim, selecionaram-se os modelos que apresentaram boa performance nas detecções, principalmente destacando-se pela alta velocidade, acurácia, precisão e/ou *recall*. Antevê-se que o estudo realizado, quando utilizado como ferramenta auxiliar à análise humana, se demonstra bastante eficaz na completa caracterização de fases minerais em lâminas delgadas, em particular por facilitar a identificação de grãos de granulação muito fina, auxiliar na identificação e quantificação de fases minerais com características óticas similares, além de trazer maior rapidez e automatização para todo o processo. Desta maneira, pelo fato de os algoritmos de inteligência artificial utilizados permitirem a expansão dos seus bancos de dados, a longo prazo, esses podem ser aperfeiçoados, tornando-os cada vez mais acurados e escalonáveis de maneira dinâmica, abrangendo também outras fases minerais.

Apoio: O presente trabalho foi realizado com apoio da UFOP e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Palavras-chave: inteligência artificial, lâmina delgada, quantificação mineral.

geoML: UM SOFTWARE LIVRE PARA MODELAGEM GEOLÓGICA ATRAVÉS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA

Pablo Losano Guedes¹, Italo Gomes Goncalves², Diogo Peixoto Cordova³, Felipe Guadagnin⁴

¹ Universidade Federal do Pampa, e-mail: pabloguedes.aluno@unipampa.edu.br;

² Universidade Federal do Pampa, italogoncalves@unipampa.edu.br;

³ Universidade Federal do Pampa, diogocordova@unipampa.edu.br;

⁴ Universidade Federal do Pampa, e-mail: felipeguadagnin@unipampa.edu.br

A modelagem geológica é uma etapa crucial na avaliação de um depósito mineral ou de um reservatório de óleo e/ou gás. O profissional responsável lança mão de diversos tipos de informação, como topografia, testemunhos de sondagem e mapas geológicos. Na maioria das vezes este trabalho é feito de forma manual, através de um software de CAD especializado. Entre as desvantagens da modelagem manual estão incluídos o longo tempo necessário (da ordem de meses em alguns casos), subjetividade e irreprodutibilidade, a falta de uma métrica relacionada com a incerteza do modelo e dificuldade de incluir novas informações uma vez que o modelo esteja terminado. Métodos implícitos para modelagem geológica 3D têm experimentado um aumento crescente de popularidade nos últimos anos. As suas vantagens sobre modelos manuais incluem a reprodutibilidade, automação, fácil atualização com novos dados, mínimo viés induzido pelo usuário e fácil incorporação de dados de múltiplas fontes. A modelagem implícita pode ser usada para modelar superfícies geológicas, orientações estruturais e superfícies geológicas restritas por orientações estruturais. É possível encontrar implementações destes métodos em softwares comerciais. A falta de um software livre restringe a ampla utilização desta tecnologia, ficando o seu uso concentrado principalmente na indústria do petróleo. A aprendizagem de máquina (machine learning, também conhecida popularmente como inteligência artificial) engloba um conjunto de técnicas com uma ampla gama de aplicação, como detecção de spam, reconhecimento facial, tradução automática e sistemas de recomendação. A aplicação de técnicas de aprendizagem de máquina em geociências tem aumentado nos últimos anos. Com o fim de aproveitar o bom momento que a aprendizagem de máquina goza junto à comunidade científica e de colocar o Brasil na vanguarda da sua aplicação em geociências, o software geoML encontra-se em pleno desenvolvimento (<https://github.com/italo-goncalves/geoML.git>), atualmente sendo capaz de trabalhar com uma quantidade pequena de dados em GPU, através da plataforma TensorFlow. Ao longo do projeto pretende-se expandir a sua funcionalidade e capacidade de trabalho. Com a distribuição do software de forma livre, espera-se atingir uma democratização do conhecimento científico, empoderar as pequenas empresas e órgãos públicos com tecnologia de ponta e projetar o Brasil como uma potência em modelagem implícita. Resultados parciais incluem (i) automatização da modelagem de variáveis contínuas não Gaussianas; (ii) modelagem litológica implícita com regras de precedência; (iii) uma métrica de incerteza para os resultados, possibilitando a definição de zonas de confiabilidade e facilitando o planejamento de novas campanhas de amostragem.

Apoio: NVIDIA

Palavras-chave: aprendizagem de máquina, modelagem geológica, avaliação de depósitos.

SEGMENTAÇÃO DE ALVOS ESCUROS EM IMAGEM DE RADAR A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE MODELO DE APRENDIZADO PROFUNDO NÃO-SUPERVISIONADO

Priscila Martins Oliveira da Costa¹, Laura Elena Cué La Rosa², Rebecca Del Papa Moreira Scafutto³, Carlos Roberto de Souza Filho⁴

¹ Universidade Estadual de Campinas, e-mail: oliveira.priscilamartins@gmail.com;

² PUC-Rio, e-mail: lauracue@aluno.puc-rio.br;

³ Universidade Estadual de Campinas, e-mail: rebecca.scafutto@gmail.com;

⁴ Universidade Estadual de Campinas, e-mail: beto@unicamp.br.

O derramamento de petróleo no mar representa uma das contaminações ambientais de maior impacto ao meio ambiente. Pode ser oriundo do processo de escape natural, através de falhas e fraturas no arcabouço petrolífero, ou resultante de acidentes e falhas no processo de produção e transporte. A detecção do óleo sobre a superfície oceânica é o primeiro passo para a tomada de decisão em casos emergenciais. Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto tem demonstrado grande aplicabilidade, uma vez que possibilita abordagens eficientes de monitoramento, capazes de coletar dados e gerar informações de áreas extensas. Especificamente, destaca-se o Radar de Abertura de Sintética (SAR), por ser um sensor ativo que opera independente da iluminação solar e presença de nuvens. A detecção do óleo em imagens SAR é possível pois o óleo exposto amortece a onda eletromagnética emitida pelo sensor e reduz seu retroespalhamento. Assim, o óleo aparece como regiões escuras na imagem de radar. Entretanto, outros alvos também apresentam a mesma resposta, são os chamados *lookalikes*. É o caso de algas, óleo biogênico produzido por plâncton ou peixes e efeito da variação da velocidade do vento sobre a superfície do mar. A correta distinção entre os alvos escuros é crucial para a classificação correta da imagem, e constitui um desafio na classificação de imagens SAR. Assim, este projeto, ainda em fase de desenvolvimento, se propõe a atuar no contexto de detecção e caracterização das manchas de óleo expostas nas imagens SAR a partir da utilização de técnicas de aprendizado profundo (*Deep Learning*). Será apresentado nesse trabalho em questão os resultados obtidos na etapa de segmentação dos alvos escuros da imagem, obtidos a partir do modelo *Deep Learning* em desenvolvimento, o qual utiliza um método de aprendizado de atributos e clusterização de forma não-supervisionada. Imagens de radar são consideradas imagens complexas, principalmente em razão do ruído *speckle*, inerente ao dado e responsável pelo efeito sal e pimenta. Além disso, o tamanho e resolução da imagem, a geometria e extensão dos alvos escuros na imagem SAR torna a tarefa de segmentação não trivial. Utilizou-se como dado de entrada para o modelo uma imagem do satélite Sentinel-1, de polarização VV da região do Golfo Pérsico, na costa do Kuwait, onde um acidente de derramamento de óleo foi relatado em agosto de 2017. Será apresentado uma comparação entre o resultado obtido na segmentação da imagem a partir do modelo *Deep Learning* e a ferramenta automática de extração de feições dentro do software ENVI 5.3. O modelo foi capaz de segmentar os alvos pretos de maneira eficiente, sem a necessidade de filtragem ou intervenção manual no processo de segmentação, ao contrário do que foi obtido com a ferramenta do software.

Apoio: Programa de Recursos Humanos em Exploração Petrolífera e Geologia de Reservatórios (PRH 19.1).

Palavras-chave: SAR, Segmentação, Aprendizado profundo não-supervisionado.

PLATAFORMA DE GESTÃO DE DADOS EM PROJETOS DE PETROLOGIA MAGMÁTICA E TECTÔNICA

Tiago Badre Marino¹, Sergio de Castro Valente²

¹ Departamento de Geografia - Instituto de Geociências – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, tiagomarino@ufrj.br

² Departamento de Petrologia e Geotectônica - Instituto de Geociências – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sergio@ufrj.br

O Laboratório de Modelagem e Evolução Geológica (LabMEG) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (LabMEG/UFRRJ) concebeu e desenvolveu a “Plataforma LabMEG” motivado pela necessidade de organização, processamento e gestão de grandes volumes de dados produzidos a partir da coleta e análise de amostras em campo e provenientes de poços de exploração de petróleo. O sistema computacional LabMEG opera em multiplataformas, uma vez que requer, para seu acesso, apenas um navegador web na estação do cliente. A denominação de “plataforma” decorre da possibilidade da segmentação dos dados por projetos. Para cada projeto, a plataforma dispõe de um painel de cadastro modular (*backend*). Cada módulo abriga formulários com campos específicos, para a classificação e descrição detalhada da macroscopia, microscopia, geoquímica e geocronologia de amostras provenientes de pontos localizados na área continental ou mesmo em poços. Cada amostra, poço ou estrutura geológica continental também dispõe de interfaces para a submissão de fotografias, além de campos descritivos relativos à geolocalização, possibilitando a visualização destes sobre bases cartográficas digitais com cobertura global. Para o módulo de “poços”, por exemplo, é possível cadastrar dados por seções, ambientes magmáticos e contextos geodinâmicos. A plataforma também dispõe de um módulo de “litoteca” onde é possível cadastrar dados relativos ao armazenamento físico de amostras. Neste módulo ainda é possível registrar detalhadamente cada movimentação de amostras feita por usuários do acervo físico. A plataforma também abriga um módulo de “bibliografia”, destinado ao registro de metadados e arquivos digitais de obras científicas (artigos, dissertações, teses, relatórios, dentre outros) relevantes ao projeto. Uma vez cadastradas, tais obras podem ser associadas às amostras, poços e pontos de campo. É possível associar usuários a cada projeto, segmentados por quatro distintos níveis de acesso. O nível de “gestor do projeto” (mais elevado), por exemplo, possui atribuições como o gerenciamento de usuários e seus níveis, visualização do histórico de eventos do projeto, gráficos de acessos e produtividade dos usuários. Todas as ações realizadas por usuários e visitantes na plataforma são registradas como eventos, que podem ser analisados e monitorados pelos gestores, por meio de relatórios tabulares e gráficos dinâmicos que apontam a frequência de acesso, cadastros por tipologia, em períodos específicos. No segmento de visualização e análise (*frontend*), cada projeto apresenta seus dados geoespacializados, sendo possível navegar em mapa e obter detalhes de cada elemento cadastrado. Além de navegar de forma interativa sobre a estrutura cartográfica, é possível exportar os dados, compilados em relatórios sob o formato tabular (planilhas *xlsx*) ou descritivo (*docx* ou *pdf*), além de exportar mapas em formato vetorial (*shp* ou *kml*). A plataforma LabMEG está, atualmente, disponível nos idiomas português e inglês, sendo facilmente adaptável a novos idiomas. Hoje, passados três anos desde o início de sua operação, a plataforma abriga mais de 4.000 amostras e 500 obras bibliográficas cadastradas, operadas por 57 usuários, distribuídos em 5 projetos. Mesmo consolidado e em plena operação, ainda verificam-se valiosas oportunidades para sua evolução. A plataforma vem sendo sistematicamente operada, testada e aprimorada de forma colaborativa, graças aos *insights* e *feedbacks* recebidos da comunidade de colaboradores do LabMEG/UFRRJ.

Apoio: Projetos do Programa de Pós-graduação em Modelagem e Evolução Geológica (PPGMEG) da UFRRJ.

Palavras-chave: bancos de dados, modelagem e evolução geológica, macroscopia, microscopia, geoquímica, geocronologia, magmatismo, georreferenciamento.

APLICAÇÃO DE MACHINE LEARNING PARA À ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE ZIRCÃO DETRÍTICO. ESTUDO DE CASOS EM DEPOSITOS PALEOZOICOS DA BACIA DO PARNAÍBA

Rodrigues, T.C¹, Hollanda, M.H.B.M¹, Góes, A.M.¹

¹ Universidade de São Paulo, e-mail: tcredrigues@usp.br

RESUMO: Parâmetros morfométricos de grãos de zircão podem ser aplicados ao estudo de proveniência de bacias em combinação com dados isotópicos e análise convencional de minerais pesados. Neste caso, os estudos morfométrico e geocronológico do zircão detrítico estão incluídos na análise de variedades de minerais pesados. Tradicionalmente, os métodos de classificação morfométrica foram desenvolvidos para quartzo detrítico, mineral mais abundante em arenitos, e envolvem basicamente a análise visual comparativa com escalas de referência pré-estabelecidas. Como consequência, duas limitações estão associadas a esse processo: longo tempo para o observador alcançar a representatividade desejada e significativa subjetividade. Estes aspectos são de difícil resolução e a automação do procedimento através de redes neurais (*Deep Learning*) tornará a pesquisa mais eficiente. Assim, para minimizar a subjetividade humana inerente à comparação visual, uma análise morfométrica automatizada de grãos de zircão está sendo desenvolvida através da aplicação de redes neurais convolucionais com arquitetura baseada na literatura. Foram testadas cinco redes disponíveis e a rede escolhida foi uma combinação da faster R-CNN com a Resnet101 como *backbone*, aplicadas a um banco de dados de imagens de catodoluminescência de grãos. Essas redes neurais convolucionais permitem localizar e classificar automaticamente componentes específicos que se encontram em figuras/imagens. Esse processo se dá através de caixas delimitadoras que escaneiam a imagem afim de localizar e classificar o alvo. Nossos alvos são imagens de grãos de zircão concentrados a partir de arenitos Serra Grande e Sambaíba (base e topo da Bacia do Parnaíba, respectivamente), obtidas por Hollanda et al. (2018). Aos grãos foi desenvolvida uma classificação por hábito (euédricos, subédricos e anédricos) associada com o grau de arredondamento dos grãos. Partindo dessa classificação, foram selecionadas 3 classes diferentes: grãos euédricos e subédricos formando a primeira classe, anédricos angulosos formando a segunda e anédricos arredondados formando a terceira classe. Os grãos anédricos angulosos se apresentaram em menor quantidade em relação as outras classes e, portanto, foram aplicadas técnicas de *data augmentation* visando equilibrar a quantidade de dados entre cada uma das classes para o modelo não sofrer *overfitting*. Por fim, buscando validar os dados adquiridos, utilizamos as métricas de *mean average precision* (mAP), precisão e *recall*. O resultado foi um mAP (com IoU = 0,50:0,95) de 0,64 e AP50 de 0,74 e AP75 de 0,73; não sendo considerado inadequado, mas inferior ao esperado. O resultado geral foi positivo, pois o modelo mostrou uma facilidade em classificar grãos da primeira e terceira classe além de conseguir localizar todos os grãos sem dificuldades não importando o seu tamanho, mostrando a importância dessa técnica não só na classificação morfométrica, mas para outras propriedades em geral. Entretanto o modelo apresentou dificuldades em classificar grãos anédricos angulosos devido à falta de grãos bem representativos dessa classe, com isso, é essencial expandir e melhorar o banco de dados para grãos de zircão.

Palavras-chave: Machine Learning, Objetc Detection, Proveniência Sedimentar

DETECÇÃO AUTOMATIZADA DE CANAIS PARA ESTIMATIVA DE POROSIDADE A PARTIR DE DADOS SÍSMICOS

Mauricio Marengoni^{1,2}, Wagner Meira, Jr. ¹, Humberto Reis ^{3,4}, Tiago Novo³
José Geraldo¹, Jéssica Lia³, Ruann Medanha ³, Elita Abreu⁵

¹ DCC/UFMG, e-mail: mmarengoni@dcc.ufmg.br

² Albion College, mmarengoni@albion.edu

³CPMTC/IGC/UFMG, geoamancio@ufmg.br

⁴ HR Consulting Ltda.; reis.humbertols@gmail.com

⁵ Petrobrás; elitadeabreu@petrobras.com.br

A aplicação de técnicas de inteligência artificial (IA) na exploração e produção de hidrocarbonetos tem ganhado grande relevância e se mostrado um importante elemento na identificação de plays exploratórios e otimização da produção em campos de óleo e gás. Aplicamos modelos IA para a identificação automatizada de reservatórios utilizando dados sísmicos e de poços sintéticos e sem ground truth (dados retirados da tese de doutoramento de Cassiane Maria Ferreira Nunes). Foram utilizados dados sísmicos 3D (NEAR, MID, FAR, UFAR) e 10 perfis de poços, gerados para representar de forma simplificada o campo de Marimbá, Bacia de Campos. O campo produz hidrocarbonetos a partir de reservatórios turbidíticos arenosos da Formação Carapebus que preenchem paleocanais selados por folhelhos da Formação Ubatuba. Após a aplicação de técnicas de IA para identificação de canais (reservatórios), utilizamos o método LIME para explicação dos resultados do modelo. Como este método utiliza técnicas de processamento de imagens, os dados sísmicos foram convertidos em imagens float (com valores entre 0 e 1), numa área de estudo com 128x128 pontos. Vários modelos foram utilizados e todos mostraram desempenho semelhante. Um deles transforma os dados de 128x128 em componentes principais e utiliza as 100 melhores componentes principais em uma rede neural. Com a redução de dimensionalidade o modelo fica mais simples e, com isso, requer menos dados de treinamento. Nos demais modelos os dados das imagens foram utilizados como entrada direta de uma rede neural. No geral, os modelos tiveram um bom desempenho nos conjuntos de treinamento e teste. Para validar o modelo, foram selecionadas outras áreas dos dados, num total de 20 regiões que foram espelhadas para um total de 40 exemplos de validação. O resultado dos modelos nas regiões de validação foi muito inferior ao apresentado nos conjuntos de treinamento e teste. O processo de explicação do LIME apresentou erros e selecionou superpixels de regiões “erradas”, em virtude da alteração do sinal original dos dados imposta pela sua transformação em imagens. Numa segunda etapa, foram utilizados diretamente dados sísmicos NEAR e foi utilizado apenas o modelo que utiliza o PCA para redução de dimensionalidade. Este modelo é mais simples e teve um resultado geral nos conjuntos de treinamento e teste idêntico aos modelos mais complexos. Nesta etapa, utilizamos ainda uma rede neural MLP com uma ou duas camadas intermediárias, de 32 e 32 e 16 nós, respectivamente. Os resultados obtidos pelo modelo foram melhores para o treinamento, teste e validação. São eles, respectivamente: i) para 100x32x1 - 0.96, 0.95 e 0.7, 0.6, 0.8; ii) para 100x32x16x1 - 0.99, 0.99 e 0.4, 0.6, 0.8. Posteriormente, foi feita uma análise de valores de sementes para um melhor ajuste da rede neural e do processo de partição de conjuntos de treinamento e teste, e uma análise de variância justificada pelas componentes principais utilizadas no modelo. Com isso, foi adotado um modelo com camada de entrada 50% maior, de 150 componentes principais e com camada intermediária única de 64 nós, que forneceu os melhores resultados no treinamento (1.0), teste (0.99) e validação (0.9, 0.6, 0.7).

Apoio: Petrobrás

Palavras-chave: porosidade, inteligência artificial, explicabilidade, LIME.

INTERFACE DE PROGRAMAÇÃO DE APLICAÇÃO E APLICATIVO MÓVEL PARA ESTUDOS DE INCLUSÕES FLUIDAS

Yago Moreira Castro¹, Ingrid de Souza Hoyer², Elder Yokoyama³

¹ Universidade de Brasília, e-mail: yagomcastro1@gmail.com;

² Universidade de Brasília, e-mail: ingridshoyer@gmail.com;

³ Universidade de Brasília, e-mail: elder.yokoyama@gmail.com;

O desenvolvimento computacional tornou-se imprescindível para suprir demandas de mercado e da academia nas diversas áreas das geociências para aquisição de dados, processamento, modelagem e análises. Em face da ampla aplicabilidade do estudo de inclusões fluidas nas geociências, os dados adquiridos em uma rotina laboratorial são modelados visando obter as condições de pressão, volume, temperatura e composição (P-V-T-x) a partir de equações de estado (EoS) e fórmulas de correlação. Dada a ausência de softwares e aplicativos capazes de interpretar diferentes sistemas composicionais de inclusões fluidas (H₂O-NaCl, e H₂O-CO₂-NaCl, por exemplo) concomitantemente de forma prática e intuitiva, foi construída uma biblioteca construída em Python a fim de integrar esta interface de programação de aplicação (API). Esta API permite que o usuário interaja com um banco de dados realizando as operações de criar, ler, atualizar e deletar (CRUD) a partir um *software* que realize requisições que sigam o protocolo de transferência de *hipertexto* (HTTP). Com o objetivo de permitir estas requisições pelo cliente, foram desenvolvidos um aplicativo móvel e um *website*, que auxiliam o estudo de inclusões fluidas de maneira prática e portátil, permitindo a realização de cálculos, consumir e alimentar bancos de dados, entre outras funcionalidades. O aplicativo foi construído em React Native (um *framework* baseado em JavaScript de interface de usuário criado pela Meta Inc), por ser uma solução nativa tanto para dispositivos com sistemas operacionais Android, quanto sistemas iOS. O *website* foi desenvolvido em HTML (Linguagem de Marcação de HiperTexto), responsável pela estrutura da página, CSS (Folha de Estilo em Cascatas), encarregada de estilizar os elementos inseridos em HTML e JavaScript, como linguagem de programação responsável pela parte lógica da página. A API foi desenvolvida em Django REST (um *framework* baseado em Python de serviços web que segue a arquitetura de Transferência Representacional de Estado) e integrada a um banco de dados MySQL.

Palavras-chave: aplicativo, API, inclusões fluidas



9º
SIMPÓSIO DE
**QUANTIFICAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS**

SESSÃO TEMÁTICA 5:

**Técnicas e Métodos
de Medição**

COORDENADORES:
Jacinta Enzweiler
Marly Babinski

ANÁLISE NÃO SUPERVISIONADA DE DADOS DE FRX PORTÁTIL PARA IDENTIFICAÇÃO DE ZONAS SILICIFICADAS E DOLOMITIZADAS NO PRÉ-SAL

Josiane Branco Plantz¹, Bruno Rafael Santos², Leonardo Borghi³

¹ Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed) - Universidade Federal do Rio de Janeiro; Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia, e-mail: josianeplantz@gmail.com.br

² Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, e-mail: santosbr@geologia.ufjf.br

³ Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed) - Universidade Federal do Rio de Janeiro; Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, e-mail: lborghi@geologia.ufjf.br

A descoberta de grandes volumes de petróleo no intervalo do Pré-sal, costa leste brasileira, representou um importante marco na exploração e produção de hidrocarbonetos no país e tornou a gênese e composição de rochas carbonáticas não marinhas assunto de intenso debate. Diversos autores ocupam-se em discutir questões inerentes aos processos de dolomitização e silicificação, responsáveis por significativas modificações sin-/pós-deposicionais nas rochas reservatório do Pré-sal. Para testar a aplicabilidade da aprendizagem de máquina na identificação de níveis intensamente dolomitizados e/ou silicificados, foi selecionada uma sucessão de ~25 m de espessura de um testemunho de sondagem do Campo de Lula, Bacia de Santos, onde foram realizadas medidas elementares, com espaçamento regular de ~10 cm, através de um FRX portátil modelo Vanta M-Series da Olympus. Após a aquisição de dados, procederam as etapas de pré-processamento e processamento voltadas para análises multivariadas, que englobam: (i) normalização dos dados, (ii) limpeza e imputação de dados, (iii) análise estatística básica destinada à identificação da necessidade de transformação de dados, (iv) aplicação de transformações logarítmicas, sendo a ILR (*isometric log-ratio transformation*) mais indicada para aplicação em dados químicos, (v) as transformações ILR foram carregadas no *software* Orange Data Mining (versão 3.28), onde foi feita a remoção dos *outliers* do conjunto de dados e executada a análise não supervisionada. Dado o grande número de variáveis, optou-se pela compressão dos dados via análise de componentes principais (PCA) considerando um corte ótimo com 70% da variância total, o que resultou em três variáveis significantes (PCs). Os agrupamentos foram realizados pelo k-Means, um algoritmo de aprendizado não supervisionado, que utiliza a distância euclidiana para mensurar a similaridade entre os objetos. Por fim, foram realizadas correlações de Pearson entre as PCs e as ILRs e entre as ILRs e os elementos químicos, que permitiram a interpretação química dos clusters e sua validação com dados geológicos advindos de descrição macroscópica do testemunho e de descrições de lâminas delgadas. Buscando a maior representatividade dos dados, foram definidos cinco *clusters* (C1, C2, C3, C4 e C5). C1, C2 e C3, caracterizados por valores crescentes de PC1, enquanto C4 e C5 são explicados pelos valores mais elevados de PC2 e PC3, respectivamente. Com base nas correlações significativas de Pearson é possível afirmar que entre C1, C2 e C3 existe um aumento progressivo de Si, acompanhado por uma redução relativa de praticamente todos os demais elementos químicos identificados pelo FRX portátil. C1, *cluster* identificado com maior frequência, representa a composição química mais comum do intervalo de estudo, havendo um predomínio de Ca sobre Si, enquanto C2 e C3 marcam os níveis onde os processos de silicificação atuaram de forma efetiva. C4 apresenta afinidade com Ca e Mg, sendo intuitivo associá-lo a rochas que passaram por um processo de dolomitização mais intenso. C5 destaca-se pela sua relação com Zr e Ba e, secundariamente, com Al. Zr e Al em sistemas carbonáticos podem ser associados a contaminação detrítica, já o Ba é frequentemente relacionado a barita, um sulfato formado sob influência de fluidos hidrotermais em domínio de baixa temperatura.

Apoio: Esta pesquisa foi realizada em conjunto com o projeto de P,D&I, ANP 20225-9 (PRESAL – Caracterização geológica de reservatórios carbonáticos do pré-sal da Bacia de Santos, correlatos e análogos), financiado pela Shell Brasil como parte do “Compromisso com Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento” da ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

Palavras-chave: *Machine learning*, Processamento de dados químicos, Pré-sal da bacia de Santos

LANTHANIDES IN K-FELDSPAR: ESPECTROSCOPIC AND STRUTURAL STUDY

M. A. Couto dos Santos¹, A. M. Otsuka¹, C. Jacinto², J. L. Ferrari³, M. V. S. Rezende¹

¹Universidade Federal de Sergipe, e-mail: marcoscouto@academico.ufs.br; andrmassao@academico.ufs.br;
marcosrezende@academico.ufs.br

²Universidade Federal de Alagoas, e-mail: cjacinto@fis.ufal.br

³Universidade Federal de Uberlândia, e-mail: jeffersonferrari@ufu.br

¹Federal University of Sergipe, e-mail: marcoscouto@academico.ufs.br; andrmassao@academico.ufs.br;
marcosrezende@academico.ufs.br

²Federal University of Alagoas, e-mail: cjacinto@fis.ufal.br

³Federal University of Uberlândia, e-mail: jeffersonferrari@ufu.br

K-Feldspar is an important constituent of the terrestrial crust rocks and there is a variety of methods of quantifying its components, as well as various possibilities for the use of this mineral. The K-Feldspar sample studied was collected in the city of Poço Redondo/SE, in rocks aged 900 Ma. Emission spectroscopy measurements were performed, with the aim of to observe lanthanide ions luminescence ($\text{Ln}^{2+,3+}$) and create a spectroscopic pattern, as this mineral contains a considerable concentration of Ln, particularly Eu^{3+} , which is a structural and spectroscopic probe. This study is an alternative approach to rare earth elements (REE) identification methods used in geosciences. In nature there are 17 REE, among which 12 may display the luminescence phenomenon, but only the Eu^{3+} has specific characteristics to the study. The emission spectrum presented a characteristic transition of the Eu^{3+} , which occurs in the red-orange region (especially 575-720 nm, specifically the ${}^5\text{D}_0 - {}^7\text{F}_2$ (0-2) transition around 620 nm), and another very intense emission band on the infrared edge. Time resolved measurements were performed in order to try to control the intensity of this band, but to no avail. This means that the lifetime of this intense band (we still have no attribution to!) is much smaller than the 0-2 transition. This activity on the infrared edge raised the use of the K-Feldspar in industrial dosimetry. However, although its life time is longer than that of the Eu^{3+} , it is short enough to allow such application. We also had an indication of the presence of the Tm^{3+} ion, through a transition in the blue region (480 nm), which also needs to be confirmed through more accurate measurements. By analysing the crystalline structure of the K-feldspar containing Ba and Na, the site which hosts the K^+ , Ba^{2+} or Na^+ , is identified as the more likely to host the Ln^{3+} . However, valence, electronic cloud and ionic size differences between Ln^{3+} and K^+ , Ba^{2+} or Na^+ chemical species, imply that, even in low Ln concentrations, the luminescent site must differ from the original site. The study of this local structure is being performed through atomistic simulation, while the investigation on luminescence by crystal-field and intensity models. This research can give us an idea about how any REE ion can be hosted in this mineral and perhaps about the positive and negative anomalies of the Eu^{3+} ion.

Support: UFS, UFBA, UFAL

Key words: K-feldspar, Eu^{3+} , luminescence

TESTES DE PROFICIÊNCIA *GeoPT*, *G-PROBE* E *G-CHRON*: AVALIAÇÃO INDEPENDENTE DA QUALIDADE DE RESULTADOS ANALÍTICOS

Margareth Sugano Navarro¹ e Jacinta Enzweiler²

Instituto de Geociências - Unicamp, ¹msugano@unicamp.br; ²jacintae@unicamp.br

Testes de proficiência (TP) servem para monitorar, avaliar e melhorar os dados analíticos obtidos rotineiramente em procedimentos de medição validados. Os participantes do TP recebem periodicamente uma amostra homogênea, realizam as análises segundo seus procedimentos de rotina e retornam os resultados obtidos para os organizadores em prazo estabelecido. Ao término de cada ciclo, os participantes recebem um relatório contendo os resultados gerais e os seus escores para cada resultado submetido, sendo o anonimato preservado. Desta forma, cada laboratório avalia se o desempenho alcançado atende suas próprias necessidades, e pode comparar-se com o desempenho global ou de laboratórios que utilizam procedimentos semelhantes e princípios de medição idênticos. Além de ser um importante pilar nas boas práticas de laboratório, testes de proficiência são requisitados em processos de acreditação.

Periodicamente a International Association of Geoanalysts (IAG) (www.geoanalyst.org) organiza três testes de proficiência dedicados à geoquímica analítica:

- *GeoPT*, para análise geoquímica de rochas silicáticas pulverizadas. Teve sua primeira edição em 1996 e recentemente teve sua rodada de número 51;
- *G-Probe*, para microanálise de vidros naturais ou sintéticos e também pastilhas de amostras nanopulverizadas. Foi iniciado em 2001 e está na rodada 25;
- *G-Chron*, dedicado à datação de minerais pelo método U-Pb. Lançado em 2019.

O Laboratório de Geologia Isotópica (LAGIS) (www.ige.unicamp.br/geoisotopica/) do Instituto de Geociências da Unicamp participa de maneira contínua dos 3 testes. Nos últimos 12 anos, participamos de 21 rodadas do *GeoPT* submetendo resultados obtidos na determinação de elementos traço por ICP-MS em rochas dissolvidas por ataque ácido, em bomba ou microondas, em função da matriz da amostra. Além da comparação simples dos resultados obtidos com os valores atribuídos, os laboratórios recebem um z-score para cada analito. Através desse valor é possível avaliar a reprodutibilidade dos seus resultados comparativamente aos demais participantes. Nossos resultados apresentaram majoritariamente z-score na faixa satisfatória de ± 2 e algumas vezes entre ± 2 e ± 3 . Casos isolados de elementos com z-score fora da faixa de ± 3 foram avaliados e agrupam-se nas seguintes causas: dificuldades na dissolução ácida (dissolução parcial de minerais refratários ou precipitação seletiva); interferência causada por algum elemento presente em fração mássica anômala; e proximidade do limite de detecção. Em todos os casos os procedimentos foram revistos e soluções foram propostas visando a implementação de melhorias. O LAGIS participa do *G-Probe* desde 2015 (11 rodadas) com a determinação de elementos traço em rocha total *in situ* por LA-ICP-MS. Também participamos das duas rodadas do *G-Chron* para avaliar os dados obtidos na datação de zircão por LA-ICP-MS pelo método U-Pb *in situ*.

Outro ponto relevante na participação contínua nos TP acima descritos é a aquisição de um conjunto de amostras bem caracterizadas e de matrizes variadas, que podem ser empregadas como materiais de referência para a calibração de instrumentos, validação de métodos analíticos e controle de qualidade.

Palavras-chave: proficiência, ICP-MS, controle de qualidade

AVALIANDO SINAIS ISOTÓPICOS EM DIFERENTES MATRIZES CARBONÁTICAS: SERIAM AS CALCISFERAS UMA FERRAMENTA PARA RECONSTITUIÇÕES PALEOCEANOGRÁFICAS?

Marlone H.H.Bom^{1,2}, Karlos G.D. Kochhann^{1,2}, Guilherme Krahl^{1,2}, Lucas V. Oliveira¹, Valeska Meirelles¹,
Andressa Esswein¹, Gerson Fauth^{1,2}

¹ Instituto OCEANEON – Instituto Tecnológico em Paleoceanografia e Mudanças Climáticas UNISINOS- RS

² Programa de Pós-Graduação em Geologia. Universidade do Vale do Rio dos Sinos- UNISINOS-RS
marloneb@unisinobr

As calcisferas são dinocistos calcários abundantes em sedimentos marinhos depositados durante os primeiros 2,5 milhões de anos após o limite Cretáceo-Paleógeno (K-Pg). Esse intervalo de tempo também é caracterizado por eventos hipertemais, como por exemplo no limite Paleoceno-Eoceno, quando a assinatura isotópica de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de inorgânico dissolvido exerceu um grande controle nas assembleias de dinocistos. O presente estudo avaliou de forma crítica resultados isotópicos de carbono e oxigênio de rocha total, foraminíferos bentônicos e planctônicos e calcisferas do Ocean Drilling Program (ODP) Site 1262. O intervalo estudado compreende os primeiros ~350 mil anos após o limite K-Pg, abrangendo a perturbação do ciclo do carbono, conhecida como o evento hipertermal Dan-C2. Os registros bentônicos e planctônicos de $\delta^{13}\text{C}$ mostram o gradiente superfície-fundo esperado, sugerindo a preservação dos sinais ambientais originais. No entanto, registros de $\delta^{18}\text{O}$ mostram valores fortemente sobrepostos e dispersos, sugerindo alteração diagenética dos sinais isotópicos. Identificamos a ocorrência de carbonatos autigênicos, como girvasita e siderita, nas testas dos foraminíferos bentônicos, que podem explicar tal viés. Essas fases autigênicas foram identificadas com técnicas analíticas de alta resolução, como micro-difração de raios-x, e espectrometria de massas via ablação a laser. Nosso conjunto de resultados suporta que mudanças termodinâmicas podem ter ocorrido em conjunto com a diminuição da oxigenação das águas de fundo e dos poros, favorecendo a precipitação de fases carbonáticas autigênicas, que alteraram o fracionamento isotópico de $\delta^{18}\text{O}$. No entanto, os dados de rocha total retratam claramente as excursões negativas de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ características do evento Dan-C2, com valores notavelmente baixos, caracterizando o registro de um sinal da superfície do oceano. Esses baixos valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em rocha total foram principalmente carregados por abundantes calcisferas, quando as mesmas foram medidas separadamente. Dessa forma, sugerimos que esse grupo de microfósseis tem um alto potencial para reconstruções paleoceanográficas de massas de água superficiais.

Apoio: CAPES

Palavras-chave: isótopos estáveis, diagênese, foraminíferos, calcisferas

ADVANCED SAMPLE PREPARATION AND INTRODUCTION FOR TRACE ELEMENT AND ISOTOPE RATIO ANALYSIS IN GEOLOGICAL SCIENCES

Paul Field

Elemental Scientific, 7277 World Communications Drive, Omaha, Nebraska 68122, USA,
field@icpms.com

Large high-quality databases of elemental and isotope ratio measurements are becoming required to better interpret and model geological environments. As a result, high throughput analysis is increasingly important for both solution and solid (insitu) techniques. This presentation will review how advances in automation have not only improved throughput, but also data quality. Advances in the manufacturing of high purity inert hardware combined with software control has resulted in the development of innovative liquid handling systems suitable for sub picogram determination of metal concentrations. These range from simple inline autodilution systems to state of the art chromatographic platforms capable of separating trace elements from difficult matrices and isolating elements (B, Ca, Fe, Cu, Zn, Sr, Pb, U, and Th) for traditional/non-traditional isotope ratio analysis. Modern LA-ICPMS instrumentation has achieved increased performance and sensitivity via developments such as larger, more precise, and faster ablation chambers (TwoVol3, Elemental Scientific Lasers, Bozeman, MT, USA) and enhanced aerosol transport capability (Dual Concentric Injector, DCI, Elemental Scientific Lasers, Bozeman, MT, USA). These improvements allow large-scale images to be constructed in reasonable analytical times and at higher resolution. The advent of LIBS-ICPMS (Lumen, Elemental Scientific Lasers, Bozeman, MT, USA) as an analytical technique, which describes the simultaneous analysis of a sample by LA-ICPMS and LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), has further extended the elemental coverage of the LA technique by offering the determination of “difficult” elements such as H, C, O and F. Further, the dynamic range of the technique has been extended such that “majors” within the sample can be determined and utilized as a channel within the data processing steps. These techniques combined with new data processing capabilities (iolite, Elemental Scientific Lasers, Bozeman, MT, USA) allows the researcher to assess whether any given data point, or pixel, is typical of the entire sample, e.g. an anomalous signal can be attributed to an inclusion or overall sample heterogeneity. Data from an entire region can be assessed as a mean value (e.g. summing of signals from homogeneous areas) giving rise to improved counting statistics over the previous approach. Examples will be given for a variety of solid and solution applications that benefit from automated sample preparation, handling, introduction and data reduction.

HIGH RESOLUTION LA-ICPMS IMAGING: FINDING THE RIGHT ANSWER

Paul Field (field@icpms.com)

Elemental Scientific, 7277 World Communications Drive, Omaha, Nebraska 68122, USA

Modern LA-ICPMS instrumentation has achieved increased performance and sensitivity via developments such as fast ablation chambers (TV3, Elemental Scientific Lasers, Bozeman, Mo, USA) and dual concentric injector (DCI, Elemental Scientific Lasers, Bozeman, Mo, USA). These improvements allow large-scale images to be constructed in reasonable analytical times and at higher resolution. The information yielded allows the researcher to assess whether any given data point is typical of the entire sample, e.g. an anomalous signal can be attributed to an inclusion or overall sample heterogeneity. Data from an entire region can be assessed as a mean value (e.g. summing of signals from homogeneous areas) giving rise to improved counting statistics over the previous approach. Here we give examples for elemental and isotopic imaging.

Palavras-chave: Laser Ablation, LA-ICP-MS, High Resolution

IMPLEMENTATION OF AN ANALYTICAL METHOD TO INVESTIGATE EARLY EARTH PROCESSES: THE ^{142}Nd ISOTOPE ANALYSIS AND THE HADEAN-ARCHEAN TRANSITION.

Rafael Gordilho Barbosa^{1,2}, André Abreu Martins^{1,2}, Felipe Padilha Leitzke³, Rommulo Vieira Conceição^{1,4}, Juliana Charão Marques^{1,2}, Johildo Salomão Figueiredo Barbosa⁵

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: rafael.gordilho@ufrgs.br; andreabreumartins@yahoo.com.br; rommulo.conceicao@ufrgs.br; juliana.marques@ufrgs.br.

² Laboratório de Geologia Isotópica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: rafael.gordilho@ufrgs.br; andreabreumartins@yahoo.com.br; juliana.marques@ufrgs.br.

³ Centro de Engenharias – Universidade Federal de Pelotas, e-mail: felipe.leitzke@ufpel.edu.br

⁴ Laboratório de Geoquímica e Petrologia Experimental – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: rommulo.conceicao@ufrgs.br

⁵ Núcleo de Geologia Básica – Universidade Federal da Bahia, e-mail: Johildo.barbosa@gmail.com

Evidence from the oldest minerals and rocks on Earth indicate that soon after solar system formation, in a period of ca. 30 to 100 million years, planet Earth had already formed the main endogenous reservoirs, including core, mantle and a proto-crust. It is still not entirely clear, however, which mechanisms operated in the early Earth that allowed the formation of proto-continent, which their composition was and when plate tectonics started, all processes that were fundamental to the development of a habitable planet. In this sense, the use of decay products from short-lived radionuclides has increased in recent years, because these systems can provide insights into the processes that occurred during the early stages of the solar system and the early Earth accretion and differentiation. Radionuclides that were produced in the early stages of the solar system include ^{142}Nd , which decays from ^{146}Sm with $T_{1/2} = 103$ Ma. The most adequate samples to track ^{142}Nd anomalies are Archean samples on Earth. Despite their great importance, no data regarding these isotopes has been acquired so far in Archean rocks from cratons located in South America, which could have the potential to improve largely our knowledge on early Earth processes and planetary scale differentiation processes. Therefore, we collected around 30 rock samples of Paleoproterozoic age that come mainly from the Gavião Block, in the northern part of the São Francisco craton (state of Bahia, NE Brazil), comprising TTG orthogneisses and ultramafic rocks from greenstone belts. For the whole-rock ^{142}Nd isotope analysis we applied a method that allows the separation of Sm and Nd from samples of 100 to 250 mg. The first step was to digest the samples in with a concentrated HF-HNO₃ mixture. Fluorides were then removed by adding a few μl of HClO₄ to the sample and the residue dissolved in HCl until reaching a clear homogeneous solution. The main solution was loaded to ion chromatography columns on a TRU and LN Spec resin to enable the separation of the REE fraction. Because Cerium is a direct interfering mass on Nd, special attention was applied to effectively remove all Ce from the sample. The final step prior to the analyses will be to load the REE fraction without Ce on a Ln-Spec resin to collect individually Sm and Nd. The $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ isotope analyses were performed using a Triton TIMS. Preliminary $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ results indicate values of 1.141832 ± 0.000008 for the JNdi-1 standard reference material, indicating a precision that can potentially resolve the expected ^{142}Nd anomalies in Archean rocks of the São Francisco craton.

Apoio: CAPES, FAPERGS, SEGCF, CNPq

Palavras-chave: ^{142}Nd isotope, Archean, São Francisco Craton



9º
SIMPÓSIO DE
**QUANTIFICAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS**

SESSÃO TEMÁTICA 6:

**Geotecnologias para
a Sociedade**

COORDENADORES:
Marcio Costa Alberto
Silvia Saito

USO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS E GEOTÉCNICOS NA IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS RUPTURAS EM TALUDES

Beatriz Guzzo Duz¹, César Augusto Moreira¹, Marcos Eduardo Hartwig², Fernanda Miranda de Siqueira Büchi¹

¹ Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE – UNESP), e-mails: b.duz@unesp.br; moreirac@rc.unesp.br; fernandabuchi@gmail.com

² UFES – Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: marcos.hartwig@ufes.br

Os taludes podem ser definidos como qualquer superfície inclinada constituída por solo e/ou rocha de origem natural (encostas) ou construídos pelo homem e estão presentes em obras civis (barragens e rodovias) ou em minerações. A instabilidade em taludes pode ocorrer naturalmente como consequência da dinâmica superficial e pode se agravar quando há intervenção do homem ao desconfinar o material e deixa-lo exposto aos agentes intempéricos e ao alterar sua geometria (altura e ângulo de inclinação). Taludes de minerações em fase de descomissionamento e de obras civis devem adquirir fator de segurança acima de 1,5, ou seja, os esforços estabilizantes são no mínimo 50% maiores que os esforços instabilizantes, a fim de garantir estabilidade a longo prazo. Nas análises de estabilidade de taludes geralmente são consideradas apenas variáveis litológicas e estruturais passíveis de serem observadas na face do talude. No entanto, a presença de água no interior do maciço pode comprometer a resistência do material principalmente em zonas fraturadas e ocasionar fissuras de tensão por poropressão e desencadear rupturas. Desse modo o presente trabalho propõe a utilização de métodos geofísico da Eletrorresistividade e geotécnicos realizados na face do talude para avaliar e identificar rupturas que possam ocorrer em um talude de mineração em fase de descomissionamento. Os dados referentes a Eletrorresistividade indicam fluxo hidrogeológico em sistema aquífero fraturado, representados por valores de resistividade inferiores a 287 Ω .m. Os dados geotécnicos referentes a litologia, medidas estruturais e de ângulo de atrito interno das discontinuidades do maciço serão utilizados para a execução de análises cinemáticas com o objetivo de identificar os modos de ruptura passíveis de ocorrência. A integração de dados deste conjunto de métodos deve subsidiar o planejamento de ações prévias a eventos de instabilidade em taludes, além da possibilidade de replicação em obras civis como estradas e rodovias de modo a complementar análises convencionais de estabilidade de taludes e evitar desastres advindos da ocorrência de rupturas.

Apoio: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo nº2020/14647-0.

Palavras-chave: talude; resistividade elétrica; análise cinemática

USO DE SÉRIE TEMPORAL DE IMAGENS DE SATÉLITE NA ANÁLISE DE MUDANÇAS MORFOLÓGICAS E SEDIMENTARES CAUSADAS POR AÇÕES ANTRÓPICAS NO RIO CUIABÁ (MT), PANTANAL

Beatriz Silva Fernandes¹, Ana Luiza Faria de Souza², Stefania Cristino de Oliveira³,
Fabiano do Nascimento Pupim⁴

¹ Universidade Federal de São Paulo, e-mail: beatriz.fernandes28@unifesp.br;

² Universidade Federal de São Paulo, e-mail: ana.faria@unifesp.br ;

³ Universidade de São Paulo, e-mail: steoliveira@usp.br;

⁴ Universidade Federal de São Paulo, e-mail: f.pupim@unifesp.br.

As atividades humanas perturbam drasticamente a estrutura e funcionamento dos sistemas fluviais. No Centro-Oeste do Brasil essas perturbações são mais evidentes pelas mudanças no uso e cobertura do solo e instalação de usinas hidrelétricas, que alteram o aporte de sedimentos para os canais. Na Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá (BHRC) tais alterações estão relacionadas ao início da intensa ocupação dos planaltos do Estado do Mato Grosso a partir da década de 1970, quando o governo federal estabeleceu incentivos financeiros e fiscais para a produção agrícola em grande escala e modernização na região. Por isso, são necessários cada vez mais estudos que analisem e quantifiquem tais impactos. Insere-se nessa realidade o presente projeto, que procura investigar a resposta do Rio Cuiabá frente as mudanças no uso e ocupação do solo e criação de barragens para instalação de usinas hidrelétricas desde o ano de 1985 até o presente. Para isso, foi delimitada como área de estudo um trecho do rio de 100 km de extensão a partir da cidade de Santo Antônio do Leverger. A análise das alterações provocadas por essas perturbações será feita por meio da análise de elementos morfológicos em uma série temporal de imagens anuais do satélite Landsat 5 e 8 desde 1985 a 2020. Serão mapeadas e quantificadas barras fluviais presentes no rio (sendo verificados quatro indicadores: 1. a quantidade total de barras fluviais; 2. a área em planta ocupada pelas barras; 3. o seu tamanho relativo - classificadas em pequenas, médias e grandes ; 4. o tipo de barra em relação ao canal - laterais e longitudinais), avaliação da migração do canal e mudanças em sua largura. Informações acerca de instalação de usinas hidrelétricas, desmatamento e mudança no uso e ocupação da terra serão obtidos na literatura e bases de dados governamentais. Os resultados obtidos da correlação dos dados permitirão entender como tais fatores alteram o rio, visto que a retirada de vegetação aumenta a erosão dos solos e conseqüentemente o aporte de sedimentos das vertentes para os sistemas fluviais, e em contrapartida as barragens geram efeito contrário, retendo os sedimentos.

Apoio: Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de Iniciação Científica processo nº2021/12466-0 concedida a Beatriz Fernandes.

Palavras-chave: Morfologia fluvial; perturbações antrópicas; aporte de sedimentos.

ANÁLISE PRELIMINAR DA SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS NA REGIÃO CENTRO-SUL NO MUNICÍPIO DE GASPAR, SANTA CATARINA.

Dimitri Tallemberg Soares¹, Gabriel Martins Fontoura², Liliana Sayuri Osako³

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail:dimitri.tallemberg@gmail.com; Laboratório de Geologia de Reservatório.

² Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail:gabrielfontoura95@gmail.com ; Laboratório de Geologia de Reservatório.

³Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: liliana.osako@ufsc.br ;

As geociências encontram-se em constante desenvolvimento com o avanço no campo das geotecnologias. O manuseio das ferramentas de geoprocessamento, são utilizadas de modo a buscar a relação sustentável entre o meio ambiente e o ser humano. Com a difusão de hardwares e softwares livres, é possível manipular os dados disponibilizados pelos órgãos governamentais utilizando-os em levantamentos e análises espaciais em ambiente SIG. Estas ferramentas podem auxiliar em projetos de desenvolvimento social e infraestrutura. Portanto, a fim de prevenir impactos ambientais, torna-se necessário buscar estratégias que possam prever e evitar estes eventos de maneira assertiva. O objetivo deste trabalho consistiu em identificar de forma preliminar as áreas que apresentam maior suscetibilidade a deslizamentos na região centro-sul do município de Gaspar no estado de Santa Catarina. Neste estudo, foram gerados mapas de suscetibilidade a deslizamentos, no qual os fatores condicionantes foram a geologia, declividade e rodovia. A partir destes fatores condicionantes foram aplicados os métodos de relação de frequência, Lógica Fuzzy Gama, Processo Analítico Hierárquico (AHP) e Pesos de Evidência (WoE). Os resultados foram validados a partir da curva Característica de Operação do Receptor (ROC) e pela Área Abaixo da Curva (AUC). As metodologias empregadas neste trabalho foram executadas utilizando o software QGIS versão 3.16 e ferramentas do Excel. Para realizar este estudo foi utilizado o inventário de deslizamentos disponibilizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), que constam setenta e cinco pontos, na qual foram divididos em dois grupos. O primeiro grupo consistiu de 60% dos pontos que foram utilizados para gerar os mapas de suscetibilidade a deslizamentos, e o segundo grupo composto pelos 40% restantes foram destinados à validação dos métodos empregados. O fator geologia foi categorizado com base nas diferentes unidades litoestratigráficas contidas na área de estudo. O fator declividade foi obtido em porcentagem, a partir do modelo digital de terreno com tamanho de célula igual a cinco metros. Para o fator rodovia, foi gerado o buffer multi-anel com distância de 100 metros entre cada um deles até 500 metros. Como resultados foram gerados mapas de suscetibilidade a deslizamentos, categorizados nas seguintes classes: muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta. Os métodos WoE, AHP, Lógica Fuzzy Gama 0.7 e 0.9, de acordo com a validação ROC e AUC apresentaram 75%, 68%, 60% e 75% de precisão, respectivamente. No que tange às áreas de alta ou muito alta suscetibilidade, os métodos Fuzzy Gama 0.9 e WoE, determinam que cerca de 30% e 25% da área total encontram-se neste intervalo, respectivamente. Em relação aos fatores geologia, declividade e rodovia, as classes que apresentaram o maior peso nas análise de suscetibilidade a deslizamentos foram, respectivamente, Formação Botuverá composta predominantemente por xistos, áreas com declividade entre 45 a 75% e distância superior a 500 metros da rodovia.

Apoio: Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Geologia de Reservatórios.

Palavras-chave: Suscetibilidade, Deslizamentos, QGIS.

CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS ASSOCIADAS ÀS ROCHAS PLUTÔNICAS E METAVULCANO-SEDIMENTARES, NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL, RS.

Dimitri Tallemberg Soares¹, Gabriel Martins Fontoura², Manoela Bettarel Bállico³

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: dimitri.tallemberg@gmail.com; Laboratório de Geologia de Reservatórios.

² Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: gabrielfontoura95@gmail.com; Laboratório de Geologia de Reservatórios.

³ Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: manoela.bettarel@ufsc.br ; Laboratório de Geologia de Reservatórios.

Em função da crescente necessidade hídrica, seja ela relacionada ao crescimento populacional ou pela contaminação das fontes superficiais de fácil acesso, as águas subterrâneas vêm se destacando como uma opção complementar de fonte de abastecimento. Desta forma, associando a ausência de dados hidrogeológicos e o crescente aumento do contingente de poços que por vezes se encontram em situação irregular, acaba gerando o descontrole da gestão do recurso hídrico. Portanto, faz-se necessária a aplicação de metodologias para quantificar as zonas de potencial hídrico a fim de mitigar e monitorar os efeitos sobre as águas. A área de estudo situa-se a cerca de oito quilômetros da zona urbana de Caçapava do Sul, localizada no estado do Rio Grande do Sul, pertencente ao domínio dos aquíferos fraturados. Os aquíferos são representados por rochas de idades neoproterozóica, do Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS), composto por rochas plutônicas ácidas e do Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF) associado a rochas metavulcano-sedimentares. Este trabalho buscou quantificar e classificar a hidroquímica e avaliar o fluxo das águas subterrâneas a partir do inventário de poços tubulares existentes no município, utilizando as plataformas do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e Sistema de Outorga de Água (SIOUT-RS). Foi realizada a identificação do fluxo subterrâneo por meio da interpolação de dados hidrogeológicos obtidos na plataforma SIAGAS e SIOUT, no software QGIS versão 3.16 utilizando o método do inverso da distância ponderada. Analisou-se quimicamente as águas subterrâneas de seis poços tubulares com auxílio do software QUALIGRAF para as variáveis cálcio, sódio, potássio, magnésio, sulfato, carbonato, bicarbonato, cloreto e nitrato, também se averiguou a influência entre a interação dos sistemas água e rocha. Como resultados, foram confeccionados mapas de hipsometria, declividade e superfície potenciométrica, tal como a classificação hidroquímica e diferenciação das águas subterrâneas, por meio dos diagramas Piper e Schoeller-Berkaloff, respectivamente. A partir do diagrama Piper, as amostras foram classificadas dentro do campo das bicarbonatadas cálcica ou magnésiana, e de acordo com diagrama de Schoeller-Berkaloff foi possível comparar as assinaturas hidroquímica semelhantes, na qual foi observado como elementos principais o cálcio, magnésio, carbonato e bicarbonato, reflexo do litotipo encontrado na área de estudo, os mármore, inseridos no Complexo Metamórfico Passo Feio. Os íons de menor representatividade foram sódio, potássio, cloreto, sulfato e nitrato. A partir deste estudo, é possível realizar o desenvolvimento de técnicas quantitativas, com o uso de software livre e o banco de dados nacional a fim de correlacionar a influência dos maciços rochosos com a água subterrânea, bem como suas características, gerando produtos que possam ser compartilhados com a população, fomentando o investimento das entidades de gestão pública nos municípios, para viabilizar a exploração controlada e a melhor gestão do recurso hídrico.

Apoio: Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Geologia de Reservatórios

Palavras-chave: Água subterrânea, Complexo Granítico Caçapava do Sul, Hidroquímica.

APLICAÇÕES DE GEOPROCESSAMENTO PARA SIMULAÇÕES DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO/RS.

Autores: Eduarda Tobolski¹ e João Pedro Di Marco²

Coautores: Marcelo Zagonel de Oliveira³ e Francisco Manoel Wohnrath Tognoli⁴

¹ Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e-mail: etobolski@edu.unisinos.br;

² Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e-mail: joamarco@edu.unisinos.br;

³ Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e-mail: MARCELOZ@unisinos.br;

⁴ Universidade do Vale do Rio dos Sinos, VizGEO Sci Data Lab, e-mail: ftognoli@unisinos.br

Estabelecido às margens do Rio dos Sinos, o município de São Leopoldo está localizado na região metropolitana de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. Possui uma população estimada de 240.378 habitantes (IBGE, 2021) e sofre há décadas com as frequentes inundações que atingem o município e afetam a população mais vulnerável que vive na planície de inundação do rio. Apesar da existência de um sistema físico de contenção composto por diques, casas de bombas, canais de desvio, valas de drenagem e galerias subterrâneas, construídos a partir da elaboração do Plano Diretor Hidrológico da região em 1963, ainda existem áreas de maior risco que se localizam em zonas de baixo nível altimétrico, fora dos limites determinados para Áreas de Preservação Permanente e/ou afastadas dos diques de contenção. Em vista disso, o presente trabalho realizou a coleta de dados e aplicação de técnicas de geoprocessamento para simular cenários de inundações considerando diferentes cotas altimétricas (5, 10 e 15 metros) com a finalidade de mapear as áreas potencialmente atingidas em caso de rompimento das barreiras físicas ou de volumes anômalos de precipitação, quantificar a dimensão das inundações no município e estimar o número de habitantes atingidos e, a partir disto, subsidiar as possíveis soluções aplicáveis ao sistema já existente para minimizar os danos materiais e sociais no município. Na primeira simulação realizada considerou-se índices pluviométricos suficientes para atingir a cota de 5 metros, que totalizou uma área inundada de 4,83 km² (4,69% da área do município). Na segunda simulação, considerou-se índices pluviométricos suficientes para atingir a cota de 10 metros, que resultou em uma área inundada de 32,72 km² (31,76% da área territorial de São Leopoldo). Na terceira e última simulação, considerando a marcação de 15 metros, foi obtida uma área inundada de 37,88 km² (36,77% da área municipal). Com o censo de ocupação por bairro (IBGE, 2010) é possível estimar que ao atingir a cota de 5 metros cerca de 49.005 habitantes seriam afetados, ao atingir a cota de 10 metros cerca de 94.374 habitantes seriam afetados e ao atingir a cota de 15 metros cerca de 114.760 habitantes seriam afetados pela inundação. Os resultados demonstram a preocupação que se deve ter com a manutenção dos sistemas de contenção de cheias, monitoramento de índices pluviométricos e pluviométricos, garantia de eficácia dos métodos de alerta pela Defesa Civil e estratégias de alerta e proteção para a população afetada em áreas de risco.

Apoio: Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Palavras-chave: Inundação, Simulações, Geoprocessamento.

BIBLIOTECA VIRTUAL DE GEOLOGIA DO BRASIL: O EXEMPLO DOS GEOSSÍTIOS DO TERRITÓRIO GEOPARQUE CAÇAPAVA ASPIRANTE UNESCO

Pablo Losano Guedes¹, Jady Caroline Alves², Felipe Guadagnin³

¹ Universidade Federal do Pampa, e-mail: pabloguedes.aluno@unipampa.edu.br;

² Universidade Federal do Pampa, e-mail: jadyalves.aluno@unipampa.edu.br;

³ Universidade Federal do Pampa, e-mail: felipeguadagnin@unipampa.edu.br

Com o desenvolvimento e a popularização de novas tecnologias e a sua consequente aplicação nas diversas áreas do conhecimento, naturalmente também tem havido uma crescente aplicação nos campos do geopatrimônio, da educação e da divulgação científica, documentada em uma numerosa literatura. Com a redução do custo e a consequente popularização das técnicas de Visão Computacional, é possível construir modelos 3D texturizados foto-realistas de amostras e de afloramentos rochosos com resolução milimétrica utilizando ferramentas amplamente disponíveis. O fluxo de trabalho Structure from Motion–Multi View Stereo (fotogrametria digital), por exemplo, permite a construção de modelos 3D utilizando imagens captadas do mesmo alvo de posições diferentes, pelo princípio da Paralaxe. As imagens podem ser obtidas desde câmeras de smartphone até as mais sofisticadas câmeras, como as câmeras full-frame, por exemplo. A Biblioteca Virtual de Geologia do Brasil é um projeto colaborativo com o objetivo de documentar o patrimônio geológico brasileiro por meio de ferramentas virtuais e desenvolver recursos para a educação e pesquisa em geociências, de forma que abriga e compartilha gratuitamente modelos virtuais 3d texturizados foto realistas, imagens panorâmicas esféricas e imagens de alta resolução de afloramentos rochosos e amostras de minerais, rochas e fósseis, além de roteiros virtuais e materiais suplementares. A geodiversidade e a biodiversidade do território do Geoparque Caçapava Aspirante UNESCO, que abrange a totalidade do município de Caçapava do Sul, RS, em seus mais de 3.000 km², possuem relevância científica internacional, além de importância educativa, turística, esportiva e cultural para a comunidade local, que se identifica e utiliza os diferentes elementos para o desenvolvimento regional. Os Geossítios, que são os locais ou áreas que melhor representam a geodiversidade de um território, ou seja, o conjunto de variados pontos de visitação de relevância internacional dentro de um Geoparque, tais como: cachoeiras, grutas, cavernas, montanhas, afloramentos rochosos, sítios de achados paleontológicos e arqueológicos, entre outros, são os elementos fundamentais na estratégia de divulgação do patrimônio geológico. Em seu território, o Geoparque Caçapava Aspirante UNESCO abrange pelo menos 22 geossítios de relevante interesse, dentre os que estão compartilhados na Biblioteca Virtual de Geologia do Brasil. Esses registros são principalmente modelos virtuais de afloramento que representam características geológicas relevantes para a Geoconservação. A partir desses aspectos abordados é relevante a divulgação dos geossítios para conscientizar a população sobre a importância da Geoconservação de áreas da geologia, paleontologia, arqueologia, história, culturais, dentre outras. A divulgação não deve ser apenas para a academia ou comunidade científica, mas para as comunidades que compõem o território, utilizando os métodos de divulgação, de forma a propiciar o sentimento de motivação e pertencimento a atores locais e regionais, a educação ambiental e patrimonial. Sendo assim, a Biblioteca Virtual de Geologia do Brasil é uma ferramenta útil para ampliar a divulgação do Geoparque Caçapava Aspirante UNESCO, além de outras localidades e amostras do Brasil.

Apoio: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo RS/SC.

Palavras-chave: Geodivulgação, Geossítios, Modelos Virtuais de Afloramento.



9º
SIMPÓSIO DE
**QUANTIFICAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS**

SESSÃO TEMÁTICA 7:

**Geocronologia e
Geoquímica Isotópica**

COORDENADORES:
Claudia Regina Passarelli
Fabiano do Nascimento Pupim

A ‘SPEEDY’ K-AR ROUTINE APPLIED TO MG-SIZED BULK ROCKS AND ITS POTENTIAL FOR OIL-GAS INDUSTRY

Oliveira, A.L.¹, *; Hollanda, M.H.B.M.², Siqueira, R.³

¹ Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, e-mail: alisson_oliveira@usp.br

² Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, e-mail: hollandaa@usp.br

³ Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, e-mail: robertsq@usp.br

The development of new, fast, and easily applicable methodologies is of utmost importance to the progress of science. In the industry, the cost of analyses is always to be considered, even when more established and precise measurements are available at a higher cost. Thus, low-cost techniques might offset others by their cost-benefits ratio, and their applicability can sometimes have a greater impact than high-precision (and therefore high-cost) analyses. In that regard, we developed a quick and low-cost technique of K-Ar dating that neither requires lengthy sample preparations, nor expensive analytical routines, allowing for a speedy geochronological assessment of hundreds of samples, in just a few weeks. The unspiked K-Ar method has been available since the late 70's following the development of the “Cassignol Technique” and has been applied with great success mainly to near-zero age samples from the early 80's onward. However, its applicability on older samples has always been impaired by its primary concept. If no ³⁸Ar tracer (spike) is diluted during the sample degassing, another procedure must be employed to ensure the reliability of the ages. In the unspiked K-Ar technique, this is accomplished by analyzing and comparing the intensity of the ⁴⁰Ar signal of the unknown sample with that of an atmospheric ⁴⁰Ar reference (the air pipette), hence why it has been applied to recent-age samples, since their contaminants should have the same Ar-isotope composition of the modern atmosphere. Still, the use of this technique was attempted on Mesozoic mafic dikes pertaining to the Equatorial Atlantic Magmatic Province (EQUAMP) and the Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) with fair success, producing ages that, for the most part, corroborated available conventional (spiked) K-Ar and ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages of the same igneous events, on neighboring locations. The main difficulties on these analyzes were related to coarse-grain samples that sometimes produced widely non-concordant results because of the small mg-size fragments selected, which did not properly represent the whole-rock composition. Despite the drawbacks intrinsic to the K-Ar method, like possible misestimation of K contents (regardless of which methodology is employed), and undesirable effect of sample inhomogeneity due to our choice of working with mg-sized aliquots (to allow a quick analytical routine on a modern ⁴⁰Ar/³⁹Ar equipment, using laser heating), the results were satisfactory in allowing a good age assessment on ca. 1,000km of diabase dike intrusions. Therefore, the unspiked K-Ar technique showed an outstanding potential to produce date estimates notably for aphyric rocks, where the crystal size disadvantages have a lesser impact. This technique was capable of producing over a hundred dates within the analytical timespan of a month, with analytical precision in the order of 5-10% (1-sigma) errors, which is enough to resolve many geological problems. Particularly in the gas and oil industry, the small sample quantities available (from drilling) and the lack of dependency on high-precision dates for characterizing magmatic events makes this methodology useful for assessing the impact of igneous rocks on sedimentary basins that, normally, crystallize as fine-grained mafic rocks and frequently impact the hydrocarbon generation, maturation and/or migration.

Support: FAPESP, CNPq.

Keywords: noble gas dating, mafic rock dating, gas and oil research.

DO WE REALLY NEED TENS OF KILOGRAMS OF ROCK SAMPLES TO CONCENTRATE ZIRCON FROM MAFIC MAGMAS?

Oliveira, A.L.^{1,2}; Schmitz, M.D.², Hollanda, M.H.B.M.³

¹ Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, e-mail: alisson_oliveira@usp.br

² Boise State University, Department of Geosciences, e-mail: markschmitz@boisestate.edu

³ Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, e-mail: hollandam@usp.br

Geochronology is a remarkable tool that allows for a direct assessment of geological problems or positioning of events on chronostratigraphic scales. Zircon U-Pb geochronology is the most successful method available, since zircon can survive a range of different alterations, the U-Pb method has in situ and isotope dilution techniques, and the dual decay of ^{238}U - ^{206}Pb and ^{235}U - ^{207}Pb provides an internal cross-check of closed system behavior of the mineral. Nevertheless, zircon dating is not always appropriate in mafic rock studies because of the magma emplacement temperatures and SiO_2 saturation conditions that are often outside of the zircon crystallization window. Even so, it is the difficulty in concentrating zircon from mafic rocks that hinders our capability to apply this geochronometer to these tectonomagmatic events. Usually, large rock volumes are sampled in order to compensate this issue, meaning that if one can concentrate just a few crystals per kilogram, by sampling large quantities of rock enough crystals may be separated. However, do we really need large amounts of mafic rock samples to concentrate enough zircon crystals for a dating experiment? A continuous process of conceiving new techniques for concentration and separation of these minerals on a range of different rock compositions has been pursued. Here, we show that a separation technique that substitute physical process by a chemical dissolution makes it capable to concentrate viable amounts of zircon crystals from mafic rocks using, on average, only 1kg (or less) of rock sample. This is grounded on the idea that what hampers the capability of zircon concentration on mafic rocks is the relation between these crystals and magnetic phases that are particularly abundant on such rock types, and which are lost during magnetic treatments such as hand magnet and Frantz processing. Furthermore, crystal sizes are exceptionally important because, on sub-abyssal to extrusive environments, zircon may form crystals of less than 50 μm , which may be lost during density liquids treatment. Thus, by substituting the conventional physical separations for a bulk rock chemical digestion, the recovery rate in relation to the conventional zircon separation techniques is approximately one hundred times better. In the chemical dissolution technique, the sample is initially grounded to sand-size particles and the heavy minerals are concentrated via water table separation, this is the only physical treatment employed. Then, the heavy minerals portion is heated at 900 °C for 60h on a muffle furnace and put through four steps of acid digestions: aqua-regia, hydrofluoric acid, aqua-regia and finally hydrochloric acid. This method allows the separation of a roughly pure zircon concentrate, since the method design was established so zircon is one of just a few mineral phases that can survive these acid attacks. In all, zircon concentrated from the chemical separation method allows for a cut of sample masses from tens of kilograms to only one kilogram or less, which is especially relevant to mafic rock studies but can also be expanded to other “difficult to concentrate zircon” rock types.

Support: NSF, FAPESP, CAPES.

Keywords: U-Pb method, separation technique, zircon crystallization.

ISÓTOPOS DE ZINCO COMO TRAÇADORES DE CONTAMINAÇÃO EM SEDIMENTOS COSTEIROS: QUAL A CONTRIBUIÇÃO DAS TINTAS ANTI-INCRUSTANTES?

Bruno Cunha¹, Jérémie Garnier², Daniel Araújo³, Myller Tonhá², Wilson Machado⁴, Marcos Fernandez⁵, Carlos Eduardo Souto-Oliveira¹, Izabel Ruiz¹, Marly Babinski¹

¹Instituto de Geociências – USP (bracunha@usp.br; bilica@usp.br; babinski@usp.br)

²Instituto de Geociências – UnB (garnier@unb.br; myllerquimico@gmail.com)

³IFREMER – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (daniel.ferreira.araujo@ifremer.fr)

⁴Departamento de Geoquímica – UFF (wmachado@geoq.uff.br)

⁵Faculdade de Oceanografia – UERJ (hallfz@gmail.com)

A contaminação por metais traços e seus impactos ecológicos em ecossistemas marinhos estão em constante evolução e, mesmo assim, ainda são pouco conhecidos. Dessa forma, a caracterização das fontes contaminantes, seu monitoramento e seus efeitos biológicos são imperativos, especialmente no contexto do foco global na economia azul (década dos oceanos). O zinco e outros contaminantes antropogênicos atingem o ambiente marinho diretamente através de fontes localizadas no continente, entretanto, existem casos em que eles são emitidos ou remobilizados por fontes localizadas no próprio ambiente marinho, como as tintas anti-incrustantes. Estas, apesar de terem o cobre como biocida principal, também utilizam o zinco em grandes concentrações (até 26% em peso) e representam mais uma fonte de contaminantes metálicos para o ambiente marinho. Por isso, este estudo teve como principal objetivo avaliar os isótopos estáveis de Zn como traçadores de fontes de contaminação e dimensionar as suas contribuições através da caracterização ambiental de amostras do interior de uma marina e dos ecossistemas continentais e costeiros adjacentes. A marina está localizada no sul do Estado do Rio de Janeiro, foi construída em 1978 e comporta-se como um excelente laboratório de estudos da interação tinta/sedimento/biota, visto que nunca foi dragada e não há presença de fontes pontuais maiores, tais como esgoto e indústrias. As composições isotópicas de Zn, obtida após separação cromatográfica por MC-ICP-MS, são expressos em notações de $\delta^{66}\text{Zn}$ em relação ao padrão Johnson Matthey 3-0749-L – JMC. Os valores de $\delta^{66}\text{Zn}_{\text{JMC}}$ para rochas, sedimentos de rio e de manguezais não contaminados variaram entre +0,20 e +0,49‰ com média de $0,32 \pm 0,01$ (2s). Três tintas anti-incrustantes mais utilizadas no Brasil apresentaram concentração média de Zn de 12% em peso e $\delta^{66}\text{Zn}_{\text{JMC}} + 0,08 \pm 0,04$ (2s). O testemunho de sedimento de cerca de 80 cm coletado na marina mostra valores de $\delta^{66}\text{Zn}_{\text{JMC}}$ entre $0,19 \pm 0,01$ (2s) na base do testemunho até $-0,02 \pm 0,04$ (2s) no topo e evidencia a evolução histórica da marina: momento pré-marina ($\delta^{66}\text{Zn}_{\text{JMC}} + 0,20\% \pm 0,02$ 2s), o começo da operação da marina ($\delta^{66}\text{Zn}_{\text{JMC}} + 0,09\% \pm 0,02$) e os dias atuais ($\delta^{66}\text{Zn}_{\text{JMC}} - 0,02 \pm 0,04$ 2s). O diagrama $\delta^{66}\text{Zn}_{\text{JM}}$ vs. $1/\text{Zn}$ revelou grupos com diferentes assinaturas isotópicas que podem representar a influência das tintas anti-incrustantes, além de se adequarem à um modelo de mistura composto por dois *end-members*: (i) o background geogênico da região, representado pelas rochas e sedimentos naturais do rio e manguezal, e uma (ii) fonte antropogênica representada pelas tintas. Através do modelo de mistura binário simplificado foi possível quantificar a contribuição do Zn oriundo das tintas, com variação entre 50 a 89% desde o início da operação da marina. Estes resultados mostram a eficiência dos isótopos de Zn como traçadores de fontes de contaminação em sedimentos costeiros, permitindo assim um melhor dimensionamento das contribuições das tintas anti-incrustantes para os ecossistemas marinhos

Apoio: Bolsas FUNBIO e CAPES

Palavras-chave: Tintas anti-incrustantes, Isótopos de Zn, Contaminação ambiental

SENSIBILIDADE DE LUMINESCÊNCIA NA ANÁLISE DA PROVENIÊNCIA SEDIMENTAR CENOZÓICA NO NOROESTE DA BACIA AMAZÔNICA (COLÔMBIA): INSIGHTS PARA RECONSTRUÇÃO DE PALEODRENAGEM

Carolina Barbosa Leite da Cruz¹, Fabiano do Nascimento Pupim², Fernanda Costa Gonçalves Rodrigues¹, Caio Breda¹, Mauricio Parra Amezcua¹, Giovanni Rodriguez Nova¹, Sebastián Gomez Marulanda¹, André Oliveira Sawakuchi¹

¹ Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, e-mail: carolinableite@usp.br.

² Universidade Federal de São Paulo, Ciências Ambientais, e-mail: f.pupim@unifesp.br

andreas@usp.br
cgrfernanda@usp.br
bredacaio@usp.br
mparra@ice.usp.br
gionovar@usp.br
sgomez8@usp.br

A sensibilidade à luminescência opticamente estimulada (OSL) dos minerais possui uma grande influência nos procedimentos de datação por luminescência, além disso, as suas propriedades podem auxiliar na análise de proveniência dos sedimentos, processos de transporte e dinâmica fluvial. A dinâmica fluvial desempenha um papel importante na evolução da paisagem e biota amazônica, mas faltam informações sobre o timing e os mecanismos que controlam mudanças espaço-temporais neste sistema fluvial, como no caso das planícies do noroeste amazônico e das áreas sub-andinas da Bacia do Putumayo. Essa lacuna de conhecimento resulta da falta de idades robustas para os registros geológicos do Cretáceo/Cenozóico e da ausência de proxies adequados para comparação entre sistemas fluviais antigos e modernos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo reconstruir a dinâmica fluvial através de novas técnicas de luminescência de minerais e da análise de proveniência dos sedimentos que preenchem esta bacia sedimentar. Portanto, serão aplicadas novas técnicas para caracterizar a sensibilidade de sinais de luminescência opticamente estimulados e sinais de termoluminescência em grãos de quartzo e feldspato de sedimentos modernos (rios) e soterrados (depósitos sedimentares). Através do pacote Luminescence do R Studio, será possível avaliar e gerar modelos da sensibilidade OSL (total e a proporção das componentes rápidas, médias e lentas) que possibilitará (i) caracterizar os sinais de luminescência das áreas-fonte que drenam para a bacia sedimentar atualmente; (ii) caracterizar os sinais de luminescência das unidades sedimentares que preenchem a bacia desde o Cretáceo; (iii) reconstruir a mudanças na fonte de sedimentos ao longo do tempo de preenchimento da bacia de Putumayo com base na comparação de sinais de luminescência de sedimentos modernos e soterrados. Neste evento vamos apresentar novas informações geradas, que contribuirão para novos insights sobre o potencial do uso de sinais de luminescência para discriminar unidades sedimentares, determinar a origem dos sedimentos e reconstruir mudanças na proveniência durante o preenchimento de bacias sedimentares para as reconstruções geodinâmicas e fluviais da história da cordilheira Andina Oriental e da bacia sedimentar de Putumayo.

Apoio: Projeto Financiado pela FAPESP: Bolsa Regular FAPESP (#2020/11047-1). Projeto está vinculado ao Programa de Recursos Humanos 43.1- Geologia do Petróleo, financiado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

Palavras-chave: proveniência sedimentar; sensibilidade de luminescência; dinâmica fluvial; Bacia de Putumayo; Andes Orientais; Noroeste Amazônia

ESTENDENDO O LIMITE TEMPORAL DA DATAÇÃO POR LUMINESCÊNCIA PARA TODO O QUATERNÁRIO: APLICAÇÕES NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Fabiano Pupim¹, Fernanda Costa Gonçalves Rodrigues², Naomi Porat³, Thays Desiree Mineli², André Oliveira Sawakuchi²

¹ Universidade Federal de São Paulo, Departamento de Ciências Ambientais, e-mail: f.pupim@unifesp.br

² Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, e-mail: cgrfernanda@usp.br; thaysdesiree@usp.br; andreas@usp.br

³ Geological Survey of Israel, Jerusalem, Israel, e-mail: naomi.porat@gsi.gov.il

O uso de métodos de datação por luminescência tem se tornado uma importante ferramenta para estudos em diversas áreas das Geociências e Arqueologia, sendo uma área em franco desenvolvimento. Os métodos de datação por luminescência opticamente estimulada (OSL) em grãos de quartzo e feldspato são os mais comuns e possibilitam determinar a idade de soterramento de depósitos sedimentos na faixa de anos até algumas centenas de milhares de anos. Recentemente, novas abordagens e protocolos estão sendo testados na tentativa de estender o limite máximo das datações por luminescência para alguns milhões de anos, adentrando uma faixa temporal até então inviável para a maioria dos métodos geocronológicos em sedimentos siliciclásticos. Neste estudo foram testados sinais de luminescência opticamente estimulada transferidos termicamente (TT-OSL; *thermally transferred optically stimulated luminescence*) em grãos de quartzo para datação de depósitos fluviais da Amazônia Oriental. Os testes de recuperação de doses controladas em laboratório demonstraram que os sinais TT-OSL podem crescer para doses de até 5000 Gy, sendo cerca de 10 a 50 vezes maior do que as doses estimadas pelo sinal OSL convencional. Quando aplicado na medição de doses naturais, o protocolo TT-OSL possibilitou determinar doses de 90 a 1700 Gy. Assim, idades de soterramento de 100 ka a 2 Ma foram calculadas para depósitos fluviais da Amazônia oriental. As principais incertezas das idades estão relacionadas às mudanças na taxa de dose ao longo do tempo e *life-time* do sinal. Apesar das incertezas, as doses estimadas com o uso do sinal TT-OSL em grãos de quartzo nos permitem datar depósitos sedimentares que abrangem todo o Quaternário, o que implica em uma nova janela de tempo para a história geológica da Amazônia e outros sistemas deposicionais brasileiros.

Apoio: Esta pesquisa contou com o apoio financeiro do Trans-Amazon Drilling Project (ICDP, grant US-NSF #EAR-1812857 e #EAR-1812681, FAPESP #2018/23899-2 e STRI), FAPESP (processos #16/02656-9; #18/15123-4; #2020/11047-1). FR foi apoiada pela FAPESP (#18/12472-8). AS e FP são apoiados pelo CNPq (304727/2017-2; 302411/2018-6).

Palavras-chave: Datação por luminescência, TT-OSL, Quaternário, Amazônia

PALEOVOLCANOLOGY, GEOCHEMISTRY, ZIRCON U-PB GEOCHRONOLOGY AND LU-HF ISOTOPE OF THE EDIACARAN CAMPO ALEGRE-CORUPÁ BASIN, SOUTHERN BRAZIL: VOLCANO-TECTONIC CYCLES AND SETTINGS DURING WESTERN GONDWANA

Francy Roxana Quiroz-Valle¹, Lucas Martins Lino², Miguel Ângelo Stipp Basei³, Mathias Hueck⁵, Silvio Roberto Farias Vlach⁵

¹ Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: francy.valle@usp.br

² Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: lucas.martins.santos@usp.br

³ Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: baseimas@usp.br

⁴ Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: mathiashuech@gmail.com

⁵ Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: srfvlach@usp.br

The Campo Alegre-Corupá Basin (CACB) records multiple volcano-sedimentary episodes, owing to specific periods of crustal extension during syn- to post-collisional tectonic stages of consolidation of the Western Gondwana Supercontinent. Stratigraphic and lithofaciological studies, combined with geochronological, Lu-Hf isotopic, petrological, and compositional data support a more complete understanding of the tectono-magmatic cycles and volcanological evolution of the CACB. At least two volcano-sedimentary stages have been detailed in this study, registering the transition from late-convergent to extensional post-collisional tectonic settings. During the Basin Stage (605-590 Ma), the collisional tectonics is responsible to initiate the sedimentary cycle, through the installation of alluvial fans and braided rivers at the northern limit of the basin that progressively evolves into a lake during the installation of the rift structure. Hf-isotope signatures of the detrital zircon assemblage reveal that the sediments derived mostly from the Paleoproterozoic basement of the Luis Alves Terrane, associated with contributions from the nearby Piên Magmatic Arc and possibly from the Curitiba Terrane, whereas some outliers suggest incipient coeval volcanic activities. The sedimentary strata are progressively covered by transitional to mildly alkaline OIB-like basalts, occurring mostly as lava flows with structural aspects suggestive of subaqueous to subereous environments. Trachydacites can occur interbedded to OIB-like basalts, as well as crystal-rich stratified “surge-like” pyroclastic deposits. Large volumes of widespread densely welded to rheomorphic ignimbrite sheets within the CACB attest to its evolution during the Caldera Stage (583-577 Ma) through the withdrawal of silicic magmas from shallow reservoirs during caldera collapse. The outpouring of trachytic/trachydacitic and very subordinated IAB-like basaltic lava flows attests to the growth of the magma reservoirs, probably resulting in bimodal syenites to granites at depth with subordinate mafic components. The caldera eruption seems to initiate by the production of pumiceous fallouts during an early Plinian period of decompression of the shallow magma chambers. These deposits are characterized by pumice-rich ash fall and flow sequences of rhyolitic composition, usually intrinsically associated with rhyolitic lava domes. The general distribution of volcanic facies within the rift-related structural framework suggests that the master faults developed during the Basin Stage might have controlled the collapse of the caldera, which supports its classification as a graben-like caldera/cauldron. Compositional and isotopic signatures suggest lithospheric mantle sources and the connection between basic-intermediate and silicic rocks from both bimodal stages through fractional crystallization. Geochemical, geochronological, and Hf-isotope signatures attest to the cogenetic nature between the silicic rocks from the Caldera Stage and the alkaline association of A-type granitoids from the plutonic Graciosa Province.

Apoio: FAPESP: 2015/03737-0

Palavras-chave: Volcanism, Caldera, Gondwana

USO DE TÉCNICAS DE *MACHINE LEARNING* NÃO-SUPERVISIONADAS MULTIDIMENSIONAIS PARA IDENTIFICAÇÃO GEOLÓGICA: UM OLHAR SOBRE ROCHAS ALCALINAS NA ILHA DA TRINDADE, BRASIL

Lucas Guimarães Pereira Monteiro¹, Anderson Costa Santos², Luizemara Szameitat³, Eduardo Reis Viana Rocha Júnior⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências – PPGG-UERJ, e-mail: lucasgpmonteiro@gmail.com

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, e-mail: andcostasantos@gmail.com

³ Universidade Federal do Paraná – UFPR, e-mail: luizemara@gmail.com

⁴ Universidade Federal da Bahia – UFBA, e-mail: eduardo.junior@ufba.br

A Ilha da Trindade junto com o Arquipélago de Martin Vaz compõe um conjunto de ilhas oceânicas localizadas no paralelo 22°S, 1200km da costa da cidade de Vitória no estado do Espírito Santo, Brasil. Ali, afloram rochas alcalinas que encontram divergências nas classificações atuais não apenas pela petrografia como também pela química quando falamos dentro do campo dos Foiditos/Basanitos/Tefritos, sendo considerado problema na unificação de uma nomenclatura no mais recente compilado de nomenclaturas de rochas. Este trabalho utiliza como dados os valores apresentados nos estudos de litogeoquímica e isótopos, em conjunto com datações de diferentes rochas e minerais para buscar, assim, padrões e dissonâncias ocultas que possam contribuir para entender a gênese e a evolução dos magmas. Isto se dá através do uso de técnicas estatísticas multidimensionais associadas ao Aprendizado de Máquina como a clusterização utilizando a distância euclidiana dos vizinhos mais próximos para classificar as rochas e otimizar a distinção entre as rochas alcalinas, enquanto os isótopos trazem informações novas sobre o olhar da análise de principais componentes (APC), utilizando a extensão GCDkit da plataforma R. Os resultados englobam: a) uma revisão da classificação de rochas alcalinas ao redefinir o grupo dos Foiditos e dos Basanitos/Tefritos além de rochas que não possuem uma nomenclatura precisa em diagramas convencionais como R1-R2 e/ou TAS, pelas dissimilaridades entre os nove principais elementos maiores (SiO₂, Na₂O, K₂O, CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, TiO₂ e P₂O₅); b) uma observação da evolução dos magmas geradores das lavas aflorantes na Ilha da Trindade com elementos menores e traços associados a evolução de câmaras magmáticas (HFSEs como Zr, Hf, Nb, Th, U, La, Ce, e Y junto com três LILEs: Pb, Rb e Ba); e c) uma análise de padrões não identificáveis do comportamento anômalo do Pb nas principais rochas OIBs do planeta e os conhecidos reservatórios end-members do manto como os mantos enriquecidos e empobrecidos, além de associação com regiões end-members ainda não comentados. Pode-se concluir que os dados de geoquímica e isótopos associados são importantes dados no estudo evolutivo das rochas ao longo do tempo para observar como esses valores se relacionam na história da evolução dos minerais e das condições sofridas pelas lavas desta ilha vulcânica. Elementos maiores no uso da identificação da nomenclatura de rochas, podem trazer uma padronização na nomenclatura das rochas de uma maneira mais completa ao passar por diferentes elementos e associa-los em grupos, bem como os elementos menores que trazem informações e aspectos importantes no entendimento dos magmas gerados na evolução geológica da ilha da Trindade, e por fim, como uso dessas técnicas em isótopos traz resultados-chaves no entendimento da evolução dos reservatórios mantélicos que contribuíram para a assinatura isotópica a partir da fusão propiciada pela passagem da Pluma da Trindade sobre a plataforma oceânica Sul Americana.

Apoio: FAPERJ, CNPq, Marinha do Brasil

Palavras-chave: Geoquímica, Machine Learning, Isótopos

PETROGENESIS AND TECTONIC SIGNIFICANCE OF TWO BIMODAL VOLCANIC STAGES FROM THE EDIACARAN CAMPO ALEGRE-CORUPÁ BASIN (BRAZIL): RECORD OF METACRATONIZATION DURING THE CONSOLIDATION OF WESTERN GONDWANA

Lucas Martins Lino¹, Francy Roxana Quiroz-Valle², Miguel Ângelo Stipp Basei³, Silvio Roberto Farias Vlach⁴, Mathias Hueck⁵

¹ Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: lucas.martins.santos@usp.br

² Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: francy.valle@usp.br

³ Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: baseimas@usp.br

⁴ Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: srfvlach@usp.br

⁵ Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, e-mail: mathiashueck@gmail.com

The Ediacaran Campo Alegre-Corupá Basin in South Brazil developed in two stages, the passive rift *Basin Stage* (~605-590 Ma) and the post-collisional *Caldera Stage* (~583-577 Ma), respectively. Volcanic rocks from the Basin Stage show a bimodal compositional spectrum, with dominant basalt and subordinate silicic rocks. The basaltic rocks are transitional to mildly alkaline, exhibiting Ocean Island Basalt-like trace element enrichment patterns with depletion in Nb and Ta, however, and Sr-Nd isotopic signatures suggesting that they were derived from low degrees (~5%) of partial melting of an enriched lithospheric mantle source. Silicic rocks are transitional to mildly alkaline trachydacites and minor rhyolites, with trace element compositions typical of A₂-type granitoids, produced by fractional crystallization at the Moho of the coeval basalts. Volcanic rocks from the Caldera Stage are constituted mainly by alkaline trachytes and rhyolites. They occur primarily as pyroclastic sequences with minor effusive lava flows, exhibiting trace element compositions typical of A₂-type granitoids. They are associated with minor effusive Island Arc Basalt-like transitional to mildly alkaline basalts. The basalts result from a relatively greater degree (~15%) of partial melting of enriched lithospheric-mantle sources during lithospheric root collapse of a cratonic terrane. The silicic rocks are also derived from the coeval basalts by fractional crystallization at the Moho; however, an additional stage of differentiation in the upper crust is required to explain their compositions. Results from this study suggest a connection between the silicic volcanic rocks from the Caldera Stage and the plutonic bodies from the nearby A-type Graciosa Province. Lu-Hf isotopes from detrital zircon suggest an Andean arc-type tectonic setting during the Paleoproterozoic (~2,185 Ma) history of the Luis Alves Terrane (LAT) basement. This tectonic setting was responsible for the arc-like signatures of the intraplate lithospheric-derived rocks of the Campo Alegre-Corupá volcanic sequences. Crustal-like Sr-Nd-Hf isotopic characteristics result from a protracted isotope evolution of their mantle sources. Each tectono-magmatic stage results from a different extensional setting, which has implications for the metacratonization of the LAT.

Apoio: FAPESP: 2015/03737-0

Palavras-chave: Volcanism, Metacratonization, Gondwana

ESTUDOS DE PROVENIÊNCIA PELO MÉTODO U-Pb E Hf PELA TÉCNICA LA-ICP-MS EM CRISTAIS DE ZIRCÃO DOS DEPÓSITOS PERMIANOS DA BACIA DO PARANÁ E DE ROCHAS VULCÂNICAS DA PROVÍNCIA ÍGNEA DE CHOIYOI

Mariana de Matheus Marques dos Santos¹, Cláudia Regina Passarelli², Miguel Angelo Stipp Basei³, Lucas Martins Lino⁴, Antonio Roberto Saad⁵, Paulo Roberto dos Santos⁶

¹ Instituto de Geociências – USP; Rua do Lago, 562, São Paulo/SP: mariana.matheus.santos@usp.br,

² Instituto de Geociências – USP; Rua do Lago, 562, São Paulo/SP: cr.passarelli@usp.br

³ Instituto de Geociências – USP; Rua do Lago, 562, São Paulo/SP: baseimas@usp.br

⁴ Instituto de Geociências – USP; Rua do Lago, 562, São Paulo/SP: lucas.martins.santos@usp.br

⁵ Instituto de Geociências – USP; Rua do Lago, 562, São Paulo/SP: asaad@usp.br

⁶ Instituto de Geociências – USP; Rua do Lago, 562, São Paulo/SP: dosantos@usp.br

No supercontinente Pangeia durante o Paleozoico, no Brasil e no Uruguai, cinzas vulcânicas e fragmentos de vidro vulcânico foram depositados e encontrados em diversas formações da Bacia do Paraná (BP), como Rio Bonito, Irati, Rio do Rasto e Estrada Nova/Teresina.

Apresentamos novas composições isotópicas de Hf de zircões previamente datados por idades SHRIMP U-Pb com interesse em confirmar sugestões anteriores de que as camadas de cinzas vulcânicas e sedimentos vitroclásticos da BP e as rochas vulcânicas da Província Ígnea de Choiyoi (PIC) teriam uma origem comum, além de suas idades permianas.

Foram realizadas análises isotópicas de Hf em zircão de amostras representativas da Supersequência Gondwana I na BP no Brasil (estados de MT, SP, PR, SC e RS) e no Uruguai de depósitos de cinzas vulcânicas pertencentes ao Rio Bonito (BR), Irati (BR) / Mangrullo (UY), Estrada Nova/Teresina (BR) e Formações Rio do Rasto. Os spots para Hf foram preferencialmente localizados nas mesmas áreas texturais do zircão utilizadas nas análises U-Pb.

As amostras do PIC foram coletadas em território argentino e pertencem às formações Yacimiento Los Reyunos (seção inferior); Cerro Carrizalito e Água de Los Burros (seção superior); Formação El Imperial - unidade sedimentar discordantemente coberta pelo magmatismo Choiyoi.

No total, foram analisados 183 spots, sendo 129 do PB e 54 do PIC. Os resultados isotópicos obtidos das formações Irati ($274,2 \pm 1,3$ Ma; MSWD = 0,016) e Estrada Nova ($268,6 \pm 6,4$ Ma; MSWD = 0,96) com $\epsilon_{\text{Hf}} (-7 \rightarrow +1)$ e Idades Modelo Hf- T_{DM} ($1100 \rightarrow 1600$ Ma) são semelhantes aos das amostras da PIC ($264,5 \pm 3,0$ Ma; MSWD = 0,47), e $\epsilon_{\text{Hf}} (-10 \rightarrow +5)$ com intervalo principal de Idades Modelo Hf- T_{DM} ($1100 \rightarrow 1500$ Ma). Portanto, há uma concordância entre as idades U-Pb e isótopos de Hf em zircão de ambas as unidades. Esta informação suporta a hipótese de que os cristais de zircão teriam a mesma origem do magmatismo Peri-Gondwânico.

Por outro lado, as idades obtidas na formação Rio Bonito ($297,0 \pm 64$ Ma; MSWD = 1,5) com $\epsilon_{\text{Hf}} (-3 \rightarrow +13)$ e a maioria das Idades Modelo Hf- T_{DM} ($500 \rightarrow 1500$ Ma) podem indicar que a origem dos zircões é mais antiga do que o vulcanismo que originou as camadas de cinzas permianas encontradas nas demais unidades da BP. Portanto, provavelmente relacionam-se a um episódio vulcânico mais antigo, ainda não reconhecido na BP. Do mesmo modo, a Formação El Imperial com um grão de zircão vulcanogênico permiano (298 Ma) e considerável população ordoviciana de ($453,7 \pm 8,1$ Ma; MSWD = 2,6) com $\epsilon_{\text{Hf}} (-10 \rightarrow +15)$ com Idades Modelo Hf- T_{DM} ($1000 \rightarrow 1800$ Ma) provavelmente correspondem a outro evento vulcânico pré-Choiyoi.

Consequentemente, nossos resultados reforçam as sugestões da literatura anterior de que o evento vulcânico Choiyoi é o responsável pela presença das camadas de cinzas permianas encontradas nas unidades da BP. O refinamento desta sugestão pelas características geoquímicas em grãos de zircões de ambas as unidades – PIC e BP – estão em andamento.

Apoio: FUSP: 3218; FAPESP: 2015/03737-0

Palavras-chave: U-Pb Hf LA-ICP-MS, Cinzas Vulcânicas, Bacia do Paraná

GEOCRONOLOGIA E PROVENIÊNCIA DE CRISTAIS DE ZIRCÃO COMO FERRAMENTA PARA A DEFINIÇÃO DO MODELO GENÉTICO DO DEPÓSITO DE Cu-Au CORPO SUL, ARCO MAGMÁTICO DE MARA ROSA, GOIÁS

Patricia Tatiane Lopes¹, Roberto Perez Xavier², Wagner da Silva Amaral³

¹ Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG/UNICAMP), e-mail: p151762@dac.unicamp.br; lopesp.geol@gmail.com;

² Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG/UNICAMP), e-mail: robxav@unicamp.br;

³ Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (IG/UNICAMP), e-mail: wamaral@unicamp.br.

Zonas de alteração hidrotermal metamorfasadas guardam um imenso potencial prospectivo, mas são difíceis de serem diagnosticadas. Relações mineralógicas e texturais, características para a determinação das tipologias, são perdidas durante as sobreposições por eventos deformacionais e de metamorfismo. Do mesmo modo, determinar os protólitos aos quais se relacionam essas zonas, torna-se algo mais complicado e passível de questionamentos. Estudos geocronológicos e de proveniência de zircão, podem fornecer informações relevantes e são cada vez mais utilizados na definição das interpretações dos modelos genéticos de depósitos associados a terrenos metamórficos de alto grau. O depósito de Cu e Au (Corpo Sul), localizado no norte do Estado de Goiás, integra o contexto geológico do Arco Magmático de Mara Rosa, onde predominam rochas metavulcanossedimentares intercaladas com ortognaisses, e de intrusões tardi- a pós- tectônicas. Relações geológicas de campo e de testemunhos de furos de sondagem sugerem uma mineralização cupro-aurífera do tipo pórfiro metamórfico de idade Neoproterozóica. As principais rochas hospedeiras da mineralização correspondem a muscovita-biotita xistos com núcleos reliquiais de textura ígnea porfirítica e foram interpretadas como os produtos metamorfasados de alteração hidrotermal Fe-sílica e potássica associadas a uma intrusão. Objetivando confirmar a natureza do protólito, duas amostras representativas foram submetidas a análises U-Pb em zircão pelo método LA-ICP-MS (*Laser Ablation inductively coupled plasma mass spectrometry*). As amostras forneceram cristais tipicamente ígneos caracterizados por formas curtas e equidimensionais, resultantes da combinação entre as formas cristalinas piramidais, e prismática, com zoneamento oscilatório interno subcorcordante, bem definido. Histogramas de densidade de probabilidade e estimativa de densidade Kernel, gerados a partir das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, mostraram uma única população de zircão. Diagramas concórdia produziram as idades isocrônicas U-Pb de $883,4 \pm 8,5$ Ma ($n = 9$; MSWD = 0,99) e 875 ± 11 Ma ($n = 12$; MSWD = 0,31) para a cristalização/colocação do protólito. Tais relações, além de comprovarem a natureza ígnea do protólito hospedeiro da mineralização do depósito Corpo Sul, substanciam consideravelmente a sua interpretação como sendo a de um depósito tipo pórfiro de Cu e Au. Gerado durante o estágio inicial da evolução de um arco de ilha intraoceânico, em *ca.* de 900 Ma, o depósito foi obliterado pelos eventos deformacionais e de metamorfismo que refletem a estruturação do supercontinente Gondwana e formação da Faixa Brasília, entre 650 e 630 Ma.

Palavras-chave: Sistemas Cu Pórfiro, Pré-cambriano, Acreção crustal

LINKING METAMORPHIC AND METASOMATIC PROCESS TO CONSTRAIN THE T-T-X HISTORY OF NEOARCHEAN IOCG DEPOSITS FROM THE NORTHERN CARAJÁS PROVINCE (BRAZIL)

Poliana Iara de Freitas Toledo^{1,2}, Carolina Penteado Natividade Moreto¹, Vinicius Tieppo Meira¹, Antonio Garcia-Casco², Lena Virgínia Soares Monteiro³

¹ UNICAMP (University of Campinas), Brazil

² UGR (University of Granada), Spain

³ USP (University of São Paulo)

The Carajás Province, located at the Amazon Craton, hosts the oldest and only known Neoproterozoic IOCG deposits (ca. 2.72-2.68 and 2.55 Ga) in the world. The copper-gold deposits and targets along the Cinzento Shear Zone (CZS) (Salobo, Furnas, GT-46, QT-02) in the northern part of the province, ore is enveloped by iron-rich rocks with large amounts of magnetite and uncommon Ca-Fe- and K-Fe-rich assemblage of silicates (grunerite, garnet and biotite). The origin of this distinct mineral association has been either entirely attributed to the Fe-metasomatic ore-forming hydrothermal processes (i.e., minerals precipitated from hydrothermal fluids) or associated with metamorphic processes developed prior to the mineralizing system (i.e., regional metamorphism and mineral growth). In spite of the divergent interpretations, the syn-tectonic origin for the Fe-silicates-rich rocks and Cu-Au ore is a consensus due to their confined occurrence within shear zones and contemporaneous development of shear structures and ore-bodies. However, the constraints on nature, pressure-temperature (P-T) conditions and timing (t) of this(these) deformational event(s) have yet never been assessed. In this work, we studied a set of garnet-rich rocks (schist, amphibolite and gneiss) from different areas along the CSZ, using electron probe microanalysis (EPMA), Lu-Hf and Sm-Nd garnet geochronology and $\delta^{18}\text{O}$ isotopes. These data were combined to constrain the temperature-time (T-t) evolution and characterize the role of hydrothermal fluids (x) on metamorphic-metasomatic processes of IOCG deposits along the Cinzento Shear Zone. Garnet chemistry, texture and geochronology suggest mineral growth during thermal heating at ca 2.64 Ga (Lu-Hf garnet ages of 2644 ± 12 , 2638 ± 28 and 2635 ± 18 Ma), in equilibrium with biotite at $\sim 785^\circ\text{C}$ in schists, pargasite and grunerite, at $\sim 611^\circ\text{C}$ in amphibolites and sillimanite at $\sim 1025^\circ\text{C}$ in gneisses. We interpret this heating event is associated with compressive tectonics and crustal thickening, probably triggered by lithospheric weakening after the emplacement of sublithospheric melts (e.g. 2.76-2.7 Ga magmatism) and later radiogenic heating. Younger Sm-Nd garnet ages (2561 ± 21 , 2552 ± 33 , 2573 ± 58 Ma) indicate slow cooling rates ($< 2.5^\circ\text{C}/\text{Ma}$) for the studied rocks and might be related to low erosion rates and/or decrease on radiogenic heat production. Low strength of slowly cooling shear zone system facilitated hydrothermal fluids percolation along discontinuities from 2.58 to 2.54 Ga. Fluids temperatures, calculated from $\Delta^{18}\text{O}$ values of hydrothermal mineral pairs, indicate temperatures as low as 335°C (GT46 deposit) to up to 640°C (Salobo deposit) for the fluids that carried out dissolved metals and originated the multiple pulses of IOCG mineralization along the Cinzento Shear Zone.

Apoio: Projeto Colaborativo ADIMB – Vale – Universidades – Instituições, FAPESP 2016/13162-7 and 2021/00967-5, CAPES/PROEX 88882.329736/2019-01, CAPES/PRINT 88887.369716/2019-00

Palavras-chave: Carajás Province, petrochronology, Neoproterozoic IOCG deposits

PROMOÇÃO



PATROCINADOR DIAMANTE



PETROBRAS



PATROCINADOR BRONZE



APOIO INSTITUCIONAL



REALIZAÇÃO



UNICAMP



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

1933