

## Análise estrutural e metamórfica da região de Sucuru (Paraíba): implicações sobre a evolução do Terreno Alto Moxotó, Província Borborema

### *Structural and metamorphic analysis of the Sucuru-Paraíba region: implications for evolution of the Alto Moxotó Terrane, Borborema Province*

Lauro Cézar Montefalco de Lira Santos<sup>1</sup>, Edilton José dos Santos<sup>2</sup>, Elton Luiz Dantas<sup>1</sup>,  
Haroldo Monteiro Lima<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociências, Universidade de Brasília - UnB, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP 70910-900, Brasília, DF, BR (lmontefalco@unb.br; elton@unb.br)

<sup>2</sup>Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional de Recife - CPRM-SUREG/RE, Recife, PE, BR (edilton.santos@cprm.gov.br)

<sup>3</sup>Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, PE, BR (haroldogeologo@gmail.com)

Recebido em 05 de dezembro de 2011; aceito em 12 de julho de 2012

#### Resumo

Inserida no Terreno Alto Moxotó da Província Borborema, a região de Sucuru (Paraíba) engloba dois domínios tectono-estratigráficos predominantemente pré-ediacaranos, separados por uma expressiva zona de cisalhamento de empurrão (ZC do Carmo). O primeiro é de caráter metaplutônico, sendo formado por uma trama granodiorítica e migmatítica (Complexo Floresta) e por várias suítes intrusivas. Dentre essas, distingue-se uma suíte máfica-ultramáfica (Malhada Vermelha), outra predominantemente granítica-granodiorítica (Pedra d'Água) e uma terceira sienítica-sienogranítica (Serra da Barra). No segundo domínio predominam paragneisses migmatíticos do Complexo Sertânia. Todo conjunto foi cortado por diques e granitos tipo A ediacarano-cambrianos. Três eventos tectônicos são aqui reconhecidos. O episódio  $D_n$  representa um evento contraccional com transporte tectônico para NW-NNW, sendo importantes as zonas de cisalhamento de empurrão de Sucuru e do Carmo. O episódio  $D_{n+1}$  é de natureza transcorrente e idade ediacarana, destacando-se as zonas de cisalhamento de Coxixola e do Congo, que representam estruturas de escala regional. O episódio final  $D_{n+2}$ , progressivo, transtraccional tardi-ediacarano-cambriano, culminou com a formação do enxame de diques da Suíte Sucuru e dos granitos tipo A de Prata e Serra da Engabelada. Evidências petrográficas demonstram que o episódio  $D_n$  atingiu um pico metamórfico de fácies granulito ou eclogito, cujas paragéneses foram posteriormente reequilibradas para a fácies anfibolito característico do evento  $D_{n+1}$ . O episódio  $D_{n+1}$  desenvolveu corredores miloníticos na fácies anfibolito, com migmatização associada, enquanto que o evento  $D_{n+2}$ , de fácies xisto verde, é restrito à área de influência das intrusivas tardias a pós-tectônicas. A ocorrência de granada anfibolitos com textura simplectítica no caminho metamórfico  $M_n$ - $M_{n+1}$  sugere que o evento contraccional representou um episódio metamórfico de alta pressão, marcando uma sutura de idade, provavelmente, paleoproterozoica.

**Palavras-chave:** Paleoproterozoico; Orógeno colisional; Província Borborema; Nordeste do Brasil.

#### Abstract

Inserted on the Alto Moxotó Terrane of the Borborema Province, the Sucuru region (Paraíba state, Brazil) includes two dominantly pre-Ediacaran tectono-stratigraphic domains, bounded by an expressive thrust shear zone (Carmo SZ). The first domain has a metaplutonic nature, being formed by granodioritic and migmatitic orthogneisses (Floresta Complex) cut by several intrusive suites. These suites comprise a unit of mafic-ultramafic nature (Malhada Vermelha), a second one mainly of granitic-granodioritic composition (Pedra d'Água) and a last suite whose composition ranges from syenitic to syenogranitic (Serra da Barra). On the second domain predominate migmatitic paragneisses from of the Sertânia Complex. All these units were cut by Cambrian-Ediacaran felsic dykes and A-type granites. Three tectonic events were recognized. The first  $D_n$  episode represents a thrusting with tectonic transport to NW-NNW, being important the Sucuru and Carmo shear zones. The  $D_{n+1}$  episode is a transcurrent event of Ediacaran age, being important in regional context the Coxixola and Congo shear zones. The final progressive late Ediacaran-Cambrian  $D_{n+2}$  episode, culminated with the emplacement of the

Sucuru dyke swarm and the Prata and Serra da Engabelada A-type granites. Petrographic evidences show that the  $D_n$  episode reached its metamorphic peak on the granulitic or eclogitic facies, whose paragenesis was after re-equilibrated to the amphibolite during the  $D_{n+1}$  event. The  $D_{n+1}$  episode developed mylonitic corridors on the amphibolite facies with associated migmatization, while the  $D_{n+2}$  event reached a greenschist facies restrict to influence of the late and post-tectonic intrusives. The occurrence of garnet amphibolites with symplectite texture along the metamorphic path  $M_n$ - $M_{n+1}$  suggests that the thrust event represented a high pressure metamorphic episode, indicating a probable Paleoproterozoic suture.

**Keywords:** Paleoproterozoic; Collisional orogen; Borborema Province; Northeastern Brazil.

## INTRODUÇÃO

A Província Borborema (PB) localiza-se na região nordeste do Brasil, a qual foi pioneiramente descrita por Almeida et al. (1977) como uma região de dobramentos brasileira (650 – 500 Ma). A província é limitada ao noroeste pelo Cráton São Luís, ao sul pelo Cráton do São Francisco, a oeste pela Bacia do Parnaíba e a leste pelas bacias costeiras. De acordo com investigações de caráter regional (Villeneuve, Cornée, 1994; Feybesse et al., 1998; Jardim de Sá, 1994; Trompette, 1994; Van Schmus et al., 1995, 2008), a PB é apenas o segmento de uma ampla colagem brasileira-panafricana que tem continuidade nas faixas Farusiana, Nigeriana e Central Africana, fazendo parte do embasamento neoproterozoico do Gondwana ocidental (Figura 1A). De acordo com Brito Neves, Santos e Van Schmus (2000), a disposição da província seria resultado de pelo menos três eventos distintos. O primeiro está presente em blocos do Paleoproterozoico médio (~2,0 Ga) que promoveu a colagem dos terrenos arqueano-paleoproterozoicos, presentes, principalmente, nas subprovíncias ao norte do Lineamento Patos. O segundo seria evidenciado pelo evento Cariris Velhos, que originou faixas metavulcanossedimentares entre 0,99 e 0,92 Ga ao sul desse lineamento, interpretadas seja como cinturões orogênicos (Santos, 1995; Santos, Medeiros, 1999; Kozuch, 2003; Brito Neves, Santos, Van Schmus, 2000; Santos et al., 2010; Sales et al., 2011), seja como riftes pré-brasilianos (Neves, Mariano, 2001). O terceiro evento regional da PB corresponde à orogenia brasileira-panafricana, na qual desenvolveram-se faixas metavulcanossedimentares, com idade entre 650 e 520 Ma. Esse evento orogênico promoveu a convergência e colagem final dos domínios brasilianos e pré-brasilianos, dando origem a cinturões colisionais que hoje constituem o mosaico orogênico denominado de Província Borborema.

Em geral, a maioria dos autores aceita uma subdivisão da PB em cinco subprovíncias: Médio Coreáú, Ceará Central, Rio Grande do Norte (Setentrional), Transversal e Meridional (Figura 1B). Essas subprovíncias possuem características distintas entre si e incluem diferentes domínios, muitos dos quais com características de terrenos

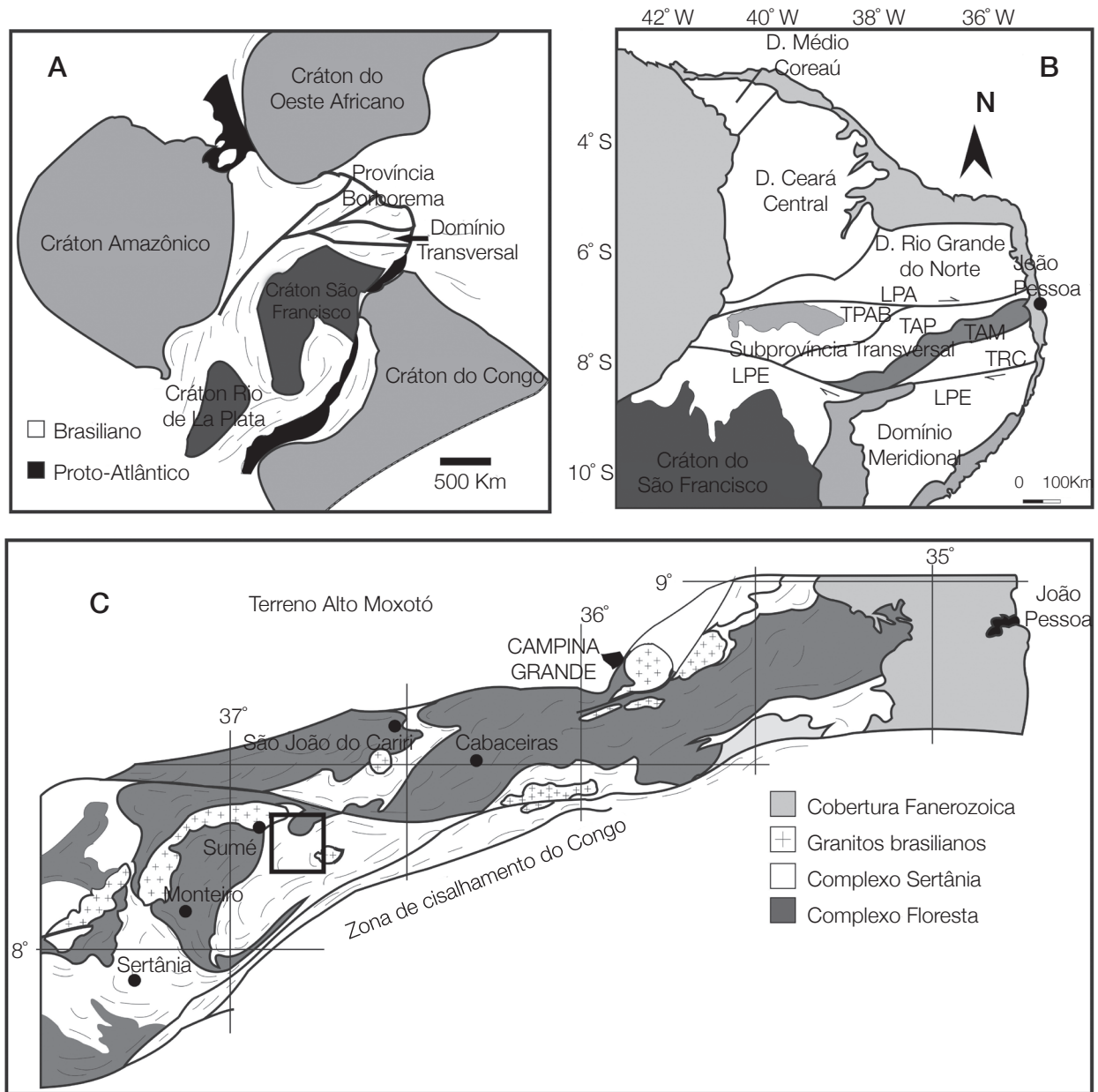
tectonoestratigráficos (Santos, 1996; Brito Neves, Santos, Van Schmus, 2000). Van Schmus et al. (1995), no entanto, preferem subdividir a província apenas nos domínios Setentrional, Transversal e Meridional, com base, principalmente, na assinatura isotópica do Nd. Segundo esses autores, o domínio Setentrional, que engloba as subprovíncias Médio Coreáú, Ceará Central e Rio Grande do Norte, possui abundante embasamento paleoproterozoico, ao contrário dos domínios Transversal e Meridional, onde este embasamento é escasso ou ausente. Entretanto, Neves e Mariano (2004) e Neves et al. (2006) defendem um modelo intracontinental para a PB. Esses autores consideram que não há prova incontestável de acreção juvenil neoproterozoica, com base na análise geoquímica e isotópica das rochas graníticas da associação cálcio-alcalina rica em K, abundante em toda a PB.

A área investigada localiza-se na região central do estado da Paraíba e é geologicamente situada no Terreno Alto Moxotó (TAM) (Figura 1C), um dos segmentos do Subprovíncia Transversal. O TAM compreende um bloco paleoproterozoico com extrema complexidade estrutural, contendo raros *klippes* de rochas supracrustais ediacaranas e algumas intrusões de granitos ediacaranos-cambrianos tipo A. Seu arcabouço é dominado por rochas orto e paraderivadas que foram retrabalhadas principalmente no período Ediacarano (635 – 542 Ma).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar novos dados sobre a evolução estrutural e metamórfica de uma área-chave do TAM, a região de Sucuru (Paraíba), visando caracterizar o significado tectônico deste domínio paleoproterozoico, no âmbito de uma faixa essencialmente neoproterozoica (0,99 – 0,52 Ma) da Subprovíncia Transversal (Santos et al., 2010).

## ARCABOUÇO LITOESTRATIGRÁFICO

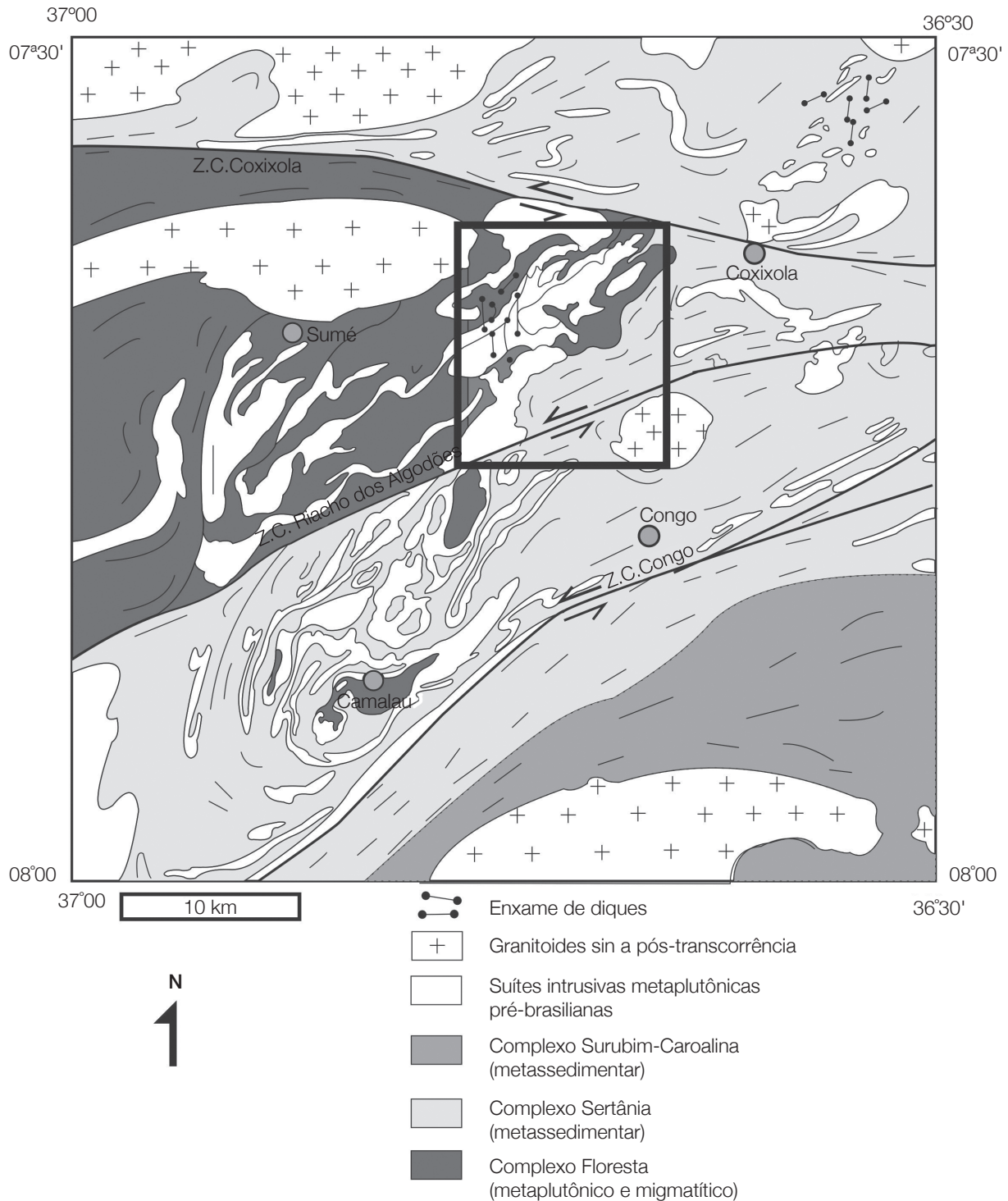
Esta área foi mapeada originalmente por Medeiros e Torres (2000) que distinguiram o Complexo Sumé, representado por ortognaisses e migmatitos, com intercalações de anfíbolitos, piroxenitos, granulitos, formações ferríferas e rochas calciossilicáticas, com ocorrências de apatita. Este



**Figura 1.** (A–B) Província Borborema no contexto das faixas brasileiras-panafricanas situadas entre os crátons São Francisco-Congo e São Luis-Oeste Africano (adaptado de Van Schmus et al., 2008; Santos et al., 1996). (C) Mapa modificado de parte do Terreno Alto Moxotó, Santos, Nutman e Brito Neves (2004) (simplificado).

termo foi adotado por vários trabalhos de integração posteriores (Santos, Ferreira, Silva Jr., 2002; Bizzi et al., 2003), mas trabalhos de mapeamento de mais detalhe (Santos, 2010) demonstraram que a área deste Complexo engloba, na realidade, vários complexos metaplutônicos, inclusive porções do complexo gnáissico-migmatítico regional, o Complexo Floresta. Por esta razão, o termo Complexo Sumé está sendo abandonado na presente investigação, para evitar futuras complicações na terminologia estratigráfica do TAM.

A região de Sucuru (Paraíba) (Figura 2) possui um *trend* geral NE-SW e pode ser dividida em dois domínios principais. O primeiro é predominantemente formado por rochas metaplutônicas e é situado na porção WNW da área. Este domínio é representado por quatro unidades, que são denominadas de complexo Floresta e as Suítes intrusivas Malhada Vermelha e Serra da Barra e Pedra d'Água. O segundo domínio é essencialmente formado por rochas metassedimentares do Complexo Sertânia e ocupa exclusivamente a porção ESE do mapa. Unidades cambrianas



**Figura 2.** Localização da área de estudo no âmbito da Folha Sumé da CPRM (modificado de Medeiros, Torres, 2000).

também ocorrem sendo representadas pelas intrusões graníticas de Prata e da Serra da Engabelada, e pelo enxame de diques vulcânicos da Suíte Sucuru (Figura 3).

O Complexo Floresta é composto por ortognaisses de composição tonalítica a granodiorítica com hornblenda

como principal fase máfica, além de migmatitos dobrados e flebiticos com expressivos mobilizados quartzo-feldspáticos. Os gnaisses são formados por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, hornblenda e biotita. Clorita apresenta-se como principal mineral de alteração. Localmente,

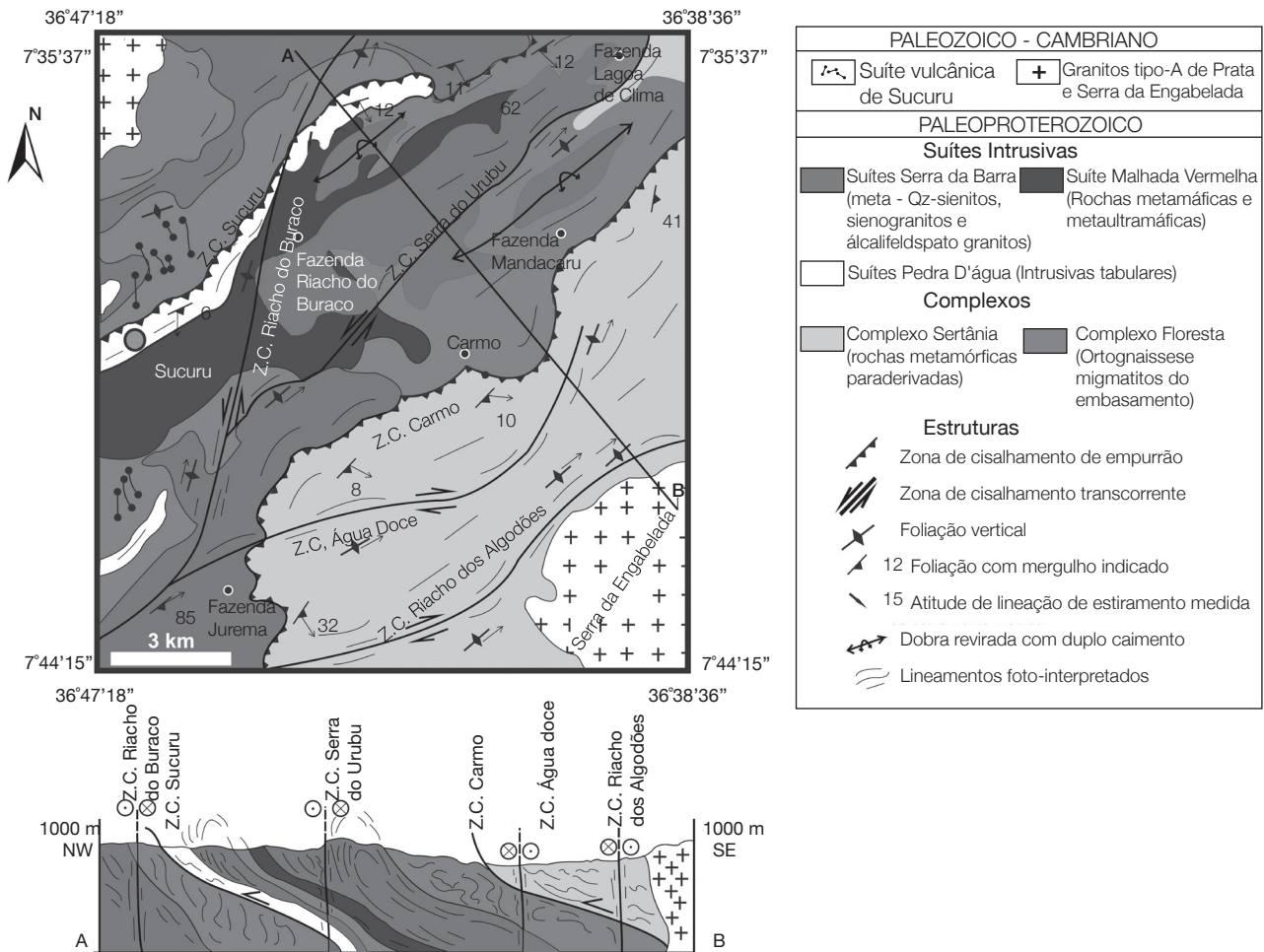


Figura 3. Mapa geológico da área de estudo e seção geológica esquemática.

concentrações expressivas de apatita podem ocorrer nos gnaisses, principalmente os de composição granodiorítica.

O Complexo Sertânia representa o domínio metassedimentar, correspondendo a uma associação de xistos e paragnaisses com duas micas, granada e sillimanita, com rara contribuição vulcânica na área de estudo. As rochas deste complexo podem ocorrer ainda migmatizadas, aparecendo como migmatitos estromáticos, dobrados e nebulíticos. A principal associação mineral é composta por quartzo + plagioclásio + feldspato potássico + biotita + muscovita + sillimanita.

A Suíte Pedra d'Água corresponde a ortognaisses de composição monzogranítica, podendo ser granodiorítica, ocorrendo também como metatonalitos. Apresentam em sua mineralogia principalmente quartzo e plagioclásio, além de feldspato potássico biotita e muscovita, com quantidades menos expressivas de apatita, zircão e clorita. Apresentam ainda fácies milonitizadas representadas por milonitos a protomilonitos geralmente exibindo foliação

que mergulha em baixíssimo ângulo ( $8 - 12^\circ$ ) em geral para SSE, encaixados na zona de cisalhamento de empurrão de Sucuru.

A Suíte Malhada Vermelha é formado por um conjunto de rochas metaplutônicas, com predomínio de rochas metamáficas (metagabros) e metaultramáficas (metaclinopiroxenitos, metawebsteritos e peridotitos) e menos comumente, metafélicas. As principais características mineralógicas desta unidade é a associação em equilíbrio clino + ortopiroxênio, sugerindo condições metamórficas na fácies granulito. Além desses minerais, essas rochas podem apresentar granada + serpentina + talco + olivina  $\pm$  anfíbólio. Apesar da forte deformação e recristalização, é observado um suposto acamamento ígneo em alguns afloramentos, o qual sugere que a Suíte Malhada Vermelha, nesta região possui feições de campo semelhantes aos de complexos acamadados de alto grau clássicos descritos ao redor do mundo (tais como Messina, África do sul; Sittampudi, Índia, conforme Windley, Bishop, Smith, 1981), entretanto

este aspecto precisa ser melhor investigado por pesquisas futuras.

A Suíte Serra da Barra corresponde a uma associação de ortognaisses de composição meta-quartzo sienogranítica, sienogranítica e sienítica intrusiva nos ortognaisses do Complexo Floresta, morfologicamente bem expressa pelas serras da Barra e do Urubu. Esta suíte foi originalmente confundida com a Suíte Olho d'Água do Cunha ou Serra do Olho d'Água, mas na região de Sumé (NW da área de estudo), esta unidade inclui uma associação de metassienitos com metapiroxenitos, sugestiva de mecanismos de imiscibilidade de líquidos, fenômeno que não foi observado na região de Sucuru. Por este motivo, esta comparação foi abandonada e definida como uma nova unidade litoestratigráfica. Os ortognaisses desta Suíte são caracterizados por rochas com uma textura predominantemente granoblástica, típica de recristalização metamórfica em seções delgadas, contendo ainda discretas bandas miloníticas registrando cinemática transcorrente sinistral ligadas à zona de cisalhamento Serra do Urubu. Sua mineralogia é formada por quartzo, feldspato potássico, anfibólio, biotita, titanita, apatita e zircão com presença eventual de clinopiroxênio. Epidoto ocorre ainda como principal mineral de alteração. Na região de Jurema, no limite entre esse complexo e o Complexo Sertânia, existem quatro ocorrências de anfibolito com abundante granada. Essas rochas são formadas por hornblenda, granada, diopsídio e eventual plagioclásio, às vezes exibindo textura simplectítica entre o anfibólio e plagioclásio. Rochas aparentemente similares têm sido descritas pontualmente no TAM, sendo interpretadas como retroeclogitos (Beurlen, Guimarães, Barreto, 1992; Almeida et al., 1997, 2009; Carmona, 2006), mas não se afasta a possibilidade de se tratarem de granulitos máficos com granada, uma vez que eventual ortopiroxênio é observado também em rochas deste tipo na Suíte Malhada Vermelha.

Completando a estratigrafia, ocorrem unidades cambrianas, que são representadas pelos granitos de Prata e Serra da Engabelada (monzogranito e sienogranito, respectivamente), além do enxame de diques félsicos e intermediários da Suíte Sucuru. Os diques deste enxame possuem direção geral N-S e cortam todos os complexos e suítes acima descritos, sendo formados, principalmente, por dacitos, riódacitos, riolitos e basaltos.

## EVOLUÇÃO TECTÔNICA

A região de Sucuru possui uma trama estrutural de direção geral NE-SW, com predominância de uma deformação de regime dúctil. O arcabouço estrutural final é resultante da combinação de duas zonas de cisalhamento transcorrentes de caráter regional, de idade ediacarana (Brasiliana),

conhecidas como zonas de cisalhamento de Coxixola (ZCCX) e do Congo (ZCCG). A ZCCX possui cinemática dextral, enquanto a ZCCG apresenta cinemática sinistral. Ambas são responsáveis por uma deformação regional geral não coaxial, na qual a ZCCX afeta principalmente a porção WNW da área, enquanto que a ZCCG influencia notadamente a porção SSE. Esta última possui uma larga faixa milonítica (acima de 4 km), sendo penetrada por granitos alcalinos e peralcalinos denominados como de tipo Moderna ou, mais recentemente, de Suíte Vila Moderna (Santos, Vasconcelos, 1973; Accioly, 2010). A ZCCG é considerada um limite entre dois terrenos da Subprovincia Transversal, quais sejam o TAM e o terreno Rio Capibaribe (TRC) e seu enraizamento crustal tem sido demonstrado por dados aeromagnéticos e gravimétricos (Oliveira, 2008).

Baseando-se em dados de fotointerpretação geológica e sistemático trabalho de campo e microscópico, foi possível a identificação de três fases deformacionais na região de Sucuru, nomeadas aqui de  $D_n$ ,  $D_{n+1}$  e  $D_{n+2}$ , sendo as duas primeiras fortemente penetrativas e de natureza compressiva e a última espaçada e de caráter transtraccional. As principais feições mesoestruturais são descritas na Tabela 1.

No Complexo Floresta (Figuras 4A e 4B), a trama estrutural é marcada por um bandamento gnáissico composicional, onde faixas félsicas e máficas se alternam regularmente. O bandamento gnáissico ( $S_{n-1}$ ) mostra estruturas dobradas complexas, muitas vezes associadas à formação de mobilizados migmatíticos, que devem ter sido geradas por interferência com estruturas das fases  $D_n$  e  $D_{n+1}$ . Além disso, observa-se a presença de dobras intrafoliais no interior desse bandamento, indicando a existência de uma foliação anterior à trama dominante.

Por outro lado, afloramentos da Suíte Malhada Vermelha mostram uma alternância métrica composicional máfica e ultramáfica, que lembra um acamamento magmático  $S_0$ . Considerando-se a inexistência de estruturas tipicamente magmáticas, tais como horizontes cumuláticos, níveis de coexistência e/ou mistura de magmas, supõe-se que os contatos entre essas bandas composicionais já representem uma estrutura metamórfica, embora sejam o testemunho de um episódio tectonomagmáticos, talvez pós-bandamento do Complexo Floresta. A colocação dos magmas da Suíte Malhada Vermelha é ainda um problema em aberto.

A fase  $D_n$  é de caráter contraccional (Figuras 5 e 6) e é uma estrutura importante do ponto de vista tectônico, sendo suas principais estruturas regionais as zonas de cisalhamento de empurrão de Sucuru e do Carmo. A zona de cisalhamento do Carmo situa-se no contato entre os complexos Floresta e Sertânia e abriga rochas eclogíticas ou granulíticas com granada. A idade desta fase é desconhecida, mas pode ser paleoproterozoica, se for relacionada à fase de metamorfismo eclogítico de Almeida et al. (1997, 2009). No entanto, os padrões estruturais são similares

**Tabela 1.** Resumo esquemático dos eventos tectono-estruturais da região de Sucuru (Paraíba).

Evento	Fácies metamórfico	Regime tectônico	Estruturas associadas	Padrões estruturais
$D_n$	Eclogito/granulito	Contracional	$S_n$	Tectonitos de baixo ângulo, bandas miloníticas-ultramiloníticas mergulhando para S-SE
			$L_n$	Comumente, lineação de estiramento mineral com alta obliquidade e caimento para SE Critérios cinemáticos sugerem transporte tectônico para NNW
			$F_n$	Dobras reviradas dos tipos 1C e 2, apertadas e fechadas afetando o bandamento $S_{n-1}$
$D_{n+1}$	Anfibolito alto	Transcorrente	$S_{n+1}$	Tectonitos com mergulho da foliação vertical a subvertical, variando de milonitos a protomilonitos
			$L_{n+1}$	Em geral a lineação apresenta-se horizontal ou sub-horizontal (lineação mineral ou de estiramento mineral)
			$F_{n+1}$	Dobras fechadas, apertadas até isoclinais com plano axial subvertical
$D_{n+2}$	Xisto verde	Transtracional	$S_{n+2}$	Discretas superfícies miloníticas milimétricas, com alto ângulo de mergulho distribuídas em duas direções distintas e intrusão de diques vulcânicos da Suíte Sucuru, sugerindo um transtracional
			$F_{n+2}$	Localmente podem ocorrer dobras em caixa ou <i>kink bands</i>



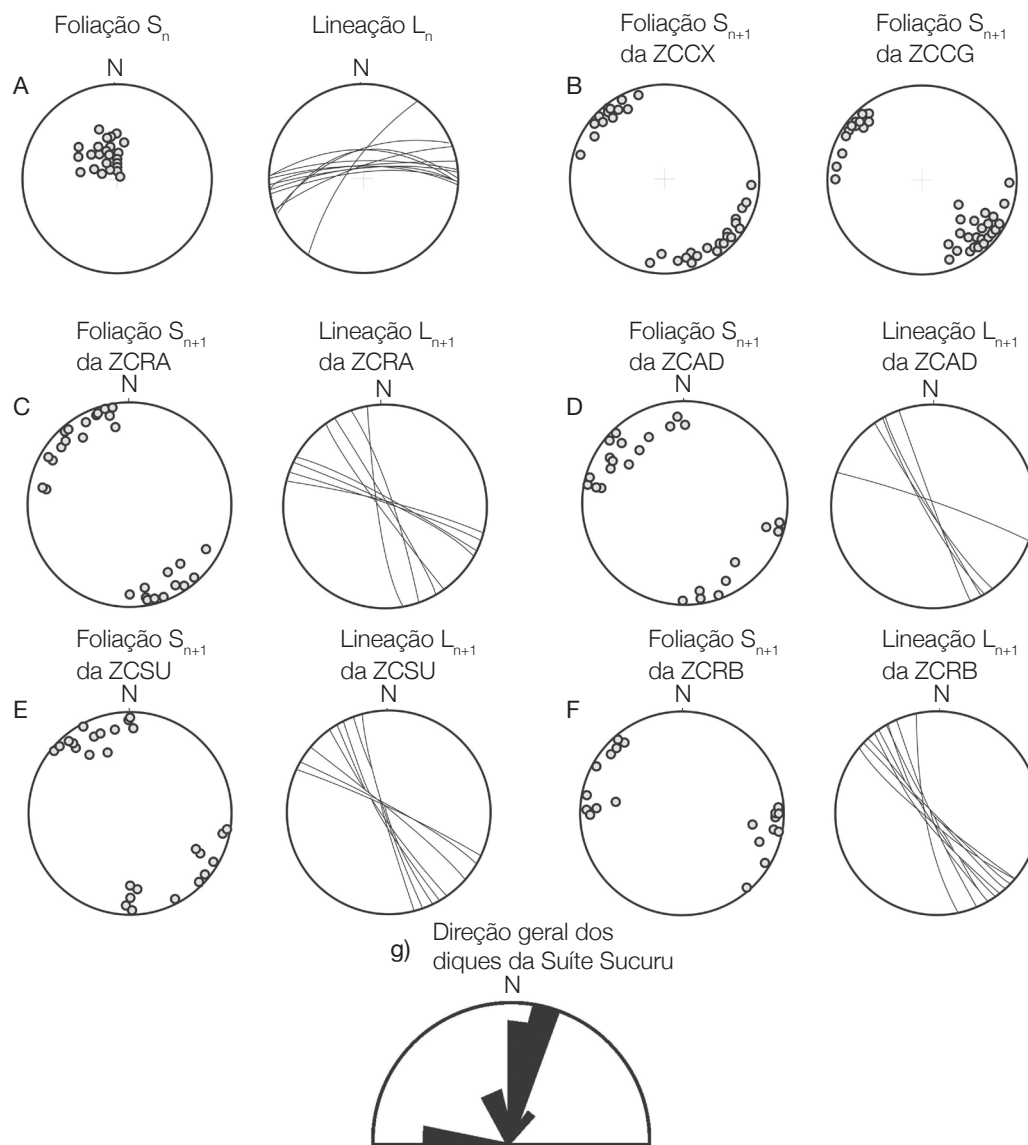
**Figura 4.** Feições de campo do Complexo Floresta (embasamento). (A) Migmatito estromático de mesossoma tonalítico e (B) bandamento composicional em ortognaisse granodiorítico, representando, provavelmente, a herança de uma estrutura magmática primária.

àqueles descritos por Rodrigues e Archanjo (2011) no sistema de empurrão de Riachão do Bacamarte, considerado por esses autores como neoproterozoico.

O evento  $D_{n+1}$  representa a tectônica transcorrente do sistema anastomosado de zonas de cisalhamento da Subprovíncia Transversal, sendo, portanto, de idade brasileira. A fase  $D_{n+2}$  corresponde à fase transtracional tardi-brasileira, ediacarana-cambriana.

### Tectônica contracional (evento $D_n$ )

O bandamento  $S_0$  encontra-se bem impresso nas rochas metamáficas e metaultramáficas da Suíte Malhada Vermelha (Figura 7A) e em alguns paragneisses do Complexo Sertânia, porém exibindo uma discreta até severa transposição pela primeira fase tectônica representada por uma foliação  $S_n$ . O evento  $D_n$  é responsável pelo



**Figura 5.** (A–F) Projeções estereográficas (hemisfério inferior) de igual área das principais estruturas planares (diagramas de polos) e lineares (projeção ciclográfica) obtidas da região de Sucuru e (G) direção geral dos diques da Suíte Sucuru. ZCCX: zona de cisalhamento de Coxixola; ZCCG: zona de cisalhamento do Congo; ZCRA: zona de cisalhamento riacho dos algodões; ZCAD: zona de cisalhamento água doce; ZCSE: zona de cisalhamento Serra do Urubu; ZCRB: zona de cisalhamento riacho do buraco.

desenvolvimento de uma foliação  $S_n$  de baixo ângulo ( $\sim 10^\circ$ ) mergulhando para SSE até E, que ocorre, em geral, associada a uma lineação de estiramento mineral de alto *rake* mostrando um caimento geral para SSE em tramas miloníticas a protomiloníticas.

Os critérios cinemáticos associados são superfícies S-C, S-C-C' e sigmoides dos tipos delta e sigma, principalmente em feldspatos. Os planos dessa foliação mergulham em geral para SSE, e associados aos critérios cinemáticos observados

sugerem uma tectônica de empurrão ou contracional com transporte tectônico *up-dip* (em geral) para WNW (Figuras 7B e C). O comportamento das lineações de alta obliquidade e foliação de baixo ângulo associadas possuem padrões planares e principalmente lineares muito similares aos identificados por Rodrigues e Archanjo (2011), de modo que as zonas de cisalhamentos contracionais da fase  $D_1$  podem fazer parte do mesmo evento descrito por esses autores como Sistema de Empurrão Riachão do Bacamarte.

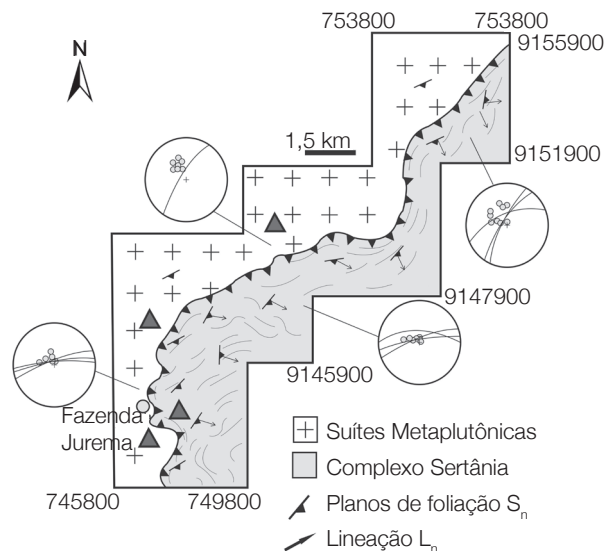


Esta tectônica encontra-se fortemente envolvida pelos migmatitos dos complexos Floresta e Sertânia, principalmente dos tipos dobrados e, em alguns locais, esta deformação encontra-se “mascarada” pela forte tectônica transcorrente imposta principalmente pelas ZCCX e ZCCG. Grandes estruturas expressam a ação dessa tectônica contracional são as zonas de cisalhamento de Sucuru e do Carmo (ZCC) (Figura 6), ambas de direção ENE-WSW. Estas são responsáveis pela produção dos primeiros dobramentos ( $F_n$ ) com estilos variados (dobras reviradas, inversas e apertadas). Esta última ZC é particularmente importante pois coloca em contato dois blocos distintos, um de caráter metaplutônico a WNW e um metassedimentar a SSE da área. Aliada à cinemática da ZCC foram observadas duas ocorrências de meta-anfibolitos com abundante granada (Figura 7D), além de metawebsteritos (possíveis granulitos) (Figura 8D).

Os anfibolitos granadíferos possuem em sua mineralogia anfibólio, granada, piroxênio e plagioclásio (Figura 8E), mostrando por vezes texturas simplectíticas (Figura 8F) de anfibólio e plagioclásio  $\pm$  clinopiroxênio, que podem ser correlacionáveis aos retroeclogitos descritos nas regiões de Floresta e Bodocó por Beurlen, Guimarães, Barreto (1992), de Itatuba e Salgado de São Félix (Almeida et al., 1997; Carmona, 2006). A ocorrência de uma zona de empurrão (Figura 6), no limite entre os complexos metaplutônico e metassedimentar paleoproterozoicos, associada a rochas de alto grau metamórfico, são indicativos e compatíveis com o modelo de uma sutura colisional paleoproterozoica defendida por Almeida et al. (1997) no TAM. Esses dados são coerentes também com o modelo evolutivo de Medeiros e Torres (2000), que advogam que esta tectônica tangencial mergulhando para SE está intimamente relacionada a eventos de alto grau metamórfico. Como mencionado anteriormente, entretanto, não se pode descartar a possibilidade de que a justaposição desses dois complexos possa ter ocorrido durante o Neoproterozoico.

### Tectônica transcorrente (evento $D_{n+1}$ )

A fase tectônica  $D_{n+1}$  é a tectônica predominante, desenvolvendo milonitos subverticais, com intensa deformação não coaxial provocada pelo regime transcorrente brasileiro, comum em toda PB. Esta fase é identificada por milonitos e ultramilonitos (Figura 7E), formados principalmente pela movimentação das ZCCX de direção E-W e vorticidade destal e ZCCG (Figura 5B) de direção NE-SW e cinemática sinistral, localizadas à N e a S da área respectivamente, sendo responsável por diversos estilos de dobramento da foliação  $S_n$ , produzindo dobras de geração  $F_{n+1}$ , que evidenciam fases variadas de *strain* evidenciadas por dobras abertas, fechadas apertadas e mais raramente isoclinais



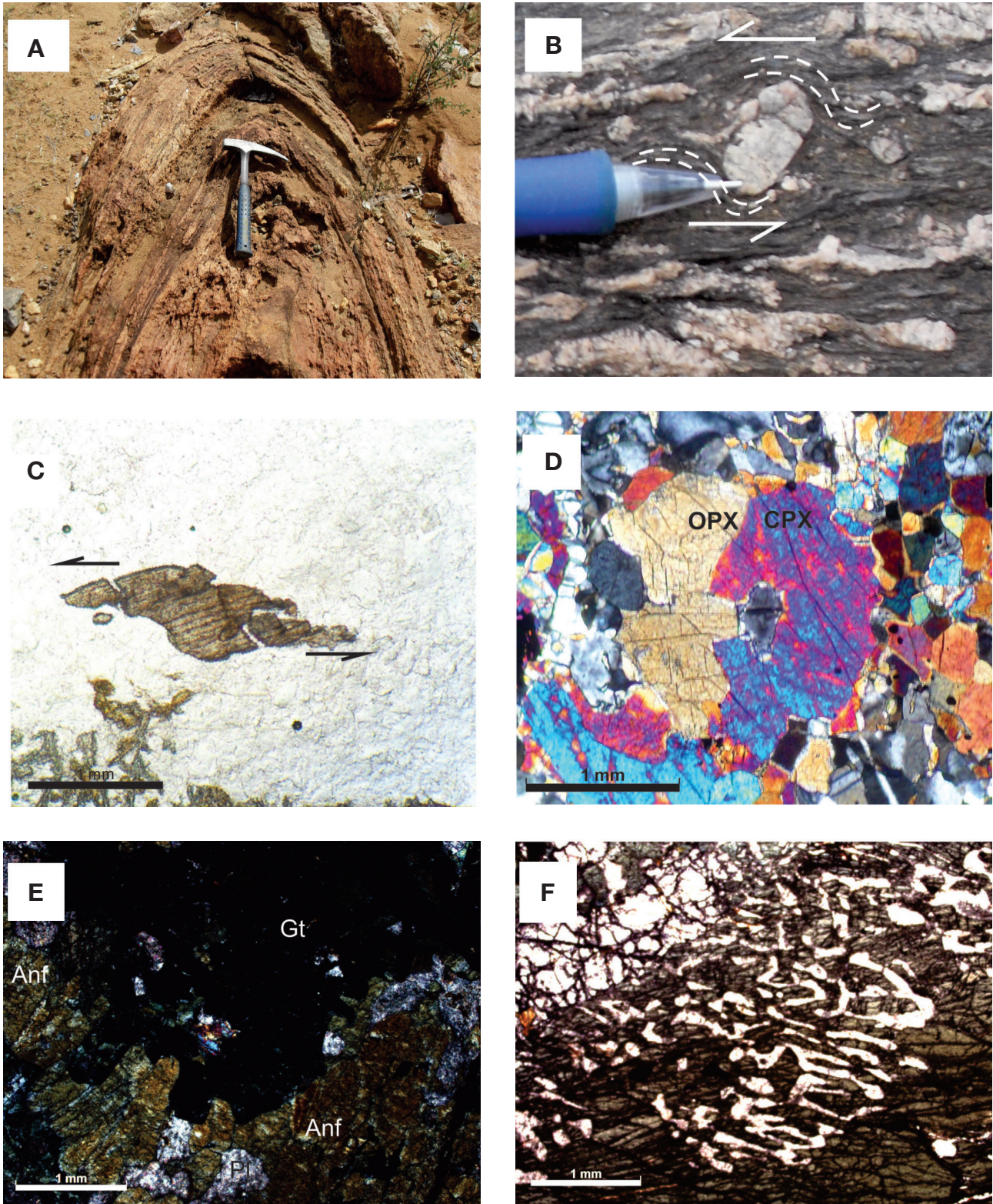
**Figura 6.** Detalhe da zona de cisalhamento de empurrão do Carmo, com a representação dos polos da foliação e ciclográfica da lineação associada. Os triângulos representam as ocorrências dos supostos retroeclogitos ligados à tectônica de empurrão.

(Figura 8A). Critérios cinemáticos mesoscópicos são claramente observados nas diversas superfícies horizontais (plano XZ), sendo eles superfícies S-C e S-C-C', porfiroclastos do tipo sigma e porfiroclastos rotacionados, que ocorrem principalmente nos tipos miloníticos (Figura 8B). Esses milonitos apresentam em geral uma foliação vertical (frequentemente 90°) e lineação de estiramento mineral ou mineral com atitude sub-horizontal ou horizontal, podendo ocorrer com alta obliquidade, como resquício da tectônica de empurrão anterior. Adicionalmente, em seções delgadas, os principais critérios observados, microsuperfícies S-C, porfiroclastos deformados (Figura 8C), além de raros “peixes” de mica.

Foram mapeadas várias zonas de cisalhamentos transcorrentes na área (Figuras 5C a F), que estão relacionadas ao par ZCCX e ZCCG, conforme descrito anteriormente. A ZC sinistral Riacho dos Algodões, de direção ENE-WSW desloca a zona de cisalhamento do Carmo na altura da fazenda Jurema, próximo das ocorrências de granada metapiroxenitos e metagabros. A foliação  $S_n$  foi dobrada pela movimentação desta ZC em vários locais, gerando dobras com eixos paralelos ou subparalelos à direção da ZC. É provável que a colocação do granito da Serra da Engabelada esteja relacionada à movimentação (transtraccional) dessa estrutura, numa fase tardia. Esse plúton possui a forma de um *stock* vertical, como demonstram os mergulhos da



**Figura 7.** (A) Acamamento magmático, expresso por bandas de metagabro e metapiroxenito, preservado na Suíte Malhada Vermelha; (B) *Sheet* de ortogneiss tonalítico da Suíte Pedra d'Água exibindo baixo ângulo de mergulho; (C) Protomilonito da Suíte Pedra d'Água exibindo cristais de feldspato deformados, indicando transporte tectônico para NW e WNW; (D) Granada anfibolito localizado na área de influência da zona de cisalhamento do Carmo, representando possível retroeclogito; (E) Milonito da ZC de Água Doce, ligado a tectônica transcorrente  $D_{n+1}$ ; (F)  $D_{n+1}$ : Milonito com protolito dacítico do enxame de diques da Suíte Sucuru, evidenciando deformação dúctil de baixa temperatura durante a fase  $D_{n+2}$ .



**Figura 8.** (A) Dobra fechada de geração  $F_{n+1}$  relacionada a tectônica transcorrente; (B) Porfiroclasto rotacionado relacionado a fase  $D_{n+1}$  sugerindo cinemática sinistral para a ZC Riacho do Buraco. Fotomicrografias: (C) Cristal de titanita deformado indicando cinemática sinistral para a ZC Serra do Urubu; (D) metabasito mostrando textura de equilíbrio entre OPX e CPX; (E) aspecto geral do anfíbolito granadífero; (F) textura simplectítica entre anfibólio e plagioclásio.

foliação do Complexo Sertânia nas suas margens norte e oeste.

Outra zona de cisalhamento transcorrente significativa, denominada aqui de ZC de Água Doce, também de direção ENE-WSW, mas, neste caso, de cinemática dextral desloca também a zona de cisalhamento contracional do Carmo e apresenta um rejeito mais expressivo que a anterior, aproximadamente 6,5 km. A ZC Serra do Urubu possui direção NE-SW, sendo limitada a oeste por uma ZC sinistral tardia da fase  $D_3$ , a ZC Riacho do Buraco, de direção NNE-SSW e rejeito sinistral. O conjunto das ZC Água Doce e Serra do Urubu produz vários dobramentos da foliação  $S_1$ , com eixos subparalelos à direção das ZC.

### Tectônica transtraccional (evento $D_{n+2}$ )

Esse evento é um episódio progressivo da fase  $D_{n+1}$ , sendo marcado por uma zona de cisalhamento e pelo enxame de diques da Suíte Sucuru (Figura 5G). Trata-se de uma importante fase de caráter transtraccional rúptil-dúctil, cuja principal expressão é representada pela reativação da zona de cisalhamento Riacho do Buraco, de direção aproximadamente NNE-SSW e cinemática sinistral. Alguns diques da Suíte Sucuru são subparalelos a esta ZC, mas a maioria preenche fraturas ou microfalhas na direção NNW. Os dados referentes a esta fase ainda são preliminares e foram obtidos em afloramentos ligados a diques deformados (Figura 7F), exibindo trama milonítica com paragênese de baixo grau metamórfico. Observa-se a presença de zonas de cisalhamento centimétricas a métricas, com foliação  $S_{n+2}$  vertical. Nesses tectonitos dúcteis de baixa temperatura, aparecem principalmente milonitos e protomilonitos, com uma forte componente de achatamento.

Se comprovada a existência de um par conjugado de bandas miloníticas centimétricas, orientadas nas direções NNE com rejeito sinistral e NNW com rejeito dextral (não definido no presente levantamento), poder-se-ia aventar a existência de um  $\sigma_1$  compressivo de direção aproximada N-S. Estes padrões estruturais implicariam em um regime tectônico transtraccional associado, possivelmente, a zonas de cisalhamento de direção E-W e rejeito dextral (ZCCX) (Woodcock, Schubert, 2004). No entanto, nem o ângulo agudo teórico, nem as estruturas associadas (falhas normais e de empurrão) são compatíveis com tal modelo, sendo então uma questão ainda não resolvida no presente trabalho.

## METAMORFISMO

As assembleias minerais metamórficas foram identificadas em seções delgadas dos diferentes litotipos, cujo estudo visou identificar as principais paragêneses características de

cada evento deformacional reconhecido no campo. A partir dessa análise, foi possível estimar os limites das condições P-T vigentes em cada um desses episódios, de modo a situá-los no contexto evolutivo do TAM e da própria PB. Esses dados vão ser refinados futuramente com estudos de química mineral.

A evolução metamórfica da área pôde ser melhor calibrada nas rochas metaplutônicas dos complexos Malhada Vermelha, cujas rochas metamáficas-ultramáficas registram associações minerais magmáticas e sua substituição por minerais metamórficos das sucessivas fases tectono-metamórficas nelas atuantes. Assim, foi possível identificar gabros, noritos, clinopiroxenitos augíticos, raros websteritos, leucogabros e anortositos como relictos nos ortognaisses e rochas metamáficas-ultramáficas, formando paragêneses primárias. Essas rochas ígneas mostram uma combinação de olivina, orto e clinopiroxênio e plagioclásio rico em anortita, minerais que ocorrem em variadas proporções nessas rochas.

O evento tectônico  $D_n$  é caracterizado por uma fase inicial de desestabilização da paragênese primária, inicialmente na fácies granulito ou eclogito e, posteriormente, na fácies anfíbolito alto. O evento  $D_n/M_n$  é marcado pela paragênese ortopiroxênio-clinopiroxênio-granada, que ocorre restritamente na área. A preservação de ortopiroxênio nas rochas metamáficas e metaultramáficas da unidade Malhada Vermelha sugere a existência de uma fase tectônica anidra, que manteve esse mineral estável. Estes dados sugerem que o metamorfismo  $M_n$  atingiu condições de fácies granulito. A ocorrência de anfíbolitos com simplectitas de anfíbólio e plagioclásio  $\pm$  CPX por outro lado, parecem indicativas de que se trata de um evento de alta pressão, possivelmente de fácies eclogito, representando, talvez o pico metamórfico do episódio  $M_n$ .

A paragênese metamórfica dominante nas rochas desses complexos, no entanto, compreende clinopiroxênio-anfíbólio-plagioclásio, a qual demonstra a existência de um processo retrometamórfico e uma progressão para o fácies anfíbolito alto. Note-se a presença de anfíbolitos milonitizados no baixo ângulo com predominância da associação hornblenda + plagioclásio, presente, inclusive nos mobilizados félsicos, comprovando sua associação com o evento contraccional. Intensa migmatização ocorre tanto nos ortognaisses do Complexo Floresta, quanto nos paragnaisses do Complexo Sertânia, confirmando o fácies anfíbolito alto deste episódio. A idade deste evento é desconhecida, em face da superposição do evento  $D_{n+1}$ , também de fácies anfíbolito alto, podendo ser tanto paleoproterozoica, quanto neoproterozoica, conforme discussão apresentada no item anterior.

O episódio tectono-metamórfico  $D_{n+1}$  apresenta corredores de cisalhamento, onde são comuns milonitos anfíbolíticos e biotíticos, sugerindo que a fácies anfíbolito

manteve-se nesta fase. Migmatização e injeção de diques félsicos, pegmatíticos e aplíticos comprovam a atuação de um metamorfismo com reações com água no sistema. Os corredores de cisalhamento atravessam tanto o complexo metaplutônico, quanto o complexo metassedimentar. Intensa cominuição de cristais de quartzo nos milonitos gnáissicos e anfibolíticos e minerais dobrados em zonas de charneira paralelas às superfícies  $S_{n+1}$  aparecem em toda área, mas a transposição e recristalização das estruturas geradas durante a fase  $D_n$  limita-se às áreas adjacentes as zonas de cisalhamento transcorrentes. A idade desse episódio tectonometamórfico já é amplamente conhecida pela literatura, sendo de idade ediacarana.

O último episódio metamórfico  $M_{n+2}$  está relacionado a um regime transtraccional, sendo documentado por milonitos de baixo grau metamórfico. A paragênese sericita + clorita + plagioclásio + quartzo com ocasional epidoto (alanita) é característica dos milonitos da zona de cisalhamento Serra do Buraco e ocorre discretamente nos diques milonitizados da Suíte Sucuru. Essa associação mineral indica condições metamórficas de mais baixo grau, de fácies xisto verde.

## ASPECTOS CONCLUSIVOS

O estudo detalhado das unidades de alto grau da região de Sucuru (Paraíba) revelou uma intensa complexidade evolutiva tanto estratigráfica, quanto estrutural. Foram reconhecidas, pelo menos, três fases deformacionais, que foram denominadas de episódios  $D_n$ ,  $D_{n+1}$  e  $D_{n+2}$ . As rochas mais antigas da área possuem um *trend* geral NE-SW, sendo divididas em dois blocos tectônicos, um de caráter metaplutônico (porção WNE) e outro de natureza metassedimentar (porção SSE). Estes blocos são separados por uma zona de cisalhamento contraccional, chamada de zona de cisalhamento do Carmo, à qual se associam supostas rochas retroeclogíticas, podendo representar o ramo de uma sutura paleoproterozoica advogada por alguns autores no TAM. As estruturas mais antigas são magmáticas, sendo representados por acamamento e foliação de fluxo, preservadas em rochas da suíte intrusiva máfico-ultramáfica Malhada Vermelha.

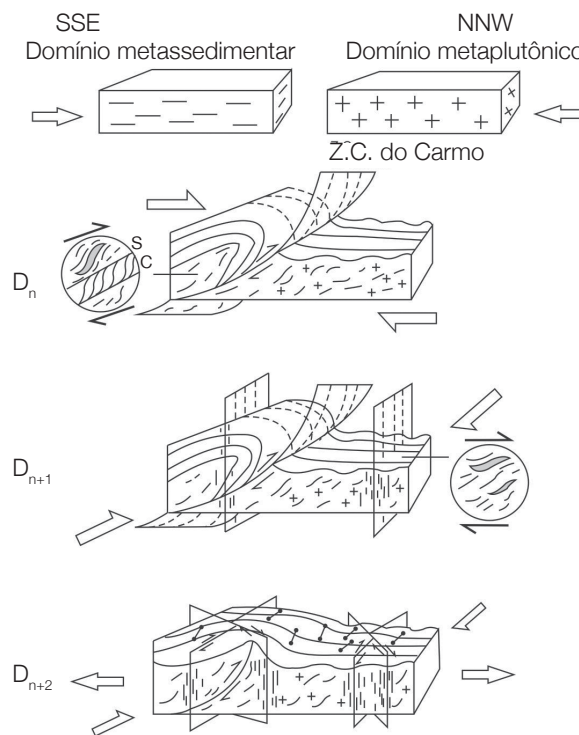
A primeira estrutura tectônica  $S_n$  é representada por tectonitos contraccionais de baixo ângulo associados com lineações de estiramento mineral de alta obliquidade. Os critérios cinemáticos observados indicam transporte tectônico acima do mergulho para NW a WNW. Credita-se a essa deformação  $D_n$  um metamorfismo  $M_n$  de condições de fácies granulito ou eclogito, seguido de um episódio metamórfico marcado por gnaisses e anfibolitos sintangenciais, os quais sugerem que o metamorfismo  $M_{n+1}$  é da fácies anfibolito alto. O evento  $D_n/M_n$  é de idade desconhecida,

podendo ser tanto de idade paleoproterozoica, quanto neoproterozoica/ediacarana.

A fase seguinte, de caráter transcorrente, é ligada à movimentação das ZCCX e ZCCG, à qual se associam as ZC Serra do Urubu, Água Doce e Riacho dos Algodões, observando-se milonitos e ultramilonitos com foliação vertical e lineação de estiramento mineral horizontais a sub-horizontais. A análise microscópica dos milonitos transcorrentes sugere que o metamorfismo  $M_{n+1}$  associado a esse evento  $D_{n+1}$  é ainda de fácies anfibolito alto, com estabilidade de hornblenda e biotita nos milonitos. Este evento é, indubitavelmente, de idade neoproterozoica, ediacarana.

O último evento tectônico  $D_{n+2}$  é de caráter transtraccional, associado à cinemática destal da ZCCX, sendo responsável pela nucleação da ZC Serra do Buraco e pelo alojamento do enxame de diques da Suíte Sucuru e os granitos tardios a pós-tectônicos de tipo-A de Prata e Serra da Engabelada. Os dados geocronológicos (U-Pb) existentes na literatura indicam intervalos de idades de 548 – 543 e 543 – 538 Ma (Hollanda et al., 2010; Guimarães et al., 2004) para esse episódio tectônico.

Uma síntese do modelo evolutivo final da área de Sucuru é mostrada na Figura 9. Uma questão em aberto é a idade do evento contraccional de alta pressão ( $M_n$ ). Se



**Figura 9.** Síntese do modelo estrutural evolutivo proposto para a região de Sucuru (Paraíba) com reapresentação dos principais eventos deformacionais.

for válida uma correlação com a área de Itatuba (Paraíba), este evento seria de idade paleoproterozoica, como admitido por diversos autores (Almeida et al., 1997; Santos et al., 2008; Santos et al., 2012). A ocorrência dos prováveis retroeclogitos ou granulitos de alta pressão no limite entre dois complexos paleoproterozoicos (Floresta e Sertânia), como descrito na área estudada, é compatível com este modelo, sugerindo que a zona de cisalhamento do Carmo representa o segmento de uma sutura colisional paleoproterozoica, sem relação com a colagem toniana-ediocarana da Subprovincia Transversal. No entanto, não se descarta a possibilidade de que o episódio de eclogitização seja toniana e/ou ediocarana, uma vez que os retroeclogitos de Floresta (Pernambuco) estão encaixados em rochas desta idade (Santos, 1995). Neste caso, as ocorrências de Sucuru representariam um evento de retrabalhamento crustal do embasamento paleoproterozoico, durante a orogênese brasileira da PB.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte integrante da dissertação de mestrado de Lauro César Montefalco de Lira Santos. Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro durante as atividades de campo (Processo nº 480997/2008-0, concedido ao Dr. Edilton José dos Santos) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado. Com relação ao texto original deste artigo, os autores expressam sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Ticiano José Saraiva dos Santos e a um revisor anônimo, pela paciente leitura e precisas sugestões, as quais melhoraram substancialmente o manuscrito original. Por fim, agradecemos à chefe da Seção de Publicações do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc/USP), Nanci Iurico Assakura, pela atenção, auxílio e eficiência durante as etapas de publicação do artigo.

## REFERÊNCIAS

- ACCIOLY, A. C. A. *Mapa geológico da folha Pesqueira, Folha SC.24-X-B-II*. Recife, CPRM 2010. 1 mapa, col. Escala 1:100.000. 1 CD-ROM.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE*, 8., 1997. Campina Grande, *Atas...*Campina Grande: SBGEO, 1977. Boletim 6, p. 363-391.
- ALMEIDA, C. N.; BEURLIN, H.; GUIMARÃES, I. P.; SAMPAIO, A. S. S. High pressure metamorphosed Fe-Ti ore hosting island-arc tholeiites at Itatuba (Paraíba) as an indication of a proterozoic suture in the Pajeú-Paraíba fold belt, Borborema Province, Northeastern Brasil. *International Geology Review*, v. 30, p. 578-588, 1997.
- ALMEIDA, C. N.; GUIMARÃES, I. P.; BEURLIN, H.; TOPITSCH, W.; FERRER, D. M. M. Evidências de metamorfismo de alta pressão na faixa de dobramentos Pajeú-Paraíba, Província Borborema, Nordeste do Brasil. *Petrografia e química mineral de rochas metamáficas*. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 39, p. 421-434, 2009.
- BEURLIN, H.; GUIMARÃES, I. P.; BARRETO, S. B. Proterozoic C-Type eclogites hosting unusual Ti-Fe-Cr-Cu mineralizations in Northeast Brazil. *Precambrian Research*, v. 58, n. 1. p. 195-214, 1992.
- BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG – Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003, 692p.*
- BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic History of the Borborema Province. *In: Umberto Cordani; Edson José Milani; Antonio Thomaz Filho; Diógenes de Almeida Campos. (Org.). Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro: 31st INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS*, p. 151-182, 2000.
- CARMONA, L. C. M. *Estudo geológico, geoquímico e isotópico da região compreendida entre Fagundes e Itatuba (PB), terreno Alto Moxotó, Nordeste do Brasil*. 2006. 1 v. Tese (Doutorado) - Centro Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- FEYBESSE, J. L.; JOHAN, V.; TRIBOULET, C.; GUERROT, C.L.; MAYAGA-MIKOLO, F.; BOUCHOT, V.; EKO N'DONG, J. The West Central African belt: a model of 2.5-2.0 Ga accretion and two-phase orogenic evolution. *Precambrian Research*, v. 87, p. 161-216, 1998.
- GUIMARÃES, I. P.; SILVA FILHO, A. F.; ALMEIDA, C.N.; VAN SCHMUS, W.R.; ARAUJO, J.M.M. Brasiliano (Pan-African) granitic magmatism in the Pajeú-Paraíba Belt, Northeast Brazil: Na isotopic and geochronological approach. *Precambrian Research*, v. 135, p. 23-53, 2004.
- HOLLANDA, M. H. B. M.; ARCHANJO, C. J.; SOUZA, L. C.; ARMSTRONG, R.; VASCONCELOS, P. M.

- Cambrian mafic to felsic magmatism and its connections with transcurrent shear zones of the Borborema Province (NE Brazil): implications for the late assembly of the West Gondwana. *Precambrian Research*, v. 178, p. 1-14, 2010.
- JARDIM DE SÁ, E. F. A *Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana*. 1994. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- KOZUCH, M. *Isotopic and trace elements geochemistry of Early Neoproterozoic gneissic and metavolcanic rocks in the Cariris Velhos orogen of the Borborema Province, Brazil, and their bearing on tectonic setting*. 2003. Tese (Doutorado) - Department of Geology, University of Kansas, Lawrence.
- MEDEIROS, V. C.; TORRES, H. H. F. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Sumé. Folha SB.24-Z-D-V. Estados da Paraíba e Pernambuco. Falcão Torres. – Brasília: 2000 CPRM. Escala 1:100.000. 1 CD – ROM.
- NEVES, S. P.; MARIANO, G. Província Borborema: orógeno acrescionário ou intracontinental? *Estudos Geológicos*, v. 11, p. 26-36, 2001.
- NEVES, S. P.; MARIANO, G. The lithospheric mantle as source of magmas during orogenic processes: insights from high-K diorites in the Borborema Province and implications for continental dynamics. *Journal of the Virtual Explorer (Online)*, v. 17, n. 6, p. 6, 2004.
- NEVES, S. P.; BRUGUIER, O.; VAUCHEZ, A.; BOSCH, D., SILVA, J. M. R., MARIANO, G. Timing of crust formation, deposition of supracrustal sequences, and Transamazonian and Brasiliano metamorphism in eastern Borborema Province (NE Brazil): implications for western Gondwana assembly. *Precambrian Research*, v. 149, p. 197-216, 2006.
- OLIVEIRA, R. G. *Arcabouço Geofísico, Isostasia e Causas do Magmatismo Cenozóico da Província Borborema e de sua Margem Continental (Nordeste do Brasil)*. 2008. 411f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- RODRIGUES, S. W. O.; ARCHANJO, C. J. Estruturas e histórias deformacionais contrastantes dos granitos sintectônicos de Campina Grande e Serra Redonda, Província Borborema, NE do Brasil, *Geologia USP - Série Científica*, v. 11, p. 3-17, 2011.
- SALES, A. O.; SANTOS, E. J.; LIMA, E. S. L.; SANTOS, L. C. M. L., BRITO NEVES, B. B. B. Evolução petrogenética e Tectônica do Evento Cariris Velhos na Região de Afogados da Ingazeira (PE), Terreno Alto Pajeú, Província Borborema. *Geologia USP - Série Científica*, v. 11 n. 2, p. 101-122, 2011.
- SANTOS, E. J.; VASCONCELOS, A. M. Características dos granitóides de tipo Moderna do Lineamento Pernambuco. *Mineração Metalurgia*, v. 339, p. 28-33, 1973.
- SANTOS, E. J. *O complexo granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema*. 1995. 228f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SANTOS, E. J. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1996, v. 6, p. 47-50.
- SANTOS, E. J.; MEDEIROS, V. C. Constraints from granitic plutonism on proterozoic crustal growth of the Transverse Zone, Borborema Province, NE-Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 29, p. 73-84, 1999.
- SANTOS, E. J.; FERREIRA, C. A.; SILVA JR., J. M., 2002. *Geologia e recursos minerais do estado da Paraíba*. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, CPRM, Brasília, 142 p.
- SANTOS, E. J.; NUTMAN, A. P.; BRITO NEVES, B. B. Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: Implicações sobre a evolução tectônica da Zona Transversal, Província Borborema. *Geologia USP - Série Científica*, v. 4, p. 1-12, 2004.
- SANTOS, E. J.; SOUZA NETO, J. A.; CARMONA, L. C. M.; ARMSTRONG, R.; SIAL, A. N.; CHEMALE JR., F.; BRITO, R. S. C. Paleoproterozoic Juvenile Accretion in the Alto Moxotó Terrane, Borborema Province, Northeast Brazil. In: VI SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM OF ISOTOPIC GEOLOGY, 2008 Bariloche. Proceedings, CD Rom...Bariloche. p. 425-428.
- SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R.; KOZUCH, M.; BRITO NEVES, B. B. The Cariris Velhos tectonic event in Northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 61-76, 2010.

- SANTOS, L. C. M. L. *Mapeamento geológico e análise litoestratigráfica da região de Sucuru (Paraíba), Terreno Alto Moxotó, Província Borborema*. 2010. v. único. Relatório de graduação - Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SANTOS, R. V.; SANTOS, E. J.; SOUZA NETO, J. A.; CARMONA, L. C. M.; SIAL, A. N.; MANCINI, L. H.; SANTOS, L. C. M. L.; NASCIMENTO, G. H.; MENDES, L. U. D. S.; ANASTÁCIO, E. M. F. *Isotope geochemistry of Paleoproterozoic metacarbonates from Itatuba, Borborema Province, Northeastern Brazil: evidence of marble melting within a collisional suture*. *Gondwana Research*, v. 21, p. 1-13, 2012.
- TROMPETTE, R. *Geology of Western Gondwana, Pan African-Brasiliano aggregation of South America and Africa*. Rotterdam: A. A. Balkema, 1994. 350 p.
- VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B.; HACKSPACHER, P. C.; BABINSKI, M. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 8, p. 267-288, 1995.
- VAN SCHMUS, W. R.; OLIVEIRA, E. P.; SILVA FILHO, A. F.; TOTEU, F.; PENAYE, J.; GUIMARÃES, I. P. Proterozoic links between the Borborema Province, NE Brazil, and the Central African Fold Belt. *Geological Society of London*, special publication, v. 294, p. 69-99, 2008.
- VILLENEUVE, M.; CORNÉE, J. J. Structure, evolution and paleogeography of the West African Craton and bordering belts during the Neoproterozoic. *Precambrian Research*, v. 69, p. 307-326, 1994.
- WINDLEY, B. F.; BISHOP, F. C.; SMITH, J. V. Metamorphosed layered igneous complexes in Archean granulite-gneiss belts. *Annual Review of Earth and Planetary Earth Sciences*, v. 9, p. 175-198, 1981.
- WOODCOCK, H.N.; SCHUBERT, C. Continental Strike Slip Tectonics. In: HANCOCK, P.L. (ed.) *Continental Deformation*. Oxford: Pergamon Press, p. 251-263, 2004.