

AVALIANDO A REATIVAÇÃO DE ESTRUTURAS DO EMBASAMENTO PRECAMBRIANO NA FORMAÇÃO DAS BACIAS SEDIMENTARES CONSTEIRAS: O CASO DA ZONA DE CISALHAMENTO PERNAMBUCO LESTE.

Sérgio Pacheco Neves¹

Gorki Mariano¹

Cristiane Marques de Lima²

10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v28n1p104-119

¹Departamento de Geologia-UFPE

²Faculdade de Geologia - Unifesspa

RESUMO

Este trabalho apresenta uma síntese de dados de obtidos em campo e a partir de descrição de lâminas delgadas durante o mapeamento geológico sistemático conduzido na terminação oriental da zona de cisalhamento Pernambuco leste (ZCPE). O objetivo da pesquisa foi entender o possível condicionamento de estruturas pré-cambrianas presentes no embasamento cristalino, em especial a herança das principais descontinuidades crustais/litosféricas (zonas de cisalhamento brasileiras, orientação da foliação regional, limites entre diferentes unidades), durante os processos de rifteamento que deram origem à formação das bacias costeiras. A ZCPE é uma transcorrência *destral*, com largura variando de 1 a 5 km caracterizada por faixas protomiloníticas a ultramiloníticas desenvolvidas essencialmente sobre protólitos graníticos variados. Marca o limite entre as bacias costeiras de Pernambuco e da Paraíba. Como estas bacias apresentam espessura e estratigrafia diferentes, tem sido sugerido que a ZCPE exerceu algum controle sobre os processos de formação. Desta forma, a determinação de uma possível reativação desta zona de cisalhamento durante a abertura do Atlântico é de fundamental importância para a elaboração de modelos geodinâmicos. Durante o desenvolvimento do trabalho foram obtidos dados estruturais (foliações, lineações, fraturas) em milonitos e ultramilonitos. A análise dos dados indica que não houve reativação rúptil em larga escala, ou mesmo numa escala local, da ZCPE durante o Cretáceo. O papel da ZCPE, na formação das bacias de Pernambuco e Paraíba, foi essencialmente passivo ao impedir provisoriamente a continuidade do processo de rifteamento. De forma mais ampla, este estudo revela que nem sempre zonas de cisalhamento dúcteis são reativadas em eventos tectônicos subsequentes.

Palavras Chaves: Zona de Cisalhamento, reativação, protomilonitos, ultramilonitos, bacias costeiras.

ABSTRACT

This work presents a synthesis of field and micropetrographic data collected during geological mapping conducted at the eastern portion of the East Pernambuco Shear Zone (EPSZ). The main goal of this research was to understand the role of structures of the Precambrian basement, in special the heritage of the main crustal/lithospheric discontinuities (Brasiliano age shear zones, regional foliation orientation, boundary between distinct lithologic unities), during the process of rifting that gave rise to the Cretaceous sedimentary coastal basins. The EPSZ is a major E-W *destral* transcurrent shear zone, 1 to 5 km-wide, characterized by proto- to ultramylonitic belts, developed essentially on granitic protoliths. It marks the limit between the coastal sedimentary

basins of Pernambuco and Paraíba. Considering that these basins have distinct thickness and stratigraphy, several authors suggest that the EPSZ had some control on the processes that resulted in their formation. The investigation of a possible reactivation this shear zone—during the opening of the Atlantic Ocean is thus of fundamental importance for the elaboration of geodynamic models. During the development of this work, structural data (foliation, lineation, fractures) were collected in the field, and several thin sections studied from mylonites and ultramylonites. The analysis of the data indicates that there was no brittle reactivation from the EPSZ in a large or even a small scale during the Cretaceous period. The role of the EPSZ during the formation of the coastal sedimentary basins of Pernambuco and Paraíba was passive, temporally blocking the propagation of rifting. In a more general way, this study shows that major ductile shear zones are not always reactivated during subsequent tectonic events.

Keywords: Shear zone, reactivation, mylonites, coastal basins.

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma síntese das informações coletadas durante o mapeamento geológico sistemático conduzido na terminação oriental da zona de cisalhamento Pernambuco leste (ZCPE), visando entender o possível condicionamento de estruturas presentes no embasamento cristalino, em especial a herança das principais descontinuidades crustais/litosféricas (zonas de cisalhamento brasileiras, orientação da foliação regional, limites entre diferentes unidades), na formação das bacias costeiras. Em particular, reativação de zonas de cisalhamento transcorrentes é considerada comum devido à redução na resistência integrada da crosta resultante dos processos de cataclase e milonitização, os quais conduzem a uma zona de transição dúctil-rúptil mais larga e menos resistente em comparação com rochas intactas (p. ex., Holdsworth et al., 2004).

A ZCPE (Fig. 1) marca o limite entre as bacias costeiras de Pernambuco e da Paraíba, as quais apresentam espessura e estratigrafia diferentes (Lima Filho, 1998; Barbosa, 2007, e referências neles citadas). Isto sugere algum controle da ZCPE sobre a formação e desenvolvimento dessas bacias. Portanto, determinar a possível

reativação da ZCPE durante a abertura do Atlântico é de fundamental importância para a elaboração de modelos geodinâmicos. Para tanto, é necessário o detalhamento: (1) de sua geometria; (2) das características estruturais e microestruturais relacionadas com sua evolução precambriana; (3) das estruturas rúpteis superpostas; e (4) da cronologia relativa entre estas últimas. A construção deste trabalho foi realizada com compilação de informações disponíveis na literatura, trabalhos de campo, interpretação de fotografias aéreas e de imagens aerogeofísicas (gamaespectrometria e magnetometria), e descrição petrográfica e microestrutural de seções delgadas.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

A ZCPE é uma das muitas transcorrências dúcteis presentes na porção oriental da Província Borborema (Vauchez et al., 1995). De maneira geral, aquelas com direção E-W são destrais, enquanto as de direção NE-SW são sinistrais (Neves e Vauchez, 1995; Neves e Mariano, 1999; Silva e Mariano, 2000; Neves et al., 2006a; Archanjo et al., 2008) (Fig. 1). A idade dessas zonas de cisalhamento é estabelecida indiretamente pela idade de plútons afetados por elas. No caso da

ZCPE, a idade principal de funcionamento é compreendida entre 590 Ma, associada ao batólito cedo-transcorrente Caruaru-Arcoverde, e 573 Ma, pertinente ao plúton sintranscorrente Cabanas (Neves et al., 2006b; 2008). A principal faixa milonítica relacionada à ZCPE ocorre no bordo sul do batólito Caruaru-

Arcoverde (Fig. 1), onde a largura pode chegar a 5 km, na qual a deformação ocorreu sob condições de temperaturas superiores a 500°C, como indicada pela recristalização dos feldspatos e estabilidade do anfibólio (Neves e Mariano, 1999). Para leste, a largura diminui e as condições de temperatura são mais baixas.

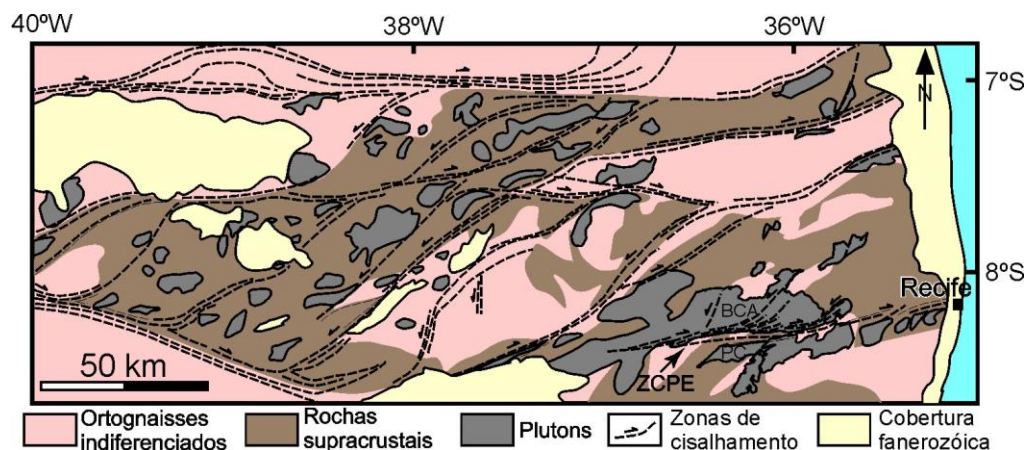


Figura 1. Mapa geológico simplificado do domínio central da Província Borborema ressaltando os principais plútons e zonas de cisalhamento transcorrentes. ZCPE: zona de cisalhamento Pernambuco leste; BCA: batólito Caruaru-Arcoverde; PC: plúton Cabanas.

Na região entre Vitória de Santo Antão e Jaboatão dos Guararapes, onde o maior número de informações foi coletado, a ZCPE constitui-se de faixas protomiloníticas a ultramiloníticas desenvolvidas essencialmente sobre protólitos graníticos variados (Fig. 2). Ao norte dela predominam rochas metassedimentares pelíticas e psamíticas (biotita xistos, paragnaisses, quartzitos) do Complexo Surubim-Carolina e, ao sul, ortognaisses graníticos e granitoides. As rochas paraderivadas e os ortognaisses podem mostrar uma verticalização e rotação da foliação prévia para a direção das faixas miloníticas, mas, em geral, não chegam a desenvolver uma nova foliação. O truncamento da foliação regional pela foliação milonítica pode ser claramente observado nas imediações de Vitória,

tanto nas imagens geofísicas como em escala de afloramento. Por exemplo, em um corte de estrada da PE-045 (coordenadas 25 L 249093W 9100016S), que liga Vitória a Escada, observa-se, na porção norte, um milonito a ultramilonito granítico com foliação subvertical e, na porção sul, o contato com biotita gnaisse/xisto com mergulho moderado. No corte de estrada da BR-232, no acesso a Vitória (coordenadas), por outro lado, a foliação é bastante irregular, com direções variando de quase ortogonais à da ZCPE até N45°E, sempre com mergulho moderado.

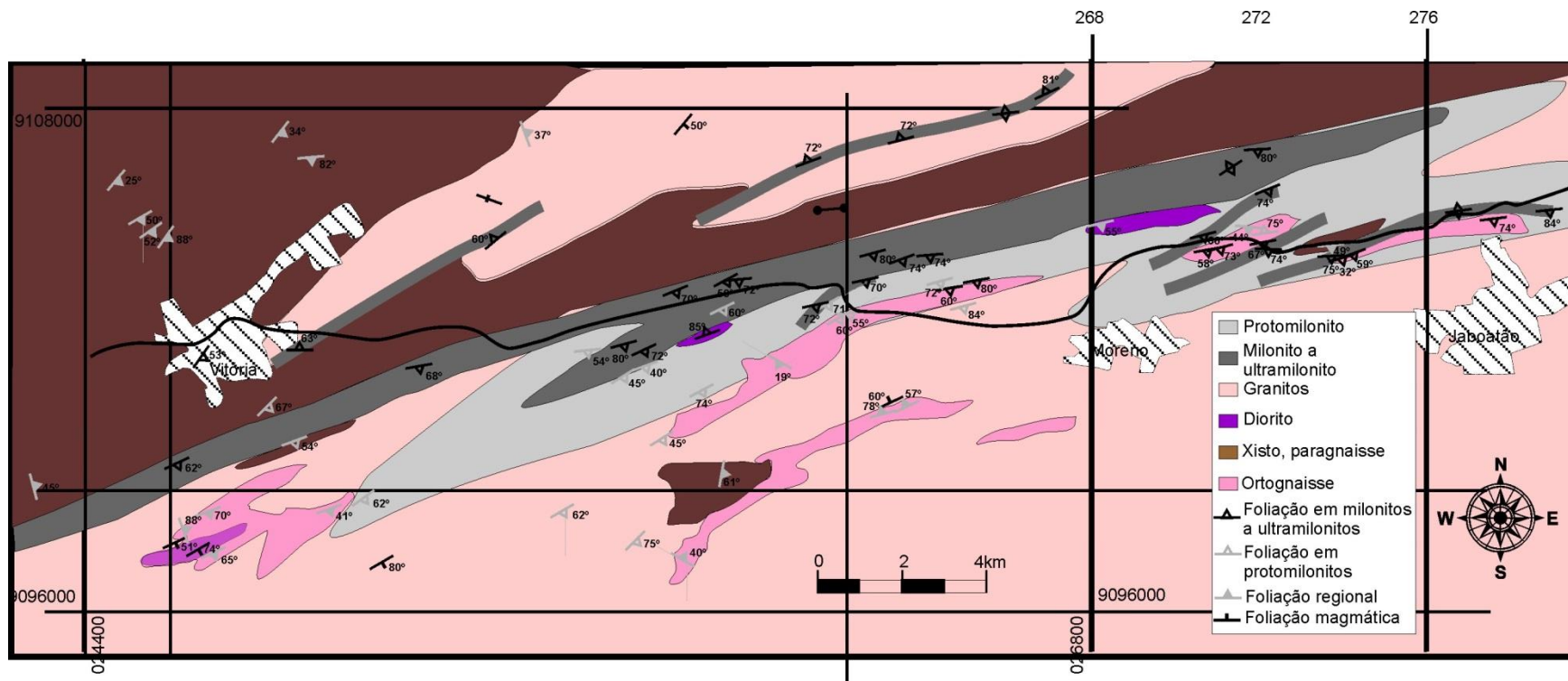


Figura 2. Mapa geológico da região estudada entre Jaboatão e Vitória, mostrando atitudes de foliação na ZCPE, em granitoides e nas rochas encaixantes.

A deformação cisalhante tem uma distribuição bastante heterogênea, tanto em escala de afloramento como em escala de mapa. A faixa mais deformada, composta por milonitos e ultramilonitos estende-se de maneira contínua, através de quase toda folha Vitória, na direção ENE e tem largura variando de 0,7 km até quase 2 km (Fig. 2). Esta faixa superpõe outra, a leste, um pouco mais estreita que se estende em direção ao litoral até ser coberta pelos sedimentos costeiros. Milonitos bandados, provavelmente resultantes de ortognaisses do embasamento distribuem-se ao sul da faixa milonítica principal (Fig. 3). Ao norte, mais duas faixas miloníticas quilométricas puderam também ser cartografadas e uma delas conecta-se com uma zona de cisalhamento sinistral (Fig. 2). Ao sul da faixa principal, granitos apresentam, em escala de afloramento, estrutura que varia de isotrópica a fortemente orientada. Nesta região, deformação no estado sólido varia de incipiente a moderada, desenvolvendo protomilonitos, ou pode concentrar-se em faixas miloníticas a ultramiloníticas com largura variando de poucos centímetros até vários metros em um protólito essencialmente não deformado.

NATUREZA DOS PROTÓLITOS

Com raras exceções (Fig. 3), as principais rochas afetadas pelo processo de milonitização são granitos leucocráticos apresentando uma ampla variedade de texturas e granulação. Feldspato potássico (normalmente microclina), plagioclásio e quartzo ocorrem em quantidades similares na maioria das amostras, fornecendo composições monzograníticas a sienograníticas. Os diferentes tipos petrográficos incluem: (a) granitos equigranulares finos a médios, de coloração cinza a creme (Figs. 4a e b), com teores de biotita variando de insignificantes até mais de 10% da moda; (b) granitos ricos em quartzo de coloração cinza; (c) granitos equigranulares médios esparsamente porfíricos (Fig. 4c); (d) granitos grossos a porfíricos, também com biotita (Figs. 4c e d); (e) sienitos a monzonitos (Fig. 4e), em geral de granulação grossa, com porfiroclastos de feldspato potássico em uma matriz máfica a intermediária rica em anfibólio; (f) dioritos de granulação fina, podendo apresentar retrogressão avançada (filonitos), ou serem bem pouco afetados pela deformação (Fig. 4f). Alternância de bandas com mais de uma composição é comum em vários afloramentos (Fig. 4c).

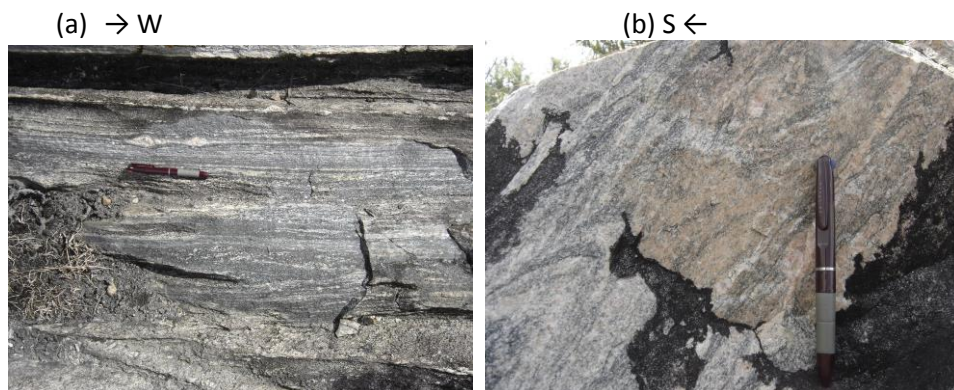


Figura 3. Gnaiss bandado milonitizado em seções paralelas (a) e normais (b) à foliação. Em (b), observa-se a presença de dobras preexistentes transpostas pela foliação milonítica.

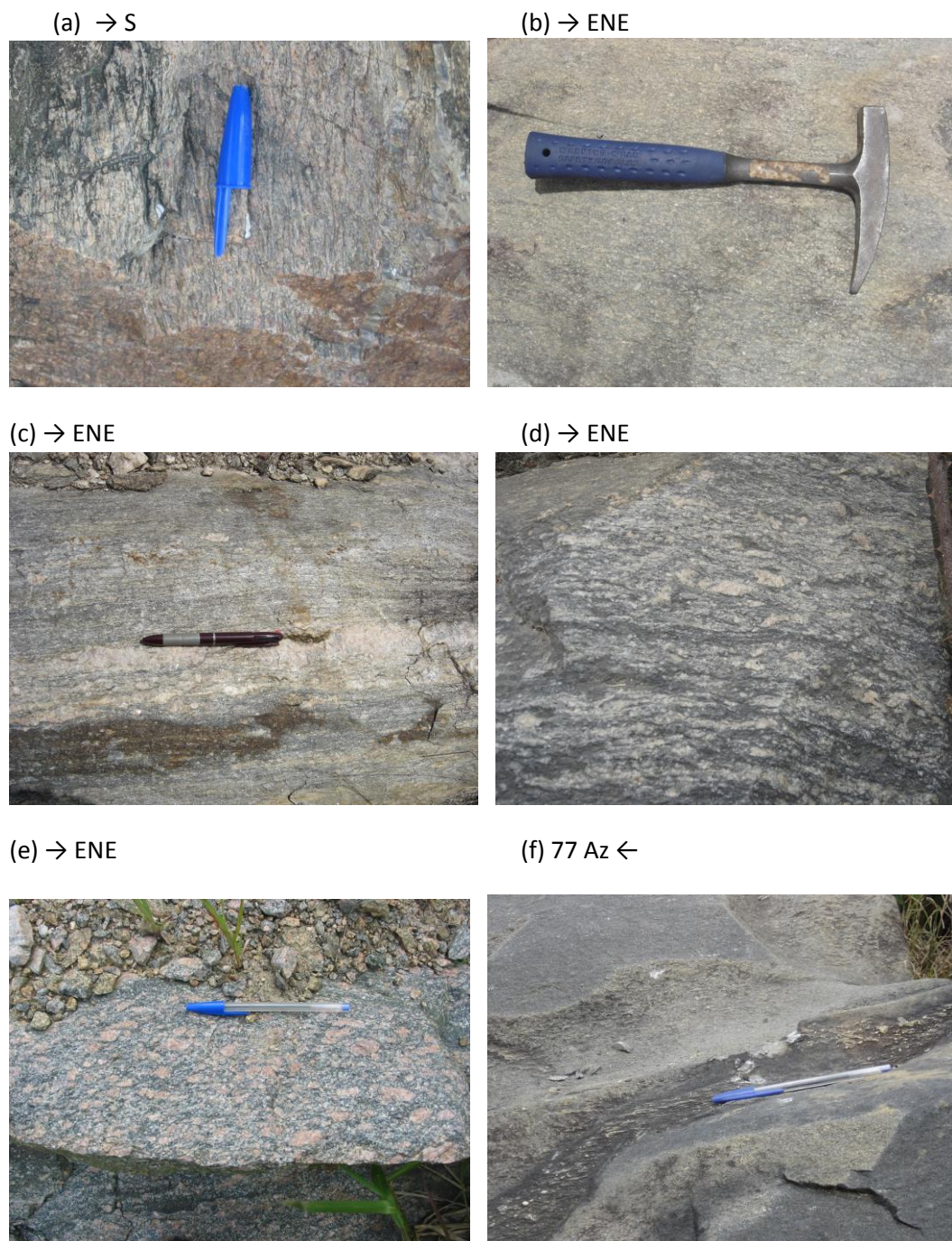


Figura 4. Variação petrográfica dos protólitos ígneos dos milonitos. (a, b) Granitos equigranulares róseos (a) e cinzas (b). Notar em (a) plano de falha sinistral truncando a foliação em ângulo forte. (c) Milonito bandado. (d) Milonito de granito porfirítico com trama S-C. (e) Milonito de sienito. (f) Diorito foliado com faixa ultramilonítica desenvolvida em veio de quartzo (ZCPE-2).

FOLIAÇÕES, LINEAÇÕES E CRITÉRIOS DE CISALHAMENTO

A ZCPE é caracterizada por uma foliação milonítica penetrativa, associada com forte lineação de estiramento (Fig. 5). A foliação é definida pelo alinhamento de biotita, por fitas de quartzo e por porfiroclastos alongados de feldspatos ou fileiras de cristais desmembrados de feldspatos. Em zonas de *strain* mais baixo, uma trama composta S-C é observada (Fig. 4d), enquanto em regiões de alto *strain* as superfícies S são totalmente transpostas para a direção das superfícies C e bandas C' podem se desenvolver. A intensidade da foliação também depende de contrastes reológicos. Por exemplo, a Figura 4c mostra uma trama S-C na banda de granulação grossa e uma foliação homogênea na banda de granulação fina. Em ultramilonitos, níveis quase monominerálicos alternados de quartzo e de feldspatos se desenvolvem. A foliação milonítica tem direção N80E a N65E e mergulha para sudeste com

ângulos geralmente superiores a 70°. A exceção são as duas faixas miloníticas ao norte, onde a foliação tem mergulho para noroeste.

A lineação de estiramento tem direção variando de E-W a ENE-WSW e caimento dominante para oeste (Fig. 6). Localmente é mais bem desenvolvida que a foliação (Fig. 7), caracterizando um tectonito L-S. Critérios cinemáticos observados em seções normais à foliação e paralelos à lineação indicam consistentemente movimento destral. Os critérios mais comuns em escala de afloramento são porfiroclastos assimétricos do tipo σ , trama S-C (Figs. 4c e d); bandas de cisalhamento extensionais (C'), e sigmóides em ortognaisse (Figura 3a). A combinação de foliações com mergulho para sudeste com lineações com caimento para oeste indica um pequeno componente normal em adição ao movimento transcorrente destral. Isto pode ser uma das razões pela qual rochas encaixantes são mais comuns ao norte da ZCPE.

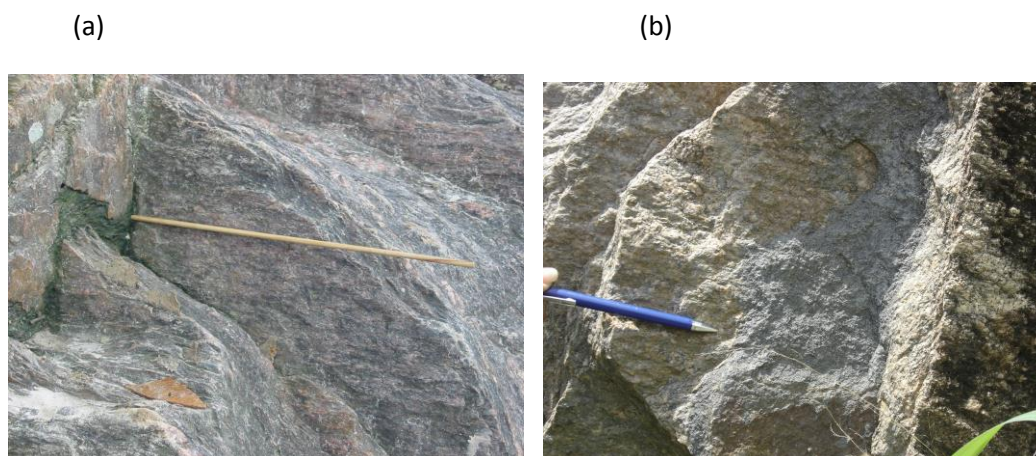


Figura 5. Planos de foliação milonítica com mergulho forte exibindo lineação de estiramento com caimento suave para oeste (direita das fotos).

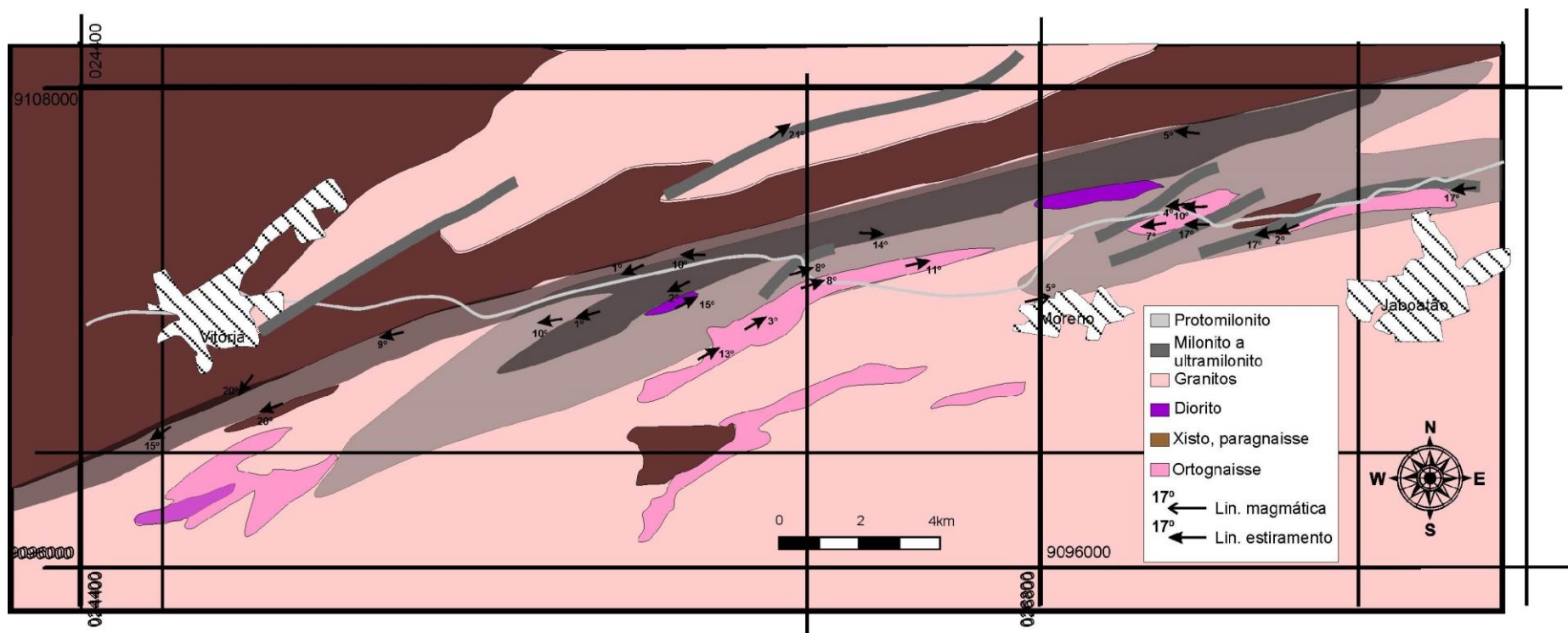


Figura 6. Mapa geológico da região estudada entre Jabotão e Vitória, mostrando atitudes da lineação de estiramento na ZCPE.



Figura 7. Tectonito L-S cortado por set de fraturas ortogonais.

MICROESTRUTURAS

Uma considerável variação textural e microestrutural é observada nos milonitos, refletindo as variações composicionais e petrográficas dos seus protólitos, bem como na intensidade da deformação. Em protólitos graníticos, as mudanças texturais começam com o alongamento de grãos de quartzo, mas ainda preservando uma microestrutura predominantemente hipidiomórfica granular (Fig. 8a), avançam para a formação de fitas de quartzo envolvendo cristais com contornos subédricos de feldspatos com recristalização limitada (Figs. 8b e c), e evoluem até uma microestrutura onde raros porfiroclastos de feldspatos são envolvidos por uma matriz completamente recristalizada (Fig. 8d).

O mecanismo de deformação dominante no quartzo é recristalização por rotação de subgrãos, enquanto os

feldspatos apresentam comportamento dúctil-rúptil. Fraturas em porfiroclastos maiores são bastante comuns, em vários casos levando à separação dos fragmentos e preenchimento das fraturas por veios de quartzo (Fig. 9a). A presença de pertitas em chamas (Fig. 9b), extinção ondulante, *kinks* e geminados mecânicos é também comum. Uma típica textura manto-e-núcleo aparece quando a recristalização é mais avançada (Figs. 8d e 10a), sugerindo que o principal mecanismo de recristalização foi por *bulging*. Mirmequitas foram observadas em algumas seções delgadas, mas aparentemente não estão relacionadas com o processo de milonitização uma vez que não são preferencialmente desenvolvidas nas faces paralelas à foliação. Em alguns casos, plagioclásio pode apresentar processos de sericitização e saussuritização avançados.

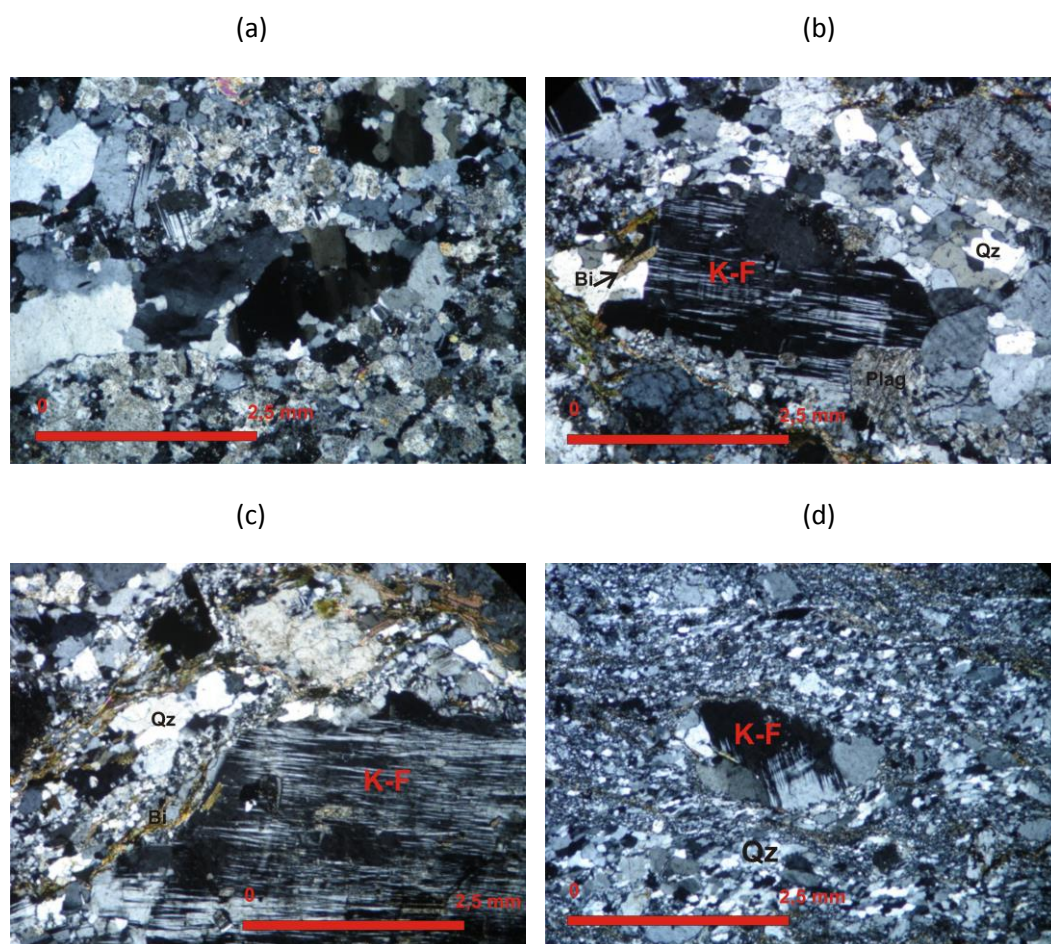


Figura 8. Fotomicrografias mostrando evolução microestrutural de um protólito granítico com o aumento na intensidade de deformação. Em (a) a textura ígnea original ainda é preservada apesar do alongamento do quartzo. Em (b) e (c), uma foliação definida por fitas de quartzo e plaquetas de biotita circunda porfiroclastos pouco recristalizados de feldspato potássico, os quais ainda mantêm contornos subédricos. Em (d), a recristalização é bastante avançada e um porfiroclasto anédrico residual de feldspato potássico é envolto por uma matriz fina.

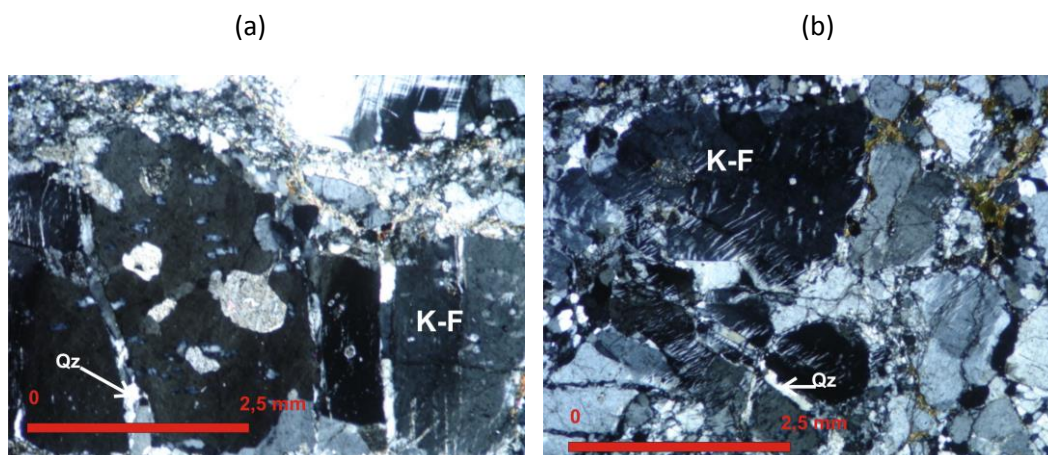


Figura 9. Fotomicrografia mostrando: (a) Porfiroclasto de feldspato potássico fraturado com preenchimento das fraturas por quartzo; (b) Porfiroclasto de feldspato potássico com pertitas em chamas.

As feições descritas acima são típicas de deformação em condições moderadas de temperatura (400-500°C). Esta inferência é corroborada pela retrogressão de anfibólio cálcio (possivelmente hornblenda) para agregados de actinolita, epidoto e titanita nos protólitos mais máficos (Fig. 10b), juntamente com a presença pouco comum de clorita, mineral típico de temperaturas mais baixas.

Critérios cinemáticos observados em seção delgada (Fig. 10) incluem foliações oblíquas, porfiroclastos com caudas assimétricas, trama S-C, porfiroclastos com fraturas sintética e antitéticas, e *V-type pull-aparts*.

Estruturas rúpteis

A presença de falhas ou fraturas maiores não foi detectada em nenhuma das imagens geofísicas analisadas nem em fotografias aéreas. Em escala de afloramento, é notável a baixa intensidade da deformação rúptil. A densidade de fraturas é muito pequena

na maioria dos afloramentos e, em vários deles, fraturas sistemáticas não foram observadas, particularmente nos situados mais próximos ao litoral. São raros os casos onde a densidade de fraturas é superior a 5-10 fraturas por metro linear (Figs. 7 e 11a). Quando presentes, as fraturas fazem normalmente ângulo forte com a foliação milonítica e apresentam mergulho elevado (Figs. 4a, 7 e 11a). Em nenhum afloramento foi constatado o aproveitamento da foliação milonítica como planos de falhas; processos cataclásticos também não foram vistos. Igualmente, o estudo de seções delgadas não revelou a existência de microfalhas paralelas à foliação milonítica. O comportamento rúptil dos feldspatos observados nesta escala é consistente com milonitização sob condições moderadas de temperatura, como discutido na seção anterior, uma vez que as fraturas presentes nos cristais de feldspatos não se propagam para a matriz (Fig. 9a).

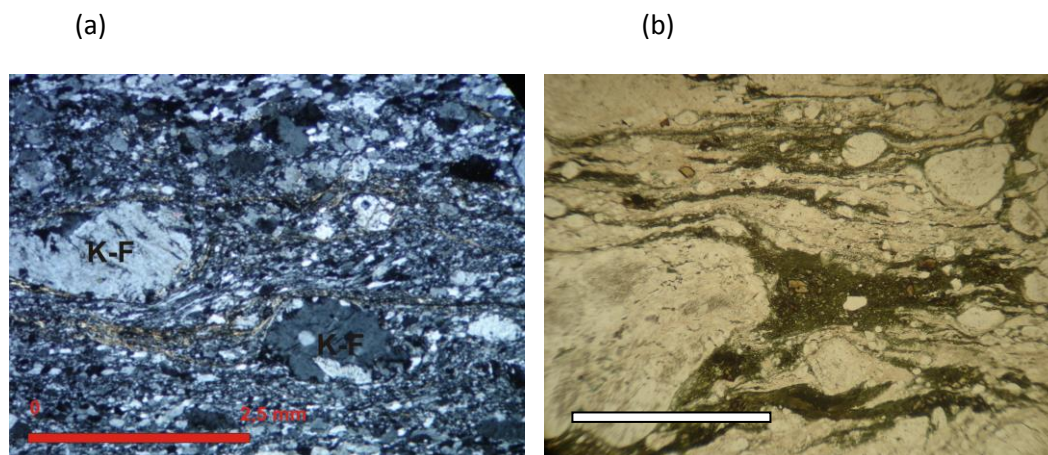


Figura 10. Fotomicrografias mostrando: (a) Fita de quartzo com foliação oblíqua (centro da foto) e (b) Porfiroclasto de feldspato potássico (esquerda) envolto por uma foliação assimétrica formada por anfibólio fibroso, titanita, epidoto e feldspatos recrystalizados. Alguns porfiroclastos menores possuem caldas de recrystalização assimétricas; dobras em Z são visíveis na porção inferior direita. Todos os critérios indicam movimento destal. Barra na figura (b): 2,5 mm.

Algumas fraturas observadas no campo puderam ser classificadas como falhas devido à existência de estrias ou rejeitos aparentes (Figs. 11b-d). A maioria delas é sinistral, com direção aproximada N-S. Quatro falhas destrais foram identificadas com segurança; duas têm direção NW-SE e duas com direção ENE-WSW. Mesmo neste último caso, as falhas truncam a foliação milonítica e, consequentemente, não podem ser consideradas como reativação da ZCPE. Fraturas com baixo mergulho foram observadas em alguns poucos afloramentos. Sua natureza é incerta devido à ausência de estrias, mas podem ser falhas extensionais relacionadas à formação das bacias costeiras. Como magmatismo pós-transcorrente, foi

observado, também em um único afloramento, um dique basáltico com direção 350az, novamente cortando a foliação em ângulo alto (Figs. 11e, f), eliminando o controle desta intrusão por reativação da ZCPE. Apenas em um afloramento foi observada uma falha com atitude próxima à da foliação milonítica. Trata-se de uma falha inversa, cujo plano (P2; Fig. 12) trunca em baixo ângulo o plano da foliação milonítica (P1; Fig. 12). Neste afloramento observam-se, também, fraturas perpendiculares à foliação milonítica, com desenvolvimento de filme de epidoto secundário (Fig. 12b). Neste afloramento há a única evidência de possível reativação da ZCPE devido ao desenvolvimento de fraturas paralelas às superfícies C (Fig. 12c).

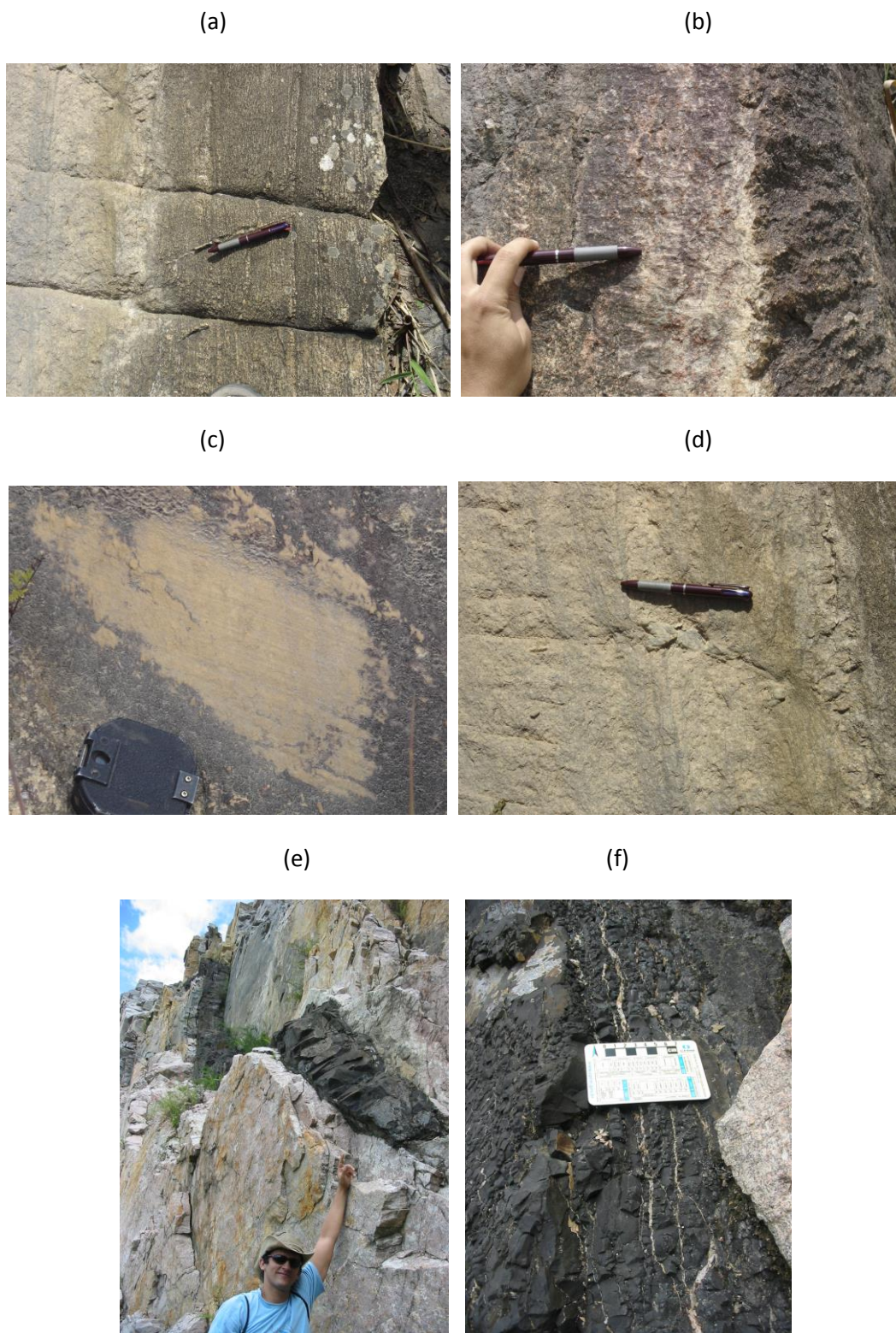


Figura 11. (a) Fraturas em ângulo forte com a foliação milonítica e junta com preenchimento de quartzo (paralela à caneta). O ângulo de aproximadamente 30° entre a junta e as fraturas sugere que estas são fraturas de cisalhamento sinistrais (b, c) Planos de falhas sinistrais com estrias e ressaltos. (d) Falha sinistral provocando ligeiro encurvamento da foliação milonítica, indicando caráter dúctil-rúptil. Esta falha é paralela às fraturas mostradas em (a). (e, f) Dique de basalto intrusivo em gnaíse milonitizado.

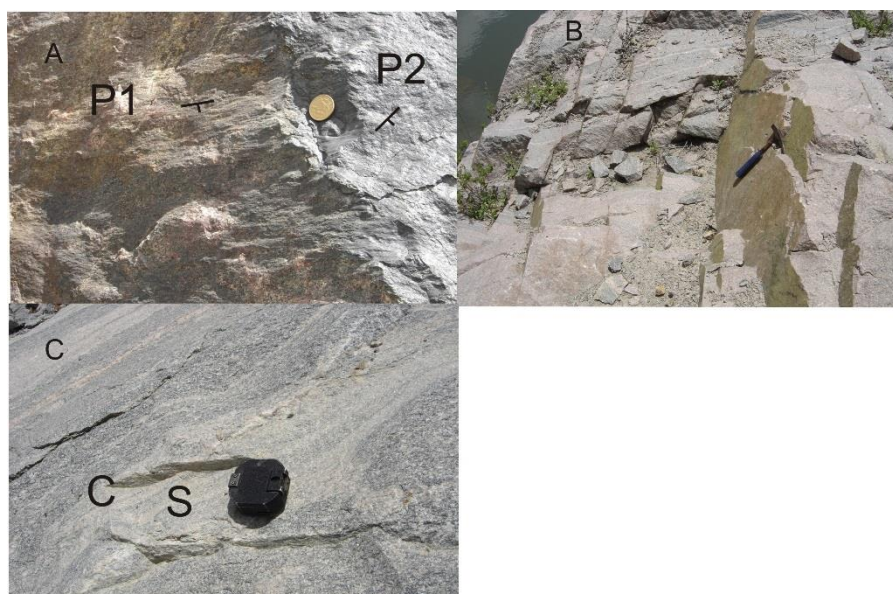


Figura 12. (A) Falha inversa (P2) cortando a foliação milonítica (P1). (B) Planos de fratura com desenvolvimento de epidoto secundário, perpendiculares à foliação milonítica. (C) Desenvolvimento de fraturas paralelas às superfícies C.

O diagrama de polos de fraturas mostra dois máximos: um com direção E-W e outro com direção NE-SW (Fig. 13). Pode-se especular que os primeiros correspondam a falhas sinistrais N-S e o segundo a fraturas de extensão NW-SE.

Esta inferência é corroborada pelo fato de algumas fraturas NW-SE apresentarem preenchimento de quartzo (Fig. 11a), indicando que são juntas e não fraturas de cisalhamento.

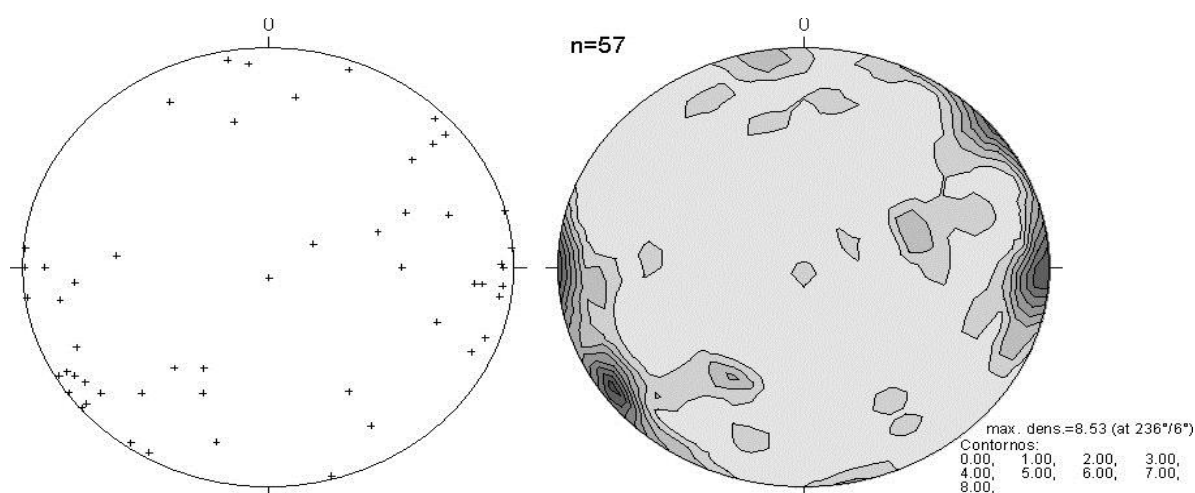


Figura 13. Diagrama de pólos e de frequência de fraturas ao longo da ZCPE.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os ângulos observados entre as fraturas e as falhas sinistrais, da ordem de 25° a 40°, sugerem que estas estruturas podem ser contemporâneas, com as primeiras correspondendo a fraturas de extensão (paralelas ao plano σ_1 - σ_2) e às segundas a fraturas de cisalhamento desenvolvidas em ângulo agudo com o esforço compressivo máximo. Caso esta inferência esteja correta, duas interpretações são possíveis. Na primeira, elas seriam o registro do estágio final da orogênese brasileira. Esta hipótese tem suporte na similaridade de orientação entre as falhas sinistrais e a das superfícies *C* ou *C'* associadas com as transcorrências sinistrais dúcteis descritas regionalmente (Neves e Vauchez, 1995; Silva et al., 2000; Neves et al., 2006a), juntamente com o caráter dúctil-rúptil de algumas falhas (Fig. 11d).

Na segunda hipótese, as fraturas seriam relacionadas à abertura mesozoica do Atlântico. Nesta hipótese, a forte obliquidade da ZCPE com a direção de propagação do rifte teria bloqueado temporariamente sua continuidade para norte, resultando em esforços compressivos com direção NNW-SSE. A possibilidade de interrupção na propagação do rifteamento já havia sido aventada por Szatamari e Milani (1999). Estes autores propuseram que isto teria induzido uma rotação anti-horária da microplaca Sergipe, produzindo, em consequência, a abertura da bacia do Jatobá e um grande empurrão entre Arcoverde e Taquaritinga do Norte. No entanto, em contraste com estes autores, os esforços resultantes não podem ter sido muito grandes, uma vez que estudos detalhados (p.ex., Neves et al., 2000) não revelaram a existência da falha de empurrão requerida pelo modelo. Isto indica que o esforço compressivo vertical deve ter sido σ_2 e

não σ_3 , consistente com a formação de juntas NW-SE (plano σ_1 - σ_2) e falhas sinistrais orientadas N-S.

Em síntese, os dados obtidos até o presente não indicam reativação rúptil em larga escala, ou mesmo numa escala local, da ZCPE durante o Cretáceo. Se ela teve algum papel na formação das bacias de Pernambuco e Paraíba, este deve ter sido passivo, ao impedir provisoriamente a continuidade do processo de rifteamento. Como conclusão mais geral, isto implica que nem sempre zonas de cisalhamento dúcteis são reativadas em eventos tectônicos subsequentes.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro do projeto ESTUDO GEODINÂMICO DAS BACIAS SEDIMENTARES ONSHORE TIPO RIFT DE ALAGOAS, SERGIPE E PERNAMBUCO, E DE SEUS EMBASAMENTOS CRISTALINOS, UFPE-PETROBRAS-FADE oordenado pelo Professor Dr. Mário Ferreira de Lima Filho do Departamento de Geologia da UFPE, pelo qual os autores expressam seus agradecimentos.

REFERÊNCIAS

- Archanjo, C.J., Hollanda, M.H.B.M., Rodrigues, S.W.O., Brito Neves, B.B., Armstrong, R., 2008. Fabrics of pre- and syntectonic granite plutons and chronology of shear zones in the Eastern Borborema Province, NE Brazil. *Journal of Structural Geology* 30, 310-326.
- Barbosa, J.A., 2007. A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal, NE do Brasil: Aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos. Tese de doutorado, Pós-graduação em Geociências, UFPE, 270 p.

- Holdsworth, R.E., 2004. Weak faults—rotten cores. *Science* 303, 181-182.
- Lima Filho, M.F., 1998. Análise estrutural e estratigráfica da Bacia Pernambuco. Tese de doutorado, Pós-graduação em Geociências, USP, 139 p.
- Neves, S.P., Vauchez, A., 1995. Magma emplacement and shear zone nucleation and development in Northeast Brazil (Fazenda Nova and Pernambuco shear zones, State of Pernambuco). *Journal of South America Earth Sciences* 8, 289-298.
- Neves, S.P., Mariano, G., 1999. Assessing the tectonic significance of a large-scale transcurrent shear zone system: the Pernambuco lineament, northeastern Brazil. *Journal of Structural Geology* 21(10), 1369-1383.
- Neves, S.P., Vauchez, A. and Feraud, G., 2000. Tectono-thermal evolution, magma emplacement, and shear zone development in the Caruaru area (Borborema Province, NE Brazil). *Precambrian Research* 99, 1-32.
- Neves, S.P., Mariano, G., Correia, P.B., Silva, J.M.R., 2006a. 70 m.y. of synorogenic plutonism in eastern Borborema Province (NE Brazil): temporal and kinematic constraints on the Brasiliano Orogeny. *Geodinamica Acta* 19, 213-237.
- Neves, S.P., Bruguier, O., Vauchez, A., Bosch, D., Silva, J.M.R., Mariano, G., 2006b. Timing of crust formation, deposition of supracrustal sequences, and Transamazonian and Brasiliano metamorphism in the East Pernambuco belt (Borborema Province, NE Brazil): Implications for western Gondwana assembly. *Precambrian Research* 149, 197-216.
- Silva, J.M.R., Mariano, G., 2000. Geometry and kinematics of the Afogados da Ingazeira shear zone, Northeast Brazil. *International Geology Review* 42, 86-95.
- Szatmari, P., Milani, E.J., 1999. Microplate rotation in northeast Brazil during South Atlantic rifting: analogies with the Sinai microplate. *Geology* 27, 1115-1118.
- Vauchez, A., Neves, S.P., Caby, R., Corsini, M., Egydio-Silva, M., Arthaud, M.H., Amaro, V., 1995. The Borborema shear zone system, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 8, 247-266.