



# XVIII SNET

SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS

07 A 10  
AGOSTO  
2022

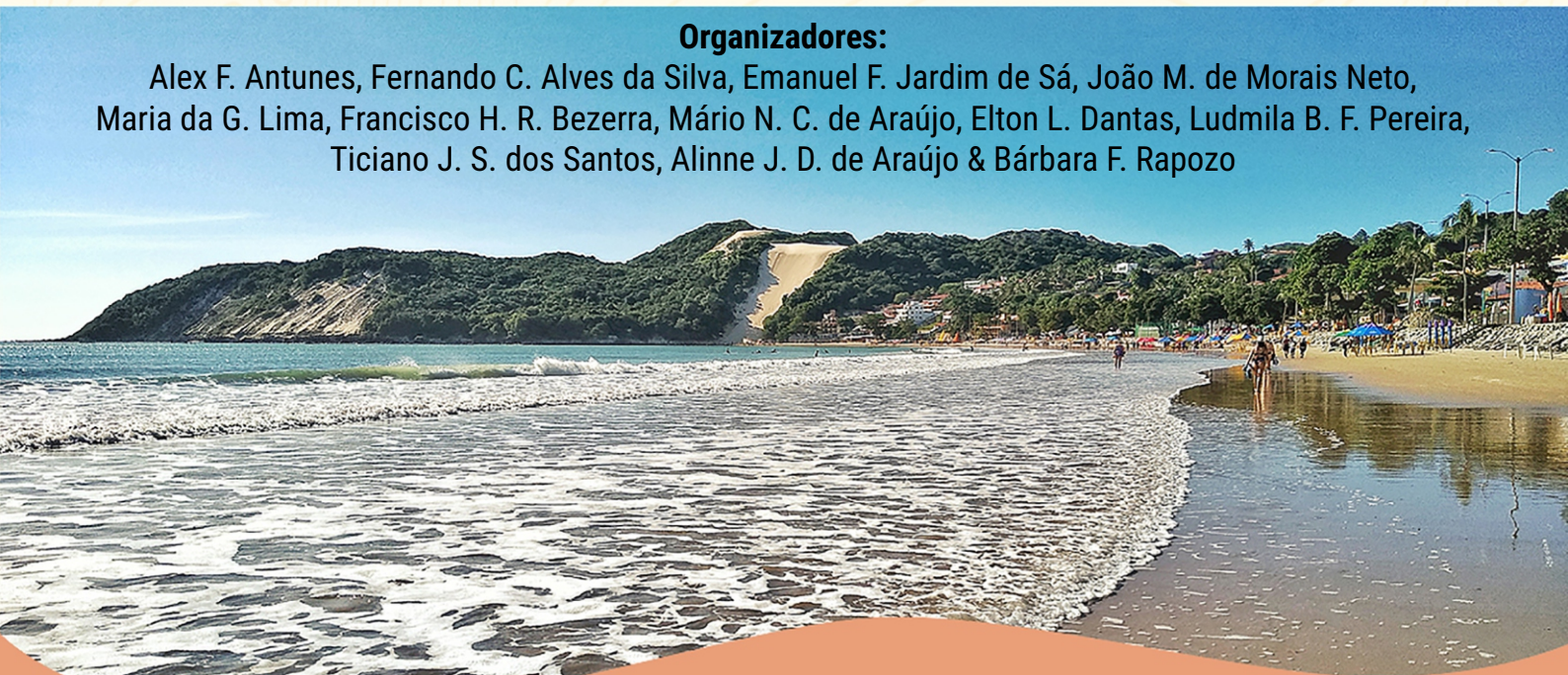
NATAL-RN - BRASIL

EVENTO ONLINE

XII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS  
OF THE BRAZILIAN GEOLOGICAL SOCIETY

## Organizadores:

Alex F. Antunes, Fernando C. Alves da Silva, Emanuel F. Jardim de Sá, João M. de Moraes Neto, Maria da G. Lima, Francisco H. R. Bezerra, Mário N. C. de Araújo, Elton L. Dantas, Ludmila B. F. Pereira, Ticiano J. S. dos Santos, Alinne J. D. de Araújo & Bárbara F. Rapozo



# ANAIIS

PROMOÇÃO



www.sbggeo.org.br

REALIZAÇÃO



PPGG/UFRN  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
GEODINÂMICA E GEOFÍSICA/UFRN

APOIO INSTITUCIONAL



PATROCINADOR PLATINA



ORGANIZAÇÃO



www.ideiaseventos.com.br

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Anais do XVIII Simpósio Nacional de Estudos  
Tectônicos. XII International Symposium on  
Tectonics (18. : 2022 : Natal, RN)  
Anais do XVIII Simpósio Nacional de Estudos  
Tectônicos. XII International Symposium on Tectonics  
[livro eletrônico]. -- 1. ed. -- São Paulo, SP :  
SBG - Sociedade Brasileira de Geologia, 2022.  
PDF

Vários autores.  
Vários organizadores.  
Bibliografia.  
ISBN 978-65-992688-6-1

1. Geologia 2. Geologia estrutural I. Título.

22-121944

CDD-551

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Geologia estrutural 551

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

# Anais

## do XVIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos

### *XII International Symposium on Tectonics*

#### Organizadores:

Alex Francisco Antunes

Fernando César Alves da Silva

Emanuel Ferraz Jardim de Sá

João Marinho de Moraes Neto

Maria da Guia Lima

Francisco Hilário Rego Bezerra

Mário Neto Cavalcanti de Araújo

Elton Luiz Dantas

Ludmila Bernardo Farias Pereira

Ticiano José Saraiva dos Santos

Alinne Jéssica Dantas de Araújo

Bárbara Ferreira Rapozo

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



PPGG | UFRN  
Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geotectônica

ORGANIZAÇÃO



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



# Sobre os Organizadores

**Alex Francisco Antunes** é Bacharel em Geologia formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) em 2000 e obteve o título de Doutor em Geodinâmica, também pela UFRN, no ano de 2004. Atualmente, é Professor Associado do Departamento de Geologia da UFRN e pertence ao quadro de professores permanentes do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN (PPGG/UFRN). Atua principalmente em temas de pesquisa envolvendo Geologia Estrutural e Tectônica de Bacias, com ênfase em interpretação sismoestrutural, modelagem estrutural, análise de atributos sísmicos, inversão sísmica e machine learning.

**Fernando César Alves da Silva** possui graduação em Geologia pela UFRN (1983), mestrado (equivalente) na Université d'Orleans (1991) e doutorado pela Université d'Orleans (1994). Atualmente é professor Titular do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e membro do corpo permanente da Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia Estrutural, atuando principalmente nos seguintes temas: Deformação dúctil Proterozoica, análise microestrutural, mineralizações auríferas, evolução estrutural de bacias sedimentares, desenvolvimento de falhas, fratura, bandas de deformação e suas implicações no fluxo de hidrocarbonetos e Modelagem física de estrutura geológicas.

**Emanuel Ferraz Jardim de Sá** é geólogo pelo Instituto de Geociências da UFPE, em 1973, possui mestrado em Geociências (Geoquímica) pelo Instituto de Geociências da UFBA (1979) e doutorado em Geologia pela Universidade de Brasília (1994). Ingressou no Departamento de Geologia da UFRN em 1976, ocupando o cargo de professor titular na área de Geologia Estrutural e Geotectônica, desde 2006. Sua experiência inclui temas de contexto tectônico e estratigráfico de faixas orogênicas (com ênfase na Província Borborema) e bacias (bacias rifte no Nordeste do Brasil), com integração de dados estruturais, geoquímicos, geocronológicos e geofísicos.

**João Marinho de Moraes Neto** possui Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1987) e Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais, com ênfase em Geologia Estrutural/Tectônica, pela Universidade Federal de Ouro Preto (1999) e concluiu Doutorado em Geologia (2010) na Universidade de Queensland, Austrália. Tem experiência na área de geofísica de exploração, tendo trabalhado por mais de trinta anos como geofísico intérprete na Petrobras, em bacias cretáceas da Margem Equatorial Brasileira, bacias intracratônicas paleozoicas e proterozoicas, bacias de antepaís do Subandino Boliviano, Colômbia e Venezuela.

**Maria da Guia Lima** possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2002) e doutorado em Geociências (Geodinâmica e Geofísica) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2008), com estágio de doutoramento na Austrália (University of Queensland). Atualmente, é geóloga (Pesquisadora em Geociências) da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, chefe do Núcleo de Apoio de Natal da CPRM. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Mapeamento Geológico, Evolução de relevo, Intemperismo, geocronologia, geoprocessamento, deformação frágil e hidrogeologia.

**Francisco Hilário Rego Bezerra** possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1987), mestrado em Geologia pela Universidade de Brasília (1992) e doutorado em Geologia pela University College London (1998). É professor titular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e atua nas Geociências, com ênfase em deformação de rochas. Sua pesquisa foca a evolução de falhas geológicas, relação entre sismicidade e falhas, influência de falhas/fraturas e carste em reservatórios petrolíferos e aquíferos, tensões na crosta e influência da deformação no relevo.

**Mário Neto Cavalcanti de Araújo** graduou-se em geologia em 1998 pela Universidade

Federal do Rio Grande do Norte, onde em 2001 obteve título de doutor em Geodinâmica e Geofísica. Em 2003 finalizou pós-doutorado em Evolução Crustal e Metalogênese pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e concluiu em 2020, na Universidade de Bremen – Alemanha, o segundo pós-doutoramento em Geodinâmica e Geofísica de Margens Rifteadas. É geofísico Master e consultor na Petrobras desde 2003. Atua como pesquisador do Centro de Pesquisa da empresa, onde desenvolve tecnologias e aplicações nas áreas de Geologia Estrutural e Geodinâmica de bacias sedimentares, voltados à prospecção e desenvolvimento de campos de petróleo. É interessado pelo estudo de margens continentais, em especial por temas relativos à evolução tectonossedimentar, compartimentação interna e controles geodinâmicos da distribuição dos elementos do sistema petrolífero em margens continentais divergentes e convergentes.

**Elton Luiz Dantas** possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1987), mestrado em Geologia Regional pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1992) e doutorado em Geologia Regional pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1997). Atualmente é professor associado III da Universidade de Brasília. Tem realizado pesquisas em diferentes áreas da Geociências, com ênfase em Geocronologia e Geotectônica, atuando principalmente em temas relacionados a Terrenos Arqueanos, Aplicação de Isótopos Radiogênicos e Evolução Crustal, e Geologia do Pré-Cambriano do Brasil.

**Ludmila Bernardo Farias Pereira** é graduada em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1999). Durante 6 anos atuou como geóloga de engenharia na CHESF/ELETROBRÁS, atuando na área de geotecnia e em projetos de PCHS, bem como em projetos de sismicidade induzida e monitoramento de barragens (barragens da CHESF no Nordeste). Desde 2008 é pesquisadora em geociências na Gerência de

Recursos Minerais (Geremi) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Superintendência Regional de Recife (SUREG-RE), lotada no Núcleo de Apoio de Natal. Possui Mestrado em Geoquímica, na região da Mineração Bonfim (RN).

**Ticiano José Saraiva dos Santos** possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1988), mestrado em Geologia Regional pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1993) e doutorado em Geologia regional pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1999). Atualmente é professor Associado (MS-5) RDIDP do Instituto de Geociências da UNICAMP, atuando principalmente nos seguintes temas: geologia estrutural, evolução crustal de faixas móveis neoproterozoicas da Província Borborema.

**Alinne Jéssica Dantas de Araújo** é Técnica em Geologia e Mineração, formada no ano de 2010 no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Graduada em Geologia na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, no ano de 2016, onde também fez especialização com enfoque na área de Geotectônica com linha de pesquisa em Geologia e Geofísica do Petróleo. Em 2018 concluiu o mestrado em Geologia com área de concentração em Geologia Regional e Econômica. E atuou como professora substituta de Geologia, no IFPB, nos anos de 2019 a 2021. Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG/UFRN).

**Bárbara Ferreira Rapozo** é graduada em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN; 2017). Mestre e doutoranda em Geodinâmica e Geofísica pelo Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG/UFRN; 2020). Possui interesse e atuou nas linhas de pesquisa de Estratigrafia, Geologia Estrutural, Tectônica de Bacias Sedimentares, com ênfase em bacias do tipo rifte, interpretação sísmica e análise de atributos sísmicos.

# Apresentação

O Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos (SNET), promovido pela Sociedade Brasileira de Geologia, é o mais tradicional fórum de divulgação e discussão de temas relacionados à Geologia Estrutural e à Tectônica no Brasil e será novamente sediado em Natal (RN), depois de 15 anos, agora em sua 18ª edição.

A primeira edição do SNET foi realizada em Salvador (BA), em setembro de 1987, iniciando a trajetória de estimular a produção e o intercâmbio de ideias e resultados desse tema de investigações no segmento crustal brasileiro, incluindo o domínio oceânico. Desde então, o evento tem se consolidado no calendário da Geociência nacional, o que reforça a sua importância atraindo, cada vez mais, pesquisadores sêniores e jovens, ávidos a discutir assuntos como a evolução tectônica de cinturões orogênicos, mecanismos de deformação, evolução das bacias sedimentares, a importância da geologia estrutural na prospecção de bens minerais, dentre outros.

As temáticas do SNET buscam abranger todos os subtemas relacionados à Geologia Estrutural e à Tectônica, proporcionando o avanço da pesquisa no conhecimento do arcabouço tectonoestrutural, a evolução e eventos tectônicos na Placa Sul-Americana, possibilitando o melhor direcionamento em pesquisa e prospecção de recursos minerais e energéticos, em políticas de ocupação territorial e construção de obras públicas em áreas de risco condicionadas por estruturas geológicas e na divulgação dos avanços no conhecimento científico.

Pela primeira vez, o XVIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos & XII International Symposium on Tectonics serão realizados de forma totalmente remota, em razão das medidas restritivas relacionadas à pandemia do COVID-19. O XVIII SNET/XII IST possuem como objetivo a atualização das pesquisas, em diferentes escalas, sobre os temas afins ao evento, dando continuidade ao intercâmbio de ideias no âmbito da tectônica, processos e modelos tectonoestruturais relacionados à evolução dos diversos terrenos da Placa Sul-Americana, bem como a sua importância na distribuição e controle estrutural de recursos minerais e energéticos.

# Comissão Organizadora

## Presidente de Honra

Emanuel Ferraz Jardim de Sá (UFRN)

## Presidente

Alex Francisco Antunes (UFRN)

## Vice-Presidente

Fernando César Alves da Silva (UFRN)

## Tesouraria

João Marinho de Moraes Neto (Petrobras e SBG Sede)

Ludmila Bernardo Farias Pereira (SGB/CPRM e SBG Núcleo NE)

Maria da Guia Lima (SGB/CPRM)

## Programação Técnico-Científica

Fernando César Alves da Silva (UFRN)

Francisco Hilário Rego Bezerra (UFRN)

## Programação de Conferências e Palestras

Elton Luiz Dantas (UnB)

Mário Neto Cavalcanti de Araújo (Petrobras)

## Programação de Minicursos

Alinne Jéssica Dantas de Araújo (UFRN)

Bárbara Ferreira Rapozo (UFRN)

Ticiano José Saraiva dos Santos (Unicamp)

## Subcomissão Estudantil

Alinne Jéssica Dantas de Araújo (UFRN)

Bárbara Ferreira Rapozo (UFRN)

# Comitê Técnico-Científico

Ambrosina Helena Ferreira Gontijo Pascutti (UFRRJ)

Anderson Moraes (Petrobras)

Anna Eliza Svartmam Dias (Petrobras)

Eduardo Salamuni (UFPR)

Liliane Rabelo Cruz (Petrobras)

Luís Gustavo Ferreira Viegas (UnB)

Marco Antônio Thoaldo Romeiro (Petrobras)

Monica da Costa Pereira Lavalle Heilbrom (UERJ)

Renata da Silva Schmitt (UFRJ)

Renato Marcos Darros de Matos (Níon Energia)

Roberta Mary Vidotti (UNB)

Roberto Vizeu Lima Pinheiro (UFPA)

Simone Cerqueira Pereira Cruz (UFBA)

Tiago Siqueira de Miranda (UFPE)

Vladimir Cruz de Medeiros (SGB/CPRM)

Webster Ueipass Mohriak (UERJ)



# *In Memoriam*

## **Professor Dr. Peter Christian Hackspacher**

O Professor Dr. Peter Christian Hackspacher obteve seu doutorado em 1979, na Universidade Técnica de Clausthal (Alemanha). Em 1985 fez seu Pós-Doutorado na Universität Göttingen, UNGÖ, Alemanha e em 1994 obteve o título de Livre-Docência pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP de Rio Claro/SP.

Iniciou sua carreira na academia em 1979, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, onde permaneceu até 1986 e colaborou ativamente na implantação do Curso de Geologia, ministrando disciplinas como Análise Estrutural, Geologia de Campo e Fotogeologia, entre outras. Foi pioneiro na iniciativa de criar, no Nordeste do Brasil, um periódico de divulgação das Geociências, intitulada “Boletim CCE – UFRN – Departamento de Geologia”, publicada pela UFRN durante vários anos. Transferiu-se para a UNESP em 1986, nela continuando a ministrar disciplinas de sua especialidade, formando vários mestres e doutores, aí incluídos ex-alunos da UFRN. Tanto na UFRN como na UNESP, ocupou cargos administrativos como coordenador de cursos e chefia de departamento, além de participar em várias comissões e congregações.

Suas pesquisas dedicadas à Geologia Estrutural e Tectônica contribuíram para a evolução do conhecimento da Província Borborema. Na última década, dedicava-se à Termocronologia de baixa-temperatura aplicando-a, por exemplo, na reconstrução cinemática da margem continental do Sudeste brasileiro e, mais recentemente, na análise e caracterização de gases nobres em amostragens PVT - aplicações para análise em Sistemas Petrolíferos.

O Prof. Peter participou da realização de diversos encontros científicos sendo um dos pioneiros do Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos e 15th International Conference on Thermochronology (2016).

Sua partida prematura (2021) deixará uma lacuna nas discussões bem humoradas nos diversos eventos geocientíficos, particularmente nos SNET's, onde tinha presença assídua.

A Comissão Organizadora do XVIII SNET/12th IST registra aqui seu profundo pesar em razão da partida prematura do Prof. Dr. Peter Christian Hackspacher. Sua ausência será certamente sentida em nosso evento.

# Índice

Sobre os Organizadores.....	i
Apresentação.....	iii
Comissão Organizadora.....	iv
Comitê Técnico-Científico.....	v
<i>In Memoriam</i> .....	vi

## Sessão Especial

### Evolução Tectônica da Margem Equatorial Atlântica

Influência do Lineamento Transbrasiliano na Margem Equatorial: Input da Modelagem Estrutural Analógica. Ricardo de Souza Rodrigues, Fernando César Alves da Silva.....	13
Mecanismo de Alojamento Crustal da Província Alcalina de Fortaleza, Ceará, Brasil. Felipe da Silva Aires, Afonso Rodrigues de Almeida, Mateus Andrade Farias, Samuel Belo Coelho de Oliveira, Davi Henrick Veras Diógenes, Danuzio Brito Silva Costa Almeida Junior, Pedro Henrique Fernandes Rodrigues.....	14
O Relevo Atual Onshore e Offshore da Margem Equatorial Brasileira. Uma História Evolutiva Complexa de Superposição de Elementos Condicionadores do Seu Entalhe. Luciana Mendes Cavalcante, Mário Neto Cavalcanti Araújo, Élvio Matos Bulhões, Renata da Silva Schmitt.....	15
Redefinição dos Limites Geográficos das Bacias da Margem Equatorial Brasileira. Elvio Matos Bulhões.....	16

## Sessão Temática

### Tectônica de Cinturões Móveis e Áreas Cratônicas

Adamastor Schismogenesis: Contradictory or Complementary Tectonic Models? Giuseppe Betino de Toni, Maria de Fátima Bitencourt, Luana Moreira Florisbal, Amós Martini.....	17
Análise Tectono-Estrutural dos Lineamentos do Complexo Granjeiro, Província Borborema, CE, Brasil. Felipe da Silva Aires, Samuel Gomes Fernandes Calvalcante, Mateus Andrade Farias, Haroldo Monteiro Lima, Danuzio Brito Silva Costa Almeida Junior, Davi Henrick Veras Diógenes, Samuel Belo Coelho de Oliveira.....	18
Arcabouço Estrutural e Metamorfismo na Transição Faixa Araçuaí-Núcleo Cristalino ao Longo do Setor Setentrional do Orógeno Araçuaí: um Estudo a Partir de Sensoriamento Remoto e Petrografia. Alice Maria Loureiro Dias, Eliza Inez Nunes Peixoto, Caio Henrique da Silva.....	19
Considerações de Transporte e Alojamento do Complexo Granítico Esperança, Terreno Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal. Maria Angélica Fonseca Sampaio, Ignez de Pinho Guimarães.....	20

<b>Did an Orogenic Plateau Form in the Borborema Province During the Brasiliano Orogeny?</b> Sergio Pacheco Neves, Cristiane Marques de Lima Teixeira, Valdielly Larisse Silva, Olivier Bruguier.....	21
<b>Evolução Tectono-Metamórfica Policíclica do Complexo Juiz de fora na Região de Pedra Dourada (MG): Aspectos de Campo, Petrografia, Litogeoquímica, Geocronologia U-Pb em Zircão e Isótopos de Sm-Nd e Sr.</b> Sandro Mauri, Monica Heilbron, Henrique Bruno, Rodson de Abreu Marques, Carla Neto, Cláudio de Morisson Valeriano, Matheus Alves Silva, Samuel Bersan, Luiz Felipe Romero, Mauro Cesar Geraldos.....	22
<b>Folding and Refolding Patterns in the Porto Belo Complex and the Record of a Transpressive Regime in the Dom Feliciano Belt Northern Segment, Southern Brazil.</b> Franciele Gonçalves Andres, Maria de Fátima Bitencourt, Luana Moreira Florisbal.....	23
<b>Inferências Regionais Obtidas a Partir do Estudo de Cristais de Zircão do Anatexito Sucuru: Implicações para a Reconstrução Geológica do Terreno Alto Moxotó da Província Borborema, entre 2,6 e 2,0 Ga.</b> Mariana Sousa da Paixão, Haroldo Monteiro Lima, Lauro César Montefalco de Lira Santos, Glenda Lira Santos, José Ferreira de Araújo Neto.....	24
<b>Inliers Paleoproterozoicos Retrabalhados dentro do Sistema Orogênico Araçuaí-Ribeira: Correlações Preliminares entre os Complexos Juiz de Fora, Caparaó e Serra do Valentim - Região Sudoeste do Estado do Espírito Santo.</b> Sandro Mauri, Breno Soares Sena, Ariadne Marra de Souza, Lavynia Malaquias Peçanha, Matheus Alves Silva, Rodson de Abreu Marques, Henrique Bruno, Monica Heilbron, Cláudio de Morisson Valeriano, Samuel Bersan.....	25
<b>Monazite Geochronology of Ortho- and Paragneiss from the Arroio dos Ratos Complex, Southernmost Brazil: New Timing Constraints for the Neoproterozoic Reworking of the Dom Feliciano Belt Paleoproterozoic Basement.</b> Stéphanie Carvalho da Silva, Maria de Fátima Bitencourt, Giuseppe Betino de Toni, Matheus Ariel Battisti.....	26

## Sessão Temática

### Tectônica de Bacias Sedimentares

<b>Controle da Herança Estrutural nas Falhas Transformantes e Zonas de Fraturas Oceânicas na Margem Continental do Nordeste Brasileiro Durante a Abertura do Atlântico Sul.</b> David Lino Vasconcelos.....	27
<b>Controle Tectônico do Magmatismo Alcalino Eocênico no Embasamento Onshore das Bacias de Campos e Santos.</b> Maria José Resende Oliveira, Renata da Silva Schmitt, Mário Neto Cavalcanti de Araújo, Leonardo Campos Inocêncio, Isabela de Oliveira Carmo, Sérgio de Castro Valente, Vitor Lamy Mesiano Savastano.....	28
<b>Diatremas da Formação Hilário nas Minas do Seival, Bacia do Camaquã, Sul do Brasil.</b> Giuseppe Betino de Toni, Arceolinda L. S. Monteiro, Núria de Fátima M. de Assis, Ludira P. J. Syangeve, Edna J. F. Tungo, Rodrigo W. Lopes, Francisco M. W. Tognoli.....	29
<b>Geometrias Vulcânicas Indicadoras de Tectonismo Neoptiano-Albiano na Sub-Bacia de Sergipe - Águas Profundas.</b> Mariana Meirelles Lima da Silva, Delzio Lima Machado Junior, Fabio Soares de Mendonça.....	30
<b>Influência da Estrutura Reológica Litosférica e Ação de Processos Superficiais na Preservação de Escarpas Costeiras em Margens Rifteadas.</b> João Pedro Macedo Silva, Victor Sacek, Rafael Monteiro da Silva.....	31

<b>Interação de Segmentos de Rifte e Ruptura Continental Albiana da Margem Sudeste do Brasil.</b> Mario Neto Cavalcanti de Araújo, Caesar Augusto Rigoti, Marco Antônio Thoaldo Romeiro.....	32
<b>Magmatism and Rifting in the Sergipe-Alagoas Basin.</b> Delzio de Lima Machado Junior, Mariana Meirelles Lima da Silva.....	33
<b>O Regime Transtensional Jaibaras, Ceará, Brasil.</b> Davi Henrick Veras Diógenes, Afonso Rodrigues de Almeida, Samuel Belo Coelho de Oliveira, Felipe da Silva Aires, Danuzio Brito Silva Costa Almeida Junior, Mateus Andrade Farias.....	34
<b>The Effects of Base-Salt Relief on Salt Tectonics: Results from Analog Modeling.</b> Carla Hemillay de Oliveira Santos, Leonardo Muniz Pichel, Fernando César Alves da Silva.....	35

## Sessão Temática

### Neotectônica, Morfotectônica e Sismicidade

<b>Análise dos Aspectos Morfoestruturais e do Campo Magnético na Bacia Hidrográfica do Rio Sarapuí, Região de Sorocaba-SP.</b> João Braz Custódio de Oliveira, Vinicius Hector Abud Louro, Emerson Martins Arruda.....	36
<b>Caracterização Estrutural e Aeromagnética do Enxame de Diques no Sudeste do Brasil: Evidências para Reativação Cenozoica do Lineamento Guapiara, Arco Ponta Grossa.</b> Jessica Miranda dos Santos, Eduardo Salamuni, Norberto Morales, Luís Gustavo de Castro, Iata Anderson de Souza, Clauzionor Lima da Silva, Viviane Barbosa Gimenez.....	37
<b>Considerações Preliminares sobre a Influência Neotectônica na Origem e Evolução da Planície Costeira de Icapuí (CE), Nordeste do Brasil.</b> Cláudio Ângelo da Silva Neto, Narjara Maria Araújo Carneiro, Antônio Daniel da Silva Silveira, Daniel Rodrigues do Nascimento Junior, Cynthia Romariz Duarte.....	38
<b>Experimental Investigation on the Frictional Properties Controlling Slip Localization within the Cambro-Ordovician Rocks of the Moine Thrust Zone, Scotland: the Effects of Dynamic Weakening.</b> Aimee Guida Barroso, Robert E. Holdsworth, Edward D. Dempsey, Stefan Nielsen, Nicola de Paola.....	39
<b>Knickpoint Ranks, Método Quantitativo para Redução da Camuflagem de Dados Morfoestruturais.</b> William Rudolf Lopes Peyerl.....	40
<b>Morphotectonics in Intraplate Setting: the Planalto Paulistano Plateau Case – Southeastern Brazil.</b> Marcos Roberto Pinheiro, Paola Cianfarra.....	41
<b>Neotectônica e Águas Minerais em Paraíba do Sul (RJ).</b> Miguel Tupinambá, Rodrigo Batista, Lucas Furtado.....	42
<b>Reativações Tectônicas Cenozoicas e Implicações na Paisagem - Arco de Ponta Grossa.</b> Jessica Miranda dos Santos, Pedro Val, Eduardo Salamuni, Norberto Morales, Clauzionor Lima da Silva, Iata Anderson de Souza, Emerson Sanches.....	43

<b>Análise de Atributos de Falhas (Rejeito vs Comprimento) e Implicações para Zonas de Falhas em Rochas Siliciclásticas, Bacia Rio do Peixe, NE do Brasil.</b> Isabela Carvalho Vaz, Francisco C.C. Nogueira, David L. Vasconcelos, Jorge A.B. Souza.....	44
<b>Análise Estrutural da Região entre as Bacias do Parnaíba e do Araripe – Investigando Conexões Geológicas.</b> Úrsula Riente, Renata da Silva Schmitt, Alessandro Ferraz Palmeira, André Pereira de Assis, Maria Filipa Perez da Gama, Jonathan Santos Mattos.....	45
<b>Aspectos Estruturais dos Diques do Enxame de Diques Florianópolis do Maciço da Pinheira, Palhoça (SC).</b> Edison Ramos Tomazzoli, Jean de Bona Veronêz, Gabriel Campos dos Passos.....	46
<b>Caracterização e Modelagem Petrofísica de uma Zona de Dano com Interação de Falhas, Bacia Rio do Peixe, NE, Brasil.</b> Luiza Cavalcante Vinhas Lucas, Paulo Jedean da Silva Araújo, Maria Eduarda da Silva, Gabriel de Brito Honório, David Lino Vasconcelos, Jorge André Braz de Souza, Francisco Cezar da Costa Nogueira.....	47
<b>Caracterização Estrutural e Distribuição Espacial de Bandas de Deformação em uma Zona de Dano com Interação de Falhas, Bacia Rio do Peixe, NE do Brasil.</b> Luiza Cavalcante Vinhas Lucas, Maria Eduarda da Silva, Paulo Jedean da Silva Araújo, David Lino Vasconcelos, Francisco Cezar da Costa Nogueira, Gabriel de Brito Honório, Jorge André Braz de Souza.....	48
<b>Estudo Topológico Aplicado aos Parâmetros Petrofísicos em Zona de Alta Deformação em Arenitos Porosos na Bacia Rio do Peixe, Brasil.</b> Gabriel de Brito Honório, Eli Cristina Lourenço Barbosa, David Lino Vasconcelos, Francisco César Costa Nogueira, Jorge André Braz de Souza.....	49
<b>Geometria de Falha Controlando o Desenvolvimento de Zonas de Falha: Percepções da Bacia do Rio do Peixe, NE Brasil.</b> David Lino Vasconcelos, Luiza Cavalcante Vinha Lucas, Maria Eduarda da Silva, Francisco César Costa Nogueira, Jorge André Braz de Souza.....	50
<b>Influência de uma Zona de Falha na Conectividade de Bandas de Deformação.</b> Gabriel de Brito Honório, Luiza Cavalcante Vinhas Lucas, Paulo Jedean da Silva Araújo, David Lino Vasconcelos, Francisco César Costa Nogueira, Jorge André Braz de Souza.....	51
<b>Magmatic S-C Structures Related to Transtensional Environment Recorded in Syenites from the Arroio do Silva Pluton, Southernmost Brazil.</b> Dionatan Ferri Padilha, João Antônio Silva Fontoura, Maria de Fátima Bitencourt.....	52
<b>Petrografia e Estruturação das Rochas Metagraníticas do Stock Serra do Jatobá, Terreno Alto Pajeú, Província Borborema.</b> Mariana Sousa da Paixão, Lauro César Montefalco de Lira Santos.....	53
<b>Riedel Shear Bands Associated to Soft-Sediment Deformation within Mass-Transport Deposits.</b> Mérolyn Camila Naves de Lima Rodrigues, Barbara Trzaskos.....	54
<b>Structural Characterization and Correlation of Peraluminous Rocks in the Arroio dos Ratos Complex.</b> Lucas Perroud Pezat, Stephanie Carvalho da Silva, Maria de Fátima Bitencourt.....	55
<b>Structural Control and Magma Emplacement Through Ductile Shear-Zones: Expectations and Reality Concerning Microstructural Analysis, Case Study of the Alto Maranhão Suite,</b>	



<b>Mineiro Belt.</b> Isabela Nahas, Wilker Soares-Silva, Luis Gustavo Viegas, Leonardo Gonçalves, Cristiane C. Gonçalves.....	56
<b>Stylolites Morphology as a Factor for the Guia Formation Petroleum System.</b> Kauê Seoane, Fabio Henrique Garcia Domingos, Alexandre Castelo Branco, Jhon Afonso, Luciano Castro, Joelson Soares.....	57
<b>Tectono-Metamorphic and Magmatic Characterization in the Bouzouga Region (Marrakech High Atlas, Morocco).</b> Hadani Mohamed, Rui Dias, Maria do Rosario Azevedo.....	58
<b>Upward and Horizontal Magma Flow Recorded By the Anisotropy of Magnetic Susceptibility of Tonalites from the Alto Maranhão Suite, Mineiro Belt.</b> Isabela Nahas, Leonardo Gonçalves, Luis Gustavo Viegas, Cristiane C. Gonçalves, Maria Irene Raposo.....	59

## Sessão Temática

### Modelagem e Métodos Numéricos em Geologia Estrutural e Tectônica

<b>A Influência da Estratigrafia Mecânica no Desenvolvimento de Dobras de Propagação de Falha.</b> Marcela Lopes Zanon, Caroline Janette Souza Gomes, Fernando César Alves da Silva, Marília Barbosa Venâncio, Carla Hemillay de Oliveira Santos.....	60
<b>A Influência dos Cristais de Mica no Desenvolvimento de Dobras-Falhas em Modelos Analógicos.</b> Marcela Lopes Zanon, Caroline Janette Souza Gomes, Fernando César Alves da Silva, Marília Barbosa Venâncio, Carla Hemillay de Oliveira Santos.....	61
<b>Initiation and Coalescence of First-Generation Fractures into Riedel Shears.</b> Marília Barbosa Venâncio, Fernando César Alves da Silva.....	62
<b>Localized Versus Distributed Deformation Throughout a Strike-Slip Shear Zone: a Comparison Based on Analog Models.</b> Marília Barbosa Venâncio, Fernando César Alves da Silva.....	63
<b>Modelagem Numérica da Deformação Tectônica Rúptil em Arenitos Pouco Consolidados.</b> Marcus Vinicius Fonseca Santini Tavares, Anderson Moraes, Emílio Velloso Barroso, Aline Theophilo Silva.....	64
<b>Modelagem Numérica da Tectônica Cenozoica na Região de Icapuí-CE (Noroeste da Bacia Potiguar).</b> Leandro Neves Araújo, Claudio Limeira Mello, Anderson Moraes, Aline Theophilo Silva.....	65
<b>Modelagem Numérica do Evento Tectônico Formador das Bacias de Resende e de Volta Redonda, Segmento Central do Rift Continental do Sudeste do Brasil.</b> Leonardo Cesar dos Santos, Claudio Limeira Mello, Anderson Moraes, Leandro Neves Araújo.....	66
<b>Modelagem Numérica do Fluxo Astenosférico ao Redor de Quilhas Cratônicas.</b> Edgar Bueno dos Santos, Victor Sacek.....	67
<b>Numerical Modeling of Damage Zones Resulting from the Interaction between Geologic Faults.</b> Karoline Nunes Oliveira, Roberto Quevedo, Deane Roehl, Bruno R.B.M. Carvalho.....	68
<b>Simulação Análoga de Distensão Oblíqua e Interação de Sistemas Falhas Normais na Definição da Arquitetura Intrabacinal de Margens Rifteadas. Aplicação nas Bacias de Campos e Santos.</b> Mário Neto Cavalcanti de Araújo, Fernanda Silva Lourenço, Ivan Soares Loutfi.....	69

Simulação Numérica de Processos Tectônicos Extensionais Usando o Método do Ponto Material (MPM) e o Método dos Elementos Discretos (DEM). Fabricio Fernández, Douglas Pinto, Eurípedes Vargas Jr, Raquel Quadros Velloso, Bruno Raphael Barbosa Melo de Carvalho.....	70
Tratos de Sistemas Tectônicos: Aplicação em Modelos de Caixa de Areia. Ricardo de Souza Rodrigues, Fernando César Alves da Silva, Valéria Centurion Córdoba.....	71
Unraveling the Deformation Parameters of the Orós Shear Zone Through a Mathematical Approach, Borborema Province (NE Brazil). Kauê Seoane, Carlos Archanjo, Carlos Ávila.....	72

## Sessão Temática

### Ensino em Geologia Estrutural e Tectônica

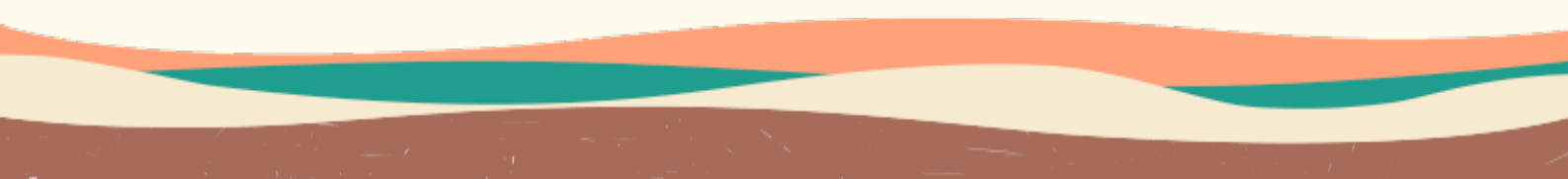
Analog Modeling to Assist in Salt Tectonics Interpretation. Carla Hemillay de Oliveira Santos, Fernando César Alves da Silva.....	73
Impacto do Ensino Remoto no Rendimento dos Discente da Disciplina de Geologia Estrutural na Universidade Federal do Ceará. Davi Henrick Veras Diógenes, Sebastian Gonzalez Chiozza, Roberto de Azevedo Ferreira Gomes, Felipe da Silva Aires.....	74
Índice Remissivo de Autores.....	75

**Sessão Especial**

# **Evolução Tectônica da Margem Equatorial Atlântica**

**Coordenadores:**

Marco Antônio Thoaldo Romeiro (Petrobras)  
Renato Marcos Darros de Matos (Níon Energia)



## Influência do Lineamento Transbrasiliano na Margem Equatorial: Input da Modelagem Estrutural Analógica

Ricardo de Souza Rodrigues<sup>1</sup>, Fernando César Alves da Silva<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Norte

O Lineamento Transbrasiliano (LTB), importante feição estrutural NE-SW originada no Neoproterozoico, secciona toda a Plataforma Sul-americana. É interpretado como uma extensa zona de cisalhamento dúctil transcontinental, com diversas reativações frágeis pós-cambriano. Poucas pesquisas descrevem o papel dessa descontinuidade na formação e evolução da margem equatorial brasileira (MEq) durante o Aptiano ao Albiano. Utilizamos a modelagem física para analisarmos o papel desempenhado pelo LTB durante a formação da margem supracitada. Dois tipos de experimentos foram feitos para simular a abertura da MEq, um com a presença de uma descontinuidade representando o LTB (M1) e outro sem essa descontinuidade (M2). Areia quartzosa natural e tingida artificialmente foram empregadas para simular a crosta superior, e silicone de alta viscosidade representando a crosta inferior. Em M1, os primeiros registros deformacionais foram falhas oblíquas (dextrais-normais) NW-SE, que delimitam semigrabens. No M2, falhas com a mesma cinemática e orientação das observados no M1 se formaram, todavia, delimitando três grabens isolados, com arranjo escalonado. Com progressão da deformação, em M1, as falhas preexistentes aumentam seus rejeitos e novas falhas oblíquas NW-SE nuclearam-se ao longo das margens flexurais dos semigrabens formando grabens assimétricos escalonados. Raras bacias pull apart se desenvolveram nesse estágio. A reativação do LTB, a partir de

2,3% de distensão, levou a mudança importante na arquitetura estrutural da região, originando dois domínios estruturais distintos, um distensional a oeste, onde ocorrem falhas normais dextrais (NE-SW), e outro compressional/transpressional, a leste, representado por falhas reversas dextrais NE-SW. Sob o mesmo regime deformacional, o experimento M2 exibiu extensas bacias pull apart, com eixo NW-SE, limitadas entre si por altos estruturais (flores positivas), ou falhas transcorrentes E-W a WNW-ESE. No decorrer do incremento deformacional final, o modelo M1 registrou a leste do LTB a geração de um denso conjunto de bacias oblíquas e pull apart, enquanto que a oeste desse lineamento houve o desenvolvimento restrito de bacias oblíquas a transtrativas bordejadas por falhas transcorrentes E-W a WNW-ESE a oblíquas (dextrais-normais). Amplos depocentros pull apart conectados, por setores transtrativos E-W, ocorreram no M2. Assim, durante a formação da MEq, o LTB atuou como expressivo limite estrutural, separando domínios cinemáticos distintos, a oeste dele o regime transcorrente a compressional predominou, a exemplo das sub-bacias de Piauí-Camocim e Icarai, e a leste, regime foi transtrativo a distensional, a exemplo das sub-bacias Mundaú e Acaraú.

Palavras-chaves: Lineamento Transbrasiliano; Margem Equatorial; Modelagem analógica estrutural.

## Mecanismo de Alojamento Crustal da Província Alcalina de Fortaleza, Ceará, Brasil

Felipe da Silva Aires<sup>1</sup>, Afonso Rodrigues de Almeida<sup>1</sup>, Mateus Andrade Farias<sup>1</sup>,  
Samuel Belo Coelho de Oliveira<sup>1</sup>, Davi Henrick Veras Diógenes<sup>1</sup>, Danuzio Brito  
Silva Costa Almeida Junior<sup>1</sup>, Pedro Henrique Fernandes Rodrigues<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal do Ceará - UFC

A Província Alcalina de Fortaleza (Guimarães, 1982) ocorre no Domínio Ceará Central (DCC) da Província Borborema, nas proximidades da cidade homônima. Os estudos prévios acerca deste magmatismo apontam correlação com a Zona de Fratura de Fernando de Noronha (ZFFN) e foi interpretada como sua extensão continental. Com idade de cerca de 28 Ma. (Rb/Sr, rocha total), seu magmatismo é marcado por um caráter bimodal, composto por fonólitos, traquitos, nefelina sienitos, limburgitos, ankaramitos, tefritos, essexitos e basanitos. Ocorrem principalmente nos municípios de Eusébio, Itaitinga, Caucaia, Fortaleza (Japarara, Pão de Açúcar, Serrote Preto, Bico Fino, Salgadinho e Caruru) e São Gonçalo do Amarante. A correlação genética entre a Província Alcalina de Fortaleza e o magmatismo Fernando de Noronha é baseada essencialmente em aspectos mineralógicos e químicos, visto que suas idades são diferentes. Sua relação com a ZFFN foi proposta por Almeida (1955) que tomou como base o alinhamento E-W dos "seamounts" que compõem a ZFFN e o Serrote Caruru. Werneck (2018) corrobora esta ideia, entretanto, a análise geográfica dos corpos intrusivos alcalinos mostra que eles estão perfeitamente alinhados segundo a direção NNW/SSE. De forma similar, destaca-se no Estado do Rio Grande do Norte o alinhamento Macau-

Queimadas, conhecido como Magmatismo Macau, com direção N-S ( $\sigma_1$ ) e extensão crustal E-W ( $\sigma_3$ ), com idades entre 7,1 e 45Ma. Outrossim, ao longo do oceano Atlântico temos arquipélagos com alinhamentos vulcânicos também direcionados em N-S (e.g. Vulcão Cumbre Vieja nas Ilhas Canárias, etc.). Day et al. (1999) sugerem que o mecanismo tectônico gerador desse vulcanismo não está associado com as falhas transformantes, mas ao mecanismo N-S que gerou a cadeia meso-atlântica, formando as fraturas extensionais de mesma direção. Aqui interpretamos de forma similar, a geração e alojamento crustal do magmatismo litorâneo de direção N-S ou aproximadamente N-S que ocorre no Nordeste brasileiro, ou seja, acreditamos que os corpos magmáticos de direção N-S foram produzidos por e alojados em fraturas extensionais escalonadas de direção N-S resultantes da atuação de tensores principais máximos  $\sigma_1$  de direção N-S, tensores estes também responsáveis pela geração e alojamento dos magmas que compõem a cadeia meso-atlântica. O descarte da falha transformante como responsável pelo magmatismo se deve à sua natureza direcional, por vezes compressiva, sendo pouco possível a geração de um ambiente extensional.



## O Relevo Atual Onshore e Offshore da Margem Equatorial Brasileira. Uma História Evolutiva Complexa de Superposição de Elementos Condicionadores do Seu Entalhe

Luciana Mendes Cavalcante<sup>1</sup>, Mário Neto Cavalcanti Araújo<sup>1</sup>, Élvio Matos Bulhões<sup>1</sup>, Renata da Silva Schmitt<sup>2</sup>

(1) PETROBRAS  
(2) IGEO/UFRJ

A revisita à cartografia dos elementos componentes do relevo atual da Margem Equatorial Brasileira indica que a distribuição das morfologias do terreno remonta a componentes evolutivos fortemente relacionados à longa história de formação e deformação desse setor do Oceano Atlântico. Análises de lineamentos identificados em mapas diversos em regiões onshore e offshore (gravimétricos, estruturais, de isópacas) e estudos morfométricos de relevo de áreas-chaves posicionadas em setores associados a sítios transtrativos e transcorrentes durante o rifteamento cretáceo, resultaram na identificação de feições morfotectônicas bimodais distribuídas em dois domínios distintos. O comportamento bimodal é caracterizado por relevo gradual tipo plataforma e talude e segmentos de relevo abrupto, orientados NW e ENE, geograficamente localizados onde imperaram segmentos transtrativos e transcorrentes durante o rifteamento cretáceo. Esse sintoma é usado como suporte à interpretação de que o entalhe atual do relevo continental e oceânico da Margem Equatorial pode ser explicado pela interação complexa entre estruturas herdadas da evolução Pré-Cambriana,

amplificada por modificações sin e pós-rifteamento. A conjugação entre estruturas relacionadas ao rifteamento cretáceo, juntamente com produtos de reativações pós-breakup albo-cenomaniano atuantes até o presente (observando também a sismicidade presente na área), geram importantes modificações na rede de drenagem, como capturas e bloqueios de segmentos de rios, bem como sendo em grande parte responsáveis pelo desenvolvimento do sistema de colinas e pela distribuição dos sedimentos quaternários presentes na área, controlando inclusive, a forma do litoral. A abordagem cartográfica preliminar das principais formas de relevo e suas associações com estruturas herdadas do grão pré-cambriano, bem como aquelas impressas pela instalação da Margem Equatorial Brasileira em seus estágios de rifteamento e expansão do assoalho oceânico, nos leva ao entendimento de que o relevo atual nessa região da margem continental brasileira é bem mais complexo que aqueles definidos pelos gradientes pós-rifte controlados por respostas flexurais da litosfera, induzidas por seu comportamento termodinâmico.

## Redefinição dos Limites Geográficos das Bacias da Margem Equatorial Brasileira

Elvio Matos Bulhões<sup>1</sup>

(1) Petrobras

A margem equatorial brasileira, offshore, é subdividida em cinco grandes bacias, as quais são designadas de Sul para Norte como Potiguar Mar, Ceará, Barreirinhas, Pará-Maranhão e Foz do Amazonas. Seus limites atuais não fazem jus ao atual conhecimento geológico que se tem das mesmas e com esse trabalho pretende-se mostrar que seria muito mais razoável vincular os limites geográficos de cada uma destas bacias ao contexto Tectono-Deposicional na qual estão inseridas. Em 2003, a CPRM fez a revisão dos limites das bacias da margem equatorial brasileira. Na época, a base de dados da porção offshore destas bacias eram precários e utilizou-se de feições tectônicas no entorno da região litorânea e águas rasas, denominados arcos de Cayenne, Gurupá, Gurupi, Ferrer-Urbano Santos, Tutoia, Atlantic, Fortaleza e Touros, para o estabelecimento destes limites. Atualmente, o conhecimento sobre estas bacias tem evoluído bastante, devido ao grande volume de dados Gravimétricos, Magnetométricos, CSEM, sísmicas 2D e 3D e dados de poços disponíveis. Trabalhos anteriores como os de Burke 1976, Darros 1992, Giraud et al. 1992, Mohriak 2003, Soares et al. 2008 e outros e os internos da Petrobras, nos levam em direção a necessidade de se refazer os limites externos dessas bacias, assumindo como critérios para esse traçado, a direção do transporte tectônico e dos sedimentos. Giraud e Maurin 1992, adotam que a instalação dos riftes no Neocomiano intercontinental desde o Sul do Platô de Demerara (PD) até os riftes do W Africano,

se deram num regime Transcorrente Destral (TD). A evolução dos conhecimentos destas bacias em direção a águas ultra profundas, mostram que desde o Neocomiano até o recente, estas bacias foram controladas por TD com transporte tectônico E-W e que todos os sedimentos que chegavam a estas bacias, eram condicionados a se distribuírem também de W para E entre as grandes falhas transcorrentes intracontinentais que, posteriormente, no momento drift, após instalação da crosta oceânica, se transformaram em Zonas de Fraturas (ZF) com caráter TD. A análise dos dados supracitados e bibliográfica não deixam dúvidas quanto a distribuição geográfica que estas bacias devam ter, e sendo assim, adota-se hoje o termo gaveta (G), entre as principais zonas de fraturas, para nos referirmos as bacias da margem equatorial brasileira. A G Ceará/Potiguar Mar limitada a sul pela ZF que passa imediatamente a norte do alto de Touros e a norte pela ZF Romanche, a G Pará Maranhão/Barreirinhas limitada a sul pela ZF Romanche e a norte pela ZF Saint Paul, perna sul, e a G Foz/Pará Maranhão com limite sul na ZF Saint Paul, perna sul, até FZ da Guiné imediatamente a Norte do PD. Subdivisões internas à estas gavetas são factíveis, principalmente quando se adotam critérios como aumento de depocentro e ou magmatismo intenso, mas notadamente, essas subdivisões sempre podem ser associadas a ZF internas às gavetas, como visto principalmente em dados de Grav. e sísmica.

**Sessão Temática**

# **Tectônica de Cinturões Móveis e Áreas Cratônicas**

**Coordenadores:**

Mônica da Costa Pereira Lavalle Heilbrom (UERJ)

Vladimir Cruz de Medeiros (SGB/CPRM)



## Adamastor Schismogenesis: Contradictory or Complementary Tectonic Models?

Giuseppe Betino de Toni<sup>1</sup>, Maria de Fátima Bitencourt<sup>2</sup>, Luana Moreira Florisbal<sup>3</sup>, Amós Martini<sup>4</sup>

(1) Unipampa

(2) Programa de Pós-graduação em Geociências – UFRGS

(3) Programa de Pós-graduação em Geologia – UFSC

(4) UFVJM

Recent debate regarding the evolution of West Gondwana has led to a polarization or symmetric schismogenesis between accretionary and intracontinental tectonic models. On one side, there are multiple-subduction models, on the other, models which do not consider subduction preceding continental collision but rather the inversion of an aulacogen.

Schismogenesis was defined by Gregory Bateson (1958) as the process of cumulative changing of behaviour while two individuals or groups (A and B) interact through time. Symmetric schismogenesis occurs when both A and B display assertive behaviour, with interaction through time leading to a conflict escalation. This is observed during peer competitions, political disputes and wars. The dichotomy between multi-accretionary and intracontinental models typifies an example of symmetric schismogenesis as the scientific dispute between two tectonic evolution models for Western Gondwana. A critical geological data review regarding the Dom Feliciano Belt, the southern portion of the orogenic system, is here used to raise major questions concerning such debate, and it aims to attenuate the ongoing schismogenesis: i) the interpretation of hinterland batholiths as magmatic arcs or post-collisional magmatism; ii) the existence of two, one or none ocean in the pre-collisional configuration of the orogen; and iii) the consequent interpretation of major tectonic boundaries of the belt either as suture or intracontinental shear zones. As one hypothesis, the relation between

active margin and back-arc rifting during pre-collisional times, as a response to eastwards subduction angle variation of the Charrua Ocean with time, below Nico Perez/Luis Alves plate(s), may offer a middle path to solve this false dichotomy. This could have been the cause of: i) arc magmatism migration towards the inner portions of the plate at ca. 800 Ma due to flat-slab subduction, coeval with obduction at plate margins; and ii) arc magmatism migration back to the plate margins at ca. 750 Ma due to subduction steepening; added to iii) Adamastor back-arc rifting, which locally evolved to small ocean basins. The collision between the Rio de La Plata Craton and Nico Perez/Luis Alves blocks after the final consumption of the Charrua Ocean led to the back-arc rift inversion, with hinterland HT/LP metamorphic rocks thrust over correlated low- to medium-grade foreland fold and thrust belt at 650 Ma. The juxtaposition of both tectonic domains was followed by Ediacaran strike-slip deformation, abundant syntectonic post-collisional magmatism along major intracontinental shear zones and the opening of volcano-sedimentary basins, which blurred their original arrangements and led to present-day configuration of the Dom Feliciano Belt. The unbiased rethinking of several years of research made by distinct groups is a viable way to reconcile apparently contradictory models, using an integrative approach to solve the schismogenesis and respectfully practice Science.

## Análise Tectono-Estrutural dos Lineamentos do Complexo Granjeiro, Província Borborema, CE, Brasil

Felipe da Silva Aires<sup>1</sup>, Samuel Gomes Fernandes Calvalcante<sup>1</sup>, Mateus Andrade Farias<sup>1</sup>, Haroldo Monteiro Lima<sup>2</sup>, Danuzio Brito Silva Costa Almeida Junior<sup>1</sup>, Davi Henrick Veras Diógenes<sup>1</sup>, Samuel Belo Coelho de Oliveira<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal do Ceará – UFC  
(2) Universidade Federal de Pernambuco

O Complexo Granjeiro está situado no Domínio Setentrional (Rio Grande do Norte) da Província Borborema, compreende dois blocos arqueanos espacialmente separados pela Bacia do Araripe nos estados do Ceará (CE, área de estudo) e Piauí (PI). Esse Complexo destaca-se em escala megascópica como um segmento crustal sigmoidal que acompanha o Lineamento Patos ao sul na zona de encurvamento transpressivo, com direção geral E-W na porção do Ceará e inflertindo para NE-SW na porção do Piauí. É composta sobretudo por ortognaisses tonalíticos a granodioríticos (Afinidade TTG) e uma sequência metavulcanossedimentar, interpretada como remanescente de crosta oceânica antiga. Os estágios deformacionais e as condições metamórficas em que as rochas desse terreno foram submetidas estão presentes nos afloramentos restantes, principalmente em pontos próximos das zonas de cisalhamento, evidenciada pela cinemática dextral marcada pela orientação mineral e impressão de uma foliação milonítica acentuada,

especialmente nos gnaisses. A foliação principal dessas rochas apresenta sentido preferencial NE-SW com mergulho para SE de médio a alto ângulo. As feições estruturais são predominantemente de comportamento dúctil, com a presença de indicadores cinemáticos nos porfiroblastos de feldspato com formato sigmoidal e dobras de arrasto ( $Az \sim 70$ ), ambos com movimento dextral. Devido ao alto grau de alteração nos afloramentos e a obliteração causada pela deformação, não foi possível observar todos os eventos tectônicos regionais que ocorreram na área de estudo. Contudo, o evento Brasileiro/Pan-africano é o mais expressivo, sendo facilmente identificado pela direção NE-SW tendendo para E-W dos diques de pegmatito que cortam a foliação das rochas mais antigas. Portanto, assim como a Província Borborema, a área de estudo foi extremamente afetada pelos tensores da Orogênese Brasileira/Pan-africana (ca. 630 Ma) sendo regionalmente marcada pela extensa rede de zonas de cisalhamento em escala continental da província com orientação NE-SW e E-W.



## Arcabouço Estrutural e Metamorfismo na Transição Faixa Araçuaí-Núcleo Cristalino ao Longo do Setor Setentrional do Orógeno Araçuaí: um Estudo a Partir de Sensoriamento Remoto e Petrografia

Alice Maria Loureiro Dias<sup>1</sup>, Eliza Inez Nunes Peixoto<sup>1</sup>, Caio Henrique da Silva<sup>1</sup>

(1) Universidade de Brasília

O Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental, em sua contraparte brasileira, pode ser dividido em duas porções: (i) a Faixa Araçuaí constitui o cinturão metamórfico externo do orógeno, composta por rochas de baixo a médio grau; (ii) o Núcleo Cristalino compreende o setor interno, caracterizado por granitos e rochas de alto grau metamórfico. No setor setentrional, a Faixa Araçuaí descreve uma grande curvatura antitaxial denominada Saliência do Rio Pardo. Em seu flanco leste, algumas dúvidas permanecem: (a) Como se delimita a transição entre o Cráton do São Francisco, a Faixa Araçuaí e o Núcleo Cristalino? (b) Quantos e como estão dispostos os domínios metamórficos? Através de sensoriamento remoto, compilação de mapas e trabalho de campo, apresentam-se os seguintes resultados. Os dados de sensoriamento remoto indicam que os lineamentos estruturais na região estudada seguem a direção N-S em sua parte leste, variando gradualmente para NW-SE, localmente tornando-se E-W nas porções mais setentrionais. A divisão em domínios fotogeológicos, integrados a dados de mapeamento regional, permitem a delimitação entre o embasamento do Cráton do São Francisco e o Orógeno Araçuaí. A delimitação da deformação da orogênese Brasileira é, no entanto, refinada através da compilação de trabalhos locais e regionais. Um feixe de lineamentos NW-SE com cerca de 20 km de extensão, permite delimitar a Zona de Cisalhamento de Itapebi (ZCI). Esta zona possui a cinemática reversa dextral com reativação

normal-sinistral e é a principal feição estrutural da região. Estratigraficamente, as unidades supracrustais são compostas pelo Grupo Macaúbas e pelo Complexo Jequitinhonha. Na porção mais externa, o primeiro é composto por metadiamicrito, quartzito e xistos, todos com cianita. Na porção interna do orógeno, afloram paragneisses do Complexo Jequitinhonha, comumente com sillimanita e cordierita e localmente granada. A integração dos dados permite as seguintes interpretações preliminares. Os lineamentos estruturais seguem a foliação regional principal, estruturada principalmente pela Zona de Cisalhamento de Itapebi. O zonamento metamórfico, por sua vez, segue esta mesma estruturação. Para este, duas regiões metamórficas são delimitadas: (i) a primeira, mais externa, com ocorrência de cianita e indicação de zonamento seguindo o gradiente Barroviano; (ii) a segunda, mais interna, com ocorrência de sillimanita e cordierita, além da desestabilização da granada, indicam provavelmente uma sobreposição de um metamorfismo de baixa pressão, seguindo o gradiente do metamorfismo do tipo Buchan. Assim, sugere-se que a ZCI tenha papel fundamental no zonamento. Uma possibilidade é que ela tenha sido estabelecida durante a colisão, quando foi formada com cinemática reversa-dextral sob condições de metamorfismo Barroviano. Sua reativação normal-sinistral pode ter ocorrido durante o colapso do orógeno, ao qual é associado um metamorfismo de baixa pressão, descrito em diversas outras partes do orógeno.

## Considerações de Transporte e Alojamento do Complexo Granítico Esperança, Terreno Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal

Maria Angélica Fonseca Sampaio<sup>1</sup>, Ignez de Pinho Guimarães<sup>2</sup>

(1) SGB-CPRM

(2) UFPE

O Complexo Granítico Esperança é constituído por granitos metaluminosos a fracamente peraluminosos, cálcio-alcalinos de alto-K (Puxinanã, Remígio e Serrote da Cobra) a shoshoníticos (Areal), e uma delas (Pocinhos) tem características de granitos tipo A. Geoquímica isotópica sugere uma fonte isotópica mais antiga para o Plúton Areal e outra mais jovem para as demais intrusões (Puxinanã, Remígio, Pocinhos e Serrote da Cobra) (Sampaio, 2005). Geocronologia pelo método U/Pb em zircão forneceu idades sin Brasilianas:  $581.3 \pm 7$  Ma: Plúton Puxinanã (Sampaio, 2005) e  $592 \pm 5$  Ma: Plúton Pocinhos (Archanjo & Fetter, 2003). Dois plútons (Areal e Serrote da Cobra) apresentam epidoto magmático na assembleia mineral. Estudos experimentais (Brandon et al 1996) determinaram uma equação que é capaz de estimar a velocidade de ascensão do magma pela medida da borda de corrosão do epidoto magmático:  $T = X^2 / D_{app}$ ; onde T= tempo de dissolução do epidoto, X= espessura da borda de dissolução do epidoto e  $D_{app}$ = difusibilidade do Si, Al, Ca e Fe no epidoto magmático em magmas graníticos. Esta difusibilidade ( $D_{app}$ ) foi medida em magmas tonalíticos portadores de epidoto e forneceu valores de coeficientes de difusão máximos e mínimos de  $1 \times 10^{-16}$  m<sup>2</sup> /s e  $5 \times 10^{-17}$  m<sup>2</sup> /s, para experimentos próximos ao solidus. Foi realizada uma medição da espessura máxima da borda de dissolução de um epidoto magmático de uma amostra da fácies Biotita Granodiorito do Plúton Areal (ESP-08B),

obtendo-se para um epidoto de tamanho 720  $\mu$ m ou 0,720 mm uma borda dissolvida de 80  $\mu$ m (0,080 mm) ou seja, 80 x 10<sup>-6</sup> m. Utilizando-se a equação de Brandon et al. (1996):  $T = (80 \times 10^{-6} \text{ m})^2 / (5 \times 10^{-17} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1})$ , o tempo de dissolução estimado para produzir esta espessura de dissolução foi de 1,28 x 10<sup>8</sup> s, ou seja 4,06 anos. Geotermobarometria (Schmidt, 1994; Holland & Blundy, 1994) mostrou condições de cristalização para o Plúton Areal para temperaturas entre 774° C e 780°C e pressões entre 5 e 6 Kbar, estimadas para esta mesma amostra ESP-08B, implicando em profundidades de 15 a 18 Km (cada 1 Kbar de pressão equivale a cerca de 3 Km de profundidade) para o alojamento do plúton (Sampaio, 2005). A profundidade de geração de magmas cálcioalcalinos (caso do Plúton Areal) é considerada pelos modelos petrológicos adotados ser a base da crosta inferior (10 kbar ou 30 km de profundidade) segundo Hildreth & Moorbath (1988), Sparks & Marshall (1986) e Huppert & Sparks (1988). Considera-se que o Plúton Granítico Areal se deslocou de 10 Kbar a 6 Kbar ou seja, de 30 a 18 Km de profundidade em direção vertical (12 Km de deslocamento), desde sua geração a partir da fusão do protólito com a chegada dos magmas mantélicos até seu alojamento final. Calcular a taxa de ascensão torna-se então uma simples equação  $V = E/T$ , onde  $V = 12 \text{ Km} / 4 \text{ anos}$ , ou seja, a velocidade de ascensão do Plúton Areal foi de 3 Km/ano, uma taxa muito rápida, compatível com ascensão via dique (Sampaio, 2005).

## Did an Orogenic Plateau Form in the Borborema Province During the Brasiliano Orogeny?

Sergio Pacheco Neves<sup>1</sup>, Cristiane Marques de Lima Teixeira<sup>2</sup>, Valdielly Larisse Silva<sup>1</sup>, Olivier Bruguier<sup>3</sup>

(1) Universidade Federal de Pernambuco

(2) Universidade Federal do Sul e Sudeste do

(3) Geoscience Montpellier

The Borborema Province and its African counterparts (Cameroon belt and Nigerian Shield) formed during amalgamation of West Gondwana in the Late Neoproterozoic Brasiliano/Pan-African Orogeny. The location of the Surubim Complex in the central core of this large orogenic system offers the opportunity to study tectonic processes at work in the inner regions of ancient orogens. Basement-involved thick-skinned tectonics, regional low-angle foliation related to NW-directed thrusting, transcurrent shear zones and intrusion of granitic plutons characterize the Brasiliano Orogeny in the study area. Zircon data indicate provenance of the Surubim Complex mainly from proximal sources, predominantly 2.2-2.0 Ga-old basement rocks and from Neoproterozoic extension-related granitoids. The ages of the youngest detrital zircon grains range from 690 to 650 Ma. The weighted mean age ( $647 \pm 4$  Ma) of low Th/U zircon overgrowths in one sample is tentatively interpreted as dating syn-extensional metamorphism given the small age

difference to the youngest detrital zircon population. A time lag of c. 17 Myrs, between 647 Ma and 630 Ma, suggests a temperature drop due to contractional deformation. The ages of the oldest magmatic grains from a leucosome sample and of monazite grains from a paragneiss sample, together with data from the literature, show that temperatures high enough to promote local anatexis during development of the regional low-angle foliation were reached around 630 Ma. Afterwards, zircon and monazite growth and/or recrystallization indicate that temperatures remained elevated until the transition to the transcurrent regime, at c. 590 Ma, and persisted so up to c. 563 Ma. The results outline a protracted thermal history spanning more than 60 Myrs. This evolution is comparable to the tectonothermal evolution of long-lived hot orogens, where persistence of high temperature conditions for a long time has been related to the formation of orogenic plateaus.

## **Evolução Tectono-Metamórfica Policíclica do Complexo Juiz de fora na Região de Pedra Dourada (MG): Aspectos de Campo, Petrografia, Litogeoquímica, Geocronologia U-Pb em Zircão e Isótopos de Sm-Nd e Sr**

Sandro Mauri<sup>1</sup>, Monica Heilbron<sup>1</sup>, Henrique Bruno<sup>1</sup>, Rodson de Abreu Marques<sup>2</sup>, Carla Neto<sup>1</sup>, Cláudio de Morisson Valeriano<sup>1</sup>, Matheus Alves Silva<sup>3</sup>, Samuel Bersan<sup>1</sup>, Luiz Felipe Romero<sup>1</sup>, Mauro Cesar Geraldes<sup>1</sup>

(1) UERJ

(2) UFOP

(3) UFES

O Complexo Juiz de Fora (CJF) compreende ortognaisses e ortogranulitos paleoproterozoicos com uma ampla variação composicional, interpretados como produto de um arco magmático edificado entre o Sideriano e o Orosiriano e retrabalhado durante o Neoproterozoico com desenvolvimento das orogênias Brasilianas/Pan-Africanas, aflorante como inliers em meio ao Sistema Orogênico Araçuai-Ribeira (SOAR). Este trabalho apresenta dados inéditos de geocronologia U-Pb em zircão (LA-MC-ICP-MS) combinados com isótopos de Sm-Nd e Sr, litogeoquímica, petrografia e observações de campo do CJF na região de Pedra Dourada (MG). Os dados permitem o reconhecimento de dois litotipos: ortogranulitos félsicos e ortogranulitos máficos. O ortogranulito félsico possui composição diorítica a granodiorítica, conteúdos intermediários de SiO<sub>2</sub>, moderado a alto Ba, Sr, Mg#, moderada razão (La/Yb)<sub>N</sub> e baixa razão Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O, estas características, além de compatíveis com granitoides de arco magmático, mostram afinidade com a série sanukitoide. Análises em núcleos de zircão com forte zoneamento oscilatório típico de zircões ígneos sugerem cristalização magmática em 2175 Ma, enquanto análises de Sm-Nd e Sr em rocha total informam εNd inicial entre -4,0 e +0,5, TDMs entre 2,57 e 2,12 Ga e razões iniciais de 87Sr/86Sr entre 0,6937 e 0,7137, informando assinaturas moderadamente juvenis a ligeiramente evoluídas e sugerindo uma origem em magmas oriundos de um manto híbrido extensivamente enriquecido pela assimilação de material crustal (fluidos,

sedimentos, melt) por um longo período de subducção e/ou por eventos de subducção anteriores. O ortogranulito máfico, litotipo subordinado, apresenta composição gabroica, alto enriquecimento em elementos terras raras e forte anomalia negativa de Eu, sendo classificado como um OIB (Ocean Island Basalt). Análises em núcleos de zircão com zoneamento oscilatório, típico de zircões ígneos, sugerem cristalização magmática em 2102 Ma. Os dados isotópicos (com εNd inicial igual a -5,5, TDM de 2,61 Ga e razão inicial 87Sr/86Sr igual a 0,7020) sugerem uma significativa contribuição de fontes crustais e a origem desta rocha em um ambiente de arco por meio de um slab-window. Tanto o ortogranulito félsico como o ortogranulito máfico exibem paragêneses de pico metamórfico com Opx + Cpx + Pl estáveis, parcialmente substituídas por Hbl e Bt retrógradas. O alto grau metamórfico também é sugerido por bordas sobrecrescidas ao redor de núcleos ígneos parcialmente consumidos de zircão, sendo obtida para estas bordas idades entre 581 e 605 Ma, compatíveis com a colisão do que veio à constituir o Cráton São Francisco com o arco interno cordilheirano (o Arco Serra da Bolívia) na amalgamação do Supercontinente Gondwana. Por fim, em síntese, os dados obtidos corroboram o atual modelo de evolução do CJF, interpretado como inliers remanescentes de um arco magmático Paleoproterozoico retrabalhado e metamorfisado em fácies granulito durante o Ediacarano no desenvolvimento do SOAR.



## Folding and Refolding Patterns in the Porto Belo Complex and the Record of a Transpressive Regime in the Dom Feliciano Belt Northern Segment, Southern Brazil

Franciele Gonçalves Andres<sup>1</sup>, Maria de Fátima Bitencourt<sup>1</sup>, Luana Moreira Florisbal<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

(2) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

In the northern segment of the Dom Feliciano Belt the collisional setting of the Brasiliano/Pan-African Orogenic Cycle is recorded by the development of a transpressive tectonic regime. The strain was partitioned into thrust tectonics in the main collisional stage, which progrades to and coexists with strike-slip tectonics in the post-collisional stage. In this scenario, the association of tonalitic and dioritic orthogneisses and foliated granitoids of the Porto Belo Complex (PBC) are exposed as roof pendants in post-collisional granites, and record structures related to thrusting with progression to transcurrent tectonics related to the dextral, NE-trending Major Gercino Shear Zone (MGSZ). From the integration of field geology and detailed structural mapping, three folding phases were recognized as associated with this collisional setting. The orthogneisses record at least one metamorphic event, under amphibolite facies conditions, that generated a mm- to cm-thick sub-horizontal banding (Sb), affected by recumbent isoclinal folds (F1) in addition to being transposed and obliterated by the axial-plane-parallel intrusion of granodiorite and generation of subsequent folds (F2 and F3) and other structures related to the transcurrent tectonics. The first folding phase is related to thrusting and found only in the orthogneisses as recumbent isoclinal folds (F1) of NE-trending axes. The second

phase (F2) comprises asymmetric, horizontal, inclined folds of NE-trending axes. F2 is marked in the geometry of the granodiorite, with magmatic foliation progressively displaced from gently to steeply dipping. This geometry facilitates the development of a mylonitic foliation concordant with the MGSZ structure on the short limb. The third phase (F3) generates cm-sized asymmetrical folds with NE-trending, sub-horizontal axes, which locally affect the gneissic banding and the magmatic foliation. F1 folds are found only in the orthogneisses, which indicates that they register at least one deformation event before the granodiorite intrusion; F3 folds affect both rock types. The superposition of F2 and F3 on F1 folds gives rise to a Type-3 interference pattern that points to coaxial refolding and attests to a progressive deformation in the Porto Belo Complex. The generation of F1 folds can be related to the development of thrust tectonics under prevailing contractional deformation conditions. On the other hand, the simultaneous non-coaxial component is expressed by the F2 and F3 structures related to strike-slip tectonics. This arrangement is typical of a transpressive regime and, therefore, correlative with the tectonics of collisional and early post-collisional stages of the Brasiliano Orogenic Cycle in the northern segment of the Dom Feliciano Belt.



## Inferências Regionais Obtidas a Partir do Estudo de Cristais de Zircão do Anatexito Sucuru: Implicações para a Reconstrução Geológica do Terreno Alto Moxotó da Província Borborema, entre 2,6 e 2,0 Ga

Mariana Sousa da Paixão<sup>1</sup>, Haroldo Monteiro Lima<sup>1</sup>, Lauro César Montefalco de Lira Santos<sup>1</sup>, Glenda Lira Santos<sup>1</sup>, José Ferreira de Araújo Neto<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal de Pernambuco

O Terreno Alto Moxotó corresponde ao bloco crustal de alto grau metamórfico que melhor preserva a história arqueana e paleoproterozoica da Zona Transversal da Província Borborema, NE do Brasil. Neste trabalho, apresentamos o estudo realizado em quatro famílias de cristais de zircão pertencentes a uma amostra de neossoma de composição álcali-feldspato granítica do Anatexito Sucuru, unidade que aflora nas proximidades de Sumé (PB). O primeiro grupo de zircões analisado corresponde a cristais euédricos a subédricos com núcleos de outros cristais herdados, apresentando as idades mais antigas da amostra, em torno de ca. 2,6 Ga. Essa idade é compatível com núcleos arqueanos recentemente descritos de forma pontual ao longo do terreno. Em contrapartida, os grupos 2 e 3 apresentam características similares, porém divergem em tamanho, relação axial e respostas geocronológicas, apresentando idades discórdia em torno de 2,5 e 2,4 Ga, respectivamente. Estas idades

são interpretadas como o resultado de processos de fusão parcial local, não representando um evento tectônico significativo. Por fim, o quarto grupo é composto por cristais de zircão elípticos, ovóides ou arredondados com ausência de zoneamento oscilatório e razão Th/U compatível com eventos de perda de Pb. Estes apresentam idades em torno de 2,0 Ga, as quais são compatíveis com pico metamórfico atribuído às fases orogênicas finais/colisionais que são descritos para o intervalo riaciano-orosiriano. A reanálise da geocronologia observada em anatexitos extremamente deformados no âmbito do Terreno Alto Moxotó como o caso do Sucuru, podem revelar em escala local processos de (re)aquecimento crustal que apresentam expressão regional.

Palavras-chave: Terreno Alto Moxotó, Geocronologia U-Pb em zircão, Província Borborema.

## Inliers Paleoproterozoicos Retrabalhados dentro do Sistema Orogênico Araçuai-Ribeira: Correlações Preliminares entre os Complexos Juiz de Fora, Caparaó e Serra do Valentim - Região Sudoeste do Estado do Espírito Santo

Sandro Mauri<sup>1</sup>, Breno Soares Sena<sup>2</sup>, Ariadne Marra de Souza<sup>2</sup>, Lavynia Malaquias Peçanha<sup>2</sup>, Matheus Alves Silva<sup>2</sup>, Rodson de Abreu Marques<sup>3</sup>, Henrique Bruno<sup>1</sup>, Monica Heilbron<sup>1</sup>, Cláudio de Morisson Valeriano<sup>1</sup>, Samuel Bersan<sup>1</sup>

(1) UERJ

(2) UFES

(3) UFOP

O Paleoproterozoico é reconhecido como um período de intensa atividade tectônica global com criação de crosta juvenil e retrabalhamento crustal, em processos orogênicos relacionados à formação do Supercontinente Colúmbia. No sudoeste do estado do Espírito Santo, estes processos são registrados em diferentes inliers paleoproterozoicos que foram retrabalhados durante o Neoproterozoico dentro do Sistema Orogênico Araçuai-Ribeira, sendo exemplos destes inliers os complexos Juiz de Fora (CJF), Caparaó (CC) e Serra do Valentim (CSV). O entendimento da evolução geodinâmica destes complexos e o traçado de correlações entre os mesmos é essencial para o entendimento da evolução policíclica regional e constitui o problema abordado neste trabalho. São apresentados resultados parciais, com dados de campo e petrografia. Embora sejam descritos na literatura como unidades independentes, trabalhos de campo e de mapeamento geológico na escala de 1:50.000 atestam a continuidade cartográfica entre o CJF, o CC e o CSV, que afloram na forma de escamas tectônicas, intensamente dobradas, intercaladas com sequências supracrustais geradas durante o evento Brasileiro (paragneisses do Grupo Raposos), sendo ambos intrudidos por granitoides anatóticos Brasileiros (Suíte Salvaterra). Em relação às litologias observadas, é possível a separação, dentro do que anteriormente era abordado como CC e CSV, de escamas com ortogranulitos correlatos ao CJF, granulitos e gnaisses paraderivados (quase sempre com granada) correlatos ao Grupo Raposos, e de

charnokitos e granitoides foliados com ou sem granada da Suíte Salvaterra. As escamas paleoproterozoicas afloram, sobretudo, em núcleos de anticlinais arrasadas, e os contatos com as demais unidades são tectônicos. Nestas escamas paleoproterozoicas afloram, predominantemente, ortogranulitos félsicos e máficos. Os ortogranulitos félsicos têm coloração cinza médio, cinza azulado ou esverdeado, são foliados (por vezes miloníticos), de granulação média a fina, sendo comum a ocorrência de porfiroblastos de Opx, Cpx e Pl. É típica a textura granonematoblástica e associações minerais de pico metamórfico com  $Opx \pm Cpx + Pl + Kfs + Qz \pm Op$ , e, por vezes, associações retrógradas com  $Hbl \pm Bt$ . Os ortogranulitos máficos, por sua vez, apresentam, coloração cinza escuro, granulação fina a média. São foliados, com textura granonematoblástica e as associações de pico metamórfico ( $Opx \pm Cpx + Pl \pm Qz \pm Kfs + OP$ ), são em sua maior parte substituídas por  $Hbl$  e  $Bt$  retrógradas. Por fim, como conclusões preliminares, tem-se que os dados de campo e petrografia atestam a continuidade litoestrutural entre o CJF, CC e CSV, inliers remanescentes de um arco magmático paleoproterozoico retrabalhado durante o Ediacarano, em fácies granulito. A continuidade do projeto prevê a obtenção de dados de litogeoquímica, geocronologia U-Pb em zircão e de isótopos de Lu-Hf e Sm-Nd e Sr para o traçado de comparações e correlações mais robustas entre estes três complexos.

# Monazite Geochronology of Ortho- and Paragneiss from the Arroio dos Ratos Complex, Southernmost Brazil: New Timing Constraints for the Neoproterozoic Reworking of the Dom Feliciano Belt Paleoproterozoic Basement

Stéphanie Carvalho da Silva<sup>1</sup>, Maria de Fátima Bitencourt<sup>1</sup>,  
Giuseppe Betino de Toni<sup>2</sup>, Matheus Ariel Battisti<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Programa de Pós-Graduação em Geociências

(2) Universidade Federal do Pampa - Campus Caçapava do Sul

The Neoproterozoic orogenic belt that crops out along of eastern coast of Brazil corresponds to the western portion of a Neoproterozoic orogenic system formed during the West Gondwana assembly. In South America, the main record is represented by the Dom Feliciano Belt, a NE-SW-oriented mobile belt extending for ca. 1200 km from southern Brazil to Uruguay. In Brazil, the Dom Feliciano Belt central sector is described as a hinterland region exposed in the eastern domain and a foreland region situated in the central and western domain. The early Neoproterozoic evolution of the belt is still a controversial subject, especially in the period between 850-750 Ma. Some authors interpret the metamorphic sequences of Tonian protolith ages (ca. 850-780 Ma) exposed in the hinterland domain as products of a continental magmatic arc, while others consider this rock record related to a rift setting. The Dom Feliciano Belt basement comprises Paleoproterozoic and Mesoproterozoic units exposed as roof pendants and basement inliers commonly reworked during the Brasiliano/Pan-African Cycle. According to many studies, the main Neoproterozoic deformational and metamorphic records of the Dom Feliciano Belt result from a major continental collision at ca. 650–635 Ma. In the orogenic hinterland, the basement is represented by the Arroio dos Ratos Complex, composed of Paleoproterozoic units (2.1-2.0 Ga) as tonalite–trondhjemite–granodiorite associations

and peraluminous orthogneiss and granodiorite. In addition, Statherian amphibolites of 1.8 Ga associated with paragneisses are described as part of this complex. The available geochronological data (U-Pb zircon) from the Arroio dos Ratos Complex indicate an age of  $635 \pm 6$  Ma interpreted as a metamorphic record coeval with magmatism in the post-collisional setting. To understand the metamorphic history of the complex, we have collected samples in the main flat-lying foliation and in areas where the progressive steeply-dipping foliation is registered. The U-Pb monazite data obtained in the sub-horizontal, garnet-bearing orthogneisses and subvertical, garnet-sillimanite-bearing paragneisses provide new constraints on the timing of metamorphic events. The new data reveal 615 and 600 Ma ages, thus widening the metamorphic age range recorded in the Dom Feliciano Belt basement. A high-pressure assemblage with Grt + Ky + St is evidenced in the paragneiss. Sillimanite growing at the expense of kyanite relics and partially replacing it suggests prograde metamorphism. The petrogenetic models for the studied rocks are all similar and indicate metamorphic conditions at ca. 5.5–8 kbar and 650–700 °C with clockwise P-T paths. The petrogenetic modelling results add to the extensive data available for the Neoproterozoic units and help constrain the metamorphic history of the DFB and its basement.

**Sessão Temática**

# **Tectônica de Bacias Sedimentares**

**Coordenadores:**

Liliane Rabelo Cruz (Petrobras)  
Webster Ueipass Mohriak (UERJ)



## Controle da Herança Estrutural nas Falhas Transformantes e Zonas de Fraturas Oceânicas na Margem Continental do Nordeste Brasileiro Durante a Abertura do Atlântico Sul

David Lino Vasconcelos<sup>1</sup>

(1) UFCG - Universidade Federal de Campina Grande

As zonas de cisalhamento na Província Borborema (Nordeste do Brasil) constituem descontinuidades litosféricas formadas durante a Orogenia Brasileira no Pré-cambriano (~800-500 Ma). Essas estruturas delimitam blocos crustais com evolução tectônica e idades distintas, e em um ambiente prévio à ruptura do Pangeia, representaram estruturas de escalas continentais, variando de centenas a milhares de quilômetros. Durante a ruptura do Pangeia no período Cretáceo (~145-100 Ma), o qual resultou na abertura do Oceano Atlântico Sul, as zonas de cisalhamento Pré-cambrianas preexistentes no embasamento cristalino atuaram como zonas de fraquezas influenciando a formação das bacias intracontinentais e marginais nos continentes Sul-americano e Africano. No entanto, a influência das zonas de cisalhamento nos estágios iniciais da abertura e do espalhamento oceânico permanece mal compreendida e ainda é uma questão de debate. Por exemplo, durante a ruptura continental, a herança tectônica é restrita à crosta continental (bacias sedimentares) ou também ocorre na crosta oceânica (falhas transformantes e zonas de fratura oceânicas)? No Nordeste do Brasil, após o desenvolvimento da margem continental, diversas estruturas situadas nas regiões de crosta oceânica, denominadas zonas de fraturas, apresentam direções semelhantes às zonas de cisalhamento Pré-cambrianas situadas no continente. Contudo, a correlação entre estruturas continentais e oceânicas constitui uma grande complexidade, pois são estruturas de

domínios crustais distintos. O presente estudo realizou uma análise geotectônica, a partir da integração de dados magnéticos com dados de sísmica de reflexão, com o objetivo de caracterizar a influência da herança estrutural de algumas das principais zonas de cisalhamento Pré-cambrianas da Província Borborema na formação das falhas transformantes, e sua respectiva evolução para zonas de fraturas oceânicas, durante a abertura do Oceano Atlântico Sul. Nossos resultados indicam que as zonas de cisalhamento Patos e Senador Pompeu, duas das principais descontinuidades litosféricas da Província Borborema, apresentam uma correlação espacial com as zonas de fratura Charcot e Chain, duas das principais zonas de fratura oceânicas do Atlântico Sul. Sugerimos que essas zonas de cisalhamento atuaram como zonas de fraqueza controlando o desenvolvimento das falhas transformantes que evoluíram para formar as zonas de fratura de Charcot e Chain de acordo com o espalhamento oceânico. Esses resultados apresentam implicações para a compreensão da herança estrutural durante os estágios iniciais de ruptura continental e abertura/espalhamento oceânico, mostrando que as zonas de cisalhamento Pré-cambrianas preexistentes no embasamento cristalino atuaram como zonas de fraquezas promovendo um controle estrutural no desenvolvimento das falhas transformantes e das zonas de fraturas oceânicas em escala da margem continental brasileira durante os estágios iniciais da ruptura do Pangeia.



## Controle Tectônico do Magmatismo Alcalino Eocênico no Embasamento Onshore das Bacias de Campos e Santos

Maria José Resende Oliveira<sup>1</sup>, Renata da Silva Schmitt<sup>2</sup>, Mário Neto Cavalcanti de Araújo<sup>1</sup>, Leonardo Campos Inocêncio<sup>3</sup>, Isabela de Oliveira Carmo<sup>1</sup>, Sérgio de Castro Valente<sup>4</sup>, Vitor Lamy Mesiano Savastano<sup>1</sup>

(1) PETROBRAS

(2) Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

(3) Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

(4) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Com base em trabalhos de campo integrados à interpretação de imagens aéreas de alta resolução, obtidas por veículo aéreo não tripulado (VANT), foram caracterizados tipos litológicos magmáticos alcalinos e suas estruturas, aflorantes na borda continental onshore das bacias de Campos e Santos em Arraial do Cabo (RJ), nos costões do Pontal do Atalaia. Foram descritos sienitos, traquitos, lamprófiros e, em menor proporção, fonolitos, abrangendo um intervalo de idades de 59 e 50 Ma, incluindo datações de rochas correlatas obtidas na Ilha de Cabo Frio, a sudeste da área de estudo. Estas unidades litológicas intrudem ortognaisses paleoproterozoicos com bandamento composicional e foliação tectônica N-S bem como diques de diabásio com strike NE-SW. As datações disponíveis para os diabásios toleíticos, nesta região, indicam idades entre 77 e 55 Ma, diferindo dos valores regionais para essas rochas, em torno de 132 Ma. Excetuando-se os sienitos, os demais corpos se apresentam sob a forma de diques, sendo que os traquitos também se orientam sub-paralelamente à trama estrutural dos gnaisses encaixantes. As idades absolutas e relativas dos corpos alcalinos indicam contemporaneidade entre eles, que apresentam relações de interseção recíprocas. Mesmo contemporâneos, os tipos alcalinos

seguem direções distintas de acordo com sua composição química, sendo os traquitos preferencialmente orientados segundo N-S, os lamprófiros, segundo NW-SE e os fonolitos, segundo E-W. Quando analisados em conjunto, os dados de paleo-tensores para as intrusões alcalinas indicam um posicionamento em ambiente distensivo com  $\delta 3$  sub-horizontal orientado segundo NNE-SSW e  $\delta 1$  sub-vertical orientado segundo ESE-WNW. A orientação dos corpos alcalinos leva à interpretação de que estruturas preexistentes com estas orientações foram ativas durante o Eoceno, tais como a trama do embasamento (N-S), descontinuidades paralelas ao Lineamento Cruzeiro do Sul (NW-SE) e à Zona de Transferência do Rio de Janeiro (ZTRJ) – E-W. Há evidências que estas descontinuidades atingiram o manto, nesta época. A tectônica e o magmatismo eocênico intra-placa estão diretamente relacionados à dinâmica evolutiva das bacias marginais adjacentes. O alto influxo de sedimentos no norte da Bacia de Santos durante o Paleoceno-Eoceno, o soerguimento da Serra do Mar e os ajustes isostáticos podem ter contribuído para que as descontinuidades pretéritas atingissem o manto e propiciassem a ascensão do magma alcalino. Falhas muito jovens, que cortam essas intrusões, indicam a reativação destas estruturas até o Recente e rotação de  $\delta 3$  no sentido anti-horário.

## Diatremas da Formação Hilário nas Minas do Seival, Bacia do Camaquã, Sul do Brasil

Giuseppe Betino de Toni<sup>1</sup>, Arceolinda L. S. Monteiro<sup>2</sup>, Núria de Fátima M. de Assis<sup>2</sup>, Ludira P. J. Syangeve<sup>2</sup>, Edna J. F. Tungo<sup>2</sup>, Rodrigo W. Lopes<sup>2</sup>, Francisco M. W. Tognoli<sup>2</sup>

(1) Unipampa  
(2) UNISINOS

Duas estruturas circulares geminadas, de aproximadamente 1 km de diâmetro cada, ocorrem na porção sul da região das minas do Seival (Caçapava do Sul, RS), em rochas da Formação Hilário (Grupo Bom Jardim da Bacia do Camaquã). A existência de “antigos cones vulcânicos” relacionados à Formação Hilário na região de estudos é mencionada na literatura, porém carece de documentação. Com o objetivo de caracterizar estas feições, foi desenvolvido um trabalho de mapeamento geológico-estrutural com imagens de sensoriamento remoto, trabalho de campo, petrografia e análises gamaespectrométricas. A orientação de lineamentos estruturais e de planos de fraturas confirmam o trend regional NE – SW na área mapeada (N = 409 em uma área de ca. 24 km<sup>2</sup>) e ilustram o padrão localmente multi-direcional, característico das estruturas circulares (N = 91, restrito às duas estruturas circulares). Dentro das estruturas são descritas brechas piroclásticas formadas por blocos do andesito circundante, de até 1 m de comprimento. A matriz piroclástica da brecha é formada por litoclastos de andesito, cristaloclastos de plagioclásio e clinopiroxênio semelhantes aos fenocristais do andesito, e cinza vulcânica muito fina. Planos de fratura medidos na estrutura circular oeste confirmam um predomínio de direções NNE a NE, coerente com o trend deformacional principal descrito na área. Por outro lado, apesar do

pequeno número de medidas (N = 18), também é observada uma distribuição de estruturas em quase todos os quadrantes, o que confirma o caráter circular da estrutura, e assemelha-se ao padrão observado na Mina Alcides, distante cerca de 500 m para norte da estrutura circular leste. Processos de fragmentação in situ em presença de fluidos são interpretados a partir de fraturas transgranulares e interclasto, dividindo fragmentos e cortando a matriz de forma curvilinear, com frequente preenchimento por calcita. Dados gamaespectrométricos indicam o caráter shoshonítico dos andesitos (médias de K 4,4%; U 4,4 ppm; Th 19,2 ppm; e contagem total 5070 cps), que contrastam com a assinatura das brechas piroclásticas (médias de K 1,7%; U 3 ppm; Th 6,1 ppm; contagem total de 2252 cps), o que corrobora o contato mapeado, e permite a correlação geoquímica das brechas com as rochas vulcânicas da área de estudo. A integração destes dados permite interpretar as estruturas circulares como diatremas ou antigas chaminés vulcânicas. Trabalhos futuros devem investigar e testar a correlação da gênese dos diatremas com os eventos de hidrotermalismo e mineralização das minas do Seival, assim como com os pulsos magmáticos prístinos tardios (i.e. diques traquiandesíticos e intrusões de lamprófiros) da Associação Shoshonítica Lavras do Sul.

## Geometrias Vulcânicas Indicadoras de Tectonismo Neoaptiano-Albiano na Sub-Bacia de Sergipe - Águas Profundas

Mariana Meirelles Lima da Silva<sup>1</sup>, Delzio Lima Machado Junior<sup>1</sup>, Fabio Soares de Mendonça<sup>1</sup>

(1) Petrobras

O mapeamento sísmico detalhado mostrou que os Seaward Dipping Reflectors (SDRs) foram a principal geometria vulcânica desenvolvida na porção distal da Bacia de Sergipe-Alagoas. A maioria desses SDRs são limitados por falhas dos altos do embasamento, sugerindo que eles foram controlados por tectonismo ainda ativo na bacia. Enquanto isso, geometrias vulcânicas positivas como montes submarinos, lava-deltas e vulcões se desenvolveram recobrimdo os altos, com pouco ou sem crescimento de seção, indicando períodos (ou locais) de maior estabilidade tectônica. As idades obtidas em amostras de rochas de dois poços perfurados associadas à correlação sismoestratigráfica, permitiram reconhecer que essas geometrias se desenvolveram do Neoaptiano ao Albiano com deformação e magmatismo tornando-se progressivamente mais jovens em direção ao oceano. No Cenomaniano todo esse tectonismo já havia cessado com o desenvolvimento de crosta oceânica e, a partir de então, as sequências vulcânicas

anteriores foram afogadas por sequências sedimentares transgressivas. O magmatismo permaneceu localmente no Alto Vulcânico de São Francisco e em sua continuação, formando um conhecido alinhamento de vulcões na crosta oceânica denominados Montes Submarinos da Bahia. Toda essa dinâmica ocorreu especificamente na sub-bacia de Sergipe resultando em uma expansão diferencial em relação as bacias vizinhas, possibilitada pela composição do embasamento pré-cambriano e por duas importantes estruturas herdadas dele que compensaram o movimento diferencial local: a Zona de Transferência Vaza-Barris (a sul) e Falha de São Miguel do Aleixo (a norte). A compreensão dos processos e controles das geometrias vulcânicas nos embasou a (1) definir a posição do efetivo breakup no final do Albiano e (2) reposicionar o limite de crosta Continental-Oceânica (COB) após a zona de crosta continental hiperestendida e injetada em magma.

## Influência da Estrutura Reológica Litosférica e Ação de Processos Superficiais na Preservação de Escarpas Costeiras em Margens Rifteadas

João Pedro Macedo Silva<sup>1</sup>, Victor Sacek<sup>1</sup>, Rafael Monteiro da Silva<sup>1</sup>

(1) Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - USP

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 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 e à resposta flexural causada pela ação de processos superficiais. Entretanto, o soergimento flexural ocorre nos primeiros 100-150 km do flanco do rifte e os efeitos do acoplamento entre a crosta e manto 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. Nestes casos, a amplitude do soergimento 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 soergimento do flanco do rifte é preservada somente em margens onde o recuo da escarpa causado por erosão é inferior a aproximadamente 100 km.

## Interação de Segmentos de Rifte e Ruptura Continental Albiana da Margem Sudeste do Brasil

Mario Neto Cavalcanti de Araujo<sup>1</sup>, Caesar Augusto Rigoti<sup>1</sup>, Marco Antonio Thoaldo Romeiro<sup>1</sup>

(1) PETROBRAS

Em margens rifteadas o modo de evolução de riftes intracontinentais para margens rifteadas, determina a maneira com que os domínios proximais, normalmente mais ricos em intervalos geradores se conectam com as porções distais, mais rasas, afinadas e segmentadas e, portanto, dependentes de mais variáveis para se tornarem promissoras ao acúmulo, retenção e manutenção da integridade dos elementos do sistema petrolífero no tempo geológico. Na margem sudeste, entre as bacias do Espírito Santo e Pelotas, a combinação entre reconstruções de placa, interpretação sísmica, informações de poços, mapas de métodos potenciais e modelos dinâmicos indica evolução tectônica marcada pela interação de riftes intracontinentais (Hauteriviano-Barremiano), originalmente isolados, conectados durante o Aptiano para gerar sistemas de depocentros rasos, de escala de placas tectônicas, preenchidos progressivamente por rochas carbonáticas e evaporitos, posteriormente segmentados pelo breakup albio. A trajetória dos segmentos de rifte se inicia com a distensão oblíqua desse setor da margem, aproveitando a trama do embasamento pré-cambriano da Faixa Ribeira. A inserção dos primeiros sistemas de falhas normais ocorre em arranjo escalonado, controlando os riftes intracontinentais do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas. Os ramos de rifte evoluem inicialmente de modo independente, transferindo movimento ao longo de zonas de transferência E-W/NE-SW de primeira ordem, formando mega-

rampas de revezamento, que induzem rotações locais, nucleadas entre eles. Além das zonas de transferência, um dos produtos dessas rotações é o conhecido trend NW, denominado de "S" de Santos, materializado no Alto Externo da Bacia de Santos. Estrutura que aloja grande parte das acumulações de hidrocarbonetos do pré-sal. No Mesoaptiano (115-117 Ma), os riftes isolados das Bacias do Espírito Santo e Campos se unem, passando a se comportar como um sistema único, com uma das terminações migrando para sul. Simultaneamente, as terminações dos riftes das bacias de Santos e Pelotas migram para norte, até que passam interferir com o segmento das Bacias do Espírito Santo e Campos. Ao final do Aptiano, início do Albiano (112-110), o ramo da Bacia de Campos segue para sul, coalescendo com a porção distal da bacia de Santos, e, posteriormente capturando a terminação norte do rifte de Pelotas. Uma vez parte do mesmo sistema, a abertura do Oceano Atlântico segue a conhecida trajetória de norte para sul. Os resultados desse trabalho indicam que as porções distais das mencionadas bacias da margem sudeste evoluíram ainda em distensão crustal entre o final do aptiano e início do albio, com ruptura no albio (110-100 Ma). Essa evolução concilia informações paleofaunísticas de incursões tetianas ao norte da Bacia de Pelotas, informações de poços do IODP, bem como ideias prévias de rifteamento albio defendidas por outros profissionais da empresa.



## Magmatism and Rifting in the Sergipe-Alagoas Basin

Delzio de Lima Machado Junior<sup>1</sup>, Mariana Meirelles Lima da Silva<sup>1</sup>

(1) PETROBRAS

Previous works proposed that the Sergipe-Alagoas basin was affected by a polyphase rifting process. In the easternmost portion of the basin, where the deposition of the transitional sequences ends, a hinge line has developed from which a terrain affected by crustal hyper-extension with abundant magmatic addition occurs. This segment differs from the other domains mainly due to the presence of magmatism. The link between volcanism and continental separation processes is discussed here based on a tectono-magmatic approach. The  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  ages, obtained in samples from two wells that crossed basalts representing this event

enabled this approach. Associated with the seismic-stratigraphic correlation, it was possible to estimate the occurrence of magmatism from the Neo-Aptian to the Albian, culminating in the formation of the adjacent oceanic crust.

The presence of abundant volcanism, mainly in the form of SDRs, together with the evidence of high velocity zones at the base of the crust, constitute important characteristics to consider this segment as a Volcanic Passive Margin or Magma Rich Margin. All these dynamics is a striking feature of the Sergipe Sub-Basin, thanks to the composition and fabric of its basement, which favored crustal hyper-extension.

## O Regime Transtensional Jaibaras, Ceará, Brasil

Davi Henrick Veras Diogenes<sup>1</sup>, Afonso Rodrigues de Almeida<sup>1</sup>,  
Samuel Belo Coelho de Oliveira<sup>1</sup>, Felipe da Silva Aires<sup>1</sup>, Danuzio  
Brito Silva Costa Almeida Junior<sup>1</sup>, Mateus Andrade Farias<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal do Ceará

O Rift Jaibaras está localizado na porção setentrional da Província Borborema (PB) e desenvolveu-se ao longo da zona de cisalhamento Sobral-Pedro II (ZCSP II) de direção N45Az, que limita dois grandes domínios: o Domínio Médio Coreaú (DMC) a oeste e o Domínio Ceará Central (DCC), a leste. Ele possui uma extensão de cerca de 110 km, e uma largura que pode alcançar aos 20km. De idade Eopaleozóica e natureza continental, o rift Jaibaras é caracterizado por um vulcanismo bimodal, com derrames basálticos e riolíticos (Formação Parapuí) extravasados sobre os sedimentos areno-arcoseanos da Formação Pacujá, dominantes na bacia. A Formação Massapê, basal, é essencialmente cataclástica, com seixos angulosos de material do embasamento. A estratigrafia da bacia do Jaibaras é completada pela Formação Aprazível de natureza conglomerática, mas formada por sedimentos que se misturaram a glóbulos lávicos especialmente os basálticos, constituindo lahares. Os diques Coreaú-

Aroeiras, cortam os sedimentos do Grupo Ubajara, ocorrem a oeste da ZCSP II e se alongam segundo uma direção N70°E, apresentando descontinuidades físicas, indicando fraturas de natureza "en échelon". Esses diques são fraturas extensionais desenvolvidas ao longo de  $\sigma_1$  e perpendiculares a  $\sigma_3$  e sugerem ter sido produzidas por um tensor compressivo principal máximo  $s_{1H}$  de direção 70Az., formando um ângulo de cerca de 25° com o cisalhamento Sobral-Pedro II (45°Az). Este tensor com angulação intermediária entre aqueles que produzem fraturas extensionais puras (0° com o cisalhamento) e aqueles que produzem transcorrência (45° com o cisalhamento), parece ter gerado a tectônica transtensional produtora do rift que se desenvolveu por reativação frágil da zona de cisalhamento Sobral-Pedro II, dúctil, transpressional, pré-existente, caracterizada pela presença de milonitos diversos.

## The Effects of Base-Salt Relief on Salt Tectonics: Results from Analog Modeling

Carla Hemillay de Oliveira Santos<sup>1</sup>, Leonardo Muniz Pichel<sup>2</sup>, Fernando César Alves da Silva<sup>3</sup>

(1) UFRN

(2) Department of Earth Science, University of Bergen, Bergen, Norway

(3) Department of Geology, Federal University of Rio Grande do Norte, Brazil

Gravity-driven salt-related deformation on passive margins is commonly interpreted as kinematically-linked domains of updip extension and downdip contraction with an intermediate, undeformed zone of translation. Our study uses physical models to show how salt flow is affected by the base-of-salt geometry through which it flows, resulting in complex deformation and the alternation of extensional and contractional domains in space and time in translational salt provinces. In our work, the physical models feature base-salt relief associated with half-grabens and graben that are realistic geometries along passive margins, the effects of gravity spreading, in which deformation is driven by differential sedimentary loading and early-stage gravity gliding induced by basin tilt were also included. This approach allows for analysis of how salt flux and overburden deformation are affected by: (A) smoothly dipping base-salt relief; (B) base-salt relief characterized by half-graben with landward-dipping normal fault; (C) half-graben connected laterally with a graben. For each of these models, we evaluate: 1) the interplay between rifting, syn-rift sediment progradation and base-salt geometry, 2) the spatial and temporal distribution of salt-related structural domains, and 3) the contrasting styles of salt tectonics for different base-salt geometry. We show that a smoothly dipping base-salt relief results in significant salt expulsion basinward clearly illustrates

three-domain structural. However, migration and overprinting of contractional domains can modify the typical structural division of three domains. Translation over half-graben defined by landward-dipping normal fault results in wide inflation zones above the base-salt ramp and overall greater contraction and less diapirism. As salt and overburden move downdip, structures translate over different structural domains. Translation over half-graben defining landward-dipping connected laterally with a graben produces narrow inflation zones above the base-salt ramp. The extensional domain corresponds greater complexity and number of diapirs and rollover and turtle structures of different geometries. Complex geometries appear within the salt graben in downdip, extensional structures (e.g., normal faults and reactive diapirs) initially formed outside the graben translate and are rotated, inverted, and/or squeezed once they enter thick salt (i.e., inside the graben). These models are the first that integrate the different base-salt geometries with syn-tectonic sedimentation and margin tilting, improving understanding of complex salt deformation and the often-neglected aspects of translation and associated base-salt relief effects on salt flow, diapirism, and supra-salt architecture. The results can be directly compared to examples from various salt-bearing continental margins, including Santos and Campos, Kwanza and Lower Congo and Gulf of Mexico.

**Sessão Temática**

# **Neotectônica, Morfotectônica e Sismicidade**

**Coordenadores:**

Ambrosina Helena Ferreira Gontijo Pascutti (UFRRJ)

Eduardo Salamuni (UFPR)



## Análise dos Aspectos Morfoestruturais e do Campo Magnético na Bacia Hidrográfica do Rio Sarapuí, Região de Sorocaba-SP

João Braz Custódio de Oliveira<sup>1</sup>, Vinicius Hector Abud Louro<sup>2</sup>, Emerson Martins Arruda<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal de São Carlos

(2) Universidade de São Paulo

O presente estudo utilizou aeromagnetometria para investigar o contexto da dinâmica estrutural, gênese e evolução da geomorfologia regional no setor de transição entre Planalto Atlântico Paulista e a Depressão Periférica Paulista. A compreensão dos fatores geodinâmicos em relação ao relevo, é essencial para fornecer bases para outros estudos, tais como anomalias de drenagem (relação entre estrutura, geodinâmica e hidrografia). O recorte de análise constitui a Bacia do Rio Sarapuí (BHRS), afluente da margem esquerda do rio Sorocaba, drenando uma área de 1796,87 Km<sup>2</sup>, inserida concomitantemente entre a Província Mantiqueira – Setor Central e a Bacia Sedimentar do Paraná – Setor Ocidental. O campo magnético total da BHRS possui uma anomalia magnética de polarização normal a oeste da cabeceira de drenagem, relacionada ao Corpo Granítico Ibiúna, sugerindo a predominância de magnetização induzida. Outra anomalia que se destaca ocorre no setor leste da cabeceira de drenagem, relacionada as Suítes Graníticas de Piedade de feições similares a do corpo de Ibiúna. Dado aos seus contextos estruturais e a orientação da anomalia, suas magnetizações foram interpretadas como ocorridas em um mesmo ambiente. No entanto, deve-se se observar que, ao final do período Jurássico e início do Cretáceo, ocorreram reativações, das quais a partir de magmas injetados em rochas encaixantes, deram origem à Intrusão de Ipanema (setor sedimentar da BHRS). A análise de

lineamentos magnéticos permitiu a separação de dois ambientes distintos, um mais ativo tectonicamente e outro mais estável. Este último ambiente foi interpretado como produto de eventos de acumulação em períodos maior estabilidade tectônica. Os lineamentos magnéticos acompanham as direções de grandes falhas da região e lineamentos topográficos da região, todos alocados na alta vertente da BHRS, com direções principais WSW-ENE, SW-NE e SSW-NNE. Na baixa vertente da BHRS, pequenas variações no campo magnético podem estar associadas a sills e diques próximos a Intrusão de Ipanema. A espacialização de diferentes eventos intrusivos pré-cambrianos definiu, a partir dos processos geomorfológicos subsequentes, os níveis topográficos mais elevados da área de estudos, a partir dos quais houve o arranjo, possivelmente quaternário, da rede de drenagem, dissecando o vale da BHRS com maior facilidade. Ressalta-se a influência da Intrusão de Ipanema, nos processos de exumação que influenciam na compartimentação do relevo regional, bem como na geometria das bacias hidrográficas da área. A aplicação de dados de campo magnético, associados ao modelo digital do terreno e ao levantamento geológico, propiciaram a sugestão de um quadro sobre as características litoestruturais regionais relacionadas a geomorfologia estrutural, bem como as próprias anomalias fluviais relacionadas à rede de drenagem da BHRS.



## Caracterização Estrutural e Aeromagnética do Enxame de Diques no Sudeste do Brasil: Evidências para Reativação Cenozoica do Lineamento Guapiara, Arco Ponta Grossa

Jessica Miranda dos Santos<sup>1</sup>, Eduardo Salamuni<sup>1</sup>, Norberto Morales<sup>2</sup>, Luís Gustavo de Castro<sup>1</sup>, Iata Anderson de Souza<sup>2</sup>, Clauzionor Lima da Silva<sup>3</sup>, Viviane Barbosa Gimenez<sup>2</sup>

(1) UFPR  
(2) UNESP  
(3) UFRRJ

O Lineamento Guapiara, localizado no limite setentrional do Arco de Ponta Grossa – sudeste do estado de São Paulo, constitui uma importante feição morfoestrutural demarcada por feições no relevo e na drenagem, na direção NW-SE, e que também se caracteriza por forte anomalia magnética, demarcando uma faixa de fraturas preenchidas por diques de diabásio relacionados ao evento tectono-magmático juro-cretáceo que seccionou a Bacia do Paraná e seu embasamento. O objetivo da pesquisa foi aplicar técnicas aerogeofísicas qualitativa e semiquantitativa (soluções de Euler e Espectro de Potência Radial) para a reinterpretação magnética-estrutural da região, correlacionando-a com a interpretação geológica-estrutural em superfície. Técnicas como Total Horizontal Derivative (THDR), Analytic Signal Amplitude (ASA), Tilt angle (TDR) e Tilt Angle of Horizontal Gradient (TAHG) foram empregadas para aprimorar a interpretação do arcabouço regional. A abordagem integrada da análise magnética, o geoprocessamento por meio

de imagens ALOSPALSAR e a análise estrutural possibilitaram levantar a hipótese de que estruturas do embasamento cristalino (NE-SW e E-W) e o Lineamento Guapiara tenham sido reativados ao longo do Cenozoico, influenciando no rearranjo da drenagem. Os lineamentos magnéticos do Lineamento Guapiara estão sobrepostos às anomalias NE-SW (Zona de Cisalhamento Lancinha-Cubatão) e E-W (ex. Lineamento São Sebastião), consideradas heranças estruturais do embasamento proterozoico. A identificação de reativação de falhas transcorrentes N40-70W com azimute concordante com os diques, bem como a presença de falhas transcorrentes E-W deformando os diques, na região do Lineamento São Sebastião, são indícios de pulsos tectônicos durante o Cenozoico. Parte da anomalia magnética da Zona de Cisalhamento Cubatão (NE-SW), que sobrepõe o Lineamento Guapiara, coincide com o Gráben Sete Barras, estrutura contemporânea a sedimentação paleogena.

## Considerações Preliminares sobre a Influência Neotectônica na Origem e Evolução da Planície Costeira de Icapuí (CE), Nordeste do Brasil

Cláudio Ângelo da Silva Neto<sup>1</sup>, Narjara Maria Araújo Carneiro<sup>1</sup>, Antônio Daniel da Silva Silveira<sup>1</sup>, Daniel Rodrigues do Nascimento Junior<sup>1</sup>, Cynthia Romariz Duarte<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal do Ceará

As planícies costeiras são superfícies arenosas de baixo gradiente compostas por séries de cristas praias – também denominadas feixes de cordões litorâneos – relativamente paralelas entre si e que materializam intervalos de progradação da linha de costa, implicando uma razão positiva entre o aporte sedimentar e o espaço de acomodação. No Brasil, a maioria das pesquisas enfatiza as variações do nível relativo do mar e mudanças climáticas como principais fatores de influência na sua origem e evolução. Relativamente comuns no litoral brasileiro, elas são, geralmente, melhor desenvolvidas nas desembocaduras de grandes rios como o Doce, Paraíba do Sul e São Francisco; assim, o incremento em número e largura de cordões litorâneos associa-se principalmente a regiões com elevado aporte sedimentar. Apesar de menos destacada nas pesquisas em planícies costeiras do Brasil, é sabido que a neotectônica também pode ser um fator crucial, especialmente em áreas segmentadas por falhas ativas onde o movimento diferencial de blocos crustais pode alterar o espaço de acomodação costeiro. Por esse aspecto, mesmo regiões com menor aporte sedimentar continental, como é o caso na maior parte do litoral nordestino, podem experimentar o desenvolvimento de planícies costeiras expressivas. Este é o caso da zona costeira situada entre os estados do Ceará e Rio Grande do Norte, formada adjacente a uma plataforma continental estreita e com drenagens de pequeno porte, onde o transporte de sedimentos pela deriva

litorânea regional de leste para oeste tem um papel destacado. No município de Icapuí, extremo leste do Ceará, chama a atenção a existência de uma planície costeira alargada por cordões litorâneos cuja progradação não está associada a uma região embaiada, além de inexistir a desembocadura de um curso fluvial expressivo que tenha favorecido o desenvolvimento das cristas praias ao longo do Holoceno. Assumindo que o aporte sedimentar seja relativamente pequeno naquela região, a possibilidade de variação do espaço de acomodação por influência neotectônica motivou esta investigação, visto que trabalhos acadêmicos recentes têm evidenciado a existência de falhas ativas até ao menos o Mioceno. Em particular, defronte o setor central da planície costeira – porção onde os feixes de cordões são mais largos – há uma extensa planície de maré associada à desembocadura de uma laguna, hoje modificada pela implantação de tanques de salinas e carciniculturas. Todo este setor está localizado em um bloco crustal supostamente mais soerguido, de acordo com produtos cartográficos do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Deste modo, a variação vertical deste bloco afetaria diretamente o espaço de acomodação, reduzindo-o e favorecendo a progradação, justificando, assim, a instalação dos cordões litorâneos e da planície de maré em um contexto não favorável. Desse modo, nossa hipótese preliminar é a de que a atividade tectônica desse bloco se estenda ao Holoceno, possivelmente até os dias atuais.

## Experimental Investigation on the Frictional Properties Controlling Slip Localization within the Cambro-Ordovician Rocks of the Moine Thrust Zone, Scotland: the Effects of Dynamic Weakening

Aimee Guida Barroso<sup>1</sup>, Robert E. Holdsworth<sup>1</sup>, Edward D. Dempsey<sup>2</sup>, Stefan Nielsen<sup>1</sup>, Nicola de Paola<sup>1</sup>

(1) Durham University  
(2) Hull University

During the propagation of an earthquake, the produced frictional heat leads to the onset of dynamic weakening processes that lubricate faults. It is now well documented that these dynamic weakening processes ensue a transient decrease in friction through a variety of mechanisms that can induce physicochemical alterations in the host rock. Results from our experimental investigation demonstrate that the occurrence of such weakening mechanisms can lead to persistent changes in the frictional response of some lithologies. Simulated gouges derived from the undeformed rocks of the foreland of the Moine Thrust Zone were employed in an experimental investigation on frictional strength and stability using a Low-to-High Velocity Rotary Shear apparatus. The Cambro-Ordovician rocks of the Moine Thrust Zone foreland comprise quartz-arenites, dolomitic shales and siltstones, and carbonates of a shallow-marine sequence that was involved in a complex system of imbricates during the late stages of the Caledonian Orogeny (ca. 430Ma). The experimental design involved 3 successive stages that alternated slip on seismic (1m/s) and sub-seismic ( $\mu\text{m/s}$ ) rates on an array of sedimentary lithologies at constant normal stresses to investigate variations on frictional response. Mechanical data from Rate-and-State experiments has demonstrated that after an imposed earthquake (co-seismic slip episode), three distinct frictional responses are observed: The clastic fine-grained lithologies exhibit a shift in the original

stability parameter, starting to slip in an unstable manner. Carbonate rocks maintains its stability; however, it exhibits a substantial decrease in frictional strength. The remaining lithologies preserve both frictional strength and stability. Composition of the rock gouges (and subordinately, the presence of fluids) seems to be the main controlling factor. In a (potential) seismically active geological setting, such as thrust belts, the implications of such variation in the mechanical stratigraphy are manifold: firstly, a shift in fault stability means that lithologies that would originally deform in a stable, creeping manner, are now prone to host and nucleate new earthquakes, localizing slip. Additionally, a substantial reduction in frictional strength - such as that demonstrated by the carbonates, whilst other lithologies remain frictionally strong - can create a rheological contrast to the adjacent lithologies, favouring slip localization within these weak units. In the Moine Thrust Zone, the stratigraphic control of slip localization within the deformed Cambro-Ordovician sediments is well-recognised in the literature, however little investigation has been carried out on the frictional properties controlling the observed strain partitioning. The results presented here deliver a fresh view of stratigraphical control in deformation localization and bring interesting repercussions for earthquake propagation at shallower crustal depths and dynamic weakening.

## Knickpoint Ranks, Método Quantitativo para Redução da Camuflagem de Dados Morfoestruturais

William Rudolf Lopes Peyerl<sup>1</sup>

(1) UFPR

Os knickpoints são um dos mais importantes indicadores morfométricos, sendo utilizados com sucesso ao longo dos anos no reconhecimento e no mapeamento de morfoestruturas. O principal índice utilizado é o índice de declividade (Ksn), que se baseia na normatização do perfil longitudinal. Embora esse seja o principal método utilizado, outros meios podem ser empregados e têm apresentado resultados expressivos e dentre eles destaca-se o índice RDE/RDT, que tem por objetivo a obtenção de knickpoints por intermédio da normatização do gradiente hidráulico. Apesar dos resultados positivos, estudos recentes mostram que em muitos casos o tratamento estatístico dado aos knickpoints pode resultar na camuflagem de zonas importantes, independente do método utilizado. O tratamento estatístico, aplicado em ambos os casos, distribui os dados de knickpoints em 5 classes, separando-os em anomalias de fraca à forte (graduados em coloração verde-vermelho). O efeito de camuflagem ocorre quando valores morfometricamente relevantes são inseridos em classes estatísticas intermediárias devido a valores extremamente altos no banco de dados. O Ksn comumente é apresentado com seus knickpoints e knickzones distribuídos em intervalos de igual amplitude, no qual o efeito de camuflagem pode resultar em classe intermediárias pouco populadas, o que acarreta em mapas graduados predominantemente somente em dois ou três intervalos, ou seja, aquele

correspondente aos ranks 1 e 2 (menores) e 5 (maior) do método proposto. O índice RDE/RDT é na grande maioria das vezes distribuído em intervalos de polos, conhecido como natural breaks, que embora menos propenso a camuflagem, também pode apresentar esse efeito, porém de maneira distinta da dos intervalos de igual amplitude. Nos natural breaks a problemática se encontra no estabelecimento padrão de 5 classes, o que nem sempre é compatível com a distribuição real dos dados, que pode variar tanto positivamente, quanto negativamente. Quando os knickpoints extraídos se concentram em 6 ou mais polos, a distribuição estatística pode agregar em um mesmo grupo valores de significados distintos. Da mesma maneira, quando o número de polos for inferior a 5, o tratamento vai terminar por criar grupos que não possuem valores significativos, o que pode dar destaque a dados de pouca relevância. Visando evitar esse efeito foram desenvolvidos os ranks de knickpoints, que por meio da análise de um banco de dados de dezenas de bacias hidrográficas, estabeleceu intervalos com valores fixos para as 5 classes de valores, que foram denominados de ranks. Utilizando o fundamento dos polos dos natural breaks, juntamente com um bom dimensionamento fornecido pelo intervalo de igual amplitude, os ranks apresentam os dados de forma eficiente, impedindo o efeito de camuflagem, posto que os dados podem ser rapidamente compreendidos de acordo com o intervalo ao qual pertencem.

## Morphotectonics in Intraplate Setting: the Planalto Paulistano Plateau Case – Southeastern Brazil

Marcos Roberto Pinheiro<sup>1</sup>, Paola Cianfarra<sup>2</sup>

(1) Universidade de São Paulo

(2) Università degli Studi di Genova

Recent researches have demonstrated that tectonics play an important role also in intraplate setting, such as in the Western Africa, Indian Subcontinent, Australia, East Antarctica, in the Pampean Plains of the North Central region of Argentina, in the New Madrid and Wabash Valley Seismic Zones (USA), and in the Brazilian territory as a whole. In Brazil, one of the most studied features related to the intraplate tectonics is the Continental Rift of Southeastern Brazil (CRSB), which comprises the Neoproterozoic basement and some Paleogene basins affected by Neotectonics, the tectonic regime acting since Neogene. The São Paulo basin is one of these basins, but the possible effects of Neotectonics on this feature and in the basement of the surrounded area is controversial. Thus, the objective of this research is to evaluate the relation between landforms and Neotectonics in this region, named Planalto Paulistano Plateau. In order to achieve this objective, structural lineaments were automatically traced on the Digital Elevation Model of the Shuttle Radar Topographic Mission by SID3 software. Such data were cumulated in databases by Daisy 3 software, in order to identify the lineament domains, whose principal orientation corresponds to the  $S_{max}$  trend. Such features were compared with the aeromagnetic data processed in the Geosoft's Oasis Montaj software, and with the results of Stream Length-Gradient Index analysis of the main

ridges, which indicate possible anomalous sectors of the longitudinal profile, sometimes related to tectonics. In the field, structural measurements (faults, synthetic cleavages, joints, veins, slickenlines, and metamorphic foliations) were surveyed and storage in a georeferenced database of the Daisy 3 software. These structural data were projected on the Schmidt Net (lower hemisphere) and their paleostress orientations were computed by fault-slip inversions, following the original Monte Carlo Direct inversion tool. The results indicate the prevalence of NW-SE, NE-SW, and ENE-WSW lineament domains, which coincides with the orientation of the field data and aeromagnetic (analytic signal amplitude) alignments. Such tectonic features might play an important role on the landform evolution of the study area, considering that the drainage system present several anomalies (rectilinear streams, river bends, elbows, junction angles about  $90^\circ$ , and knickpoints), especially the Embu-Mirim river. In addition, many water divisors are aligned, present asymmetric slopes, and traces of triangular facets along the Pirajussara fault. The possible Neotectonic activity in the area is still under investigation, but the paleostress inferred by means of field data and lineament analysis (horizontal  $\sigma_1$  and  $\sigma_3$ , respectively WNW-ESE and NNE-SSW trending) is similar to the result of other Neotectonic researches and compatible with the current tectonic regime.



## Neotectônica e Águas Minerais em Paraíba do Sul (RJ)

Miguel Tupinambá<sup>1</sup>, Rodrigo Batista<sup>2</sup>, Lucas Furtado<sup>2</sup>

(1) Tektos- FGEL- UERJ

(2) FACULDADE DE GEOLOGIA UERJ

A neotectônica favorece a circulação profunda de águas subterrâneas em aquíferos fraturados e a gênese de águas minerais. Para testar esta hipótese investigamos o sistema aquífero fraturado do Parque de Águas Salutaris, em Paraíba do Sul (RJ), onde ocorrem fontes de água mineral bicarbonatada sódica, cálcica e magnésiana. A captação das fontes foi feita em rochas granulíticas com foliação milonítica relacionada à Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (ZCPS). Embutidos na foliação são encontrados afloramentos e solo residual de diabásio pertencentes ao enxame de diques cretáceos da Serra do Mar. A análise estrutural local revelou reativação rúptil sinistral ao longo da foliação milonítica e plano de falha transversal à ZCPS com direção N10E e movimentação. Na interpretação de imagens orbitais de alta resolução foi identificado um sistema de lineamentos de direção NNW a NNE na bacia do Córrego do Matosinhos, que deságua no Rio Paraíba do Sul próximo ao Parque Salutaris. No mapa geológico da Folha Três Rios 100k encontram-se cartografadas 15 falhas na mesma direção, quase todas normais, com abatimento do bloco leste e que deslocam milonitos da ZCPS. A existência de falhas neógenas na direção NNE foi verificada no Santuário de Bom Jesus do Matosinhos, 10km a sul do parque Salutaris. Neste local dois sistemas de falhas normais de direção E-W e N-S

que interceptam o embasamento intemperizado, depósitos coluvionares, de tálus e aluvionares. A maior das estruturas, denominada de Falha de Matosinhos, tem rejeito vertical de 15m, direção N10W, mergulho vertical e estrias indicando movimentação normal e transcorrente. Um modelo hidrogeológico conceitual foi proposto, com: a) descarga da água mineral na área do Parque Salutaris (290m elevação), adjacente à barreira hidrogeológica dos diques de diabásio; b) recarga em elevações maiores que 500m (Santuário de Matosinhos); c) infiltração e movimentação lateral profunda através de falhas néogenas. O elevado conteúdo de Si, Na, Ca e K das águas minerais permite estimar profundidades de circulação acima de 1000m. Para testar o modelo, e com base na alta condutividade das águas minerais, foi medida a condutividade elétrica de rochas, solos e crostas nas áreas de recarga e descarga. Apenas uma faixa condutiva foi observada nos paragnaisses do Grupo Andrelândia a jusante do Santuário de Matosinhos. A ausência de materiais condutivos mesmo em zonas de infiltração de águas em fraturas pode ser interpretada como evidência de: a) um sistema aquífero antigo sem atuação no Recente; b) recarga a jusante de Matosinhos c) descarga profunda e sem interação com água meteórica.

## Reativações Tectônicas Cenozoicas e Implicações na Paisagem - Arco de Ponta Grossa

Jessica Miranda dos Santos<sup>1</sup>, Pedro Val<sup>2</sup>, Eduardo Salamuni<sup>1</sup>, Norberto Morales<sup>3</sup>, Clauzionor Lima da Silva<sup>4</sup>, Iata Anderson de Souza<sup>3</sup>, Emerson Sanches<sup>1</sup>

(1) UFPR  
(2) UFOP  
(3) UNESP  
(4) UFRRJ

Ambientes intraplacas são normalmente consideradas regiões tectonicamente inativas nas quais a paisagem evolui através da lenta incisão dos sistemas fluviais. Sempre que encontradas, as reativações tectônicas são consideradas de amplitude baixa e não causam qualquer alteração na paisagem. Além disso, na ausência de marcadores datáveis de deformação tectônica, a paisagem pode ser usada como um marcador passivo da atividade tectônica intraplaca. Neste contexto, foi investigado o limite norte do Arco de Ponta Grossa no sudeste do Brasil, uma feição mesozoica localizada na margem passiva brasileira limitada pelo Lineamento Guapiara. Com o objetivo de aprofundar as análises das reativações cenozoicas na região mapeamos e analisamos as relações espaço-temporais entre estruturas rúpteis e marcadores geomórficos de mudanças no nível de base. Os dados estruturais sugerem diferentes reativações de estruturas de embasamento antigas tanto do Proterozóico (Lineamentos Guapiara, Guaxupé e Jacutinga) quanto do Mesozóico (Lineamento São Sebastião). Foram mapeadas falhas transcorrentes/transtensivas NW-SE, NE-

SW, E-W e direção N-S, bem como falhas normais NW-SE e NE-SW, reativadas e nucleadas em pelo menos três pulsos tectônicos desde o Paleogeno: Pulso A NE - SW SHmax (Paleoceno-Eoceno), Pulso B N-S SHmax (Mioceno-Pleistoceno) e Pulso C WNW-ESE SHmax (Pleistoceno-Presente). Os dados demonstram a rotação no sentido anti-horário do campo de tensão máxima, que se moveu da orientação NE-SW (no limite Cretáceo-Paleogeno) para N-S, NW-SE para alcançar a posição atual WNW-ESE. Análises geomórficas quantitativas usando o índice de declividade do canal (channel steepness index) e chi-plots revelaram que os locais onde as estruturas foram reativadas coincidem com valores elevados do índice de declividade do canal (ksn) e anomalias da rede de drenagem, como entrincheiramento do canal, meandros, reorganização dos rios e outras formas anômalas possivelmente devido à subsidência tectônica. A análise revela que esforços tectônicos regionais podem perturbar paisagens no interior de placas mesmo com atividades tectônicas lentas quando comparadas a bordas tectônicas ativas.

**Sessão Temática**

# **Análise Estrutural e Microtectônica**

**Coordenadores:**

Luís Gustavo Ferreira Viegas (UnB)

Tiago Siqueira de Miranda (UFPE)

## Análise de Atributos de Falhas (Rejeito vs Comprimento) e Implicações para Zonas de Falhas em Rochas Siliciclásticas, Bacia Rio do Peixe, NE do Brasil

Isabela Carvalho Vaz<sup>1</sup>, Francisco C.C. Nogueira<sup>1</sup>,  
David L. Vasconcelos<sup>1</sup>, Jorge A.B. Souza<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal de Campina Grande  
(2) Petrobras

Zonas de falhas influenciam as propriedades petrofísicas e geomecânicas de rochas. Portanto, tem um papel fundamental no comportamento de fluxo de fluidos em reservatórios. Nesse contexto, a Bacia Rio do Peixe, localizada no nordeste do Brasil, consiste em um sítio privilegiado, como reservatório análogo, para analisar as heterogeneidades de uma zona de falha em função da variação do rejeito ao longo da falha, tendo em vista a presença de extensas exposições de zonas de falhas recobertas por volumes sísmicos. O objetivo deste trabalho consiste na análise do comportamento do rejeito vertical de falhas ao longo dos seus comprimentos, visando a definição e aprimoramento de relações preditivas entre diferentes atributos de falhas (rejeito, comprimento e variação na espessura da zona de dano). Nesse estudo, foi realizada a caracterização do rejeito vertical ao longo das falhas Malta e Portalegre na Bacia Rio do Peixe. A partir da interpretação sismoestratigráfica e sismoestrutural de três volumes sísmicos, suportada por dados de poços, foi possível realizar uma modelagem 3D dos planos de falhas. Em seguida, foi realizada a análise de rejeito vertical das falhas interpretadas em relação aos seus comprimentos. Além disso, a interpretação estrutural de subsuperfície foi correlacionada com os dados estruturais da porção aflorante das zonas de falha. Foi possível observar que as razões entre o rejeito vertical máximo e

o comprimento de uma falha podem variar ao longo da falha. Na análise da Falha Malta, observamos a presença de três núcleos de aumento de rejeito vertical ao longo do seu comprimento. Estes núcleos estão relacionados à conexão de dois diferentes segmentos dessa falha. Além disso, os dados da porção aflorante definem uma zona de dano existente sotoposta a um desses núcleos. A análise do segmento principal da Falha Portalegre permitiu a identificação de um núcleo de alteração de rejeito vertical, com valores maiores na porção central da falha, variando de 150 a 600m. Em adição, foram interpretados outros três segmentos dessa falha, os quais apresentam mergulho semelhante e três núcleos principais de aumento de rejeito vertical, relacionados à interação destes segmentos. Esta interação é observada através da superfície do topo do embasamento, a qual indica a possível existência de uma rampa de revezamento no Alto de Santa Helena. Há, ainda, na proximidade de um destes núcleos, a presença de duas zonas de dano aflorantes, as quais ocorrem nessa área da possível rampa de revezamento. Com base nos dados obtidos, é possível correlacionar o comportamento de diferentes atributos de falhas. Isto, por sua vez, possibilita a realização de relações preditivas entre estes atributos, auxiliando no entendimento da influência desses parâmetros no comportamento de fluxo de fluidos em reservatórios.

## Análise Estrutural da Região entre as Bacias do Parnaíba e do Araripe – Investigando Conexões Geológicas

Úrsula Riente<sup>1</sup>, Renata da Silva Schmitt<sup>1</sup>, Alessandro Ferraz Palmeira<sup>1</sup>, André Pereira de Assis<sup>1</sup>, Maria Filipa Perez da Gama<sup>1</sup>, Jonathan Santos Mattos<sup>1</sup>

(1) UFRJ

A Bacia do Parnaíba é uma bacia intracratônica fanerozoica originada pela reativação rúptil de estruturas do embasamento pré-cambriano formando rifts de direções NE-SW e E-W de idade Cambro-Ordoviciano, com uma fase sag flexural se estende do Siluriano ao Triássico. No Eo-jurássico e Eo-cretáceo, ocorreram uma série de derrames e intrusões magmáticas basálticas, seguidas por uma sedimentação juro-cretácea preservada na porção centro norte da bacia. A Bacia do Araripe, mesozoica, tem sua origem na reativação de estruturas NE-SW do embasamento por esforços extensivos durante a quebra do Gondwana. Esse evento extensional também afetou a sequência paleozoica da Bacia do Parnaíba. Atualmente as formações sedimentares cretáceas das duas bacias estão separadas por 430 km. Apesar da distância, os depósitos aptianos e albianos são bastante semelhantes em termos de fácies e conteúdo fossilífero. Este trabalho investiga se esses depósitos estavam conectados ou não através da vasta área em que hoje afloram as unidades paleozoicas da Bacia do Parnaíba. O estudo envolve uma análise estrutural da borda leste da Bacia do Parnaíba integrando dados interpretados de imagens SRTM e mapas magnetométricos com aplicação de diversos filtros de realce e quatro seções geológicas E-W realizadas em campo. Além das seções foi gerado um

mapa estrutural na escala 1:250.000. Até o momento, os resultados desta análise mostram que as estruturas do embasamento de trends principais E-W e NE-SW, lateralmente e abaixo das bacias do Parnaíba e Araripe, também estão presentes em unidades do Siluriano-Devoniano da Bacia do Parnaíba e do Cretáceo da Bacia do Araripe. Essas falhas e fraturas também controlaram a sedimentação e vulcanismo das bacias cambrianas precursoras, tais como a Bacia do Cococi. Seguindo esse trend NE-SW são encontrados diques, relacionados ao evento magmático do Eo-cretáceo (Formação Sardinha). Falhas e fraturas NW-SE recortam todas as unidades sedimentares de ambas as bacias, mas não ocorrem de forma expressiva no embasamento. Na bacia do Araripe o trend de falhas NW-SE deforma as camadas da unidade mais jovem, a Formação Exu. Na Serra de Ibiapaba um trend N-S é o mais expressivo, também controlando depósitos do neógeno. Essas evidências levam a interpretação que os sistemas rúpteis NW-SE e N-S configuram as estruturas mais novas, consideradas como produto de deformação intraplaca pós quebra do Gondwana. 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).



## Aspectos Estruturais dos Diques do Enxame de Diques Florianópolis do Maciço da Pinheira, Palhoça (SC)

Edison Ramos Tomazzoli<sup>1</sup>, Jean de Bona Veronêz<sup>2</sup>, Gabriel Campos dos Passos<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal de Santa Catarina

(2) Graduação em Geologia

A evolução tectônica da margem continental atlântica é assunto que vem sendo recorrente ao longo dos anos. Neste trabalho pretende-se apresentar alguns elementos dessa evolução, abordados sob o ponto de vista das variações no campo de tensões relacionadas à intrusão de pelo menos duas gerações de diques do Enxame Florianópolis no maciço da Pinheira, município de Palhoça (SC). O maciço da Pinheira possui área de aproximadamente 2,5 km<sup>2</sup> e localiza-se a sul da praia de mesmo nome.

Geologicamente é constituído pelo chamado Granito Ilha, de idade neoproterozoica, predominantemente maciço e equigranular grosso, que é cortado por diques cretáceos do Enxame de Diques Florianópolis (EDF), de composição básica ou intermediária, predominantemente com direção nordeste, geralmente subverticalizados. Os diques básicos são constituídos por diabásio, normalmente apresentando bordas muito finas ou afaníticas e núcleo com granulação, média e grossa, podendo ser classificados como gabros, nesse último caso. Os termos de composição intermediária são representados por um dique de andesito de coloração cinza, com cerca de 40 metros de espessura que apresenta ambas as bordas escuras, de composição máfica e granulação fina/afanítica. Observa-se nítido contato gradacional entre o núcleo e a borda, além de enxame de enclaves microgranulares máficos no núcleo andesítico; essas feições permitam classificá-lo como um dique composto. A maior parte dos diques apresenta direção nordeste-sudoeste (NE-SW) e espessuras decamétricas; ocorrem,

porém, diques mais finos, com orientação geral noroeste-sudeste (NW-SE). Em pelo menos um local, foi observado o truncamento de dique NE-SW por outro, com direção NW-SE, o que permite interpretar esses últimos como sendo mais jovens do que os primeiros. Nos diques, a interpretação de estruturas como degraus, chifres (horns), pontes e estruturas em zig-zag permitiu determinar a direção dos tensores de máxima compressão horizontal e de máxima distensão horizontal, segundo os critérios da literatura especializada. Nos diques NW-SE, essas estruturas mostraram que a máxima distensão horizontal é aproximadamente E-W e, conseqüentemente, a máxima compressão horizontal é aproximadamente N-S. Já os diques NW-SE, ao contrário dos anteriores exibem bordas em zig-zag, mudando constantemente de direção. Nesses diques, os indicadores cinemáticos mostraram que a direção de máxima distensão horizontal é em torno de N 75°W e, conseqüentemente, a direção de máxima compressão horizontal fica em torno de N15°E. Observa-se, portanto, que houve pouca mudança na orientação dos tensores relacionados a essas duas gerações de diques. Trabalhos anteriores mostram que os diques NE-SE apresentam idades U-Pb em torno de 133 Ma. Novas datações, em diques NW-SE poderão fornecer dados sobre o intervalo de tempo entre essas duas gerações, dando assim uma dimensão temporal da mudança na orientação dos tensores da evolução tectônica da margem continental nessa área.

## Caracterização e Modelagem Petrofísica de uma Zona de Dano com Interação de Falhas, Bacia Rio do Peixe, NE, Brasil

Luiza Cavalcante Vinhas Lucas<sup>1</sup>, Paulo Jedean da Silva Araújo<sup>1</sup>, Maria Eduarda da Silva<sup>1</sup>, Gabriel de Brito Honório<sup>1</sup>, David Lino Vasconcelos<sup>1</sup>, Jorge André Braz de Souza<sup>2</sup>, Francisco Cezar da Costa Nogueira<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal de Campina Grande  
(2) Petrobras

Os arenitos porosos da Bacia Rio do Peixe, devido à sua boa exposição em afloramento, configuram um sítio ideal para a investigação direta do impacto de zonas de falha com bandas de deformação em propriedades petrofísicas. Adicionalmente, o entendimento dessas propriedades em superfície pode ser correlacionado com as principais falhas da bacia, uma vez que estas foram imageadas por sísmica de reflexão. Neste estudo essas relações são analisadas por meio da modelagem de permeabilidade em um afloramento no teto de uma falha de borda da Bacia Rio do Peixe (Falha Portalegre), em um contexto regional de interação entre dois segmentos de falha. A partir do tratamento estatístico de medidas de permeabilidade *in situ*, foram construídos modelos de distribuição de permeabilidade de banda de deformação (KBD) e rocha hospedeira (KHR), levando em consideração os elementos arquiteturais da zona de dano da Falha Portalegre. Posteriormente esses modelos foram utilizados para o cálculo de modelos de permeabilidade equivalente paralela (KY) e perpendicular (KX) à falha principal. É possível observar uma redução da permeabilidade de bandas de deformação (KBD) de até três ordens de grandeza em

relação à rocha hospedeira (KRH). No entanto, as reduções de permeabilidade mais expressivas são registradas nos subdomínios mais distantes da Falha Portalegre, contrariando o que é sugerido por estudos prévios. Além disso, também registramos um aumento significativo da permeabilidade do protólito em relação à zona de dano, incluindo as bandas de deformação e a rocha hospedeira. Com base nesses resultados, é possível observar a relação da variação de permeabilidade com a falha de borda (falha 1) e duas falhas menores (falhas 2 e 3) interpretadas. O modelo KBD mostra uma maior concentração de valores em torno de 10 mD, com algumas variações associadas às falhas, que concentram as maiores quantidade de bandas de deformação. O modelo KRH mostra uma distribuição com uma alta concentração de valores entre 100 e 1000 mD, de modo que permeabilidades mais altas ficam evidentes nas adjacências do limite entre as zonas de falha 1 e 2. Espera-se que com esses resultados seja possível analisar o impacto que a interação entre as zonas de dano de falhas distintas causam no escoamento de fluidos em meios porosos siliciclásticos deformados.

## Caracterização Estrutural e Distribuição Espacial de Bandas de Deformação em uma Zona de Dano com Interação de Falhas, Bacia Rio do Peixe, NE do Brasil

Luiza Cavalcante Vinhas Lucas<sup>1</sup>, Maria Eduarda da Silva<sup>1</sup>, Paulo Jedean da Silva Araújo<sup>1</sup>, David Lino Vasconcelos<sup>1</sup>, Francisco Cezar da Costa Nogueira<sup>1</sup>, Gabriel de Brito Honório<sup>1</sup>, Jorge André Braz de Souza<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal de Campina Grande

(2) Petrobras

Os arenitos porosos da Bacia Rio do Peixe, devido à sua boa exposição em afloramento e cobertura por dados de subsuperfície, configuram um sítio ideal para a investigação de zonas de falha com bandas de deformação. Adicionalmente, o mapeamento das estruturas em superfície pode ser correlacionado com as principais falhas da bacia, uma vez que estas foram interpretadas por sísmica de reflexão. Neste estudo foi realizada a caracterização de elementos estruturais de um afloramento no teto de uma falha de borda da Bacia Rio do Peixe (Falha Portalegre), em um contexto regional de interação entre dois segmentos dessa falha. Em adição, foi realizada a modelagem estrutural dessa zona de falha. A partir da coleta de dados em uma linha de varredura de aproximadamente 300 m, foram gerados gráficos de frequência acumulada e frequência absoluta de bandas de deformação em relação à distância da falha principal. Com base nessas informações, foram caracterizados os subdomínios da zona de dano e o início da rocha não-deformada. Foi identificada uma zona de dano de 271 metros e uma quantidade total de 1444 bandas de deformação, cujo frequência decai à medida que se afasta da falha principal. Dentro desse intervalo foi observada a repetição de três zonas de dano interna, as

quais interpretamos como relativas à três zonas de dano. As três zonas de dano foram associadas a falhas distintas: a primeira diretamente à Falha Portalegre e as duas seguintes a falhas menores, não identificadas em afloramento nem em estudos prévios utilizando sísmica de reflexão. A zona de dano 1, localizada mais próximo da falha principal, apresenta 64 m de espessura e 597 bandas de deformação, o que resulta numa média de 9,33 bandas/m. A zona de dano 2 exibe uma espessura de 103 m e 637 bandas de deformação, o que caracteriza uma média de 6,18 bandas/m. Por fim, a zona de dano 3 apresenta 104 m de espessura e 206 bandas de deformação, o que resulta numa média de 1,98 bandas/m. Apesar da diminuição na deformação à medida que se afasta da falha principal, identificamos que o início de cada zona de dano é marcada por um acréscimo na quantidade de estruturas. Desse modo, este estudo associa a repetição de zonas de dano internas a um contexto de interação entre dois segmentos de escala regional da Falha Portalegre. Essa interação pode ser a responsável pelo aumento na intensidade deformacional, gerando falhas menores, porém com uma alta acomodação de deformação típica de uma zona de dano interna.

## Estudo Topológico Aplicado aos Parâmetros Petrofísicos em Zona de Alta Deformação em Arenitos Porosos na Bacia Rio do Peixe, Brasil

Gabriel de Brito Honório<sup>1</sup>, Eli Cristina Lourenço Barbosa<sup>1</sup>, David Lino Vasconcelos<sup>1</sup>, Francisco César Costa Nogueira<sup>1</sup>, Jorge André Braz de Souza<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal de Campina Grande  
(2) CENPES/Petrobras S.A

Devido os reservatórios afetados por falhas estarem em subsuperfície se torna necessário compreender os processos estruturais ao cruzando e ao longo de uma zona de falha para a exploração do petróleo em bacias sedimentares. Esse entendimento requer conhecer os elementos arquiteturais desta zona, caracterizado pela presença de bandas de deformação (BD). O estudo de rochas aflorantes análogas é uma abordagem eficiente para analisar a formação das BD e o impacto dessas estruturas no ponto de vista da produção do reservatório em zonas de falhas. Desse modo, o presente trabalho busca analisar o comportamento topológico geométrico das conexões das BD's, correlacionando com os dados de permeabilidade e estruturas de linkagem, ambos abordados em publicações prévias. As BD são elementos arquiteturais tabulares de zona de falha ocorrendo na forma de isolada ou aglomerada que reduzem as propriedades petrofísicas como permeabilidade em até seis ordens de magnitude ou em alguns casos, torna-se uma região de conduto de fluidos. O entendimento das geometrias presentes na natureza é uma forma de compreender padrões e prever comportamentos dos alvos de estudo e pode ser feita através da topologia. Na geologia estrutural, a topologia classifica os elementos em X, Y, I e V quantificando os parâmetros topológicos fornecendo dados como: número de terminações X, Y e I; número de nós, ramos e conexões; dentre outros. O local de estudo está localizado na Bacia Rio do Peixe, uma bacia sedimentar

intracontinental, formada por três sub-bacias tendo o pacote sedimentar preenchido por formações cretáceas e devonianas. A bacia é também dotada de três falhas principais: Malta, Portalegre e Rio Piranhas. Nesse trabalho foram utilizadas imagens de drone para mapear o afloramento, gerando um ortomosaico que serviu de base para mapear as BD. Feito isso, realizamos a análise topológica geométrica do afloramento. Sendo assim, geramos um grid com tamanho celular de 2x2 metros para cobrir uma área de 244 x 202 metros. Por fim, geramos uma malha de parâmetros topológicos que forneceu dados da intensidade de conexões das estruturas mapeadas mostrando que locais onde há maior conexão de BD, conseqüentemente, sofre uma redução da permeabilidade. Cruzando a zona de falha, foi visto que a permeabilidade decai ao longo do cluster e aumenta quando nos afastamos perpendicularmente a ele. A intensidade de nós em X é maior nos locais de linkagem e a quantidade de nós em Y é proporcional aos locais de maior tensão apresentando-se como uma ferramenta de mapeamento de cluster. Analisando a topologia ao longo da zona de falha, observamos que na terminação da falha Y e I ocorrem concomitantemente, com I em maior porcentagem. Constatou-se que analisar as conexões e a distribuição de nós são importantes ferramentas para auxiliar na caracterização de um análogo e estimar permeabilidades locais, abrindo espaço para a inserção da topologia no fluxo de trabalho da modelagem e simulação numérica.



## Geometria de Falha Controlando o Desenvolvimento de Zonas de Falha: Percepções da Bacia do Rio do Peixe, NE Brasil

David Lino Vasconcelos<sup>1</sup>, Luiza Cavalcante Vinha Lucas<sup>1</sup>, Maria Eduarda da Silva<sup>1</sup>, Francisco César Costa Nogueira<sup>1</sup>, Jorge André Braz de Souza<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal de Campina Grande  
(2) CENPES/Petrobras S.A

As zonas de falha são caracterizadas por influenciar as propriedades petrofísicas das rochas hospedeiras, por isso têm um papel fundamental no comportamento de fluxo de fluidos em reservatórios. A arquitetura da zona de falha compreende três componentes principais, o núcleo, a zona de dano e o protólito, onde a intensidade da deformação geralmente diminui do núcleo em direção à zona de dano e ao protólito. No entanto, a largura da zona de dano pode variar de metros a quilômetros. Além disso, a distribuição espacial das estruturas subsísmicas também varia ao longo da zona de dano. Portanto, entender os fatores que controlam a distribuição espacial das estruturas subsísmicas e a largura da zona de dano é fundamental para caracterizar as propriedades petrofísicas da rocha que hospeda a deformação e as suas implicações para o escoamento do fluido em meios porosos afetados por zonas de falhas. Vários estudos utilizaram dados de frequência acumulada de estruturas subsísmicas na superfície para adquirir relações preditivas e melhorar a precisão da largura da zona de dano em subsuperfície. Apesar disso, o principal problema ainda consiste no comportamento da heterogeneidade da zona de dano e na distribuição espacial das estruturas subsísmicas no subsolo. Neste estudo, combinamos dados aeromagnético e sísmica 2D e 3D com dados de frequência de bandas de deformação na superfície para avaliar como a geometria das falhas de borda controla a espessura das zonas de dano e a distribuição das

bandas de deformação na superfície ao longo de duas zonas de falha na Bacia do Rio do Peixe, NE do Brasil. A presente pesquisa mostra que a geometria da falha controlada pela herança tectônica das estruturas do embasamento compreende um fator primário que influencia as variações na largura da zona de dano e no rejeito da falha ao longo da zona de falha. Identificamos duas zonas de dano de falhas associadas a distintas geometrias: (i) zona de dano de uma falha isolada e (ii) zona de dano de falhas com interações. A falha isolada apresenta uma zona de dano onde uma curva de decaimento logarítmico controla o padrão de distribuição espacial e a frequência das bandas de deformação decai à medida que se afasta da falha. Em contraste, falhas com interações mostram uma zona de dano com recorrência de zonas de aglomeração de bandas de deformação associadas às falhas subsísmicas onde cada falha apresenta uma zona de dano controlada por curva de decaimento logarítmico e a frequência das bandas de deformação decai à medida que se afastam da falha e aumentam próximo falha subsequente. Além disso, falhas com interações podem registrar uma zona de dano mais espessa, apesar de apresentarem um menor rejeito de falha comparado à falha isolada. Assim, sugerimos que avaliar a relação entre a largura da zona de dano a partir do rejeito da falha compreende uma incerteza considerável que pode ser reduzida se os fatores que controlam o comportamento das zonas de falha forem identificados.



## Influência de uma Zona de Falha na Conectividade de Bandas de Deformação

Gabriel de Brito Honório<sup>1</sup>, Luiza Cavalcante Vinhas Lucas<sup>1</sup>,  
Paulo Jedean da Silva Araújo<sup>1</sup>, David Lino Vasconcelos<sup>1</sup>,  
Francisco César Costa Nogueira<sup>1</sup>, Jorge André Braz de Souza<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal de Campina Grande

(2) CENPES/Petrobras S.A

Por muito tempo as falhas foram categorizadas como um plano geométrico que compartimentava o reservatório ou servia de conduto de fluidos. Com o avanço do conhecimento, notou-se que as falhas exercem influência nas rochas que a cerca. Com isso, mostrou-se importante caracterizar a zona de falha para entender o impacto dessas estruturas no reservatório e compreender os elementos arquiteturais que o compõem, a exemplo das bandas de deformação (BD). Uma maneira de avaliar essa variação é através de correlações com os análogos afloramentos por dados e análises de campo, medidas estruturais e scanlines. Outra maneira de obter dados para o estudo de afloramentos é através da topologia, registrando a forma que as estruturas estão interligadas. Sendo assim, o presente trabalho teve o intuito de analisar a intensidade de conexões de BD's e o comportamento das terminações topológicas (X, Y e I) à medida que a distância da falha aumenta. O local de estudo está inserido na Bacia Rio do Peixe, próximo a uma das três principais falhas da bacia, a Falha Portalegre. Para a realização desse trabalho, realizamos um scanline de 271 metros partindo da falha até o protólito. Além disso, houve a aquisição de imagens de drone para a

geração de um ortomosaico onde foram mapeadas BD's. Posteriormente, fizemos um grid com a célula de tamanho 3x3 metros para cobrir a área de estudo de 400 x 290 metros. Em seguida foram gerados os parâmetros topológicos para as BD's mapeadas. Sendo assim, observamos que as conexões entre as BD's decaem quando nos afastamos do núcleo da falha, tendo um decaimento linear de 141 conexões por metro quadrado até o valor zero. Fato semelhante aconteceu no scanline, onde as BD's perderam intensidade quando nos aproximamos do protólito. Além disso, notamos que o comportamento das terminações topológicas foi alterando no sentido da análise. Próximo à falha, onde temos o local de maior concentração de tensão, houve a maior incidência de terminação Y, em uma zona intermediária a terminação X predominou. Contudo, próximo ao protólito as BD's ocorreram de forma isolada, propiciando a ocorrência da terminação I. Destarte, os resultados gerados mostraram que a topologia pode ser um suporte aos métodos de caracterização de análogos e análise do comportamento estrutural das BD's em uma zona de falha, podendo servir de ferramenta para auxiliar nos modelos estruturais e de simulação numérica.

## Magmatic S-C Structures Related to Transtensional Environment Recorded in Syenites from the Arroio do Silva Pluton, Southernmost Brazil

Dionatan Ferri Padilha<sup>1</sup>, João Antônio Silva Fontoura<sup>1</sup>, Maria de Fátima Bitencourt<sup>1</sup>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/PPGEO

The Neoproterozoic Dom Feliciano Belt (DFB) extends from south Brazil to Uruguay. In its central sector (RS), the DFB eastern domain features voluminous post-collisional magmatism (640-580 Ma) along a system of anastomosing transcurrent shear zones. The Arroio do Silva Pluton (ASP) comprises a syenite-monzonite-diorite association located at the northwestern portion of the granitic belt. The pluton outcrops as four isolated areas interpreted to be continuous at the subsurface due to their continuous fabric. The magmatic fabric is well-developed in all varieties and marked by the shape orientation of feldspar crystals highlighted by mafic aggregates. Pluton-scale structural data reveal a steeply-dipping, NW-striking magmatic foliation in three of the four ASP outcropping areas, bearing no linear structure. Despite its constant structural pattern for most areas on a regional scale, variations of the planar fabric are also observed, indicating a more complex internal geometry for the pluton. Detailed structural studies developed in the syenitic variety have revealed the presence of two originally orthogonal planar structures interpreted as a magmatic S-C pair. The S-foliation is preserved as sub-horizontal planes in zones unaffected by shearing along the subvertical, NW-striking C-foliation. At the micro-scale, the sub-horizontal S-foliation is marked by aligned 010 faces of K-feldspar crystals which show no indication of internal deformation. Quartz crystals show undulose extinction and locally chessboard-pattern subgrains.

Along the C-foliation, K-feldspar is also aligned and locally exhibits undulose extinction and some large subgrains. Myrmekites are often present at K-feldspar crystal margins, and chessboard-pattern subgrains are widespread in quartz. Microstructural features enable the interpretation that the S-foliation was generated by magmatic flow, whilst the C-foliation is established at a more advanced stage of the crystallizing system, with weak deformation related to near-solidus flow at temperatures above 650°C. Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) data demonstrate that magnetic fabric is predominantly concordant with magmatic foliations, and reveal a magnetic lineation plunging at shallow angles in both structures. In zones unaffected by shearing, lineation plunges NW/SE, while in the C-foliation, magnetic lineation plunges NNW/SSE, which corroborates the interpretation of a magmatic S-C pair and leads to the interpretation of dextral kinematics. Furthermore, the comparison of magnetic and structural fabrics permits to establish the difference between flow foliation and magmatic foliation. Therefore, the syenite matrix registers a NNW-striking flow, while the NW-striking C-foliation registers the geometrical behaviour of active markers under magmatic flow. The data suggest that the ASP registers the coexistence of transcurrent and extensional kinematics, pointing to a transtensional environment during its emplacement.

## Petrografia e Estruturação das Rochas Metagraníticas do Stock Serra do Jatobá, Terreno Alto Pajeú, Província Borborema

Mariana Sousa da Paixão<sup>1</sup>, Lauro César Montefalco de Lira Santos<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal de Pernambuco

O Terreno Alto Pajeú ocorre na porção central da Província Borborema (NE do Brasil), compreendendo principalmente rochas geradas entre 1000 e 920 Ma atribuídas ao evento Cariris Velhos. Na região que ocorre a oeste do município de Floresta, Pernambuco, rochas metaplutônicas e metassedimentares associadas a este evento afloram registrando complexa trama deformacional (polifásica?). Dentro deste grupo, o stock granítico Serra do Jatobá foi estudado do ponto de vista petrográfico e estrutural. Este corpo apresenta forma dobrada com plano axial orientado na direção E-W, formando um padrão isoclinal e antifforme com moderado caimento, observado em escala de mapa. Este padrão é reproduzido tanto nas rochas metaplutônicas quanto em biotita-muscovita xistos e paragneisses circundantes do Complexo São Caetano. Apesar da proximidade com milonitos da Zona de Cisalhamento Quixabeira, de cinemática transcorrente dextral que ocorre à oeste, evidências de deformação de alta temperatura não são observadas em escala de afloramento, a exceção de tramas gnáissicas e leucossomas dobrados em sua borda sul. A composição petrográfica do seu protólito é majoritariamente monzogranítica com

destacados cristais centimétricos de muscovita e granada. Minerais acessórios de origem magmática incluem apatita, titanita e zircão, normalmente inclusos em finos filmes de biotita. Evidências de deformação no estado sólido incluem dobras intrafoliais, ribbons de quartzo e porfiroclastos de K-feldspato deformados em escala de lâmina, sempre associados a tramas S-C e S-C-C', interpretados como marcadores de dobramento sin-cinemático. Outros critérios deformacionais pontuais incluem granadas do tipo "bola de neve" e segregados quartzo-feldspáticos fortemente dobrados em padrões poli- e desarmônicos; i.e., dobras ptigmáticas e box-fold. Correlaciona-se a idade de cristalização deste Stock ao Ortognaisse Canoa, datado em ca. 990 Ma. Os dados obtidos, ainda que preliminares, sugerem que estas rochas representam relictos de fusão parcial da crosta continental no início do Neoproterozoico que experimentou condições moderadas a elevadas taxas de deformação, provavelmente no fácies anfibolito durante a Orogênese Brasileira.

Palavras-chave: Terreno Alto Pajeú, Stock Serra do Jatobá, Província Borborema.

## Riedel Shear Bands Associated to Soft-Sediment Deformation within Mass-Transport Deposits

Mérolyn Camila Naves de Lima Rodrigues<sup>1</sup>, Barbara Trzaskos<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal do Paraná

Soft-sediment deformation (SSD) occur in poorly to non-lithified sediments in several deformational contexts associated to tectonics or non-tectonic processes. Mass-transport deposits (MTDs) results of sediments remobilization by mass gravitational processes, triggered by tectonism and/or sedimentary processes. Downslope transport of sediments promotes processes of SSD, which generate several structures such as faults, folds, boudins, injectites, and others. In the Itararé Group, permocarboniferous unit of Paraná Basin, MTDs are recurrent and show a great range of deformation structures, including faults. Faults with geometric and kinematic pattern similar to Riedel shear fractures are common in both isolated layers of sand and mud in diamictites or in intervals of multiples layers of sand and mud (e.g., rhythmites). These structures generally do not have a defined detachment surface, but a small deformation zone and were called Riedel shear bands. The R shear bands are predominant and, sometimes, the only band identified in some intervals; whereas Y, P, R' and P' shear bands occur secondarily. The shear bands commonly form shear zones, where Y shear bands tend to delimit these zones. The Y shear bands occur particularly parallel and within mud laminations or layers, and may sometimes have a striated detachment surface. The shear bands deform one or more layers and laminations, as segmented or relatively continuous plans. They also

consist of more or less defined shear bands, straight to slightly curved, and usually without detachment surface (except Y bands). In addition, shear bands show mud and/or sand smear (average thickness  $\leq 1\text{mm}$ , but can reach 5 mm). Based on the geometric and kinematic pattern and the temporal relationship, a Riedel shear band development model was created where simple shear occurred preferably parallel to the layers. R shear bands were the first to be initiated or the only developed. In some cases, deformation progress allowed the development of others bands (as Y, P and/or P') simultaneously and secondarily to R bands, and with the R' bands (less expressive) relatively later to the others. Deformed layers tend to be rounded and with sigmoidal to lenticular shapes, while laminations tend to show geometry in S. Theses aspects results of drag deformed layers and laminations. Development of these faults as shear bands with mud and sand smear, as well as the sigmoidal and S shape of layers and laminations, respectively, due to drag is related to relatively ductile aspect of deformation of the sediments during the mass movement. Therefore, development of Riedel shear bands is associated not only to brittle deformation and tectonic processes, but also to deformation aspect more similar to ductile deformation, as a result of material properties, and associated to non-tectonic processes.

## Structural Characterization and Correlation of Peraluminous Rocks in the Arroio dos Ratos Complex

Lucas Perroud Pezat<sup>1</sup>, Stephanie Carvalho da Silva<sup>2</sup>, Maria de Fátima Bitencourt<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Curso de Geologia  
(2) UFRGS

The Arroio dos Ratos Complex (ARC), located in the eastern portion of the Sul-rio-grandense Shield, south Brazil, represents the Dom Feliciano Belt (DFB) Paleoproterozoic basement, and its tectonic evolution still poorly known. Because its complex framework results from a lengthy history of several magmatic and deformational events exposed as a discontinuous record in roof pendants, it is difficult to understand and interpret correctly. The complex comprises three tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG) associations of continental magmatic arc geochemical signature, denominated A1, A2 and A3. Association 3 (A3), dated at 2,07 Ma, is the youngest and comprises tonalitic to granodioritic gneisses whose main characteristic is a well-developed banding. Recent works have identified and described the products of peraluminous magmatism as part of the Arroio dos Ratos Complex, represented by three variably-deformed and structurally concordant rocks, including an intrusive porphyritic biotite granodiorite (PBG) ( $2,083 \pm 8$  Ma). An attempt to understand the ARC geotectonic evolution was proposed in which the A3 and the PBG are part of the post-collisional stage of an ancient continental magmatic arc. Further investigation of the ARC rocks is necessary to test this model. The A3 structural

characterization comprised detailed field data integrated with petrographic and microstructural analysis to compare it with the porphyritic biotite granodiorite data. Previous work in the porphyritic biotite granodiorite described a gently-dipping banding S1 with a girdle pattern generated by folding, whose axis has the same WNW plunge direction of the stretching lineations L1 contained in the S1 plane. A similar girdle represents the S1 foliation recorded in the A3, and its axis and stretching lineation L1 have similar trends but plunge at a slightly shallower angle. Deformation progression in the PBG forms a steeply-dipping WNW-ESE striking foliation S2a, bearing a moderate- to low-rake stretching lineation L2. The A3 rocks feature an S2a with the same strike and an L2 with the same moderate to low rake. A local third planar structure, S2b, is described in the PBG and comprises mainly ENE-striking shear bands that displace the S2a with sinistral shear sense. The A3 rocks also exhibit an S2b planar structure, but in this case, WNW-striking shear bands displace S2a with dextral shear sense. Such pair of shear zones of contrasting strikes and kinematics could be a conjugate set. As a result, the structural data indicate that the A3 rocks register the same deformation history as the porphyritic biotite granodiorite.



## Structural Control and Magma Emplacement Through Ductile Shear-Zones: Expectations and Reality Concerning Microstructural Analysis, Case Study of the Alto Maranhão Suite, Mineiro Belt

Isabela Nahas<sup>1</sup>, Wilker Soares-Silva<sup>1</sup>, Leonardo Gonçalves<sup>1</sup>,  
Cristiane C. Gonçalves<sup>1</sup>, Luis Gustavo Viegas<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal de Ouro Preto  
(2) Universidade de Brasília

The Alto Maranhão suite, exposed in the southern São Francisco Craton, is one of the several granitic arc-related rock assemblages that composes the Mineiro Belt. Its main batholith has a boomerang-like shape, and it is bounded by regional Jeceaba-Bom Sucesso (JBSZ) and Congonhas-Itaverava (CISZ) shear zones. Using of microstructural analysis, we investigate the influence of these shear-zones to the deformation and emplacement of the suite. Two microstructural and faciological units can be individualized: the Eastern and the Western domains. In the Eastern domain the main facies are coarse to fine grained hornblende-biotite tonalites, composed of c.a. 44% plagioclase, 15% biotite, 10% hornblende, 17% quartz, and accessory phases as epidote, titanite, zircon and apatite. Quartz and plagioclase show no evidence of dynamic recrystallization, only incipient undulose extinction. The plagioclase is commonly elongated with long axes aligned with the NW-SE CISZ direction. The magmatic foliation is well-defined by biotite and hornblende and shows in the vicinities of the CISZ a "S-C" like, steep foliation. In the fine-grained facies, late-magmatic fluids could be responsible for saussuritization of

plagioclase and some chloritization of biotite. In the Western domain the main facies are coarse-grained biotite-hornblende tonalites, composed by 48% plagioclase, 17% hornblende, 14% biotite, 13% quartz, and accessory phases as epidote, titanite, zircon and apatite. Apatite in this case occurs in large volumes within all phases, except for quartz, and shows acicular texture or basal section. Recovery mechanisms are also active in quartz and plagioclase, without any evidence of dynamic recrystallization. Magmatic foliation is majority poorly defined, while the plagioclase grains show a concentric and cyclic zoning, corroded borders, sometimes polysynthetic twinning, and preserves much smaller axial ratio compared to the Eastern domain. The incipient orientation of plagioclase grains follows the NE-SW JBSZ direction or are randomly distributed. By all the matters, the Eastern domain was interpreted as a tectonic controlled igneous flow, placing the Alto Maranhão suite as syn- to post-kinematic to the CISZ and the Western domain as a hybrid domain, with poor control of igneous flow. In the latter, the JBSZ probably functioned as an apparatus for magma trapping rather than a tectonic control structure.

## Stylolites Morphology as a Factor for the Guia Formation Petroleum System

Kauê Seoane<sup>1</sup>, Fabio Henrique Garcia Domingos<sup>2</sup>, Alexandre Castelo Branco<sup>3</sup>, Jhon Afonso<sup>1</sup>, Luciano Castro<sup>4</sup>, Joelson Soares<sup>2</sup>

(1) Universidade de São Paulo

(2) Universidade Federal do Pará

(3) Secretaria Municipal de Meio Ambiente (PA)

(4) Serviço Geológico do Brasil (CPRM)

Limestones are well-known as reservoir rocks in oil and gas fields, however, there are microstructures present that can facilitate or hinder the vocation of these rocks as suitable regions. Stylolites are part of these ranges of structures, and they are present mainly in fine-grained rocks, like limestones (Dunnington 1954; Railsback 1993). They present themselves in a 2D profile with clenched teeth from their surface, which exhibits positive and negative peaks along their length observed in meso and microscale (Bates & Jackson, 1980; Stockdale 1922). Their peaks or spikes result from the magnitude of the stress they have undergone (Koehn et al. 2012; Ebner et al. 2009a). Stylolite morphology is known as an important factor to understand the fluid flow in limestones as Koehn et al. (2016) suggest. To assess whether these morphologies found at Guia's stylolites had a positive or negative impact on Neoproterozoic Petroleum System (Sousa Jr et al. 2016). The Ediacaran Guia Formation is outcropped along the Paraguay Belt. The rocks are cross-cut by normal and sinistral strike-slip NW-SE trending faults, which often produce metric scale drag folds. The post-collisional granites from São Vicente Suite constrain the minimum age for Guia Formation rocks between 550–500 Ma. It comprises dark gray calciferous limestones finely laminated, formed by carbonatic mud, with quartz and subordinate muscovite capped by black shales. We classified 61 stylolites according to their morphology following the proposal of

Koehn et al. (2016), derived from numerical simulations and natural observations. Four typologies were recognized in Guia Formation mudstones. In this classification, three of them have sectors working as sealing areas (head seam) and leaking areas (lateral seam). Type 1 – rectangular with residual layer (5%); type 2 – seismogram (27.4%); type 3 – suture and sharp peaks (47.6%), and type 4 – simplewavy (20%), the latter showing more smoothed features. Types 2, 3, and 4 are the most common and make up approximately 91,8% of the total stylolites present. It is established that the rougher is a stylolite more likely to act as a channel to fluid flux in a rock. The opposite is true, less roughness, the stylolites are not offsetting the barrier, therefore they will act as a barrier to fluid flux (Bruna et al. 2019). The use of stylolite morphology is considered a key factor in the role these structures played during rock history (Koehn et al. 2016). Hence, with the presence of rectangular, seismogram, and sutured, we put forward for consideration the bitumen used the stylolites as fluid pathways during the timescale of their development. In addition, these stylolites can be considered “dead” as suggested by Bruna et al. (2018), which once had operated as an open channel for fluids and during their development reached a point of inactivity, which is supported by Nogueira et al. (2001) data on the presence of bitumen impregnation in stylolites at Guia Formation.

## Tectono-Metamorphic and Magmatic Characterization in the Bouzouga Region (Marrakech High Atlas, Morocco)

Hadani Mohamed<sup>1</sup>, Rui Dias<sup>2</sup>, Maria do Rosario Azevedo<sup>3</sup>

(1) Chouaib Doukkali University

(2) Universidade de Évora

(3) Universidade de Aveiro

The Bouzouga region is located in the northern region of the Marrakech High Atlas (MHA), in transition with the Haouz region, limited by the Imi-N-Tanout accident. The MHA is considered the southernmost segment of the West Meseteian variscan chain with Namuro-Westphalian deformation. This study allows us to trace the geodynamic evolution of this part of the MHA. The petrostructural study carried out in the region allowed us to identify two different domains in relation to the deformation and the metamorphism on both sides of the Bouzouga accident. A second phase of deformation (D2) is identified in the region which is superimposed on the major variscan deformation event (D1) has been described in previous study. The early structure (D1) are penetrative that emphasize a NS folding with a western vergency. The linear and planar structures locally rotate continuously in vicinity to NE-SW shear zones. Blastesis – deformation microtextural relationships indicate that the crystallization of the main index minerals is largely syn-kinematic at the first phase of deformation (D1). In the vicinity of the Bouzouga accident, the country rocks are strongly affected by a second phase of

deformation (D2). The Bouzouga massif displays a tonalitic composition, a restricted compositional range (% SiO<sub>2</sub>= 61,62), a metaluminous character (A/CNK = 0.92) and calc-alkaline affinities. These characteristics are compatible with an I-type and/or H-type affiliation. The deficiency of aluminum in this type of magma is manifested by the occurrence of minerals such as hornblende and biotite and by the systematic absence of muscovite confirmed by petrographic observation. The emplacement of Bouzouga biotite tonalite seems to be controlled by a dextral shear zone oriented NNE-SSW during a second variscan event (D2). This secondary tectogenesis event is marked by the development of a crenulation cleavage, which passes to a foliation in the vicinity of western contact aureole, whereas the eastern contact has been reworking by a reverse fault. The Bouzouga granitoid reveals the characteristics of a syn to late-kinematic emplacement within an antiform structure, in respect to the regional variscan event D2.

Keywords: Structural analysis, Variscan granitoid, Marrakech High Atlas, Morocco.

## Upward and Horizontal Magma Flow Recorded By the Anisotropy of Magnetic Susceptibility of Tonalites from the Alto Maranhão Suite, Mineiro Belt

Isabela Nahas<sup>1</sup>, Leonardo Gonçalves<sup>1</sup>, Luis Gustavo Viegas<sup>2</sup>, Cristiane C. Gonçalves<sup>1</sup>, Maria Irene Raposo<sup>3</sup>

(1) Universidade Federal de Ouro Preto

(2) Universidade de Brasília

(3) Universidade de São Paulo

The Mineiro Belt is an accretionary segment of the Archean to Paleoproterozoic São Francisco paleocontinent. Within its NE margin, the Jeceaba-Bom Sucesso (JBSZ) and the Congonhas-Itaverava (CISZ) shear zones separate the northern Archean to Paleoproterozoic metamorphic complexes and passive margin terrane from the southern Paleoproterozoic arc-related rock assemblages. The studied Alto Maranhão suite (2130Ma) is bounded by these shear zones and interpreted to have a structural control based on previous microstructural analysis and pluton shape. Field observations, microstructural analysis and magnetic fabrics were employed in order to constrain an emplacement model and tectonic implications for the evolution of this suite. Magnetic mineralogy experiments show that the origin of the magnetic susceptibility is due to the presence of paramagnetic mineral phases, in this case, biotite and hornblende. The bulk susceptibility varies from 63.5 to 541  $\mu\text{SI}$  and is in agreement with paramagnetic tonalites worldwide. Shape ellipsoids ( $T$ ) are mostly  $> 0$  for the Western lobe (close to NE-SW JBSZ trend), and  $< 0$  for the Eastern lobe of the pluton (nearby the NW-SE CISZ trend). Anisotropy degree ( $P$ ), used as a strain parameter, does not exceed 1.095. The higher values occur mostly in

the Eastern lobe to the intermediate zone. The range of  $P$  matches with the anisotropy found on textural differences for plagioclase (mostly shape and elongation). The magnetic foliation is mainly parallel to the field magmatic foliation, aligned parallel to the adjacent shear zones, and deeps steeply to moderately to SE and SW, in the western and in the intermediate to the eastern lobe, respectively. Contacts with the host rocks are not observed, but the tectonic foliation matches the magmatic and magnetic structures. Magnetic lineation is subvertical and NW-SE trending in the eastern lobe and in the central, intermediate zone, changing into horizontal with random orientations towards the western lobe. These structural observations suggest that the eastern lobe may be characterized as a feeder zone in which magma ascended assisted by active pre- to syn-shear deformation of the CISZ. The magma flow gradually changed into a horizontal disorganized flow, promoted by a large crustal discontinuity as the JBSZ, favoring lateral spreading of the magma. Finally, the relationship of these shear zones with the emplacement of the Alto Maranhão suite suggests active transcurrent deformation taking place simultaneously with the orogeny that build up the São Francisco Palecontinent.

**Sessão Temática**

# **Modelagem e Métodos Numéricos em Geologia Estrutural e Tectônica**

**Coordenadores:**

Anderson Moraes (Petrobras)

Anna Eliza Svartmam Dias (Petrobras)



## A Influência da Estratigrafia Mecânica no Desenvolvimento de Dobras de Propagação de Falha

Marcela Lopes Zanon<sup>1</sup>, Caroline Janette Souza Gomes<sup>2</sup>, Fernando César Alves da Silva<sup>3</sup>, Marília Barbosa Venâncio<sup>3</sup>, Carla Hemillay de Oliveira Santos<sup>3</sup>

(1) IFMG  
(2) UFOP  
(3) UFRN

A grande diversidade de geometrias das dobras de propagação de falha (ou fault-propagation folds – FPFs) na natureza conduziu a diversos estudos, cujo intuito foi compreender melhor a sua evolução. Apesar dos estudos sugerirem que a estratigrafia mecânica influencia no desenvolvimento da rampa associada ao FPF, ainda pouco se sabe como esta condição pode interferir na geometria e cinemática destas estruturas. Sendo assim, para investigar como os FPFs se desenvolvem em sistemas compressivos, foram examinados doze modelos experimentais, com diferentes condições de contorno, através da técnica do Particle Image Velocimetry (PIV). Os experimentos, de 3 ou 4 cm de espessura, foram divididos em grupos conforme o material analógico empregado: (1) areia (Grupo 1), (2) microesferas de vidro (Grupo 2) e (3) areia com camada basal de silicone (polydimethylsiloxane) (Grupo 3). Os modelos foram montados em camadas de diferentes cores nas quais a areia simulava rochas de comportamento reológico mais competente do que o das microesferas de vidro. Já o silicone representou uma camada de descolamento basal dúctil. Em vários modelos, intercalaram-se entre as camadas de areia e de microesferas de vidro, finos horizontes de cristais de mica para produzir um comportamento anisotrópico. Alguns modelos foram montados com dois pacotes analógicos diferentes (um pacote homogêneo sobreposto por outro anisotrópico). Todos os experimentos apresentaram mesmas

dimensões, velocidade e taxa de encurtamento (40%). A análise dos vários estágios deformacionais foi realizada através da comparação entre fotografias convencionais e imagens obtidas pelo PIV. Os resultados demonstraram que a estratigrafia mecânica constituiu o fator mais importante na formação de FPFs. A introdução de horizontes de cristais de mica entre camadas de areia e de microesferas de vidro controlou, sobretudo, o deslizamento flexural durante o dobramento. Além disto, influenciou o processo cinemático de nucleação da rampa e o da geração de novas falhas no antepaís. Reconheceu-se uma variação na forma de nucleação da rampa nos experimentos: a partir da camada basal, no interior das camadas ou envolvendo a combinação destes processos. No Grupo 3, a introdução de uma camada de silicone favoreceu a nucleação da rampa a partir do descolamento basal. Já o contraste reológico nos experimentos com dois pacotes analógicos causou a nucleação das falhas preferencialmente entre as camadas de maior competência (ou seja, no pacote homogêneo). No Grupo 2, o comportamento mais fraco das microesferas de vidro impediu a formação de um único padrão de nucleação da rampa. Por fim, observou-se ainda que a variação da espessura inicial do pacote analógico também foi importante: na maioria dos experimentos influenciou a geometria das dobras e o instante de nucleação da rampa.

## A Influência dos Cristais de Mica no Desenvolvimento de Dobras-Falhas em Modelos Analógicos

Marcela Lopes Zanon<sup>1</sup>, Caroline Janette Souza Gomes<sup>2</sup>, Fernando César Alves da Silva<sup>3</sup>, Marília Barbosa Venâncio<sup>3</sup>, Carla Hemillay de Oliveira Santos<sup>3</sup>

(1) IFMG  
(2) UFOP  
(3) UFRN

A modelagem analógica em caixa de areia é uma ferramenta importante na análise de mecanismos deformacionais e eventos tectônicos que na natureza não se observam de maneira contínua. Para simular as rochas da litosfera, utilizam-se diferentes tipos de materiais analógicos, tais como areia, microesferas de vidro, silicone (polydimethylsiloxane) e cristais de mica. Camadas de cristais de mica podem simular um comportamento reológico análogo ao daquele de rochas incompetentes, e horizontes finos de cristais de mica entre camadas de areia ou microesferas de vidro produzem anisotropias mecânicas. Sendo assim, para simular fault-bend folds (FBFs) e fault-propagation folds (FPFs) em modelos analógicos, empregou-se cristais de mica de diferentes maneiras com o intuito de facilitar o mecanismo de dobramento. Os experimentos foram divididos em: (i) homogêneos (apenas areia ou microesferas de vidro), (ii) anisotrópicos (areia ou microesferas de vidro intercalados com horizontes de mica), e (iii) com dois pacotes analógicos (pacote homogêneo sobreposto por um pacote anisotrópico, sendo que nos modelos dos FBFs, empregou-se uma fina camada de mica no contato entre as duas unidades). Nos experimentos que simularam FBFs, os horizontes de mica facilitam o deslizamento entre as camadas e, conseqüentemente, o dobramento. Além

disto, os horizontes de mica também influenciam a geometria das dobras. Nos modelos de FBFs com a fina camada de cristais de mica no contato entre os dois pacotes analógicos, a mesma agiu como uma camada dúctil, produzindo um efeito decoupling. A simulação dos FPFs foi monitorada através da técnica do Particle Image Velocimetry (PIV), que permitiu definir a distribuição da tensão durante a deformação progressiva. As imagens do PIV indicaram que a deformação torna-se distribuída na presença de horizontes de mica, conduzindo à formação de dobras, sob baixa taxa de encurtamento, pelo mecanismo de deslizamento flexural. Nos modelos com dois pacotes analógicos, os horizontes de mica produziram uma variação reológica entre as unidades estratigráficas, o que favoreceu a nucleação da rampa no pacote mais incompetente (ou seja, homogêneo). Ainda nestes modelos, as imagens do PIV mostraram que o strain cisalhante associado à rampa sofre uma refração ao longo do contato entre os pacotes analógicos. Isto sugere que os horizontes de mica agiram como descontinuidades, modificando o ângulo de mergulho da falha. O efeito da refração é atribuído ao hábito laminar dos cristais de mica que, ao se reorientarem durante o encurtamento, conduzem à redução do coeficiente de atrito efetivo na zona de falha, retardando sua propagação.

## Initiation and Coalescence of First-Generation Fractures into Riedel Shears

Marilia Barbosa Venâncio<sup>1</sup>, Fernando César Alves da Silva<sup>1,2</sup>

(1) Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG)

(2) Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

A strike-slip fault zone is represented by the main fault and subsidiary structures, such as R, R', P, T, X, and Y. Riedel shears (R and R') are the first to nucleate during the formation of a strike-slip fault. This research investigated how R fractures initiate during right-lateral strike-slip tectonics using physical sandbox modeling with Particle Image Velocimetry (PIV) technique. Granular materials simulate geological structures in sandbox models because they behave similarly to upper crust rocks. The plaster powder (0.598 g.cm<sup>-3</sup>) was utilized in this study, and the following physical parameters were determined using a Ring Shear Tester (RST): angle of internal friction (41.17°), coefficient of internal friction (0.87), and cohesion (C = 0 Pa). At the early increment of deformation, the experiments showed short segments of first-generation fractures developed with an echelon geometry and making an average angle of 31° with the principal displacement zone (PDZ). Such angular relationship does not correspond to any structure in the Riedel model. In the next deformation increment, these structures coalesced and rotated to form the Riedel synthetic faults (R), likewise with an echelon geometry and an average angle of 13.4° with the PDZ. The direction of the newly formed R shears, due to coalescence of previously early-nucleated

structures, is consistent with the expected value of around 15° in the Riedel model. The PIV images showed the strain activity in zones encompassing the region of the occurrence of the first-generation fractures, but they did not demarcate these segments individually. However, the PIV displayed the geometry of R shears formed by the coalescence of the first-generation segments. In the following deformation stages, the evolution of the shear zone included structures rotating, inactivating, and the maximum strain concentrating on the development of the continuous main fault, as a narrow strike-slip zone. In conclusion, our experiments suggested that, at least in some condition (e.g. rheological), synthetic Riedel shears (R) can be originated by the coalescence of very early-formed fracture segments (first-generation structures). This kind of "first-generation" fractures is not previously described in the literature. Strike-slip faults and their system of subsidiary structures can perform an important role when associated with mineralizing hydrothermal fluids in the crystalline basement or with hydrocarbon in sedimentary basins. Thus, for potential economic areas, a greater knowledge of the origin, geometry, and interaction of strike-slip structures is essential.

## Localized Versus Distributed Deformation Throughout a Strike-Slip Shear Zone: a Comparison Based on Analog Models

Marília Barbosa Venâncio<sup>1</sup>, Fernando César Alves da Silva<sup>1,2</sup>

(1) Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG)

(2) Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Strike-slip deformation is typically not restricted to a narrow linear fault but distributed over wide zones that can reach tens to hundreds of kilometers. Strike-slip tectonics represent a complex system composed of subsidiary structures (e.g., R, R') associated with the main fault (Y). A better understanding of the behavior of this kind of deformation is essential because, when they occur in potential economic areas, their fractures and faults can function as fluid flow channels. This research uses analog modeling with Particle Image Velocimetry (PIV) technique to analyze the differences in how a strike-slip system develops in a localized and distributed shear zone. Due to its physical properties, quartz sand is widely used in sandbox models to simulate the upper crust rocks and it was used in our models. To characterize the quartz sand used, the following physical parameters were measured: density (1.635 g.cm<sup>-3</sup>), angle of internal friction (32.56°), coefficient of internal friction (0.64), and cohesion (162.5 Pa). A velocity discontinuity was placed on the bottom of the apparatus to nucleate the localized (EL-Model) and distributed (ED-Model) deformation zone. It was represented by two parallel paper sheets, sliding one against the other, to generate a single localized anisotropy (EL-Model) and elastic fabric to create a continuous displacement along a zone with distributed strain (ED-Model). The EL-Model showed an echelon Riedel faults (R and R') first

nucleated inside a wide zone of distributed strain recorded by the PIV data. The strain data (PIV) represents the structures active at the incremental displacement. The deformation pattern is established earlier than is visible by the naked eye. The strain is locally accumulated on the development of the synthetic Riedel shears and evolved to localize on a single continuous fault since the active shear zone develops towards a mechanically favored orientation. In contrast, the ED-Model revealed a deformation distributed during all the increments, yet it was more concentrated on Riedel faults with an echelon pattern. The ED-Model had numerous Riedel fractures (R and R') equally spaced. This model had antithetic Riedel faults longer and better marked than on the EL-Model. Also, the R'-shears on experiment ED underwent a rotation, which did not happen in experiment EL. Even though both EL and ED models accommodated the deformation in zones during the first increment, the strain distribution during their evolution was quite different. The EL-Model showed the strain concentrated in a narrower band around the main fault (Y), while in the ED-Model the strain was distributed over a wider zone, with a more complex structural framework with R and R' faults active until the final stage of the deformation. In conclusion, the deformation behavior, distributed or localized, is greatly influenced by the nature of the substrate.

## Modelagem Numérica da Deformação Tectônica Rúptil em Arenitos Pouco Consolidados

Marcus Vinicius Fonseca Santini Tavares<sup>1</sup>, Anderson Moraes<sup>1</sup>, Emílio Velloso Barroso<sup>2</sup>, Aline Theophilo Silva<sup>1</sup>

(1) Petrobras  
(2) UFRJ

A possibilidade de prever deformações em subsuperfície é muito importante em diversas atividades, como na exploração e exploração de recursos energéticos, minérios e de água. Em reservatórios areníticos pouco consolidados, a predição destas estruturas é complexa, já que mecanismos de deformação geram feições por vezes dispersas e com dimensões frequentemente não compatíveis com a resolução dos métodos de aquisição de dados geológicos em subsuperfície. Logo melhorar a previsão de estruturas subsísmicas e suas propriedades petrofísicas é essencial para caracterização realística de reservatórios areníticos deformados. Os modelos numéricos podem preencher parcialmente a lacuna entre a complexidade das falhas e as informações obtidas por outros métodos, permitindo a modelagem da variação do volume poroso em função da estratigrafia mecânica, bem como o efeito sobre a distribuição da deformação nos reservatórios. O presente trabalho objetivou a modelagem de evento deformacional distensivo em afloramento de arenitos feldspáticos fluviais da Formação Resende, Bacia de Volta Redonda, considerados análogos geomecânicos dos reservatórios areníticos maastrichtianos, pouco consolidados e fraturados da Bacia de Campos, utilizando o software Tectos, baseado no método dos elementos finitos. De modo a representar as falhas, optou-se por duas estratégias de

modelagem: o uso de elementos de interface; e a discretização de geometria representando as falhas arbitrando-se propriedades elasto-plásticas a elas. Além disso, para cada uma destas representações, foram testadas três combinações de condição de contorno, com todas aplicando-se carga vertical referente ao efeito da paleoprofundidade máxima que os depósitos foram expostos, em dez passos de carga, a fim de rastrear a evolução da deformação em relação à aplicação do carregamento. De modo a confirmar os efeitos da deformação na permeabilidade das rochas com o obtido nos modelos, foi realizada minipermeamtria na porção sul do afloramento. Assumindo como premissa que a deformação volumétrica seja observada no afloramento como colapso do espaço poroso, e conseqüente redução de permeabilidade, os resultados são coerentes não só com os dados de micropermeamtria obtidos no afloramento, mas também com os padrões de ferruginização observado nessas regiões e interpretados como conseqüência do retardo do fluxo de fluidos. A incerteza nos parâmetros geomecânicos foi um desafio para a modelagem, devendo ser considerada na interpretação dos resultados. Ainda assim, a técnica pode ser incorporada a fim de diminuir ou melhor compreender incertezas quanto a modelos geológicos.



## Modelagem Numérica da Tectônica Cenozoica na Região de Icapuí-CE (Noroeste da Bacia Potiguar)

Leandro Neves Araújo<sup>1</sup>, Claudio Limeira Mello<sup>1</sup>,  
Anderson Moraes<sup>2</sup>, Aline Theophilo Silva<sup>2</sup>

(1) Universidade Federal do Rio de Janeiro

(2) PETROBRAS/CENPES

A Bacia Potiguar apresenta diversas evidências de deformações tectônicas cenozoicas, sendo admitidos na literatura dois eventos com idades e campos de esforços distintos: o primeiro evento, atuante do Albiano ao Mioceno médio, com tensão horizontal máxima N-S e tensão horizontal mínima E-W; e o segundo evento, do Mioceno médio ao Recente, com tensão horizontal máxima variando de E-W a NW-SE e tensão horizontal mínima variando de N-S a NE-SW. Na região noroeste da porção emergida da Bacia Potiguar as deformações tectônicas cenozoicas estão registradas de forma expressiva em falésias da Formação Barreiras (Mioceno). O presente estudo tem como objetivo modelar numericamente as tensões relacionadas aos dois eventos tectônicos cenozoicos reconhecidos para a região, correlacionando-as com a trama estrutural obtida a partir de uma análise de lineamentos em escala regional. A modelagem numérica foi realizada no Sistema TECTOS (programa de modelagem por elementos finitos desenvolvido em parceria entre a Petrobras e o Instituto TecGraf da PUC-Rio), considerando um comportamento elastoplástico e o critério de ruptura de Mohr-Coulomb. A trama estrutural dos modelos foi atribuída a partir de mapas geológicos da região, na escala 1:500.000, em conjunto com o mapa de lineamentos elaborado no presente estudo, na escala 1:250.000. No total foram produzidos oito modelos, testando as diferentes

orientações das tensões, diferenciais de tensão variados e configurações estruturais distintas. Três modelos foram relacionados ao evento 1 (tensão horizontal máxima N-S) e cinco relacionados ao evento 2 (dois com tensão horizontal máxima E-W, dois WNW-ESE e um NW-SE). Os resultados da modelagem são expressos em termos de RFS (Razão de Falhamento por Stress) e de orientação de vetores de SH (tensão horizontal máxima), que foram correlacionados com a orientação das estruturas presentes na região. As estruturas predominantes no mapa de lineamentos são de orientação E-W, WNW-ESE e NE-SW a NNE-SSW, sendo que as orientações NE-SW e WNW-ESE são paralelas às direções principais da estruturação da Bacia Potiguar, e a orientação E-W é paralela a estruturas relacionadas à evolução da Margem Equatorial e à porção submersa da bacia. Desse modo, propõe-se que as estruturas impressas no relevo atual e em rochas neocretáceas e cenozoicas sejam fruto de reativações. Os resultados dos modelos relacionados ao primeiro evento permitem interpretar que as estruturas formadas ou reativadas neste teriam orientação predominantemente próxima a N-S e, dessa forma, as estruturas NNE-SSW foram correlacionadas ao evento 1. Por sua vez, os modelos relacionados ao evento 2 mostram que há um favorecimento para a formação de estruturas próximas a E-W e WNW-ESE.

## Modelagem Numérica do Evento Tectônico Formador das Bacias de Resende e de Volta Redonda, Segmento Central do Rift Continental do Sudeste do Brasil

Leonardo Cesar dos Santos<sup>1</sup>, Claudio Limeira Mello<sup>1</sup>,  
Anderson Moraes<sup>2</sup>, Leandro Neves Araújo<sup>1</sup>

(1) UFRJ

(2) PETROBRAS/CENPES; PPGMEG/UFRRJ

As descontinuidades estruturais prévias e o comportamento reológico dos conjuntos litológicos são fatores de suma importância no controle da deformação de uma região submetida a campo de tensões em determinado evento tectônico. As bacias de Resende e de Volta Redonda, que estão inseridas no Segmento Central do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), desenvolveram-se sobre um substrato marcado pela presença de descontinuidades estruturais e litologias diversas, o que torna essa área bastante interessante para se avaliar a influência estrutural e reológica sob a ação de um determinado campo de esforços. O presente estudo teve como objetivo realizar a modelagem numérica do evento tectônico formador das bacias de Resende e de Volta Redonda (Distensão NW-SE, Paleógeno), considerando o arcabouço litoestrutural pretérito à abertura das bacias. A princípio, foi feita a confecção de uma base geológica integrando informações disponíveis na literatura sobre os conjuntos litológicos e as descontinuidades estruturais presentes no embasamento das bacias de interesse. A base geológica foi inserida e georreferenciada no Sistema TECTOS (programa que se vale do método dos elementos finitos, desenvolvido pela Petrobras em convênio com o Instituto Tecgraf da PUC-Rio), sendo então

produzidos sete modelos numéricos com base em um comportamento elastoplástico não associado e no critério de ruptura de Mohr-Coulomb. As propriedades mecânicas atribuídas ao arcabouço geológico e às descontinuidades estruturais foram retiradas da literatura e variaram em alguns modelos. As condições de contorno utilizadas também foram variadas em cada modelo. O primeiro modelo foi confeccionado com campo de esforços distensivos NW-SE, enquanto os demais modelos utilizaram tensão compressional máxima (SH) NE-SW e mínima (Sh) NW-SE. Os resultados foram obtidos em função da Razão de Falhamento por Stress (RFS), apontando que as estruturas NE-SW foram as principais feições reativadas durante a abertura das bacias, mas também com uma importante influência das estruturas transversais. Em todos os cenários modelados, a região da bacia de Volta Redonda apresentou uma maior plastificação, o que pode ser atribuído à maior concentração de descontinuidades estruturais. As rochas mais susceptíveis à deformação (paragneisses) corroboraram a localização dos principais depocentros. A menor deformação no domínio de rochas mais competentes (granitoides) entre as duas bacias sugere a não continuidade das bacias de Resende e de Volta Redonda no momento de abertura.

## Modelagem Numérica do Fluxo Astenosférico ao Redor de Quilhas Cratônicas

Edgar Bueno dos Santos<sup>1</sup>, Victor Sacek<sup>1</sup>

(1) IAG-USP

Este trabalho teve o objetivo de estudar o fluxo mantélico ao redor de quilhas cratônicas através de modelos numéricos geodinâmicos para simular a convecção termoquímica no manto terrestre considerando o deslocamento relativo entre a litosfera e a astenosfera. Os cenários numéricos foram realizados utilizando-se o código Mandyoc em elementos finitos desenvolvido por Sacek (2022), para calcular o Fluxo de Stokes para um fluido não-linear incompressível. Foram realizados dezenas de modelos sintéticos em 2D considerando diferentes geometrias da quilha e diferentes regimes de deslocamento relativo entre a litosfera e a astenosfera. Nestes experimentos numéricos, foi adotada uma reologia visco-plástica na qual a viscosidade do manto é controlada pela temperatura, pressão e composição, assumindo que a quilha cratônica é composicionalmente mais viscosa do que o manto astenosférico ao redor da quilha, utilizando um fator adimensional  $C$  para reescalar a viscosidade litosférica em relação à viscosidade astenosférica. Foram testados diferentes valores de  $C$ , e de velocidades relativas entre a litosfera e a base do manto superior, quantificando a taxa de

deformação da litosfera cratônica em cada cenário. Estes cenários numéricos permitiram observar que o regime de velocidade relativa entre a litosfera e a base do modelo pode influenciar o campo de esforços na litosfera próxima à quilha cratônica. Concluiu-se que para velocidades relativas mais altas ( $v > 3$  cm/ano) a litosfera pode sofrer uma deformação significativa num intervalo de tempo de algumas dezenas de milhões de anos, chegando a apresentar esforços deviatóricos da ordem de 8~9 MPa na crosta superior continental. Adicionalmente, pode-se verificar que uma menor viscosidade para o manto astenosférico aumenta o vigor da convecção mantélica, diminuindo os esforços laterais induzidos na litosfera devido ao movimento relativo entre a litosfera e a astenosfera. Os modelos sintéticos podem auxiliar um melhor entendimento da interação na interface litosfera-astenosfera como os padrões de deformação na litosfera e do fluxo mantélico no manto ao redor da quilha, a taxa de erosão da raiz da litosfera continental devida à convecção do manto superior e a influência no fluxo térmico para a superfície terrestre.

## Numerical Modeling of Damage Zones Resulting from the Interaction between Geologic Faults

Karoline Nunes Oliveira<sup>1</sup>, Roberto Quevedo<sup>1</sup>, Deane Roehl<sup>1</sup>, Bruno R.B.M. Carvalho<sup>2</sup>

(1) Instituto Tecgraf

(2) Petrobras Research Center

Fault zones are complex geological structures formed by different deformation mechanisms in rocks. Those structures include a core and a damage zone which concentrate different deformation levels and are responsible for compartmentalizing several reservoirs. Thus, their study and characterization are of great interest for the development of production strategies in oil and gas industries. The fault core corresponds to the region that experienced higher levels of deformation. Along the time, the voids present in the fault core were filled with very thin and consolidated materials, giving a seal feature when the fault is inactive. The region adjacent to the fault core is known as the damage zone and accommodates a lower level of deformation. The definition of the damage zone in deep formations presents many uncertainties due to low seismic resolution. Recent works based on the Finite Element

Method (FEM) have focused on the characterization of damage zones adjacent to geological faults. However, the interaction of two or more faults may create linking damage zones, changing flow paths or enabling barriers to fluid flow. This paper presents a methodology based on FEM, elastoplastic constitutive models and numerical modeling of damage zones resulting from the interaction between geologic faults. The simulations are performed with the software Abaqus® using the solver for large displacements (updated Lagrangian formulation) under plane strain conditions. The damage zones are characterized by a scalar variable (PEMAG) that represents the magnitude of plastic deformation. Several scenarios considering different relative distances between two faults are analyzed in order to understand the linking of damage zones.

## Simulação Análoga de Distensão Oblíqua e Interação de Sistemas Falhas Normais na Definição da Arquitetura Intrabacinal de Margens Rifteadas. Aplicação nas Bacias de Campos e Santos

Mário Neto Cavalcanti de Araújo<sup>1</sup>, Fernanda Silva Lourenço<sup>1</sup>, Ivan Soares Loutfi<sup>1</sup>

(1) PETROBRAS

Margens rifteadas evoluem a partir de riftes continentais pela nucleação de conjuntos de lagos isolados, limitados por segmentos discretos de falhas, que se conectam cinematicamente pela distensão continental progressiva resultante da separação de placas. A continuidade do estiramento continental, leva a interações laterais entre lagos adjacentes, desenvolvendo regiões onde sistemas de falhas distintos interferem, gerando inflexões nos trendes estruturais e, em casos mais evoluídos, mudanças significativas na orientação da trama neoformada. Tais mudanças são variavelmente controladas pela trama do embasamento que, a depender da sua orientação com respeito a direção regional de estiramento, creditam graus diferenciados de obliquidade ao modo de segmentação interna dos riftes e margens rifteadas. No domínio das Bacias de Campos e Santos, sistemas de altos e baixos estruturais NE-SW e NW separados por zonas de transferência NE de primeira ordem definem os principais compartimentos intrabacinais do pré-sal. Neste trabalho, experimentos análogos em caixa de areia foram usados na investigação dos efeitos da obliquidade ditada pela trama do embasamento no

modo de nucleação, migração e coalescência de espaços de acomodação associados a passagem de riftes encaixados para margens rifteadas largas e amplas. Os resultados experimentais aqui mostrados demonstram como o escalonamento de depocentros, deformação distribuída nas zonas de transferência e formação de sistemas de altos estruturais com orientações diferentes resultam da distensão oblíqua que reativa tramas pré-existentes, acionadas pela separação de placas sem movimentos laterais relativos. Tais resultados demonstram a viabilidade cinemática de interpretações da atividade de sistemas de falhas normais e normais oblíquas na conformação de estruturas complexas, como as descritas para as supramencionadas bacias. A analogia entre o arcabouço intrabacinal obtido com os experimentos e o descrito nos mapas sísmicos do Pré-sal entre as Bacias de Campos e Santos permite inferir uma cinemática predominantemente trativa, sem componentes direcionais relevantes, como sendo o principal agente formador e deformador dos elementos estruturais que conformam a arquitetura intrabacinal desse setor da margem continental brasileira.



## Simulação Numérica de Processos Tectônicos Extensionais Usando o Método do Ponto Material (MPM) e o Método dos Elementos Discretos (DEM)

Fabrizio Fernández<sup>1</sup>, Douglas Pinto<sup>1</sup>, Eurípedes Vargas Jr<sup>1</sup>, Raquel Quadros Velloso<sup>1</sup>, Bruno Raphael Barbosa Melo de Carvalho<sup>2</sup>

(1) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

(2) Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello - PETROBRAS/CENPES

Zonas de falhas rúpteis sísmicas/subsísmicas são domínios estruturais que impactam no fluxo de fluidos em subsuperfície pois possuem propriedades distintas das rochas não deformadas. Desta forma, é crucial entender as leis que governam a ocorrência dessa deformação e seu impacto no gerenciamento de um reservatório. Assim, este trabalho apresenta e discute o uso de duas abordagens numéricas para simular a evolução de processos tectônicos extensionais associados a falhas geológicas. Usando um enfoque contínuo, o Método do Ponto Material foi utilizado para abordar o problema extensional mediante a mecânica dos meios contínuos de grandes deformações. Usando uma abordagem discreta, o Método dos Elementos Discretos foi utilizado para abordar o problema assumindo que o comportamento global do meio geológico é o resultado das interações entre elementos discretos de diversos tamanhos. As duas abordagens, contínua (MPM) e discreta (DEM), foram utilizadas para quantificar a espessura da zona de dano em falhas

durante a evolução do processo tectônico extensional. A influência dos parâmetros resistentes, a tensão confinante e o nível de deslocamento da falha no ambiente geológico são apresentados e discutidos para modelos de duas escalas. Os resultados obtidos foram comparados com resultados publicados na bibliografia em termos de deslocamento da falha e espessura da zona de dano. Os resultados das análises numéricas mostram que as duas abordagens apresentam uma tendência consistente com os dados publicados: em termos qualitativos foi possível capturar a formação de falhas, e em termos quantitativos foi possível estimar relações entre os deslocamentos da falha e espessura da zona de dano para diversos materiais e tensões confinantes. Finalmente, o trabalho apresenta e discute os aspectos positivos e negativos de cada abordagem, e em particular, aspectos computacionais relacionados com o custo computacional que cada método requiriu para efetuar as análises dos casos apresentados.

## Tratos de Sistemas Tectônicos: Aplicação em Modelos de Caixa de Areia

Ricardo de Souza Rodrigues<sup>1</sup>, Fernando César Alves da Silva<sup>1</sup>, Valéria Centurion Córdoba<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Durante o processo de rifteamento continental, bacias riftes podem ser abortadas (aulacógenos intracontinentais) ou evoluírem ao estágio de margem passiva. O estudo sobre a evolução tectonoestratigráfica destas bacias fundamenta-se na organização do arcabouço estratigráfico em tratos de sistemas tectônicos, definidos como um conjunto de sistemas deposicionais temporalmente relacionados a um período específico da fase rifte. Essa abordagem foi empregada na modelagem física estrutural para estudar a evolução de bacias riftes. Simulou-se a formação desse tipo de bacia desenvolvida sob um campo de tensão com obliquidade baixa ( $\alpha = 30^\circ$ ) e intermediária ( $\alpha = 45^\circ$ ). Utilizou-se areia quartzosa seca, natural, e camadas de areia tingidas artificialmente, para servir de marcador tectônico e de análogo ao preenchimento sin-rifte. A cada pulso tectônico, foram adicionadas camadas sintectônicas, via peneiramento. Falhas oblíquas são predominantes durante os primeiros incrementos deformacionais, limitando estreitos depocentros com geometria em semigraben. Essas bacias exibem preenchimento com configuração em cunha nos modelos com  $\alpha = 30^\circ$ , e seção com geometria em "pires" no caso dos modelos com  $\alpha = 45^\circ$ . Esses depósitos caracterizam o trato de sistemas de início de rifte. Com a progressão da deformação os semigrabens evoluem a grabens,

limitados por falhas de borda com variada intensidade de rejeito de mergulho. Nos modelos com  $\alpha = 30^\circ$ , há a geração de uma calha deposicional assimétrica com geometria em cunha, cuja espessura aumenta progressivamente em direção as falhas de borda. Um amplo sinforme aberto acomodada a deformação nos modelos com  $\alpha = 45^\circ$ . A seção sedimentar originada durante esse pulso tectônico caracterizam o clímax de rifte ou de alta atividade tectônica, resultando em alta taxa de criação de espaço de acomodação no depocentro. O último pulso tectônico da fase rifte reativou as falhas de borda e gerou falhas secundárias antitéticas e sintéticas. O espaço de acomodação gerado é inferior àquele do estágio de clímax de rifte, sendo preenchido por depósitos sedimentares com configuração similar a bacias do tipo sag, representando o trato sistemas de final de rifte ou de baixa atividade tectônica. Durante a evolução de riftes oblíquos, a variação do ângulo de distensão ( $\alpha$ ) é um parâmetro controlador da geometria e profundidade da calha deposicional, e assim, afeta diretamente a criação do espaço de acomodação, a geometria dos depósitos sedimentares e os tratos de sistemas tectônicos associados.  
Palavras chaves: Modelagem analógica estrutural; tratos de sistemas tectônicos; bacias riftes.

## Unraveling the Deformation Parameters of the Orós Shear Zone Through a Mathematical Approach, Borborema Province (NE Brazil)

Kauê Seoane<sup>1</sup>, Carlos Archanjo<sup>1</sup>, Carlos Ávila<sup>2</sup>

(1) Universidade de São Paulo

(2) AMG Brasil

The previous works in the Orós shear zone (OSZ) reported a dextral kinematic parameter (Sá et al. 1995; Macedo et al. 1998; Caby et al. 1995). However, the OSZ has an ambiguous kinematic parameter on their N–S segment. Both dextral and sinistral indicators are present throughout their length. This conflict in the sense of rotation is a characteristic of the preeminence of non-simple shear deformation (Fossen and Cavalcante, 2017). Statistically, there is a predominance of sinistral indicators given mainly by rotated porphyroclasts (70,2%). The foliation present in the Banabuiú pluton also shows a predominance of NE–SW over the NW–SE directions, which can also be in response to the sinistral kinematics of the OSZ. The progressive deformation in non-simple shear zones is different from simple shear zones regarding coaxiality (non-coaxial or coaxial), which is better described by the kinematic vorticity number ( $W_k$ ).  $W_k$  is an instantaneous flow parameter that represents the link between the change in the shape of the strain ellipsoid and the rotation (Fossen and Cavalcante, 2017). Using vorticity of flow to decipher the kinematic significance of fabrics in deformed rocks is a requirement to determine the degree of non-coaxiality, the vortical and stretching flow components applying numerical quantities, for instance, the vorticity number (Truesdell, 1953; Means et al. 1980). We applied two methods to estimate kinematic vorticity ( $W_k$ ). The rotated–porphyroclast

(Wallis et al. 1993), is calculated from the critical aspect ratio ( $R = \text{long axis}/\text{short axis}$ ) and the angle from the macroscopic foliation ( $\theta$ ) to locate the critical threshold ( $R_c$ ), at which elongate porphyroclasts are in a stable position. The other is the Rigid Grain Net (RGN, Jessup et al. 2007) which uses semi-hyperbolas to estimate the area of porphyroclast stability. Instead of using the aspect ratio ( $R_c$ ), RGN uses the shape factor ( $B^*$ ), which is defined by  $B^* = (M_x^2 - M_n^2) / (M_x^2 + M_n^2)$ , where the  $M_x$  and  $M_n$  are the long and short axes of the ellipse, respectively. The  $W_k = B^*$ . The mylonites from ENE–WSW segment yielded an approximate value of 48% (from  $W_k = 0.712$ , Law et al. 2004) and the N–S ones an approximate value of 58% (from  $W_k = 0.62$ ). According to Sanderson and Marchini (1984), it represents a pure shear-dominated transpressional shear zone, which also agrees with the graphical representation from Fossen and Tikoff (1993; 1994), plotting the analyzed samples in the pure shear-dominated transpression field. We combined, finite strain and vorticity data, to estimate the thinning ( $S$ ) of the shear zone recorded throughout the geological time (Wallis et al. 1993). For the OSZ ENE–WSW segment, thinning values ranged from 1.06 to 1.10, which means that the original thickness of the segment was 1.06–1.10 times the present width, approximately 6 to 10% of thinning. For the N–S segment, thinning values range from 1.08 to 1.19, which means 8 to 16% of thinning.

**Sessão Temática**

# **Ensino em Geologia Estrutural e Tectônica**

**Coordenadoras:**

Renata da Silva Schmitt (UFRJ)

Simone Cerqueira Pereira Cruz (UFBA)



## Analog Modeling to Assist in Salt Tectonics Interpretation

Carla Hemillay de Oliveira Santos<sup>1</sup>, Fernando César Alves da Silva<sup>2</sup>

(1) UFRN

(2) Department of Geology, Federal University of Rio Grande do Norte, Brazil

The presence of evaporites (i.e., salt) in sedimentary basins fundamentally controls the generation, migration, and accumulation of hydrocarbons. Salt structures can profoundly influence sediment transport and consequently play major controls on reservoir distribution, generating a wide variety of structural and stratigraphic traps. Furthermore, due to its low-permeability salt acts as the most efficient seal-rock for hydrocarbons as well as nuclear waste, but also creates challenges for subsalt topography and salt-flanks imaging. Therefore, understanding the geometry and evolution of salt flow is essential in predicting reservoir location in salt basins. Analog modeling provides the exploration and production industry with one of the most powerful and visual tools to understand the 3D and 4D structural evolution of sedimentary basins.

Knowledge of the model setup and combined with serial sections allows for the identification and understanding of structural processes within basins as well as providing possible geometries of poorly imaged structural geometries in seismic data (e.g., subsalt and presalt structures, structure, and stratigraphic geometries associated with diapir flanks) The recent application of new visualization techniques originally developed for other sciences, has fostered many improvements in the study, analysis, and applicability of physical models for salt tectonics, minimizing uncertainty during the interpretation phase. The choice of model material is essential

for a successful physical model as the material should capture some of the properties observed in the natural rocks and exhibit rheological similarity. In the study of salt tectonics, the materials must reproduce the brittle behavior of faults present in the overburden and the viscous flow of salt. Modern silicone polymers and quartz sand are used to simulate the salt and the overburden, respectively. Through the use of non-destructive Particle Image Velocimetry (PIV) imaging techniques, which provide instantaneous, accurate, and high-quality measurements of particle displacement velocity and strain distribution, several authors use this technique in combination with series of scaled physical models to investigate the effects of base-salt relief on salt flow and supra-salt deformation patterns. The models demonstrate that the complexity of deformation increases as the base-salt relief increases its angle with respect to the dominant flow direction. Additionally, the Laser Scanner provides images of the 3D configuration of the base/supra-salt relief of the experiments, allowing for increased accuracy and detail of the structural controls associated with salt tectonics. The past 10 years a revolution within physical modeling spurred by the utilization of new analog materials, incorporation of image processing techniques, and reconstruction of the evolution of 3D structures. These advances all strengthen the quantitative rigor of physical modeling of tectonic processes.



## Impacto do Ensino Remoto no Rendimento dos Discentes da Disciplina de Geologia Estrutural na Universidade Federal do Ceará

Davi Henrick Veras Diogenes<sup>1</sup>, Sebastian Gonzalez Chiozza<sup>1</sup>, Roberto de Azevedo Ferreira Gomes<sup>1</sup>, Felipe da Silva Aires<sup>1</sup>

(1) Universidade Federal do Ceará

A geologia estrutural é um ramo fundamental para o desenvolvimento e estruturação do conhecimento geológico. Na universidade Federal do Ceará ela é ofertada no quinto semestre, na forma de uma disciplina de quatro créditos e carga horária de sessenta e quatro horas. A disciplina é conhecida entre os discentes como uma das mais difíceis do departamento, devido ao seu grande número de atividades e alta taxa de reprovação. Entretanto esse cenário foi alterado momentaneamente em decorrência da pandemia causada pela COVID-19, com a alteração da modalidade de ensino presencial para remoto o número de atividades aumentou, e além disso o acesso às aulas, que agora se encontravam gravadas e disponíveis, se tornou mais facilitado. Esse cenário impactou diretamente a taxa de reprovação da disciplina, que nos anos de 2018 e 2019, anteriores a pandemia, tinha atingido valores de 50% e 35% respectivamente, e nos anos de 2020 e 2021, nos quais foi adotado o ensino remoto, a reprovação atingiu taxas de 0% e 11% na devida ordem. Além das taxas de reprovação e aprovação, a média geral das turmas também passou por grandes alterações, saindo de 4,75 e 4,95 nos anos de 2018 e 2019 para 8,99 e

8,43 nos anos de 2020 e 2021, praticamente dobrando o valor das médias. Levando em conta essa mudança drástica nos resultados finais da disciplina, foi realizado um questionário para avaliar a satisfação dos discentes com o ensino remoto e com a metodologia adotada pelo professor. Para tal levantamento foi selecionada a turma de 2021, pois esta turma ingressou na disciplina no período em que a pandemia já estava completamente instalada e o ensino remoto consolidado. Os dados obtidos no levantamento demonstram que a flexibilidade de horário proporcionada pelo ensino remoto diminuiu drasticamente o número de faltas, a maior queixa a respeito da resolução de atividades e provas se deve ao fato de alguns alunos não possuírem impressora, e em suma, a grande maioria dos alunos (74%) avaliou positivamente a disciplina na modalidade remota. Considera-se que esse resultado positivo se deu devido a disponibilização de todas as aulas gravadas já no momento inicial da disciplina, aliado ao aumento do número de atividades, além das correções das mesmas, realizadas semanalmente em aulas síncronas com o professor e monitores.

# Índice Remissivo de Autores

- Afonso, Jhon **57**
- Aires, Felipe da Silva **14, 18, 34, 74**
- Almeida Júnior, Danuzio Brito Silva Costa **14, 18, 34**
- Almeida, Afonso Rodrigues de **14, 34**
- Alves da Silva, Fernando César **13, 35, 60, 61, 62, 63, 71, 73**
- Andres, Franciele Gonçalves **23**
- Araújo Neto, José Ferreira de **24**
- Araújo, Leandro Neves **65, 66**
- Araújo, Mário Neto Cavalcanti de **15, 28, 32, 69**
- Araújo, Paulo Jeedan da Silva **47, 48, 51**
- Archanjo, Carlos **72**
- Arruda, Emerson Martins **36**
- Assis, André Pereira de **45**
- Assis, Núria de Fátima M. de **29**
- Ávila, Carlos **72**
- Azevedo, Maria do Rosario **58**
- Barbosa, Eli Cristina Lourenço **49**
- Barroso, Aimee Guida **39**
- Barroso, Emílio Velloso **64**
- Batista, Rodrigo **42**
- Battisti, Matheus Ariel **26**
- Bersan, Samuel **22, 25**
- Bitencourt, Maria de Fátima **17, 23, 26, 52, 55**
- Branco, Alexandre Castelo **57**
- Bruguier, Olivier **21**
- Bruno, Henrique **22, 25**
- Bulhões, Élvio Matos **15, 16**
- Calvalcante, Samuel Gomes Fernandes **18**
- Carmo, Isabela de Oliveira **28**
- Carneiro, Narjara Maria Araújo **38**
- Carvalho, Bruno Raphael Barbosa Melo de **68, 70**
- Castro, Luciano **57**
- Castro, Luís Gustavo de **37**
- Cavalcante, Luciana Mendes **15**
- Chiozza, Sérgio de Castro Valente **28**
- Cianfarra, Paola **41**
- Córdoba, Valéria Centurion **71**
- Dempsey, Edward D. **39**
- Dias, Alice Maria Loureiro **19**
- Dias, Rui **58**
- Diógenes, Davi Henrick Veras **14, 18, 34, 74**
- Domingos, Fabio Henrique Garcia **57**
- Duarte, Cynthia Romariz **38**
- Farias, Mateus Andrade **14, 18, 34**
- Fernández, Fabricio **70**
- Florisbal, Luana Moreira **17, 23**
- Fontoura, João Antônio Silva **52**
- Furtado, Lucas **42**
- Gama, Maria Filipa Perez da **45**
- Geraldes, Mauro Cesar **22**
- Gimenez, Viviane Barbosa **37**
- Gomes, Caroline Janette Souza **60, 61**
- Gomes, Roberto de Azevedo Ferreira **74**
- Gonçalves, Cristiane C. **56, 59**
- Gonçalves, Leonardo **56, 59**
- Guimarães, Ignez de Pinho **20**
- Heilbron, Monica **22, 25**
- Holdsworth, Robert E. **39**
- Honório, Gabriel de Brito **47, 48, 49, 51**
- Inocência, Leonardo Campos **28**
- Lima, Haroldo Monteiro **18, 24**
- Lopes, Rodrigo W. **29**

Lourenço, Fernanda Silva 69  
Louro, Vinicius Hector Abud 36  
Loutfi, Ivan Soares 69  
Lucas, Luiza Cavalcante Vinhas 47, 48, 50, 51  
Machado Júnior, Delzio de Lima 30, 33  
Marques, Rodson de Abreu 22, 25  
Martini, Amós 17  
Mattos, Jonathan Santos 45  
Mauri, Sandro 22, 25  
Mello, Claudio Limeira 65, 66  
Mendonça, Fabio Soares de 30  
Mohamed, Hadani 58  
Monteiro, Arceolinda L.S. 29  
Moraes, Anderson 64, 65, 66  
Morales, Norberto 37, 43  
Nahas, Isabela 56, 59  
Nascimento Júnior, Daniel Rodrigues do 38  
Neto, Carla 22  
Neves, Sergio Pacheco 21  
Nielsen, Stefan 39  
Nogueira, Francisco César Costa 49, 50, 51  
Nogueira, Francisco Cezar da Costa 47, 48  
Nogueira Francisco C.C. 44  
Oliveira, João Braz Custódio de 36  
Oliveira, Karoline Nunes 68  
Oliveira, Maria José Resende 28  
Oliveira, Samuel Belo Coelho de 14, 18, 34  
Padilha, Dionatan Ferri 52  
Paixão, Mariana Sousa da 24, 53  
Palmeira, Alessandro Ferraz 45  
Paola, Nicola de 39  
Passos, Gabriel Campos dos 46  
Peçanha, Lavynia Malaquias 25  
Peixoto, Eliza Inez Nunes 19  
Peyerl, William Rudolf Lopes 40  
Pezat, Lucas Perroud 55  
Pichel, Leonardo Muniz 35  
Pinheiro, Marcos Roberto 41  
Pinto, Douglas 70  
Quevedo, Roberto 68  
Raposo, Maria Irene 59  
Riente, Úrsula 45  
Rigoti, Caesar Augusto 32  
Rodrigues, Mérolyn Camila Naves de Lima 54  
Rodrigues, Pedro Henrique Fernandes 14  
Rodrigues, Ricardo de Souza 13, 71  
Roehl, Deane 68  
Romeiro, Marco Antônio Thoaldo 32  
Romero, Luiz Felipe 22  
Sacek, Victor 31, 67  
Salamuni, Eduardo 37, 43  
Sampaio, Maria Angélica Fonseca 20  
Sanches, Emerson 43  
Santos, Carla Hemillay de Oliveira 35, 60, 61, 73  
Santos, Edgar Bueno dos 67  
Santos, Glenda Lira 24  
Santos, Jessica Miranda dos 37, 43  
Santos, Lauro César Montefalco de Lira 24, 53  
Santos, Leonardo Cesar dos 66  
Savastano, Vitor Lamy Mesiano 28  
Schmitt, Renata da Silva 15, 28, 45  
Sebastian Gonzalez 74  
Sena, Breno Soares 25  
Seoane, Kauê 57, 72  
Silva Neto, Cláudio Ângelo da 38  
Silva, Aline Theophilo 64, 65  
Silva, Caio Henrique da 19  
Silva, Clauzionor Lima da 37, 43

Silva, João Pedro Macedo **31**  
Silva, Maria Eduarda da **47, 48, 50**  
Silva, Mariana Meirelles Lima da **30, 33**  
Silva, Matheus Alves **22, 25**  
Silva, Rafael Monteiro da **31**  
Silva, Stéphanie Carvalho da **26, 55**  
Silva, Valdielly Larisse **21**  
Silveira, Antônio Daniel da Silva **38**  
Soares-Silva, Wilker **56**  
Soares, Joelson **57**  
Souza, Ariadne Marra de **25**  
Souza, Iata Anderson de **37, 43**  
Souza, Jorge André Braz de **44, 47, 48, 49, 50, 51**  
Syangeve, Ludira P.J. **29**  
Tavares, Marcus Vinicius Fonseca Santini **64**  
Teixeira, Cristiane Marques de Lima **21**  
Tognoli, Francisco M.W. **29**  
Tomazzoli, Edison Ramos **46**  
Toni, Giuseppe Betino de **17, 26, 29**  
Trzaskos, Barbara **54**  
Tungo, Edna J.F. **29**  
Tupinambá, Miguel **42**  
Val, Pedro **43**  
Valeriano, Cláudio de Morisson **22, 25**  
Vargas Jr, Eurípedes **70**  
Vasconcelos, David Lino **27, 44, 47, 48, 49, 50, 51**  
Vaz, Isabela Carvalho **44**  
Velloso, Raquel Quadros **70**  
Venâncio, Marília Barbosa **60, 61, 62, 63**  
Veronêz, Jean de Bona **46**  
Viegas, Luis Gustavo **56, 59**  
Zanon, Marcela Lopes **60, 61**



ISBN: 978-65-992688-6-1

CDL



9 786599 268861



# XVIII SNET

SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS

XII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS  
OF THE BRAZILIAN GEOLOGICAL SOCIETY

EVENTO ONLINE

07 A 10 | AGOSTO | 2022

NATAL-RN - BRASIL

PROMOÇÃO



[www.sbgeo.org.br](http://www.sbgeo.org.br)

REALIZAÇÃO

**UFRN**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE



PPGGI/UFRRN  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
GEOQUÍMICA E GEOFÍSICA/UFRRN

APOIO INSTITUCIONAL

**CNPq**

Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico

**SGEO**

GEOLOGICAL SURVEY  
OF BRAZIL - CPRM

PATROCINADOR PLATINA



**PETROBRAS**



ORGANIZAÇÃO



EVENTOS

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