

## A faixa de dobramentos do Rio Salgado, norte-noroeste da Zona Transversal-Província Borborema (PB-CE)

*The Rio Salgado fold belt, north-northwest of the Transversal Zone-Borborema Province (PB-CE)*

Benjamim Bley de Brito Neves<sup>1</sup> e Mario da Costa Campos Neto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo – USP, Instituto de Geociências – IGc, Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Rua do Lago, 562, Cidade Universitária, CEP 05508-080, São Paulo, SP, Brasil (bbleybn@usp.br; camposnt@usp.br)

Recebido em 8 de janeiro de 2016; aceito em 5 de abril de 2016

### Resumo

O sistema de Dobramentos Piancó-Alto Brígida (SPAB) foi definido como um *branching system of orogens* neoproterozoico na parte centro-ocidental da Zona Transversal-Província Borborema. A discriminação de Faixa de Dobramentos do Rio Salgado (FDRS) está sendo proposta para o ramo mais setentrional deste sistema. Esta faixa (FDRS) está cortada ao norte pelo Lineamento Patos (aqui considerado como um *boundary transform* continental) e margeada por uma série de *basement inliers* paleoproterozoicos ao sul (Riacho São Pedro, Icaçara, S. José do Caiano, Coremas etc.), estando em parte encoberta por sedimentos fanerozoicos do Araripe. Os ramos mais ao sul e sudeste do SPAB estão cortados por dezenas de *stocks* e batólitos intrusivos (tipo “I”) de um arco magmático continental que se estende da costa paraibana ao sertão do Piauí (ca. 800 km). A FDRS está situada entre este arco magmático e o Lineamento de Patos e é constituída principalmente por seqüências siliciclásticas finas de grande ritmicidade, com intercalações locais de *sheets* de vulcânicas félsicas, intermediárias e básicas. O metamorfismo regional corresponde à fácies xisto verde baixo (sericita-clorita-biotita). Foram realizadas três seções litoestratigráficas e estruturais completas, transversais à FDRS, sendo identificadas preliminarmente cinco distintas unidades paraestratigráficas. Estudos geocronológicos (U-Pb) preliminares indicam uma sedimentação pós-650 Ma. Três fases de deformação foram identificadas e serão discutidas. As características geológicas gerais, a posição tectônica e a natureza do embasamento da FDRS apontam para o desenvolvimento orogênico de uma bacia de antearco no Neocriogeniano.

**Palavras-chave:** Província Borborema; Zona Transversal; Sistema Piancó-Alto Brígida; Neoproterozoico; Lineamento de Patos; Arco Magmático Continental.

### Abstract

The Piancó-Alto Brígida (SPAB) Fold System was defined as a branching system of Neoproterozoic orogens at the central-western portion of the Transversal Zone-Borborema Province. The discrimination Rio Salgado Fold Belt (FDRS) is here proposed for the northernmost SPAB branch. This belt (FDRS), which is partially covered by the Phanerozoic sediments of the Araripe Basin, is delimited to the north by the Patos Lineament (here considered as a continental boundary transform) and its southern border is characterized by a series of Paleoproterozoic basement inliers. The SPAB southern and southeastern branches are intruded by dozens of (“I”-type) stocks and batholiths of a continental magmatic arc, which is positioned from the northeastern coastal area of Paraíba to the Piauí outback (ca. 800 km). FDRS is located between this magmatic arc and the Patos Lineament and is mainly constituted by fine siliciclastic sequences of high-frequency rhythmicity, with local intercalations of acid, intermediary and basic volcanic sheets. The regional metamorphism corresponds to the low greenschist facies (sericite-chlorite-biotite). Three complete lithostratigraphic and structural regional cross sections transversal to FDRS were performed and five informal stratigraphic units recognized. Preliminary geochronological surveys (U-Pb, zircon) indicate regional sedimentation younger than 650 Ma. Three different phases of regional folding were identified and will here be discussed. FDRS general geological and tectonic characteristics, as well as the nature of its basement, point to the orogenic development of a forearc basin in Late Cryogenian times.

**Keywords:** Borborema Province; Transversal Zone; Piancó-Alto Brígida Fold System; Neoproterozoic; Patos Lineament; Continental Magmatic Arc.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma abordagem preliminar na discriminação e no conhecimento geológico da Faixa de Dobramentos do Rio Salgado, situada na porção norte-noroeste da Zona Transversal (domínio/subprovincia central) da Província Borborema, cuja individualização e extensão geográfico-geológica haviam sido algo relegadas em levantamentos geológicos específicos anteriores. Foram realizados estudos litoestratigráficos e estruturais da faixa em conjunto, assim como os primeiros levantamentos geocronológicos de suas supracrustais (e, em parte, de seu embasamento).

Na releitura de alguns poucos dados preexistentes (Costa, 1988; Brito Neves et al., 2015a, 2015b) foi levantada a hipótese de que esta faixa poderia ter sido produto da deformação de uma bacia de antepaís ediacarana, tectonicamente posicionada na parte mais ao norte da placa superior (constituída pelos terrenos da Zona Transversal). O Lineamento Patos foi então considerado um limite transformante ou *continental boundary transform* (consoante os conceitos de Woodcock e Schubert, 1994), entre a parte continental da placa inferior (Terreno Rio Grande do Norte) e da placa superior (SPAB, Sistema Piancó-Alto Brígida).

Os processos de tectônica de escape (rejeito lateral e suas consequências) promovidos pelo Lineamento de Patos foram da ordem de mais de uma centena de quilômetros, gerando uma zona rúptil-dúctil larga (até 20 km de largura, localmente) e longa, mais precisamente da costa paraibana ao sudeste do Piauí (de Mataraca-PB a Fronteiras-PI), num total de cerca de 800 km lineares (Brito Neves et al., 2015a). Esta zona rúptil-dúctil linear assim formada apresenta muitas semelhanças de ordem geral, geológicas e geofísicas com faixas transpressivas (deste e de outros continentes) denominadas de keirógenos (*keirogens*, consoante designação/proposição recente de Sengör et al., 2005).

Este segmento (ramo) orogênico, aqui considerado do Rio Salgado, situa-se ao norte dos altos de embasamento (*basement inliers*) do sistema Piancó-Alto Brígida (SPAB), a saber, de leste para oeste: Coremas - São José do Caiana, Icaíçara e Riacho São Pedro. De modo geral, esta faixa apresenta uma posição geológica-geotectônica especial, entre o arco magmático ediacarano (Arco Magmático Ediacarano do Norte da Zona Transversal, Brito Neves et al., 2015b), ao sul, e seu antepaís (Terrenos Rio Grande do Norte + Ceará Central), ao norte. A Zona de Cisalhamento de Patos (Archanjo et al., 2013) deformou a Faixa Metassedimentar do Rio Salgado e em parte a recortou, reduzindo-a a um domínio longitudinal pouco extenso (cerca de 220 km, entre os meridianos 38°00' e 40°00'), ao sul do paralelo 7°00'S, chegando a ter uma largura máxima de área de exposição (em parte, devido à cobertura sedimentar fanerozoica da Bacia do Araripe e congêneres) de cerca de 25-30 km. Na verdade, a faixa de dobramentos do Rio Salgado (FDRS),

ou o que resta exposto dela, está preservado como um terreno tectonoestratigráfico (no sentido de Howell, 1995). Assim, ao se falar da faixa do Rio Salgado (vide Figura 1), se está referindo ao segmento mais ao norte da unidade “Piancó-Alto Brígida”, um terreno tectonoestratigráfico no sentido de Howell (1995), consoante postulado recentemente por Van Schmus et al. (2011).

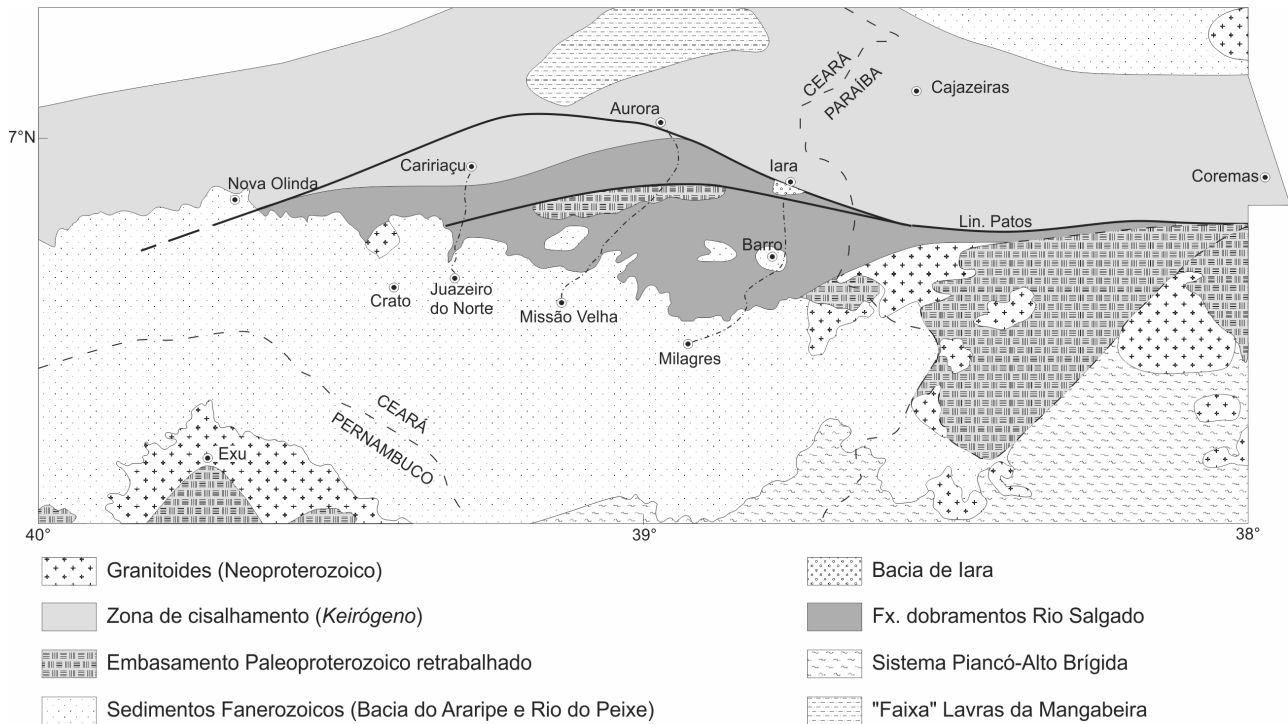
Este trabalho apresenta uma abordagem preliminar da litoestratigrafia e das feições estruturais da Faixa do Rio Salgado, auferidos no decurso da realização das principais seções geológicas ao longo das rodovias asfaltadas que a transpõem perpendicularmente, a saber: (i) de Juazeiro do Norte a Caririçu (porção mais ocidental da faixa, seção “MN”); (ii) de Missão Velha a Aurora (porção mais central, seção “PQ”); e (iii) Milagres-Iara (na BR-116, seção “RS”, a mais oriental da faixa). Estas seções geológicas hoje francamente expostas já foram parte integrante do substrato da cobertura fanerozoica (Bacia do Araripe e congêneres), predominante em toda porção sul da faixa. Também foram obtidos os primeiros dados geocronológicos (U-Pb em zircão, Laser Ablation) de rochas vulcânicas e sedimentares desta faixa orogênica. Com estes dados, será proposta a evolução desta faixa a partir de uma bacia de antearco, em tempos neocriogenianos (até mesmo eoediacaranos).

## TRABALHOS ANTERIORES

Uma das primeiras discriminações (em mapa) da Faixa de Dobramentos do Rio Salgado (FDRS) foi feita por Brito Neves (1983), sem formalizar esta designação, mas apenas como uma parte do que chamou Sistema Piancó-Alto Brígida (posteriormente chamado de Terreno Piancó-Alto Brígida, TAPB, por Santos et al., 2002). Nenhum mapeamento geológico específico foi até hoje levado a termo no conjunto da FDRS. No que concerne o TPAB, a bibliografia é relativamente rica; porém, no contexto específico de seu ramo norte – a FDRS - como aqui discriminado (terrenos vulcanossedimentares localizados nos sertões da Paraíba e Ceará), os mapas e os dados geológicos são esparsos (ou *en passant*) e, em geral, com outras finalidades de investigação.

Várias folhas na escala de detalhe e de semidetalle foram realizadas pela SUDENE (Alto Jaguaribe 1 e 2) e pela CPRM (Projeto Cachoeirinha: folhas Bodocó, Itaporanga, Piancó etc.). Estes levantamentos foram e estão integrados no Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste (folhas 14 e 15, anos 70), e nas folhas ao milionésimo de Jaguaribe/Natal do Projeto Radambrasil (1981).

Posteriormente, em vários mapas geológicos de integração (e.g. Folha Serra Talhada 1/250.000, Gomes, 2000) e outros de cunho estadual (Santos et al., 2002, da Paraíba; Gomes et al., 2001, de Pernambuco e Cavalcante et al., 2003, do Ceará), estes mapas e trabalhos de semidetalle foram devidamente compilados e referenciados.



**Figura 1.** Mapa de localização da Faixa do Rio Salgado, a partir de excerto da Folha Jaguaribe/Natal (Projeto Radambrasil, 1981, escala 1: 1.000.000) dentro do contexto da geologia regional.

Merecem destaque, nos anos 80, o mestrado de Costa (1988), tratando de mineralizações hidrotermais (“queratófiros”), e o de Parente e Arthaud (2004), sobre as ocorrências de Cu e Fe associadas com metavulcânicas do chamado “Grupo Cachoeirinha”, denominação amplamente utilizada para as metavulcanossedimentares do TPAB, dentro e ao sul (principalmente) da Faixa do Rio Salgado.

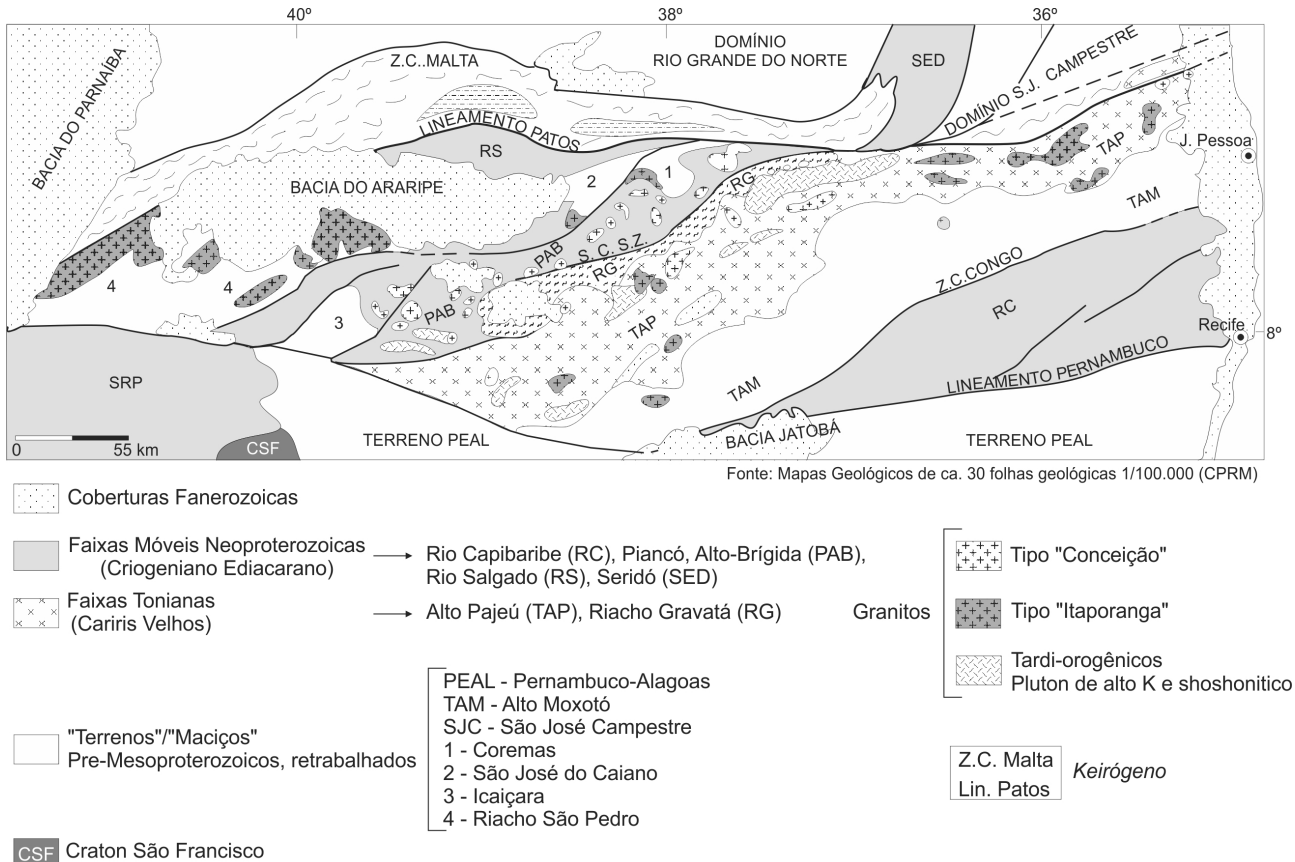
A concepção de uma faixa de dobramentos independente (mas com conexões paleogeográficas com os demais ramos do *branching system* do TPAB) adveio só recentemente, com o trabalho de Brito Neves et al. (2015b), focando o desenvolvimento geotectônico da subprovincia central da Borborema. Neste último trabalho, ficou discriminado que a faixa corresponde a um domínio configurado entre duas zonas tectônicas: o keirógeno Mataraca-Fronteiras (na Figura 2, destacado entre o conjunto de falhas “Patos-Malta”), ao norte, e que é perlongada (ao sul) pelo arco magmático eoediocarano do norte da Zona Transversal. O primeiro resultou da extensiva tectônica rúptil-dúctil do Lineamento de Patos (Archanjo et al., 2013, entre outros), e o segundo é formado por cerca de nove dezenas de batólitos e stocks granodioríticos, tonalíticos e graníticos intrusivos (típicos de arco magmáticos continentais, tipologias “VAG”, de Pearce (1986) e/ou “CAG”, de Barbarin (1999). Estes granitoides do tipo “I” estão situados entre o sul da cidade de Jacaraú (Zona da Mata do nordeste paraibano) a leste, e

Araripina (PE) e Padre Marco (PI), a oeste, ao longo de um alinhamento diagonal à Zona Transversal, e foram gerados principalmente entre 635 Ma e 580 Ma.

### CARACTERÍSTICAS LITOESTRATIGRÁFICAS DA FAIXA DO RIO SALGADO

Nas seções geológicas realizadas transversalmente à Faixa do Rio Salgado (“MN” – Juazeiro-Caririçu, “PQ” – Missão Velha-Aurora e “RS” – Milagres-Iara) foi observado o franco predomínio de litologias psamopelíticas (siliciclásticas) geralmente finas e caracteristicamente com muita ritmicidade e com relativamente poucas variações de fácies. Muito raramente aparecem rochas com contribuições carbonáticas (matriz, cimento) e algumas vulcânicas.

Por razões expositivas, além do embasamento constituído por rochas gnáissico-migmatíticas, foram distinguidas preliminarmente cerca de cinco unidades litoestratigráficas informais (unidades paraestratigráficas). Procura-se descrever, nas unidades “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, a diversidade dentro do contexto geral predominante psamopelítico rítmico. Ao lado de cada unidade paraestratigráfica foi colocado (entre parênteses) o nome da localidade típica (principalmente os cursos d’água mais significativos), no intuito de facilitar a futura formalização de unidades e suas



**Figura 2.** Esquema geológico-geotectônico da Zona Transversal e seus principais elementos (terrenos e faixas móveis neoproterozoicas), destacando-se a FDRS assim como as rochas plutônicas do arco magmático ediacarano (situado no norte-noroeste da Zona Transversal, entre a costa paraibana e a fronteira PE-PI).

respectivas localidades típicas, como recomenda o Código Internacional (Murphy e Salvador, 1999). Há indicações claras, mas ainda não decisivas, de que algumas destas unidades discriminadas são apenas variações laterais de facies, e uma designação formal requer e tem de esperar por um mapeamento de detalhe. Mas, deve-se assinalar que, na escolha destas unidades informais, teve um peso interessante (e isto é inescapável na observação de campo) o comportamento reológico de cada uma das mesmas, como resposta à deformação compressional do conjunto.

As rochas metavulcânicas (metavulcanoclásticas) ocorrem esparsamente nas seções e foram reconhecidos metariolitos, metadiabásios (Parente e Arthaud, 2004) e meta-andesitos. As ocorrências mais expressivas destas unidades foram descritas por estes autores a sudeste da cidade de Aurora (localidade/Fazenda Diamante), entre Aurora e Iara, onde afloram brechas diversas cimentadas por óxidos de ferro e sulfetos de cobre (melhor observadas em furos de sondagem). Os trabalhos de Costa (1988) e de Parente e Arthaud (2004), já mencionados, foram dedicados a essas ocorrências e suas mineralizações de Cu e Fe.

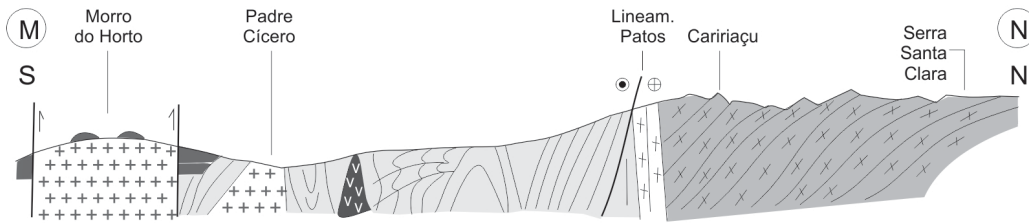
### Embasamento gnáissico-migmatítico

O embasamento dessas supracrustais está exposto (internamente) na forma de uma lasca tectônica, imbricada entre duas falhas e vergente para o norte: a zona de cisalhamento “Cuncas”, a sul, e a falha de empurrão “Diamante”, a norte, representadas nas seções “P-Q” e “R-S” (Figura 3).

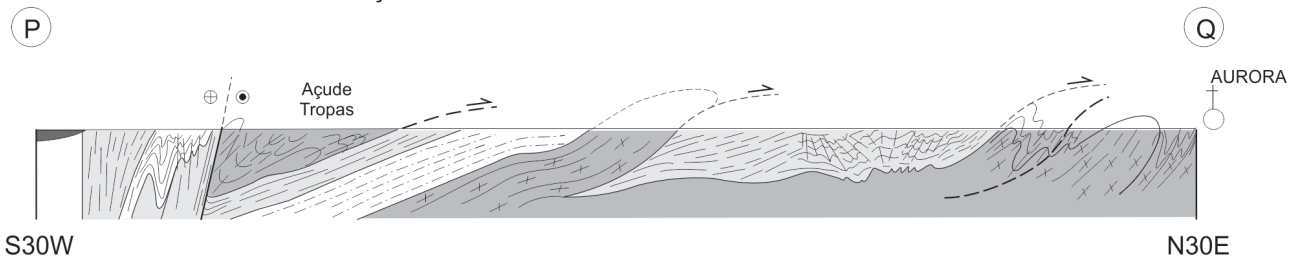
Este embasamento é constituído por biotita gnaisses de composição tonalito-granodiorítica, de textura granoblástica inequigranular média e com lâminas lepidoblásticas descontínuas. Possui intensa foliação que passa a faixas miloníticas, recristalizadas, de médio a alto ângulo de mergulho (50° a 60°) para sul (170-190°). Localmente são encontradas venulações quartzo-feldspáticas, com estruturas estromáticas, com leuco- e melanossomas relativamente bem definidos.

Os ortognaisses e metatexitos do embasamento são semelhantes – a grosso modo – àqueles dos altos de embasamento (*basement inliers*) do sudoeste do TPAB, expostos mais ao sul (a saber: Riacho São Pedro, Icaíçara e São José do Caiana). No entanto, temos uma restrição de dados petrográficos e

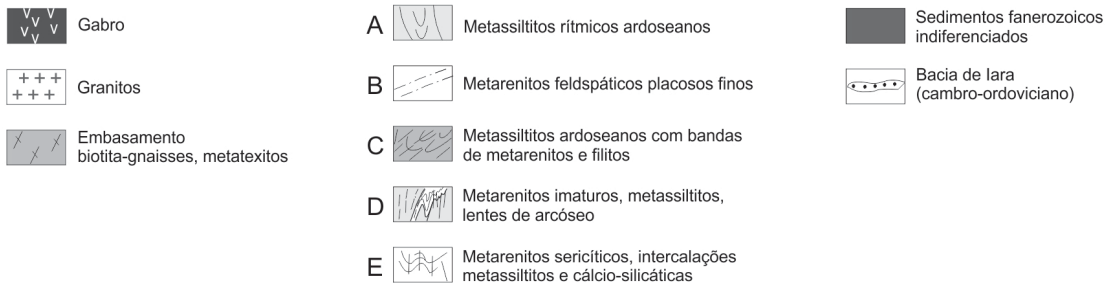
SEÇÃO GEOLÓGICA JUAZEIRO DO NORTE-CARIRIAÇU



SEÇÃO GEOLÓGICA MISSÃO VELHA - AURORA



SEÇÃO GEOLÓGICA MILAGRES IARA



**Figura 3.** Seções geológicas esquemáticas transversais à FDRS, a saber: porção ocidental (“MN” – Juazeiro do Norte-Caririaçu); porção central (“PQ” – Missão Velha-Aurora); e a porção mais oriental (“RS” – norte de Milagres →norte de Iara). Discussão no texto.

isotópicos no presente momento, e, portanto, não se pode propor desde já e/ou falar em correlação, mas é de se esperar que isto venha a ser investigado e diagnosticado no futuro.

Em parte, estas rochas são também semelhantes aos ortognaisses metatexíticos acinzentados do domínio de embasamento a norte do Lineamento Patos, no “keirógeno” Fronteiras-Mataraca (Brito Neves et al., 2015a). Na seção “P-Q”, uma conexão provável entre estes dois contextos está representada, mas isto é provisório e discutível. Desde

já, é justo salientar que essas rochas posicionadas ao norte do Lineamento Patos (ao longo do keirógeno) possuem um considerável acervo de dados geocronológicos (em grande parte inéditos ainda), e são de idades paleoproterozóicas, com muitos núcleos pré-paleoproterozóicos, do leste da Paraíba ao sudeste do Piauí (dados U/Pb publicados e inéditos), e sempre com dados Sm/Nd indicando residência crustal bem antiga ( $T_{DM}$  arqueanos e  $\epsilon_{Nd}$  fortemente negativos). Dessa forma, a comparação aludida com aquelas rochas dos

*basement inliers* situados ao sul da faixa, acima reportadas, é mais consentânea.

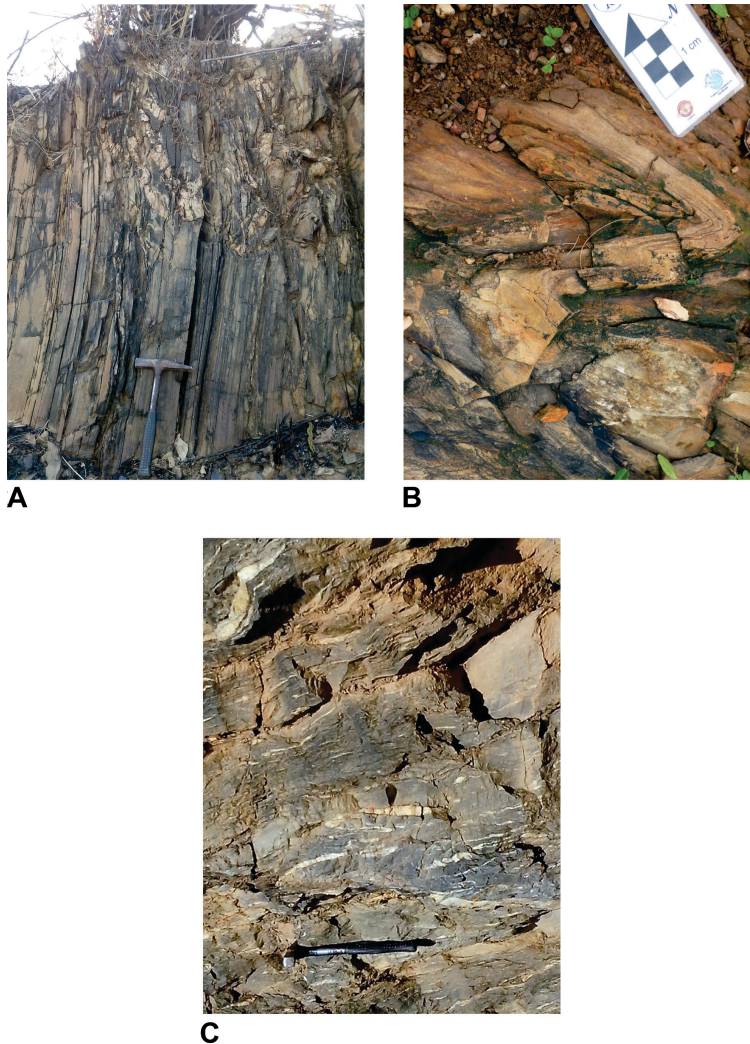
### Unidade “A” (Riacho da Cachoeira)

Esta unidade foi reconhecida nas três seções geológicas realizadas, mas tem a sua maior expressão de ocorrências na rodovia Padre Cícero (perfil “M-N”), no trecho entre o Morro do Horto (postado imediatamente ao norte da cidade de Juazeiro e a cidade de Caririaçu). De forma persistente predominam metassiltitos extremamente rítmicos, com lâminas de argilitos, e um comportamento reológico geral de metalaminitos ardósianos.

O predomínio absoluto é de rochas da fácies xisto verde que possuem frequentes vênulas de quartzo que realçam o dobramento  $D_1$  característico da unidade. A alternância de

metassiltitos e metargilitos (centimétrica, milimétrica) chega a ser monótona. Raramente ocorrem lentes de metarenitos finos, maduros a imaturos, de até 0,6m de espessura. Alguns metaconglomerados intraformacionais são de ocorrência restrita e foram descritos por Parente e Arthaud (2004) nas proximidades de Diamante. O paralelismo da estratificação rítmica “ $S_0$ ” com a foliação principal “ $S_1$ ” (neste perfil) é característica estrutural marcante desta unidade, assim como deve ser aduzida a sua notória clivagem ardósiana.

No domínio setentrional desta unidade (no perfil da seção “M-N”), na região das serranias São Pedro, a sul e a leste de Caririaçu, proximidades do Lineamento Patos, essa unidade passa bruscamente para as unidades gnáissico-graníticas, através de uma faixa milonito-filonítica (vide Figura 4), com notáveis indicadores de deslocamento dextral (do Lineamento de Patos).



**Figura 4.** Unidade paraestratigráfica “A” (Riacho da Cachoeira). (A) metalaminitos ardósianos rítmicos com marcante transposição  $S_0/S_1$ ; (B) idem, com a presença de bancos metareníticos realçando o dobramento apertado; (C) Na zona de cisalhamento (Lineamento de Patos) e em contato com o embasamento, os metarrítmos estão expostos como filonitos e com muitas exsudações quartzosas.

Na seção “M-N” foram encontrados pequenos corpos de rochas magmáticas, tais como um corpo decamétrico intrusivo de gabro e uma intercalação de metavulcânicas (composição global andesítica), esta concordante com a foliação  $S_1/S_0$ . Como já mencionado, metavulcânicas e/ou vulcanoclásticas ácidas e básicas (metariolitos, metabasaltos e brechas silico-ferruginosas) numa zona estreita e descontínua foram encontradas e estudadas por Parente e Athaud (2004), a sudeste da cidade de Aurora (localidade de “Diamante”).

### Unidade “B” (Sítio Juiz)

Esta unidade foi reconhecida e mapeada apenas na seção Missão Velha-Aurora (“P-Q”), a norte do Açude Tropas, sobreposta, em discordância, ao embasamento gnássico-migmatítico (“lasca imbricada de Cunças”). Encontra-se recoberta pela Unidade “A” (“Riacho da Cachoeira”), da qual pode ser uma fácies basal. Esta unidade/fácies “B” caracteriza-se pela presença de metarenitos feldspáticos placosos finos contendo muscovita, com algumas intercalações homogêneas de metassiltitos arcoseanos e de filitos prateados brilhantes. Esta unidade também exibe o paralelismo notório entre a estratificação  $S_0$  e a foliação  $S_1$ . A discriminação desta unidade informal “B” é provisória, como dito acima, podendo ser uma variação da Unidade “A” (parte basal da Unidade “A”) ou, ainda, uma variedade de fácies de alguma outra das unidades. Só o mapeamento geológico de detalhe a semidetalhe pode clarificar estas possibilidades.

### Unidade “C” (Açude Tropas)

Esta unidade é composta por metassiltitos ardorianos e sedosos, rítmicos, com várias bandas/lâminas de metarenitos (de até 10 cm de espessura) e algumas camadas de filitos (filitos a metassiltitos finos) cinza escuros. Lâminas subcentimétricas de rochas cálciosilicáticas foram observadas.

Afora estas características litológicas distintas acima mencionadas - com expressiva ritmicidade do conjunto - destaca-se nesta unidade a penetratividade do dobramento  $D_2$  da foliação  $S_1/S_0$ , consoante dobras apertadas a isoclinais, com alguns domínios locais de transposição. Este dobramento intenso, muito bem exposto na represa de Tropas (no alto curso do Rio Salgado), empresta à unidade uma conotação de tectonito  $S_2/L_2$ , muito expressivo e fotogênico (Figura 5).

Caracteriza esta unidade a presença expressiva de finas vênulas até bandas de exsudações quartzosas (de dimensões até métricas), desenvolvidas durante a primeira fase de dobramentos ( $D_1$ , isoclinal, que gerou a transposição  $S_0/S_1$ ), redobrada na fase subsequente,  $D_2$ , como exposto na Figura 5.

### Unidade “D” (Riacho Oitis)

Esta unidade encontra-se em grande parte recoberta pelos sedimentos fanerozoicos da Bacia do Araripe e está bem exposta ao norte de Missão Velha (seção “P-Q”). Comporta

grande variação litológica, em que predominam metarenitos imaturos (arcoseanos a líticos) com intercalações subordinadas de metassiltitos, metassiltitos ardorianos e de rochas cálciosilicáticas, indicando um ambiente de sedimentação de variável estabilidade. Nos metarenitos impuros é possível distinguir, com auxílio de lupa, a presença de quartzo, feldspato e biotita detríticos, atuando como porfiroclastos.

São dignos de referência alguns bolsões megalenticulares, de dimensões métricas (forma de “facóides”), intercalados no interior das camadas de metassiltitos ardorianos. São indicações de diferentes formas e processos no tempo da sedimentação, com os sedimentos arcoseanos cortando (lembram *cut-and-fill*) as unidades litológicas precedentes. Estas intercalações mostram interessante comportamento reológico, sendo particularmente digna de nota a refração da xistosidade  $S_2$ , quando passa (nos contatos) dos metassiltitos



A



B

**Figura 5.** Unidade paraestratigráfica “C” (Açude Tropas). (A) o dobramento apertado dos metassiltitos e metarenitos, realçado pela exsudação quartzosa; (B) exuberante lineação  $L_2$  no leito da represa de Tropas (no curso do Rio Salgado), situada entre Missão Velha e Aurora.

para estas megalentes arcoseanas (Figura 6). À medida que se caminha para o sul do perfil (em direção à Missão Velha), os metassiltitos passam a constituir as litologias predominantes.

Em lâmina delgada, verifica-se o predomínio de texturas granulolepidoblásticas nos metarenitos, com biotita e sericita e muitos opacos. Entre os porfiroclastos estão grãos de quartzo (alguns com formas sigmoidais impostas por  $S_2$ ), plagioclásio e microclina (pela ordem). Alguns raros fragmentos de rochas metamórficas puderam ser registrados muito esparsamente.

### Unidade “E” (Riacho Saboeiro)

Esta unidade aflora e predomina ao norte da cidade de Milagres, somente ocorrente no perfil ”R-S” sob sedimentos fanerozoicos. Na verdade, grande parte da unidade está encoberta (não aflorante, recoberta por sedimentos).



A



B

**Figura 6.** Unidade paraestratigráfica “D” (Riacho Oitís). (A) intercalações lenticulares métricas de metarenitos arcoseanos em metassiltitos e metarenitos finos, rítmicos. Visão global do afloramento; (B) refração da foliação  $S_2$  no contato dos metassiltitos encaixantes com as intercalações metareníticas arcoseanas.

Predominam arenitos finos e placosos, sericíticos (de onde foi coletada a amostra SDS-N-MV, usada para determinação geocronológica), que intercalam metassiltitos ardosianos e, mais raramente, rochas calciosilicáticas.

Afora as características da origem sedimentar desta unidade, verifica-se o intenso dobramento da primeira foliação ( $S_0/S_1$ ), observável tanto na escala de campo como na escala do microscópio, sendo destacáveis as muitas bandas quartzosas tabulares por exsudação nesta primeira fase. A segunda fase de dobramento é conspícua, com uma série expressiva de anticlinais e sinclinais ( $D_2$ ), ora com dobras abertas (plano axial caindo para o norte), ora dobras relativamente fechadas formando estruturas  $L_2$  longilíneas, muito fotogênicas. Vide Figura 7.

Em lâmina delgada verifica-se predomínio de textura granulolepidoblástica fina a muito fina (quartzo fino + mica branca + biotita + opacos) formando camadas/lâminas milimétricas muito contínuas, ora dobradas isoclinalmente, ora desenhando dobras em “M” muito marcantes nas zonas axiais das dobras  $D_2$ . Particularmente, a fração coletada para determinação geocronológica (amostra SDS-N-MV) foi um metarenito de baixo grau extremamente rítmico.

### FORMAÇÃO IARA

A Formação Iara preenche uma bacia “*pull-apart*” relacionada ao rejeito direcional destal do Lineamento Patos, ou seja ao norte da FDRS. De modo geral, a taxa de preservação deste depósito (*post-depositional preservation rate*, consoante Busby e Ingersoll, 1995) foi muito precária, sendo que parte considerável de suas litologias vulcânicas e sedimentares (não metamórficas) já foi devastada (como ocorre na maioria das bacias cambro-ordovicianas do Escudo Atlântico). Predominam brechas polimícticas, vulcanossedimentares, suportadas por matriz e praticamente sem deformação dúctil (Figura 8). Um estudo mais completo desta unidade, tida como pós-orogênica e cambro-ordoviciana, assim como as correlações prováveis com outras unidades símiles, pode ser encontrado na síntese de Teixeira et al. (2004).

Em geral, desprovida ainda de dados geocronológicos seguros, esta unidade tem sido atribuída ao “Estágio de Transição” (Cambriano-Ordoviciano Inferior) da Plataforma Sul-Americana (Almeida, 1967; Brito Neves, 1998; Teixeira et al., 2004). É bem provável que outros depósitos semelhantes possam ocorrer mais para oeste, cobertos em parte (e protegidos da erosão) pelos sedimentos fanerozoicos do Araripe. Pelo menos, isto é uma feição comum por todo Nordeste, posto que as maiores possanças preservadas destas unidades eopaleozoicas (são obtidas de dados de subsuperfície) estão cobertas pelos depósitos siluro-devonianos (sobretudo), no interior de outras bacias sedimentares maiores (sinéclise e grabens). No prolongamento do Lineamento Patos para oeste (para o interior do Piauí), algumas ocorrências de





A



B

**Figura 7.** Unidade paraestratigráfica “E” (Riacho Saboeiro). (A) Dobramento da fase principal ( $D_2$ ), apertado, das diferentes unidades litológicas (metarenitos finos, metassiltitos, exsudações quartzosas etc.), exibindo destacadamente o eixo  $B_{(2)}$ ; (B) Notório tectonito  $L_{(2)}$  formado pelo intenso dobramento, que se expõe ao longo de alguns quilômetros da BR-116, pouco a norte de Milagres.

unidades assemelhadas a essas de Iara foram visitadas pelos autores (a oeste do meridiano  $40^\circ$  W), pouco ao norte da cidade Paulistana-PI.

## CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E METAMÓRFICAS

As observações estruturais gerais ensejadas nas três seções transversais à faixa (“M-N”, “P-Q” e “R-S”), ou seja, de direções aproximadamente norte-sul, reiteram as observações anteriores de que o comportamento reológico

das unidades paraestratigráficas discriminadas participou como condimento importante de caracterização das mesmas. Apesar do dobramento em comum, cada das unidades apresenta características e feições estruturais peculiares e dignas de nota.

- Nos três perfis realizados fica clara a primeira fase de deformação apertada a isoclinal possibilitando o frequente paralelismo do primoroso acamamento rítmico ( $S_0$ ) com a foliação ( $S_1$ ), causada por este primeiro evento de deformação. Na verdade, este paralelismo é tal, que só muito raramente foi possível observar pequenos ângulos entre  $S_0$  e  $S_1$ , tanto na escala de campo como no estudo das lâminas delgadas: há a supremacia e penetratividade importante desta primeira fase de deformação. Esta deformação é particularmente realçada pelos planos axiais das dobras nas exsudações planares de quartzo (paralelas a  $S_1$ ) nas fases de deformação subsequente.
- A segunda fase de deformação ( $D_2$ ,  $S_2$ ,  $L_2$ ) aparece em segundo grau de importância (mas não em extensividade de ocorrência e penetratividade), principalmente nos perfis “P-Q” e “R-S”. Há feições/comportamentos a se destacar no campo. No perfil “M-N”, esta segunda fase de deformação é absolutamente local, com algumas poucas dobras abertas. Nos demais perfis, esta deformação  $D_2$  apresenta nichos importantes e característicos, principalmente bem marcados nos contextos das unidades “C” (Açude Tropas) e “E” (Riacho Saboeiro).

No perfil “P-Q” (na parte do Açude Tropas para o sul), as dobras  $D_2$  variam de apertadas a muito apertadas (Figuras 5A e 5B) com planos axiais caindo para o sul (“vergência” para o norte) e há alguns pontos/zonas onde se registra a transposição completa de  $S_1$  por  $S_2$  (são muitas as exsudações de quartzo reforçando esta observação em vários afloramentos).

No perfil “Q-S”, logo após as coberturas sedimentares fanerozoicas dos arredores de Milagres, a segunda fase de deformação apresenta uma série de dobras, variando desde muito suaves, abertas, até dobras fechadas (*chevron*) com muitas zonas onde a transposição ( $S_1$  por  $S_2$ ) pode ser detectada. Nestes casos, deste dobramento muito apertado resulta uma lineação  $L_2$  exuberante ( $L_2 =$  variando de  $5^\circ$  a  $10^\circ/250$  a  $260$  Az., vide Figura 7A e 7B). Os planos axiais destas dobras, em geral, apresentam mergulhos fortes para o norte (vergência para o sul).

A foliação  $S_1$ , paralela à fina estratificação, encontra-se dobrada, admitindo uma clivagem e/ou xistosidade  $S_2$  como plano axial. São dobras normais a fortemente inclinadas, cilíndricas, orientadas para  $S70-80W$  e com fraco caimento. Possuem comprimentos de onda de 1,0 a 1,5 km e dobras parasitas de dimensões métricas associadas. Esse padrão de dobras,  $D_2$  grada a dobras apertadas, com maior razão amplitude/comprimento de onda nas proximidades de zonas



**Figura 8.** A Formação Iara, em cortes rodoviários (da BR-116), pouco a oeste da cidade cearense topônima. Está exposta uma brecha suportada por matriz, com clastos de vulcânicas e com apenas uma fase (importante) de deformação rúptil.

de cisalhamento, onde a clivagem/xistosidade  $S_2$  passa a uma foliação de transposição e a uma foliação milonítica, subvertical em zonas de cisalhamento lateral dextral, ou de fraco mergulho a sub-horizontal em zonas de cavalgamentos. Nas faixas movimentação lateral, com espessura de cerca de 2,5 km (seção “P-Q” Missão Velha-Aurora), as dobras ocorrem rompidas e normais; nos cavalgamentos, com espessura de 0,8-1,0 km (seções Missão Velha-Aurora e Milagres-Iara), as dobras rompidas são recumbentes a inclinadas, vergentes para N-NW.

As lineações de estiramento, tanto nas zonas de cisalhamento lateral dextral quanto nos cavalgamentos, são subparalelas ao eixo B das dobras  $D_2$  e indicam, para os cavalgamentos, cinemática de topo para E-NE. Essas relações geométricas sugerem, para os cavalgamentos, transporte na ordem da dezena de quilômetros, em um regime transpressivo.

- c) Uma fase de deformação posterior ( $D_{3cr}$ ) aparece apenas local e esparsamente, geralmente como uma fase de crenulação, que só é ressaltada nas litologias previamente mais argilosas. No perfil “M-N”, esta fase é observada associada com zonas locais de cisalhamento, tanto na parte mais interior deste perfil, como mais ao norte dele, nas imediações do Lineamento de Patos (e do contato com o embasamento situado ao norte deste lineamento). No perfil “P-Q”, praticamente não observamos esta fase deformacional. No perfil “R-S”, esta fase aparece de forma local e muito discreta, igualmente como uma fina lineação de crenulação (interceptando as fases anteriores bem expressas na Unidade “E”).

Como já mencionado, grande parte desta faixa de dobramentos está bastante encoberta pelos depósitos

fanerozoicos do Araripe e não pode ser observada em sua plenitude. Por outro lado, ela está bruscamente truncada ao norte pelo Lineamento Patos (que impede observar suas continuidades pretéritas esperáveis). Na verdade, no geral, esta faixa apresenta feições de um terreno tectonoestratigráfico (Howell, 1995), pois trata-se de fração apenas de um desenvolvimento bem mais extenso. Assim sendo, com estas limitações de observação, não se pode ser definitivo ao se falar de vergência estrutural. Se considerarmos os perfis geológicos realizados, observamos um comportamento como aquele acima discutido.

Particularmente no perfil “P-Q” parece clara a importância do transporte tectônico para o norte, incluindo neste sentido uma lasca de embasamento, ou seja, uma vergência conspícua dirigida para o norte-noroeste para o presumido antepaís (Terreno Ceará Central-Domínio Rio Grande do Norte), como discutido.

Do ponto de vista do metamorfismo regional, as observações de campo e de laboratório indicam que estas rochas foram deformadas e metamorizadas na fácies xisto verde. Muscovita (sericita), clorita e biotita são os aluminossilicatos mais comuns (mais raramente aparece almandina); entre os félsicos, verifica-se parte da granulação/textura original preservada. Porfiroclastos de quartzo e de feldspato (mais raramente de fragmentos rochosos, verificados na Unidade “E”) não apresentam transformação termodinâmica digna de nota. As exsudações metamórficas são eminentemente quartzosas, características comuns em todos os perfis realizados.

A associação almandina + clorita + biotita + muscovita + quartzo e a identificação de vários porfiroclastos (quartzo > microclina > plagioclásio) são, a nosso ver, diagnóstico do metamorfismo de muito baixo grau. A propósito, em nenhuma lâmina das amostras coletadas nos perfis foi verificada a presença de outros minerais aluminossilicáticos de condições de P e T mais elevadas. Parente e Arthaud (2004) citam o aparecimento apenas local de estaurólita e sillimanita (imediações de Diamante, associadas com ambientes locais de zonas de cisalhamento), o que indica que, muito localmente, a fácies anfíbolito possa ter sido alcançada. Mas, pelas observações dos três perfis realizados, esta citação deve ser considerada como falando de fato excepcional, localizado.

Acredita-se que a primeira fase de deformação foi a responsável regionalmente por este metamorfismo. As demais fases  $D_2$  e  $D_{3cr}$  foram impingidas sobre a foliação previamente formada, consoante observações de campo e de laboratório.

## DADOS GEOCRONOLÓGICOS PRELIMINARES

A título de reconhecimento, foram processadas duas determinações isotópicas U-Pb em zircão (Laser Ablation), seguindo-se os procedimentos descritos por Sato et al.

(2009) do Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP. Foram selecionadas para este reconhecimento uma amostra ortoderivada (meta-andesito) intercalado na Unidade “A”, 12 km a norte de Juazeiro do Norte-CE (Rodovia Padre Cícero), e uma amostra de metarenitos da unidade “E”, a 17 km norte de Milagres (corte na BR-116).

A rocha de natureza andesítica (intercalada nos metassiltitos ardósianos) apresentou no diagrama concórdia muitos zircões concordantes. Uma idade de  $649 \pm 3$  Ma (concórdia) foi obtida para a parte dos zircões neoproterozoicos (Figura 9A, valor calculado na parte inferior do diagrama), que estamos interpretando como provável idade desse vulcanismo. Esta rocha apresenta um grupo de zircões bem formados (acima de 60%, onde foi calculado o valor de idade), com zoneamento nítido, bem transparente. Também ocorrem outros grupos de zircões maiores, com aspectos de terem sido rolados, pelo exame de catodoluminescência. A natureza vulcanossedimentar foi a opção encontrada diante do exame petrográfico e da observação das imagens de catodoluminescência.

Entre os zircões considerados herdados (<40% do total), temos vários pequenos “ruídos” de dados entre 2,9-2,5 Ga e entre 2,1 Ga, 1,7 Ga, e uma importante idade de  $1,16 \pm 0,31$  Ga (Figura 9B).

Na interpretação preliminar destes dados e na presente instância do conhecimento, entre os zircões herdados estariam aqueles originários do embasamento gnáissico-migmatítico (paleoproterozoicos, a maioria com núcleos arqueanos), e alguns advindos de uma fonte de 1160 Ma, que até o presente não foi reconhecida em toda Zona Transversal.

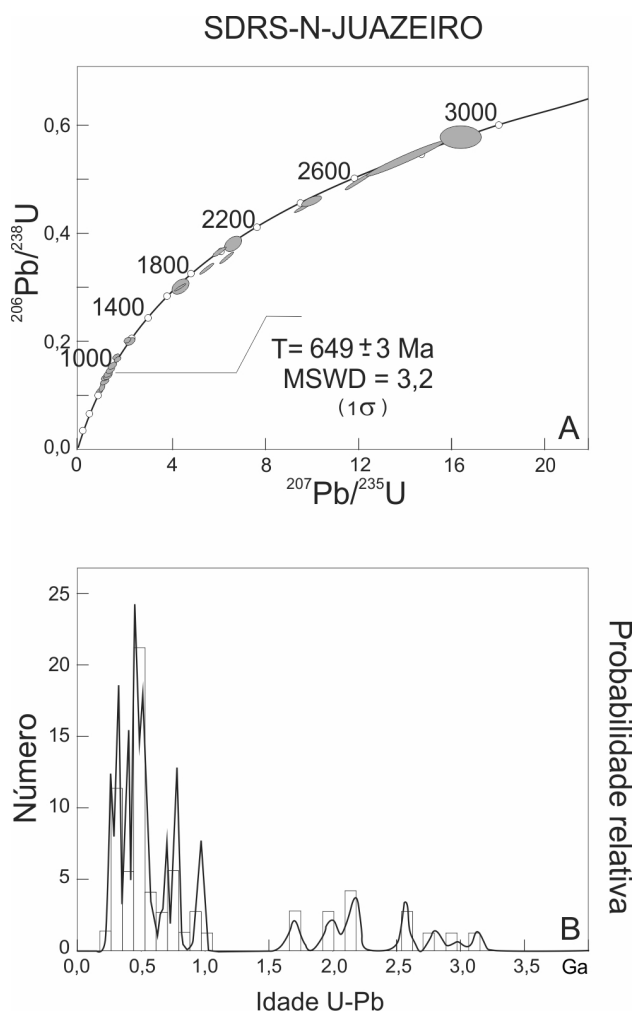
O pico destacado de 784 Ma é atribuído a zircões advindos das intrusões ígneas precursoras da abertura das faixas brasileiras (TPAB), na qual está inserido o arco magmático (situado mais ao sul). Há valores semelhantes de idade em rochas vulcânicas no domínio Ceará Central, em outras faixas da Borborema (área de Independência e leste de Sobral), e em outras províncias brasileiras do continente. Já o valor de ca. 650 Ma (pico mais elevado do gráfico) pode ser atribuído (com grande chance de acerto) ao da idade original do vulcanismo andesítico.

De toda maneira, os dados são indicadores de uma idade neoproterozoica (mesocriogeniana-eoediacarana ca. 650Ma) para a história orogênica da faixa de dobramentos. Esta opção preliminar aqui assumida e que necessita de posterior aprimoramento, vai ser reiterada/reforçada pelos dados da amostra SDS-N-MV.

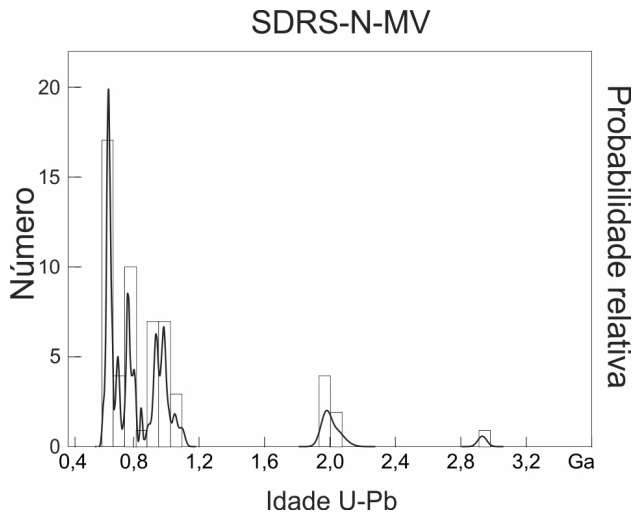
No caso da unidade eminentemente sedimentar, foi escolhida de propósito uma amostra de siliciclásticos grossos da Unidade “E” (17,7 km ao norte de Milagres, na BR-116), com o objetivo de encontrar um número razoável de zircões, com dimensões maiores, o que foi obtido.

O resultado geocronológico auferido desta amostra coletada na “Unidade E” foi de certa forma semelhante àquele da rocha anteriormente discutida (SDRS-N-Juazeiro), metavulcanossedimentar da Unidade “A”, e serve para

auxiliar a interpretação já ensejada. Na curva concórdia traçada (não apresentada) todos os zircões são concordantes. No histograma de idades obtidas (Figura 10) verificam-se distintos intervalos de distribuição de zircões detríticos: arqueanos (<0,3 Ga, traços apenas), orosirianos (idade concórdia  $1989 \pm 26$  Ma), em número pouco expressivo, e zircões neoproterozoicos, mais destacadamente.



**Figura 9.** (A) Diagrama concórdia obtido para o metandesito intercalado em metassiltitos ardósianos da unidade “A”, ao norte de Juazeiro do Norte. Ocorrem vários zircões considerados herdados, com destacada aglutinação de zircões bem formados (> 60%) no Neoproterozoico, que forneceram uma idade concórdia de  $649 \pm 3$  Ma. Discussão no texto; (B) Histograma obtido com os zircões da amostra SDRS-N-Juazeiro. Há uma dispersão de alguns poucos zircões herdados arqueanos e paleoproterozoicos (“ruídos”), e concentração interessante de zircões estenianos ( $1166 \pm 31$  Ma) e neoproterozoicos, estes do mesocriogeniano ( $784 \pm 9$  Ma) e do Criogeniano (pico maior,  $642 \pm 23$  Ma). São utilizados somente pontos com  $100 \pm 10\%$  de concordância. Discussão no texto.



**Figura 10.** Histograma obtido para os zircões detriticos de um metarenito, coletado ao norte de Milagres (BR-116, Unidade “E”). Há alguns poucos zircões do Arqueano (ca. 2,9 Ga.) e do Paleoproterozoico (ca. 2,0 Ga), e uma concentração bem mais expressiva de zircões mesoneoproterozoicos. Por estes últimos estão formados os picos principais do Toniano (ca. 950 Ma), do Mesocriogeniano (ca. 770 Ma) e do Neocriogeniano (ca. 650 Ma). São utilizados somente pontos com  $100 \pm 10\%$  de concordância. Discussão no texto.

Entre os zircões neoproterozoicos, fica clara a contribuição de rochas tonianas (boa concentração de zircões com idades em torno de  $948 \pm 11$  Ma), mesocriogenianas (idade concórdia  $772 \pm 3,1$  Ga) e neocriogenianas, ca. 650 Ma, pico mais elevado do gráfico. Apesar de serem zircões de uma rocha metassedimentar, todos estes agrupamentos mostram cristais de zircão muito bem preservados (pouco rolados, advindo de curtas distâncias), zonados, sem restrições. Para o primeiro agrupamento eoneoproterozoico, a interpretação preliminar plausível é o da contribuição de fontes dos terrenos/faixas de dobramentos tonianas (Alto Pajeú-TAP- e Riacho Gravatá-RG-) que ficam pouco ao sul e são parte da infraestrutura do embasamento do arco magmático (valores de idades de ca. 950 Ma, muito comuns em rochas do Ciclo Cariris Velhos). Para o segundo grupo mesocriogeniano (ca. 772 Ma) está sendo provisoriamente atribuída à contribuição do vulcanismo sinsedimentar (como no caso da amostra anterior, e que agora seria então reiterado). Para o terceiro caso/grupo de zircões neocriogenianos, acredita-se na contribuição de zircões detriticos (de fonte não muito distante) das faixas brasileiras e seus granitos, localizados mais ao sul, dominantes ao longo e ao sul do arco magmático (localizado no norte da Zona Transversal, consoante Brito Neves et al., 2015b).

Certamente, todos estes dados devem ser compreendidos de acordo com seu número (são poucos), circunstância e escala de estudo (reconhecimento geocronológico). O reconhecimento da contribuição de três picos de fontes do

Neoproterozóico (Toniano, Mesocriogeniano e Neocriogeniano) é salientado como importante ponto de partida para o estudo geocronológico desta faixa, em escalas maiores, para o futuro.

Os dados analíticos das amostras acima discutidas se encontram nas tabelas complementares 1 (SDRS –N- Juazeiro) e 2 (SDRS-N-MV), que estão em repositório junto à editoria da revista Geologia USP, podendo ser solicitadas para observações de detalhes.

## MINERALOGÊNESE

Na parte sudeste de Aurora, entre Aurora e Iara (região da fazenda Diamante), associadas com falhamentos de empurrão (vide perfil “P-Q”), ocorrem rochas vulcânicas bimodais intensamente brechadas, hidrotermalizadas, associadas com ocorrências de Cu-Fe, que foram objeto de exploração mineral no passado (hoje são sítios abandonados). Há estudos específicos (preliminares) sobre estas ocorrências e estas mineralizações, de Costa (1988) e de Parente e Arthaud (2004), devem ser procurados pelos interessados. Os presentes autores não colocaram o tema mineralogênese nas suas metas de pesquisa e apresentação do trabalho, mas apenas um chamamento foi considerado necessário.

## SÍNTESE DAS OBSERVAÇÕES E INTERPRETAÇÃO GEOTECTÔNICA PRELIMINARMENTE PROPOSTA

A FDRS apresenta uma posição especial na compartimentação tectônica da Província Borborema, na parte noroeste da Zona Transversal. Como já mencionado, geotectonicamente localizado a sul e sudeste desta, houve amplo desenvolvimento (ca. 800 km de extensão, 20 a 140 km de largura) de magmatismo, com granodioritos, tonalitos e granitos de arco (tipo “I”, tipo “VAG”), colocados desde a zona da mata paraibana (município de Jacaraú, a leste) até a fronteira Ceará-Piauí (a oeste).

A porção norte da FDRS é interceptada bruscamente por uma típica *boundary transform* (Brito Neves et al., 2015a). Deve ser preliminarmente enfatizado que todos os terrenos ao norte do Lineamento de Patos (considerados do antepaís) apresentam diferenças substanciais com aqueles ao sul do lineamento (considerados como alémpaís), e isto não é simplesmente o resultado de uma observação ao nível de crosta superior, mas que é ratificado ao nível de litosfera, conforme dados sísmicos e magneto-telúricos recentes (Padilha et al., 2016; Santos et al., 2014), que vem respaldar uma série de observações geológicas de ordem geral, bastante divulgadas na literatura (Brito Neves et al., 2015a, 2015b).

Nestas condições, estamos lidando como um “terreno tectonoestratigráfico” (de acordo com Howell, 1995) muito especial e distinto daqueles terrenos posicionados

imediatamente ao sul e norte do mesmo. Deve ser reiterado que uma parte considerável deste terreno está coberta pelos depósitos fanerozoicos do Araripe e bacias adjacentes, de forma que não se pode ver explicitamente como se dá a passagem dos terrenos do arco e do seu embasamento para este aqui discutido (FDRS).

Pode-se informar adicionalmente que, em geral, os metamorfitos encaixantes das intrusivas do arco mostram variação frequente no grau de metamorfismo (Grupo “Cachoeirinha” e/ou “Santana dos Garrotes”, rochas da fácies xisto verde; Grupo “Salgueiro” – rochas da fácies anfibolito), para os quais se usa uma classificação longe do ideal, mas difícil de ser retificada e destituída (infelizmente, já há consagração pelo uso).

Adicionalmente, deve ser apontado que estas encaixantes (de baixo a médio grau de metamorfismo) das plutônicas do arco são injetadas por muitos vieiros e *sheets* intrusivos de rochas leucocráticas riolíticas e dacíticas metamorfizadas de afinidade trondhjêmica (Brito, 2014), que observamos por toda região do Sistema Piarcó-Alto Brígida e que absolutamente estão ausentes (não foram e observados) na FDRS.

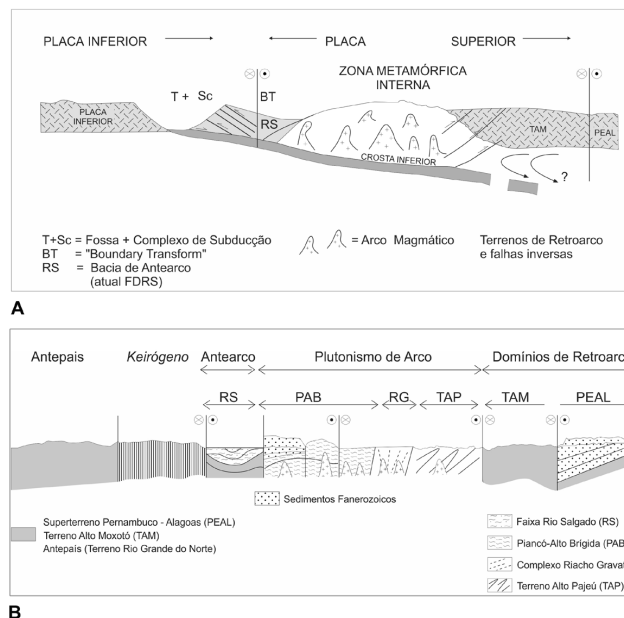
Na FDRS estão ausentes os plutões graníticos (um caso, e no máximo, dois pequenos *stocks* foram discriminados (vide SUDENE/Missão Técnica Francesa, 1964a, 1964b), e o vulcanismo apresenta características diferentes, é bastante discreto e tem posição delimitada. E como já discutido

acima, o grau de metamorfismo é predominantemente na fácies xisto verde baixo.

O preenchimento da paleobacia antecessora do FDRS foi caracterizado por sedimentação silicico-clástica fina e destacadamente rítmica (salvo exceções locais), de forma predominante. Metaconglomerados e rochas calciosilicatadas existem (em parte observadas, em parte auferidas a partir de referências), mas ocorrem de forma absolutamente subordinada.

O embasamento “siálico” aparece na forma de cunhas alçadas por sobre as supracrustais e é possível fazer uma comparação entre a natureza deste embasamento com aquele dos *basement inliers*, terrenos ocorrentes mais ao sul, no interior do TPAB (Riacho S. Pedro, S. José do Caiano, Icaicara etc., ou seja, frações da placa superior). Este é um tema inadiável para um posterior projeto de pesquisa, principalmente no tocante ao fator geocronologia. Na parte a norte da FDRS, ao longo do keirógeno (Sengör et al., 2005) mencionado, predominam rochas paleoproterozoicas (siderianas e riacianas), com várias inserções de rochas arqueanas. Este conjunto está sendo considerado componente da porção mais meridional da parte continental da placa inferior.

No nosso entender, as características gerais são de uma paleobacia marinha rasa em substrato continental (epicontinental, situada no “arco-macizo”) com frequente e característica variação de nível das águas (instabilidade da subsidência constante e regular), provavelmente instaurada na frente de um arco magmático, sobre crosta continental



**Figura 11.** (A) Esquema hipotético paleogeográfico-tectônico imaginado para o final do Neoproterozoico (Criogeniano-Ediacarano); (B) Sistematização tentativa dos mais proeminentes elementos geotectônicos do Presente. Nestes esboços, a Faixa do Rio Salgado fica localizada entre o keirógeno/continental boundary transform e domínio do “arc massif”, com histórico de bacia de antearco precursora. Os plutões desse arco cortam sistematicamente os terrenos Piarcó-Alto Brígida (“Brasiliano”), Riacho Gravatá e Alto Pajeú (“Cariris Velhos”).

(sobre a placa superior ou da Zona Transversal), conforme o esquema preliminar esboçado na Figura 11.

Estas características e observações gerais até agora levantadas não são completas e finais. Mas, considerando o desenvolvimento de bacias de antearco descritos: (Tipo 1) de Dickinson e Seely (1979) e ainda Miall (1985) e mais recentemente de DeCelles e Giles (1996), em trabalhos de revisão, encontramos certo suporte de argumentação. Nestes casos (Bacias de antearco tipo 1) a passagem da bacia de antearco para aquelas do interior dos arcos pode ser absolutamente transicional, lateralmente, que é o que se depreende e preconiza, numa primeira análise (em parte estas passagens estão cobertas por sedimentos fanerozoicos). Certamente para se comprovar esta hipótese há longo caminho de pesquisas a percorrer, que passa por um mapeamento geológico em escala de semidetalhe (pelo menos), estudos sedimentológicos e petrológicos específicos, e mais especificamente levantamentos geofísicos.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, F. F. M. (1967). *Origem e evolução da Plataforma Brasileira*. Rio de Janeiro: DNPM-DGM. (Boletim, 241).
- Archanjo, C. J., Viegas, L. G., Freimann, M. A., Hollanda, M. H. (2013). O Lineamento Patos: estrutura e evolução. *XXV Simpósio de Geologia do Nordeste*. Gravatá. CD-ROM.
- Barbarin, B. (1999). A review of the relationships between granitoid types, their emplacement and their geodynamics environments. *Lithos*, 46, 605-626.
- Brito Neves, B. B. (1983). *O mapa geológico do nordeste oriental do Brasil*. Escala 1:1.000.000. Tese (Livro-docência). São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Brito Neves, B. B. (1998). O Cambro-Ordoviciano da Província Borborema. *Boletim IG-USP: Série Científica*, 29, 175-193.
- Brito Neves, B. B., Santos, E. J., Fuck, R. A. (2015a). Caracterização do Lineamento Patos como uma *boundary transform* intracontinental. *XV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, v. 1. Vitória. CD-ROM.
- Brito Neves, B. B., Santos, E. J., Fuck, R. A. (2015b). An Early Ediacaran Magmatic Arc in the northernmost part of the Transversal Zone: the Central domain of the Borborema Province, Northeast of South America. *8<sup>th</sup> Hutton Symposium on granites and related rocks*. Florianópolis. CD-ROM.
- Brito, M. F. L. (2014). Metavulcânicas ácidas do Complexo Salgueiro: caracterização e comparação com aquelas do Complexo Riacho Gravatá e Grupo Cachoeirinha, Zona Transversal, Província Borborema, NE Brasil. *XLVII Congresso Brasileiro de Geologia*. Salvador: SBG.
- Busby, C. J., Ingersoll, R. B. (1995). *Tectonics of sedimentary basins*. Cambridge: Blackwell.
- Cavalcante, J. C., Vasconcelos, A. M., Medeiros, M. F., Paiva, I. G. (2003). *Mapa geológico do Estado do Ceará*. Escala 1: 500 000. Fortaleza: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Governo do Estado do Ceará. Circulação restrita.
- Costa, M. J. (1988). *Rock and soil geochemical investigations on sulphide bearing Precambrian metavolcanics at Aurora, Ceará State (Northeast-Brazil)*. Tese (Doutorado), Leicester-England, Faculty of Sciences.
- DeCelles, P. G., Giles, K. S. (1996). Foreland Basin systems. *Basin Research*, 8, 105-123.
- Dickinson, W. T., Seely, D. R. (1979). Structure and Stratigraphy of forearc Regions. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63, 2-30.
- Gomes, H. A. (2000). *Carta geológica da folha Serra Talhada - SB-24-Z-C*. Escala 1: 250 000. Recife/Brasília: CPRM Serviço Geológico do Brasil.
- Gomes, H. A., Polônia, J. A. L., Dantas, J. R. A. (2001). *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco: mapa geológico do Estado de Pernambuco Escala 1:500 000*. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT.
- Howell, D. G. (1995). *Principle of Terrane analysis: new application for global tectonics* (2a ed.). London: Chapman & Hall.
- Miall, A. D. (1985). *Principles of sedimentary basin analysis*. New York: Springer Verlag.
- Murphy, M. A., Salvador, A. (1999). International stratigraphic guide: an abridged version. *Episodes*, 22(4), 255-271.
- Padilha, A. L., Vitorello, I., Pádua, M. B., Fuck, R. A. (2016). Deep magnetotelluric signatures of the Early Neoproterozoic Caririrs Velhos tectonic Event within the Transversal sub-province of the Borborema Province, NE Brazil. *Precambrian Research*, 275, 70-83.
- Parente, C. V., Arthaud, M. (2004). Geologia e tipologia da ocorrência de Cu-Fe associado à sequência metavulcano-sedimentar Cachoeirinha, região de Aurora-Ceará. *Revista de Geologia*, 2, 157-171.
- Pearce, J. A. (1986). Source and settings of granitic rocks. *Episodes*, 19, 120-125.
- Projeto Radambrasil. (1981). Mapa Geológico, folhas Jaguaribe/Natal, SB-24 e SB-25. Escala 1:1.000.000. Brasília: Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral. (Série Levantamento de Recursos Minerais, 23).

- Santos, A. C. L., Padilha, A. L., Fuck, R. A., Pires, A. C. B., Vitorello, I., Pádua, M. B. (2014). Deep structure of a stretched lithosphere: magnetotelluric imaging of the southeast Borborema Province, NE Brazil. *Tectonophysics*, 610, 29-50.
- Santos, E. J., Ferreira, C. Silva Junior, J. M. P. (2002). *Mapa Geológico do Estado da Paraíba* Escala 1:500 000. Brasília/Campina Grande: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, CDRM - Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais, Governo do Estado da Paraíba. Circulação restrita.
- Sato, K., Basei, M. A. S., Sproesser, W. M., Siga Junior, O. (2009). The application of U-Pb geochronology to zircon and titanite by Laser Ablation-ICP-MS. *8<sup>TH</sup> International Conference on the Analysis of Geological and Environmental Materials, Geoanalysis 2012*. Búzios. CD-ROM.
- Sengör, A. L. M., Tüysüz, O., Imren, C., Sakinç, M., Eyidogan, H., Görür, N., Le Pichon, S., Rangin, C. (2005). The North Anatolian Fault: a new look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33, 37-112.
- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE/ Missão Técnica Francesa). Cooperação Técnica Francesa-GEVJ. (1964a). *Mapa Hidrogeológico do Alto Jaguaribe n.º 1, folha SB-24-U*. Escala 1:100 000. Recife: Divisão de Documentação. Circulação restrita.
- Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE/ Missão Técnica Francesa). Cooperação Técnica Francesa-GEVJ. (1964b). *Mapa Hidrogeológico do Alto Jaguaribe n.º 2, folha SB-24-V*. Escala 1:100 000. Recife: Divisão de Documentação. Circulação restrita.
- Teixeira, A. L., Gaucher, C., Paim, P. S. G., Fonseca, M. M., Parente, C. V., Silva Filho, W. F., Almeida, A. R. (2004). Bacias do Estágio de Transição da Plataforma Sul Americana. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C. R. Carneiro, B. B. Brito Neves (Eds.), *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, 487-536. São Paulo: Beca.
- Van Schmus, W. R., Kozuch, M., Brito Neves, B. B. (2011). Precambrian history of the Zona Transversal of the Borborema Province, NE Brazil: insights from Sm-Nd and U-Pb geochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, 31, 227-252.
- Woodcok, N. H., Schubert, C. (1994). Continental Strike: slip tectonics. In: P. L. Hancock (Ed.), *Continental Deformation*, 251-263. Oxford: Pergamon Press.