

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

A DEFORMAÇÃO MARGINAL DO ALTO ESTRUTURAL DE ITABAIANA, SERGIPE

Gabriela Salomão Martins

Orientador: Prof. Dr. Claudio Riccomini

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

TF-2010/21

SÃO PAULO

2010

TF
M386
GS.d

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



A DEFORMAÇÃO MARGINAL DO ALTO ESTRUTURAL DE ITABAIANA, SERGIPE

Gabriela Salomão Martins *Gabriela S. Martins*

Orientador: Prof. Dr. Claudio Riccomini

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

TF-2010/21

DEDALUS - Acervo - IGC



30900028421

SÃO PAULO

2010

A verdade em ciência pode ser definida como a hipótese de trabalho melhor adequada para abrir caminho para uma próxima hipótese que seja melhor.

Konrad Lorenz
(médico e fisiologista austríaco)

AGRADECIMENTOS

A minha família: Claudete (mãe), João (pai), Paulo (avô), Dirce (avó), Valdete (tia), Sérgio (tio), Janete (tia), Natália (prima), Jorge Luís (primo), Valéria (tia) e Beto (tio), que incentivaram e apoiaram de todas as maneiras possíveis a realização do sonho de ser geóloga e sem os quais jamais teria alcançado este objetivo.

As minhas queridas amigas Tati, Michelin (Carolina), Promis (Katherine) e em especial aos meus amigos e irmãos de coração Fefo (Fernando) e Pentelho (Vinícius) e ao meu namorado Smurf (Felipe) que compartilharam comigo a maioria dos melhores e mais marcantes momentos de minha vida, dos quais jamais esquecerei.

Ao Prof. Dr. Claudio Riccomini que orientou este trabalho e contribuiu imensamente para a minha formação como geóloga.

Ao Prof. Dr. Antonio Romalino Santos Fragoso Cesar que foi meu orientador de iniciação científica por dois anos e contribuiu imensamente para minha formação como geóloga.

A Promis (Katherine) e Pentelho (Vinícius) novamente, pela especial ajuda com a confecção de figuras deste trabalho.

ÍNDICE

1. RESUMO	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUÇÃO	3
4. OBJETIVOS	4
5. TRABALHOS PRÉVIOS	4
6. MATERIAIS E MÉTODOS	7
7. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	7
8. RESULTADOS OBTIDOS	8
8.1 Domínio norte	8
8.2 Domínio Sudeste	12
8.3 Domínio Sudoeste	16
8.4 Geologia Estrtural	17
8.4.1 <i>Acamamento Sedimentar</i>	17
8.4.2 <i>Foliação</i>	17
8.4.3 <i>Lineação de crenulação</i>	17
8.4.4 <i>Zonas de cisalhamento</i>	17
8.4.5 <i>Veios</i>	17
8.4.6 <i>Diagramas de paleotensões</i>	23
9. INTERPRETAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	23
9.1 Acamamento	29
9.2 Foliação	29
9.3 Lineação de crenulação	29
9.4 Zonas de cisalhamento	29
9.5 Veios	30
9.6 Relação da deformação marginal ao AEI com o rift SergipeAlagoas	33

10. CONCLUSÕES _____ 33

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____ 35

1. RESUMO

O Alto Estrutural de Itabaiana (AEI) é uma feição aproximadamente elíptica com núcleo de gnaiss paleoproterozóico circundado por rochas metassedimentares neoproterozóicas do Cinturão Sergipano, delimitado pelos rifts mesozóicos Tucano, Jatobá e Sergipe-Alagoas. Localiza-se na porção central do Estado de Sergipe e, desde trabalhos pioneiros, é referido como Domo de Itabaiana.

A deformação marginal ao AEI, em trabalhos prévios, é sistematicamente considerada como compressiva, com suas bordas delimitadas por falhas inversas. Sua origem tem sido considerada núcleo antiformal ligado à tectônica neoproterozóica edificadora do Cinturão Sergipano.

Porém, os levantamentos geológicos e análise de dados estruturais de trabalhos anteriores, realizados neste estudo, apontam presença considerável de estruturas distensivas, tais como falhas normais (inclusive no contato entre o gnaiss e as rochas metassedimentares, anteriormente considerado como falha inversa), fraturas escalonadas, veios e falhas normais em regime rúptil-dúctil com formação de estruturas tipo dominó distensional.

A análise dos dados estruturais por domínios identificou estruturas de regime dúctil (foliação) com direção e mergulho constantes em todos os domínios ao redor do AEI, estruturas com direção mantida ao redor do AEI, mas com mergulhos para fora do alto (lineação de crenulação) e estruturas com direções circundantes ao AEI com mergulho para fora do alto (acamamento).

Isso indica que existe um tectonismo mais antigo, preservado de deformações mais jovens, e outro mais recente, distensivo, de caráter rúptil-dúctil, causador do basculamento do acamamento e da lineação de crenulação para fora do AEI e da geração de estruturas distensivas.

Este tectonismo mais recente provavelmente é responsável pelo soerguimento do AEI, dado por ascensão do corpo gnáissico em regime distensivo, o que é compatível com modelos de complexo de núcleo metamórfico.

Por comparação de estilos estruturais é possível sugerir que o tectonismo distensivo gerador do rift vizinho Sergipe-Alagoas é o mesmo que causou as estruturas distensivas e o soerguimento do AEI.

2. ABSTRACT

The Itabaiana Structural High (ISH) is an approximately elliptical feature with a Paleoproterozoic gneissic core surrounded by Neoproterozoic metasedimentary rocks of Sergipano Belt. It is also bordered by the Mesozoic Tucano, Jatobá and Sergipe-Alagoas rifts. It is located in the central portion of the State of Sergipe in northeast Brazil. Since the first studies the ISH is referred to as Itabaiana Dome.

The marginal deformation of the ISH is routinely regarded as compressive in previous studies, with their borders considered to be limited by reverse faults. It was considered an antiformal core linked to the Neoproterozoic tectonics of the Sergipano Belt.

In the present study a field geological survey combined with the analysis of structural data available in the literature allowed to recognize the presence of a conspicuous extensional deformation along the borders of the ISH. It includes normal faults - even that which forms the contact between the gneiss and metasedimentary rocks, previously considered as a reverse fault - spaced fractures, veins and normal faults in ductile-brittle shear zones, with extensional domino structures.

Structural analysis indicates that the foliation has the same direction and dip in all domains around the ISH, the crenulation lineation maintain the same direction around the ISH, but dips off the high, and the layering with direction surrounding the ISH and dipping off the high. Structural relationships indicate the presence of an older ductile deformation superimposed by a most recent ductile-brittle distensional one causing the changes in dipping of the layering and crenulation lineation off the ISH, and the generation of extensional structures.

This most recent tectonism is probably responsible for the uplift of the ISH, the Neoproterozoic gneissic rocks rising under an extensional regime, which is consistent with metamorphic core complexes models.

By comparison of structural styles, it is possible to suggest that extensional tectonism active along the borders and causing the uplift of the ISH was the same that generated the neighbor Sergipe -Alagoas basin.

3. INTRODUÇÃO

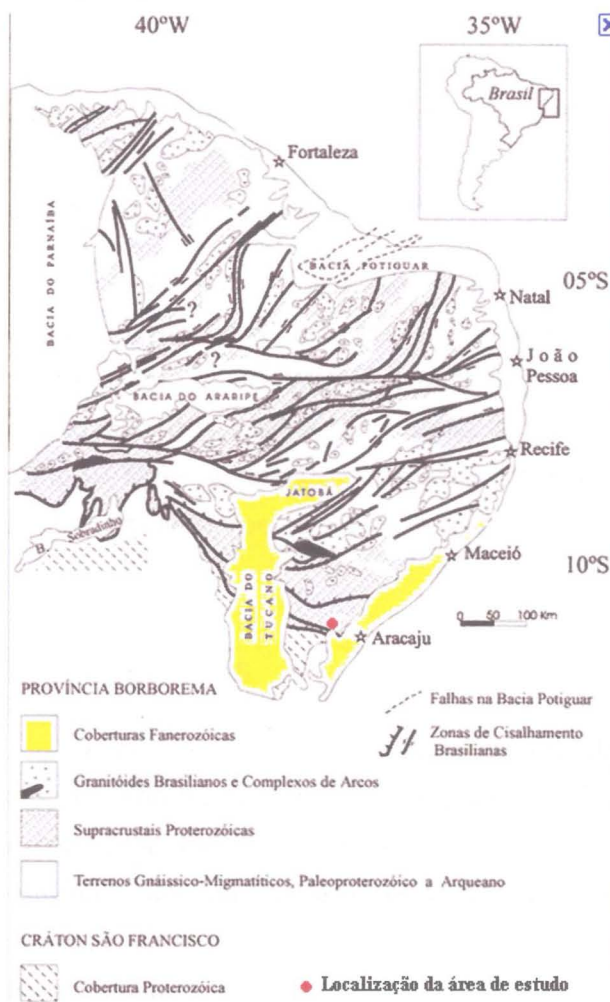


Figura 1: Localização da área de estudo em relação aos rifts Tucano, Jatobá e Sergipe/Alagoas.

O Alto Estrutural de Itabaiana (AEI), feição tectônica aproximadamente elíptica, com eixo maior na direção NE-SW, localiza-se na porção central do Estado de Sergipe. Este alto é cercado por rochas metamórficas da porção sul do Cinturão de Dobramentos Sergipano e delimitado pelos *rifts* mesozóicos de Tucano, a oeste, Jatobá, a norte, e Sergipe-Alagoas, a leste (Fig. 01).

O AEI tem sido referido como Domo de Itabaiana, desde o trabalho pioneiro de Humprey & Allard (1968), ainda que neste trabalho as estruturas que delimitam as bordas do AEI tenham sido interpretadas como falhas inversas. Posteriormente, foi considerado como um núcleo antiformal (D'el Rey Silva 1995). Na porção interior do AEI afloram rochas gnáissicas arqueanas e paleoproterozoicas que serviram de embasamento para cobertura metassedimentar neoproterozóica que

atualmente circunda a estrutura. Sua origem tem sido ligada à tectônica neoproterozóica responsável pela edificação do Cinturão Sergipano (D'el Rey Silva 1995, 1999).

Embora o quadro geológico-estrutural proposto para o AEI por Humprey & Allard (1968) tenha sido adotado em trabalhos posteriores, este não encontra suporte integral nos dados apresentados nos trabalhos prévios, o que acarretou em algumas incongruências com os modelos resultantes. Dentre essas, podem ser destacadas a presença frequente de falhas consideradas como inversas ou de empurrão que mostram abatimento da capa (Humprey & Allard 1969), e a alternância de vergência para o alto, indicada pela assimetria de dobras e deslizamento entre pacotes de quartzitos e filitos, ou contra o alto, sugerida pela existência de bandas de cisalhamento distensionais (D'el Rey Silva 1999). Estas situações parecem sugerir que as estruturas marginais ao AEI e relacionadas a um regime compressivo são, na verdade, falhas normais de baixo ângulo em regime rúptil-dúctil. Pelo fato da região onde se encontra o AEI estar situada entre três grandes corredores

distensionais mesozóicos (os rifts Tucano, Jatobá e Sergipe-Alagoas), seria de se esperar que este alto do embasamento guardasse, ao menos em parte, o registro do regime tectônico mesozóico.

Este retrospecto permite lançar a hipótese, a ser testada, de que as estruturas das vizinhanças do alto possam estar relacionadas à distensão mesozóica, ainda que em nível crustal mais profundo e, neste caso, o AEI poderia representar um complexo de núcleo metamórfico (e.g. Wernicke, 1985).

A realização deste estudo justifica-se pela relevância científica em se compreender o tectonismo, regime de esforços e cronologia relativa das estruturas marginais ao AEI. Esse quadro estrutural pode apresentar implicações e colocar novos paradigmas para a investigação dos efeitos, continente adentro, dos processos relacionados à abertura do Atlântico Sul. Justifica-se também pela potencial aplicabilidade destes estudos em prospecção de hidrocarbonetos nas regiões vizinhas.

4. OBJETIVOS

Para testar a hipótese inicial de trabalho citada anteriormente e obter uma melhor compreensão da deformação marginal ao AEI, os objetivos deste projeto são caracterizar a geometria, a cinemática e os prováveis campos de tensões atuantes na geração e eventual reativação das estruturas vizinhas ao AEI, além de buscar indicadores de nível crustal e organizar uma cronologia relativa, baseada em dados de campo, para as estruturas reconhecidas.

5. TRABALHOS PRÉVIOS

O AEI está localizado no Município de Itabaiana, centro do Estado de Sergipe (Fig. 1). Corresponde a um arqueamento alongado de direção NE com aproximadamente 45 km de comprimento no eixo maior e 30 km no menor (Humphrey & Allard 1969).

Seu núcleo expõe gnaisses de composição granodiorítica localmente intrudidos por rochas básicas, ultrabásicas e granitos deformados. Estas rochas possuem metamorfismo de fácies anfífolito e retrometamorfismo de fácies xisto verde. Sua idade é atribuída ao Arqueano/Paleoproterozóico (D'el Rey Silva 1995a). A esse núcleo mais antigo se sobrepõem rochas metassedimentares neoproterozóicas metamorizadas em fácies xisto verde, pertencentes aos grupos Miaba, Simão Dias e Vaza Barris, pertencentes, por sua vez, ao Cinturão de Dobramentos Sergipano (D'el Rey Silva 1995a, b, D'el Rey Silva 1999).

O terreno metamórfico onde se situa o AEI é limitado por bacias *rift* cretáceas geradas na abertura do Oceano Atlântico Sul, sendo balizado a leste pela Bacia de Sergipe-Alagoas, que corresponde a um semi-graben alongado paralelamente à costa (Mello *et al.*

1994), e a oeste e norte, respectivamente, pelas sub-bacias Tucano e Jatobá. Estas, juntamente com a sub-bacia do Recôncavo, perfazem um sistema de semi-grabens articulados orientados nas direções N-S e NE-SW (Destro 2002). As rochas da região em questão provavelmente correspondem ao embasamento dessas bacias, como já foi constatado em furos de sondagem para prospecção de petróleo (Humphrey & Allard 1969).

A região do AEI fez parte de várias campanhas de levantamento geológico para treinamento de geólogos da Petrobrás, que culminaram com a publicação de um mapa geológico em escala de semi-detalle (Humphrey & Allard 1969) além de outros trabalhos científicos (Humphrey & Allard 1968, Allard 1969). Também foi alvo de vários trabalhos relacionados à geologia pré-cambriana, sobretudo a evolução do Cinturão Sergipano, dentre os quais se destacam os de Davison & Santos (1989), D'el Rey Silva (1995a, b), D'el Rey Silva (1999), D'el Rey Silva & McClay (1995), entre outros, mas que raramente procuram a origem dos domos do embasamento (D'el Rey Silva (1995b).

A área ao redor do AEI expõe toda a coluna estratigráfica da parte sul do Cinturão de Dobramentos Sergipano, desde o embasamento arqueano-paleoproterozóico, até as rochas metassedimentares neoproterozóicas. O empilhamento estratigráfico de seções geológicas levantadas ao redor da estrutura, apresentadas em D'el Rey Silva (1995a, b), exceto algumas descrições litológicas de Humphrey & Allard (1969) e Santos et al. (1988). D'el Rey Silva (1995a, b) permitiu a subdivisão das rochas da região nos grupos Miaba (formações Itabaiana, Ribeirópolis e Jacoca), Simão Dias (formações Lagarto-Palmares, Jacaré e Frei Paulo) e Vaza-Barris (formações Palestina e Olhos D'água).

A Formação Itabaiana circunda a maior parte do AEI formando serras proeminentes. Corresponde em sua maior parte a quartzitos de granulação fina a média, com estratificação cruzada planar. Na base ocorrem quartzitos conglomeráticos com clastos de gnaiss, no topo meta-argilitos e metassiltitos ou lentes de quartzitos conglomeráticos. Em algumas seções os quartzitos são micáceos e intercalam-se a camadas arcossianas e a filitos (D'el Rey Silva 1995a). A Formação Ribeirópolis recobre a Formação Itabaiana em contato gradual, exceto em uma localidade na margem oeste do AEI, onde o contato é cisalhado. É composta por filitos, filitos seixosos (D'el Rey Silva 1995a), e em alguns locais por metaconglomerados e rochas metavulcânicas intermediárias (Santos et al. 1988). A Formação Jacoca sobrepõe-se à Formação Ribeirópolis e é constituída por metadolomitos e metarritmitos, os quais intercalam carbonatos, siltitos e chert (Humphrey & Allard 1969). No flanco oeste do AEI a Formação Jacoca recobre a Formação Itabaiana em discordância erosiva. A Formação Lagarto-Palmares aflora principalmente na parte sul do alto, sobreposta em discordância à Formação Jacoca. Sua porção basal compreende meta-argilitos e metassiltitos com lentes de meta-arenito, sua porção intermediária é dominada por meta-arenitos de granulação fina a média com laminação plano paralela e marcas onduladas. A porção superior, além de meta-arenitos de granulação fina a média, possui meta-arenitos arcossianos e meta-arenitos líticos de granulação mais grossa. As porções basal e intermediária são interdigitadas lateralmente com a porção superior (D'el Rey Silva

1995a,b). A Formação Jacaré consiste de metassiltitos e intercalações métricas de meta-arenitos e está aparentemente sobreposta em contato gradual com a Formação Lagarto-Palmares (D'el Rey Silva 1995a). A Formação Frei Paulo é composta por intercalações de filitos, meta-arenitos arcossianos, metacalcários e metagrauvacas e no flanco leste do AEI ocorrem intercalações de rochas metavulcânicas intermediárias (D'el Rey Silva 1995a, b). A Formação Palestina, sobreposta à Formação Frei Paulo em discordância erosiva, aflora nos flancos leste e oeste do AEI. É formada por metadiamicititos, filitos seixosos, subordinadamente filitos e lentes de quartzito (Humphrey & Allard 1969). Essas rochas possuem clastos de gnaiss e rochas metacarbonáticas, além de clastos de quartzito e meta-arenito, que localmente são atribuídos às formações Itabaiana e Lagarto-Palmares (D'el Rey Silva 1995a). Por fim, a Formação Olhos D'água, formada por rochas metacarbonáticas laminadas, metacalcários oolíticos e metarritmitos que intercalam carbonatos e silte, recobre os metadiamicititos da Formação Palestina (D'el Rey Silva 1995a, b).

Nos trabalhos pioneiros (Humphrey & Allard 1968, 1969) o AEI apresenta contatos laterais por falhas de empurrão, que circundam sobretudo o flanco oeste da estrutura. Esses empurrões teriam promovido o “cavalgamento” das rochas do Grupo Vaza-Barris ora sobre o Grupo Miaba, ora sobre o embasamento gnáissico.

Mais recentemente D'el Rey Silva (1995a, b) descreveu diversas seções nas bordas do AEI, procurando caracterizar o contato entre o embasamento gnáissico e a cobertura metassedimentar. O autor argumenta que geralmente a Formação Itabaiana recobre os gnaisses do embasamento por zonas de cisalhamento, exceto no flanco leste da estrutura, onde o contato é indeformado e os metassedimentos recobrem o gnaiss por discordância erosiva. No flanco leste do AEI, o gnaiss basal e os quartzitos Itabaiana são seccionados por falhas transcorrentes, em geral sinistrais. Na borda norte os quartzitos Itabaiana são afetados por dobras isoclinais com vergência tectônica para SSW, e seções delgadas nessa localidade apresentam foliação milonítica e bandas de cisalhamento indicando transporte de topo para sul. Na porção oeste do alto estrutural, próximo ao Município de Macambira, os quartzitos da Formação Itabaiana ocorrem sobrepostos a filonitos derivados do embasamento, onde feições estruturais (bandas de cisalhamento pervasivas e dobras assimétricas de pequena escala) indicam movimento distensional de topo para WNW. Ainda no flanco oeste da estrutura, o contato entre as Formações Itabaiana e Ribeirópolis também se dá por zona de cisalhamento. Indicadores cinemáticos (dobras de arrasto próximas à zona de cisalhamento, clastos sigmoidais e dobras assimétricas) evidenciam transporte de topo para ESE, contrário ao inferido para o contato entre os gnaisses do embasamento e a Formação Itabaiana. Na parte sul do AEI o contato cisalhado entre os gnaisses e quartzitos Itabaiana é afetado por dobras assimétricas com vergência para SSW, associadas a pequenos empurrões com transporte de topo para sul (D'el Rey Silva 1995a, b).

D'el Rey Silva (1995b) atribui a gênese do AEI à tectônica neoproterozóica do Cinturão de Dobramentos Sergipano. Em suma, o modelo propõe que os grupos Miaba,

Simão Dias e Vaza-Barris teriam sido depositados em uma bacia rift, recoberta por uma margem passiva proterozóica e que, posteriormente, foi invertida por compressão resultante da Orogênese Brasileira. Para esse autor, a orogênese além de superimpor metamorfismo de fácies xisto verde ao pacote sedimentar, teria gerado uma série de dobras e falhas inversas com vergência para sul. Essas falhas corresponderiam a antigas falhas normais reativadas. Nessa concepção, o AEI representaria um núcleo de uma antiforma gerada na inversão da bacia e esta teria sido exposta por erosão subsequente.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

O método de trabalho consistiu no levantamento de afloramentos na região das bordas do AEI e na região da bacia sedimentar mesozóica Sergipe-Alagoas, cadastramento e análise de dados estruturais obtidos em campo e em trabalhos anteriores (*e.g.* Humphrey & Allard, 1969) e, posteriormente, organização e análise destes dados, sempre aliados a pesquisa bibliográfica.

O trabalho de campo para levantamento geológico-estrutural teve duração de uma semana e foram descritos 24 afloramentos espalhados nas bordas do AEI, nas localidades de Macambira, Campo do Brito, Moita Bonita, Ribeirópolis, Frei Paulo, Capunga, povoado Cana Brava, povoado Alecrim, povoado Ribeira, povoado Garangau, entre outros, além de afloramentos da Bacia Sergipe-Alagoas que foram descritos próximo à localidade de Riachuelo.

Para os levantamentos de campo foram utilizados equipamentos convencionais, tais como bússola tipo Clar, martelo, lupa, GPS e câmera fotográfica.

Além dos dados estruturais obtidos em campo, foram também utilizadas 712 atitudes de falhas, fraturas e lineações recuperadas manualmente (com auxílio de transferidor) a partir do mapa geológico de Humphrey & Allard (1969).

Toda a base de dados foi inserida em softwares de georreferenciamento/confecção de mapas (ArcGIS), geração de projeções estereográficas (Stereo-32) e de análise de paleotensões (T-Tecto, desenvolvido por Žalohar & Vrabec, 2007).

Uma vez os dados organizados, foram gerados mapas de localização de afloramentos sobre modelo digital de terreno, mapa geológico base simplificado de Humphrey & Allard (1969), representação da área de estudo em domínios estruturais distintos, mapa geológico-estrutural, estereogramas e diagramas de paleotensões.

7. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Os trabalhos desenvolvidos para esta monografia foram pesquisa bibliográfica, trabalho de campo, análise de dados, integração e interpretação de dados e elaboração de relatórios, que seguiram o cronograma da Tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Cronograma de atividades

Atividades	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Elaboração do projeto inicial										
Pesquisa bibliográfica										
Trabalhos de campo										
Análise dos dados de campo										
Elaboração relatório de progresso										
Integração/interpretação de dados										
Conclusão da monografia										
Apresentação										

8. RESULTADOS OBTIDOS

Como citado anteriormente, foram descritos 24 afloramentos durante o trabalho de campo, localizados nas bordas do AEI e na Bacia Sergipe-Alagoas (Fig. 2). Estes afloramentos e as estruturas neles presentes foram analisados por domínios estruturais homogêneos em torno do AEI (Fig. 3). A divisão dos domínios foi feita considerando-se o gnaissae aflorante no interior do AEI como um corpo rígido, que serviu de anteparo às deformações sofridas pelas rochas vizinhas, sendo que cada “lado” do corpo gnáissico, de forma aproximadamente triangular, foi considerado como um domínio estrutural homogêneo. Os domínios estruturais foram genericamente denominados de: **domínio norte**, **domínio sudeste** e **domínio sudoeste**, fazendo alusão à localização destes em relação ao corpo gnáissico central.

8.1. Domínio Norte

Neste domínio o gnaissae do interior do AEI está em contato direto tanto com rochas tanto do Grupo Miaba, quanto do Grupo Vaza-Barris. As rochas do Grupo Miaba, neste caso, são predominantemente representadas pela Formação Itabaiana composta por quartzitos de muito baixo grau metamórfico (Figs. 4a, b) e as rochas do Grupo Vaza-Barris são representadas por filitos, sericita-xistos finos (Fig. 4c) e ritmitos compostos por finas camadas alternadas de pelito e calcário (Fig. 4d).

O contato entre estas rochas metassedimentares do Cinturão Sergipano com o gnaissae pôde ser observado no afloramento AEI-03, localizado na estrada entre Ribeirópolis e Moita Bonita, onde o quartzito da Formação Itabaiana está sobre o gnaissae em contato dado por falha normal, indicado por arrasto registrado em veio de quartzo leitoso. O plano de falha do contato mergulha para norte com mergulho de cerca de 60°. Este afloramento coincide com local onde está representado o mesmo contato, porém por empurrão, no mapa de Humphrey & Allard (1969).

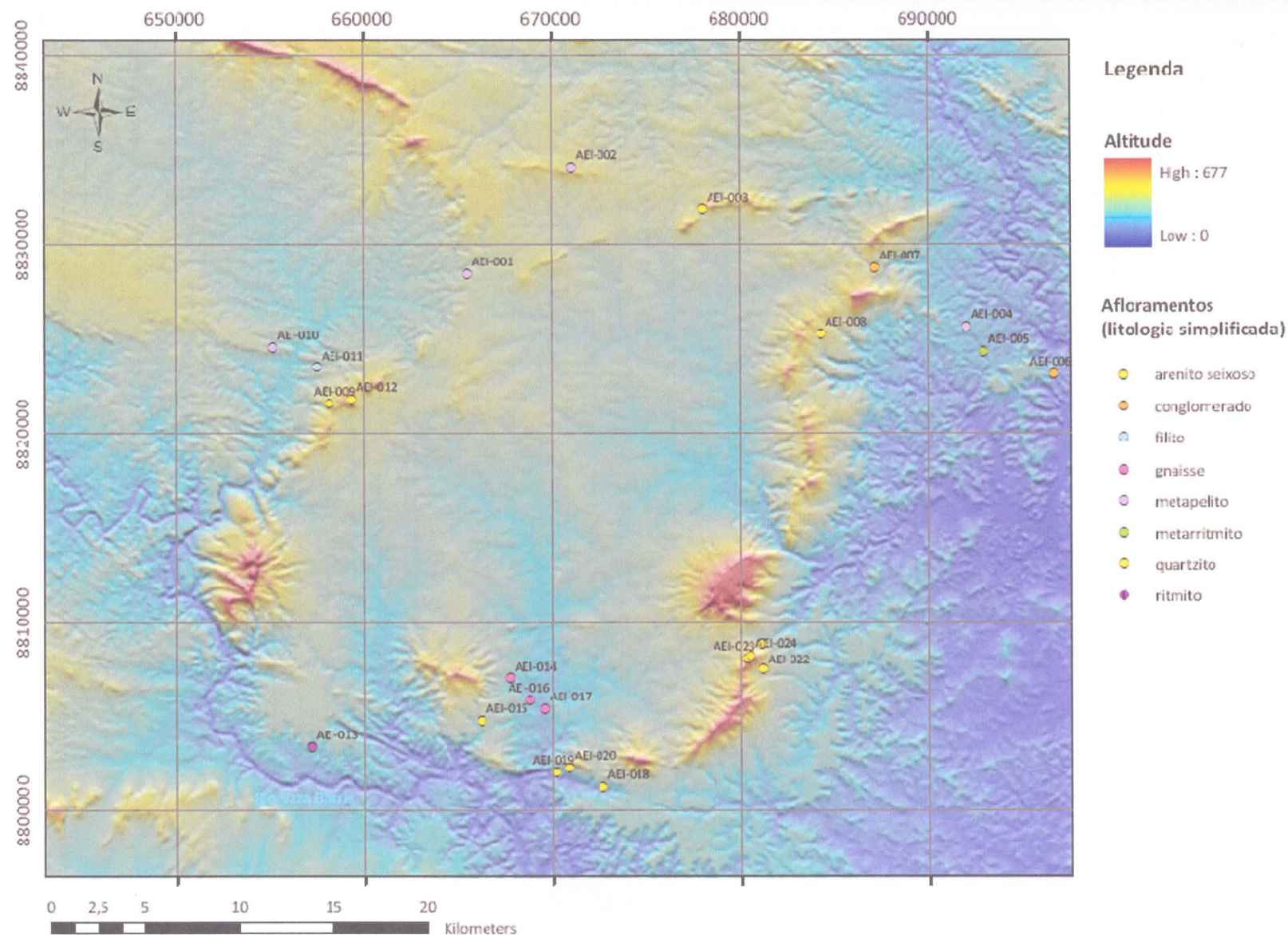


Figura 2: Modelo digital de terreno da área em estudo, gerado a partir de imagens SRTM obtidas em Miranda (2005) e localização dos afloramentos visitados

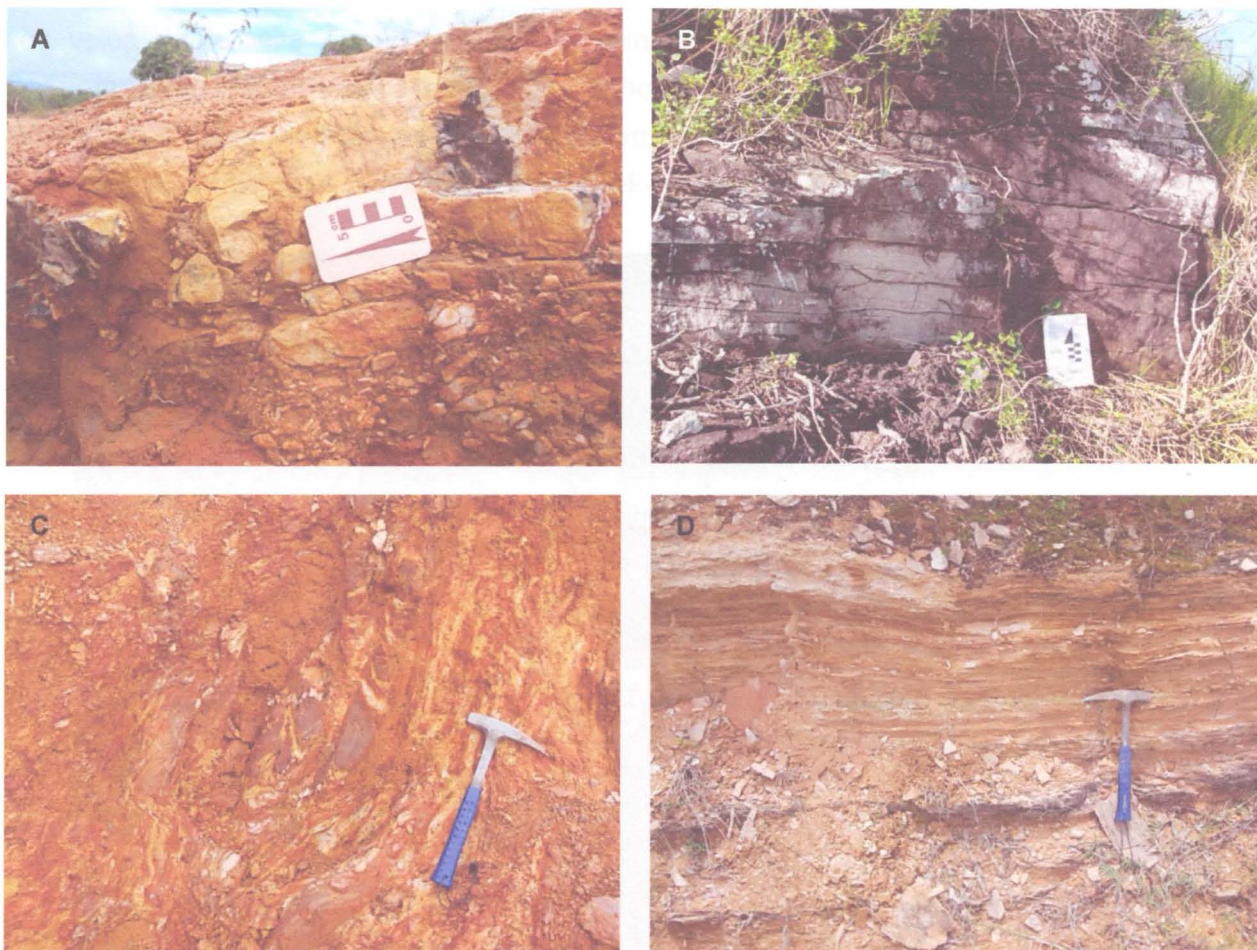


Figura 4: Principais tipos de rochas presentes no domínio norte. (A) Quartzito da Formação Itabaiana, Grupo Miaba; (B) Quartzito da Formação Itabaiana, Grupo Miaba; (C) Sericita-xisto fino do Grupo Vaza-Barris; (D) Ritmito (camadas alternadas de pelito e calcário) do Grupo Vaza-Barris.

O quartzito da Formação Itabaiana inclui frequentemente veios de quartzo leitoso com espessuras variáveis entre 0,2 e 6,0 cm e cerca de 10 cm de comprimento. Embora as relações angulares entre os veios sugiram caráter conjugado, é possível identificar relações de corte, as quais, por sua vez, permitem identificar 3 gerações distintas de veios (Fig. 5). Estas gerações de veios podem ser assim descritas:

1. veios de espessura de 0,2 e direção aproximadamente E-W, subverticais;
2. veios de espessura de 0,5 a 1,0 cm e direção aproximadamente ENE-WSW, subverticais;
3. veios de espessura de 3,0 a 6,0 cm e direção aproximadamente NE-SW, subverticais.

Os veios das gerações 2 e 3 estão associados a preenchimento de planos de falha, pois além de cortar, deslocam as gerações anteriores. A segunda geração desloca a terceira obliquamente (componentes de rejeito dextral e normal). O plano de falha associado

aos veios da terceira geração é vertical com componente de movimentação sinistral. Ocorrem ainda fraturas relacionadas ao plano de falha, que confirmam o sentido de movimento. Os veios indicam esforços distensivos, pois apresentam preenchimento sintaxial de turmalina, com cristais provavelmente paralelos à direção de σ_3 .

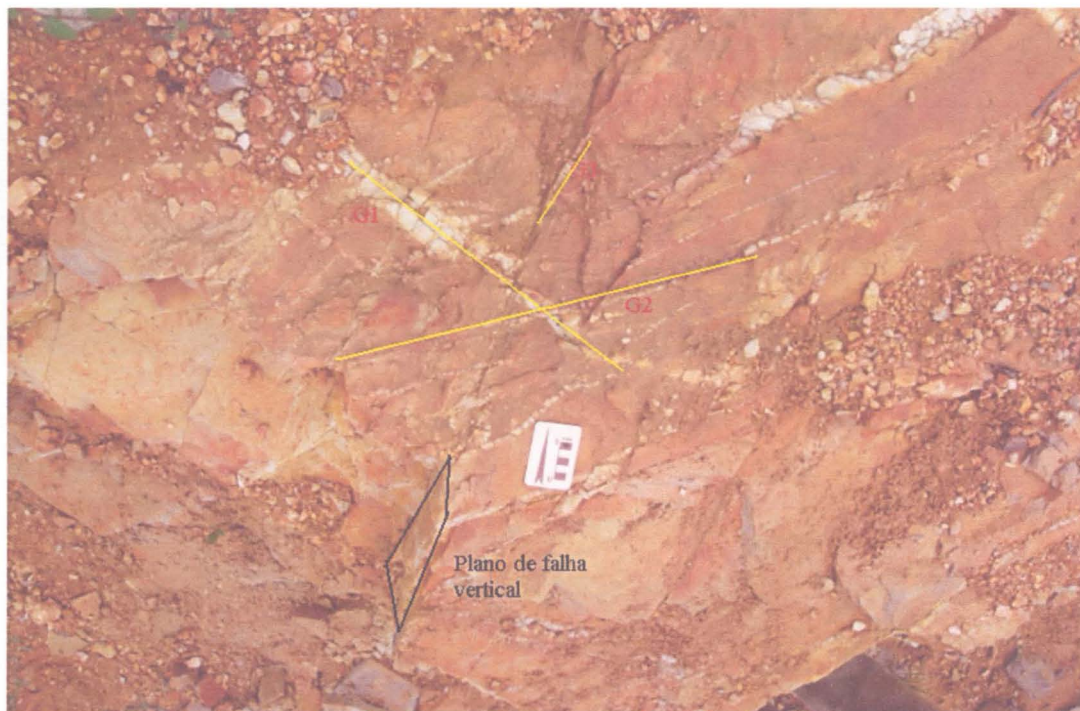


Figura 5: Visão em planta das três gerações de veios, representadas por G1, G2 e G3.

No domínio norte ocorrem ainda filitos, ritmitos e sericita-xistos com foliação crenulada e cortados por fraturas e veios de quartzo leitoso.

8.2 Domínio Sudeste

No domínio sudeste predominam rochas do Grupo Miaba em relação a rochas do Grupo Vaza-Barris. O Grupo Miaba aflora em uma faixa praticamente contínua de cerca de 2 km ao redor do domo gnáissico, compreendendo quartzitos da Formação Itabaiana, metaconglomerados, arenitos com estratificações cruzadas, metarritmitos e sericita-xistos. As rochas do Grupo Vaza-Barris praticamente não afloram neste domínio e devem estar cobertas por sedimentos quaternários que possuem grande ocorrência no local.

Na região do povoado de Cana Brava, a cerca de 5 km da cidade de Borda da Mata, um longo afloramento de sericita-xistos em corte de estrada apresenta um conjunto de zonas de cisalhamento normais com mergulhos subverticais geradas em regime dúctil-rúptil, formando estrutura tipo dominó distensional (Figs. 6 e 7). As zonas de cisalhamento individualizam blocos de cerca de 1,5 m de largura. Na região das bordas das falhas, a foliação da rocha é deformada e gera um arrasto que mostra movimentação normal da falha.

Cerca de 2 km após o povoado de Cana Brava, seguindo no sentido de Riachuelo, ocorre ritmito fino de camadas de 2 a 5 mm de espessura. Neste local ocorrem falhas normais de médio ângulo cortadas por falhas normais de baixo ângulo com superfície horizontalizada (Figs. 8 e 9).



Figura 6: Mosaico fotográfico do afloramento AEI-004, no qual ocorrem estruturas tipo dominó distensional.

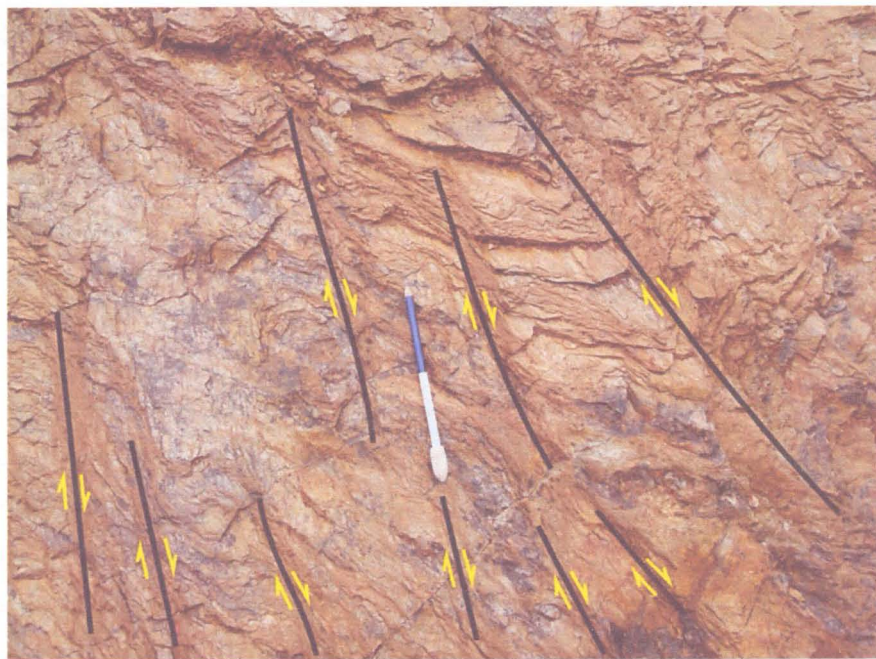


Figura 7: Detalhe da foliação cortada pelas falhas normais gerando arrasto nas camadas.

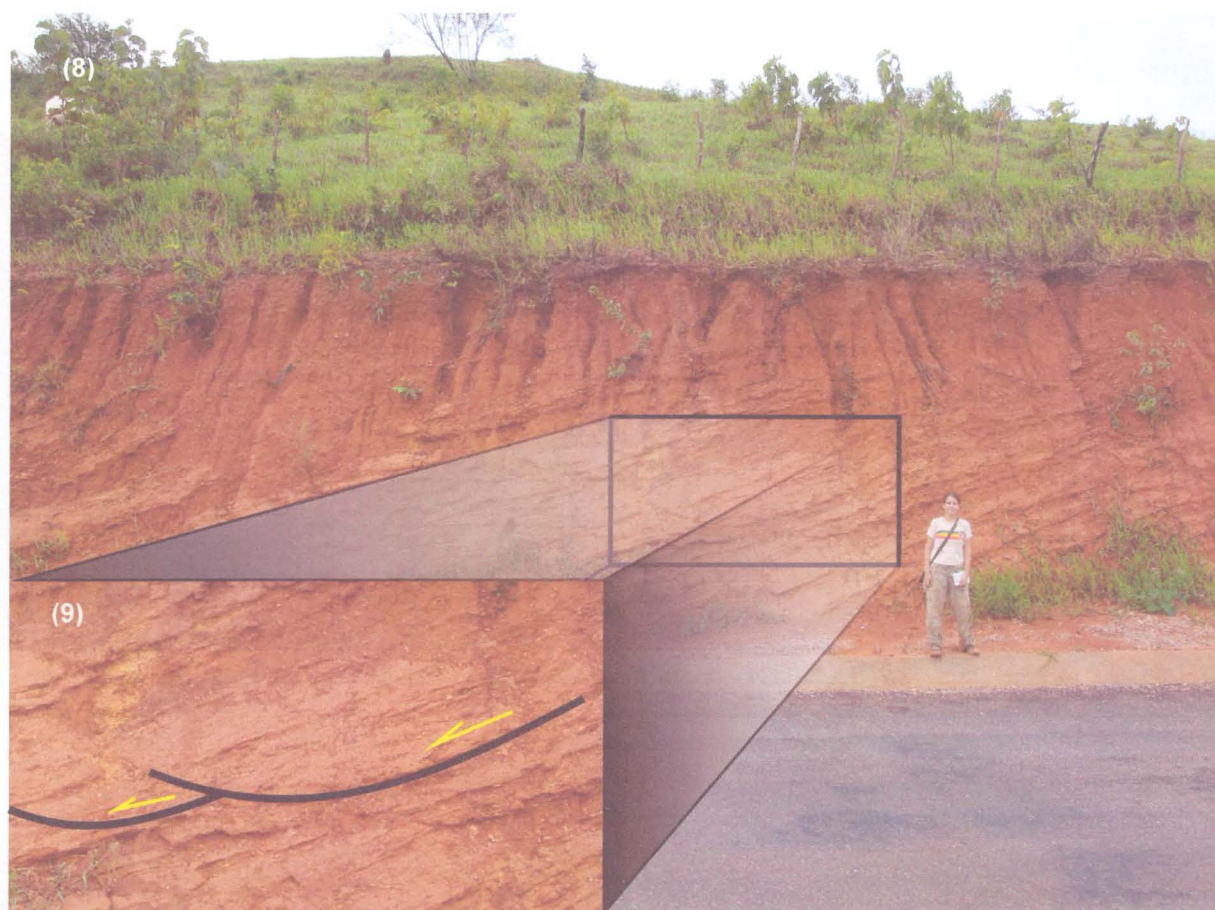


Figura 8: Visão geral de afloramento de ritmito com falhas normais de baixo ângulo.

Figura 9: Detalhe de falhas normais de baixo ângulo em afloramento de ritmitos.

Estes afloramentos com falhas normais de baixo ângulo estão bem próximos ao contato do Cinturão Sergipano com a Bacia Sergipe-Alagoas.

Neste domínio ocorrem ainda arenitos com estratificações cruzadas de grande porte com acamamento mergulhando para SE (mergulho para fora do domo gnáissico) e diversos afloramentos de quartzitos. Em um dos afloramentos de quartzitos pode ser observado o contato com o gnaiss, dado por falha com direção de movimento ortogonal ao AEI. Nos quartzitos também é comum a presença de fraturas de distensão escalonadas, que ocorrem em faixas contínuas de até 2 m. Estas faixas de fraturas escalonadas são zonas de cisalhamento rúpteis de movimentação sinistral com σ_1 paralelo e σ_3 perpendicular às fraturas (Figs. 10 e 11). Ainda nos quartzitos ocorrem fraturas conjugadas e veios associados a deslocamentos sinistrais (Figs. 12 e 13).

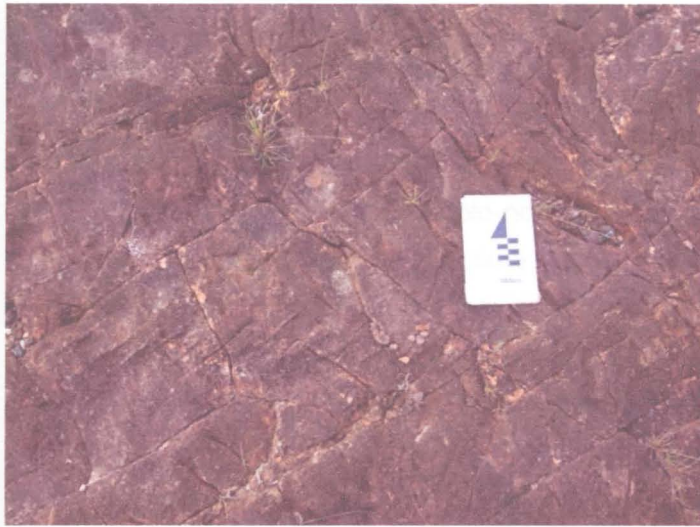


Figura 10: Zona de cisalhamento rúptil com fraturas escalonadas.

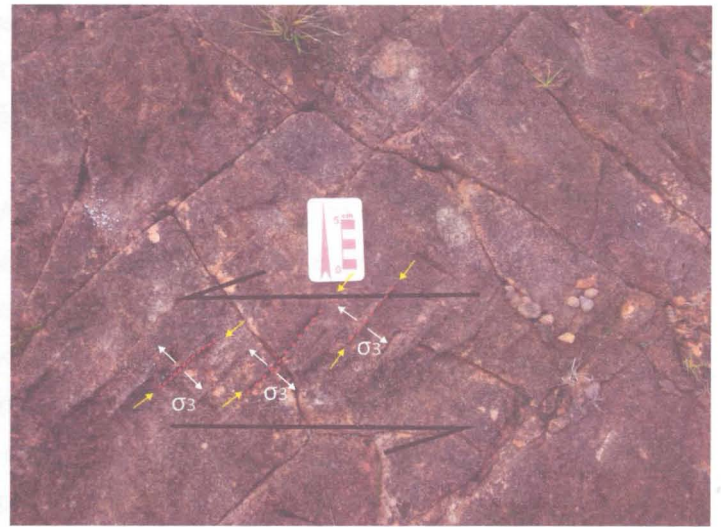


Figura 11: Zona de cisalhamento rúptil com fraturas escalonadas e direção de cisalhamento (linha em preto), direção de σ_3 (setas brancas) e direção de σ_1 (setas amarelas).

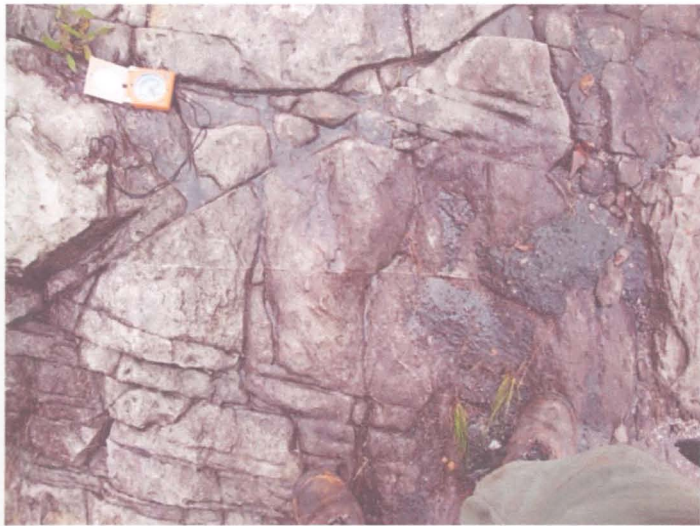


Figura 12: Fraturas conjugadas em quartzito.

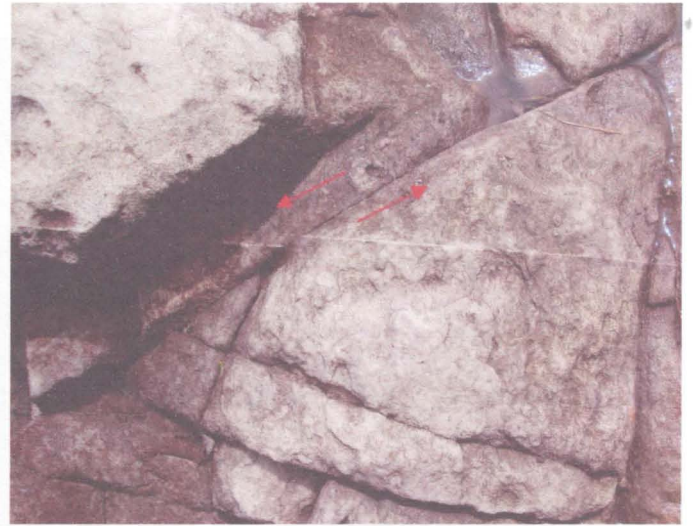


Figura 13: Detalhe de fraturas conjugadas em quartzito com veio de quartzo leitoso deslocado sinistralmente.

8.3 Domínio Sudoeste

No domínio sudeste aflora estreita faixa de rochas do Grupo Miaba e predominam rochas do Grupo Vaza-Barris, além de extensa cobertura cenozóica representada por depósitos de tálus. Entre as rochas do Grupo Miaba se encontram quartzitos muito recristalizados sem estruturas aparentes. Já nas rochas do Grupo Vaza-Barris, neste domínio representadas principalmente por metarritmitos, são encontradas diversas estruturas, como por exemplo no afloramento AEI-013, a cerca de 700 m da entrada de São Domingos em corte de estrada. Neste afloramento o acamamento é predominantemente vertical afetado por dobras de comprimento de onda de cerca de 3 m e amplitude de 1 m, com plano axial vertical sem vergência, não homoclinal. Associada a estas dobras maiores ocorrem dobras parasitas devido à baixa competência do material. É importante salientar que estas dobras não apresentam vergência contra o alto, como seria de esperar em um regime compressivo em torno do AEI. Sobrepondo às dobras ocorrem diversas séries de fraturas de distensão escalonadas (Fig. 14) indicando zonas de cisalhamento em regime rúptil e bem mais raso do que o regime tectônico que gerou as dobras neste afloramento. Do mesmo modo que em afloramentos do domínio sudeste, aqui σ_1 é paralelo às fraturas de distensão e σ_3 é perpendicular a estas.

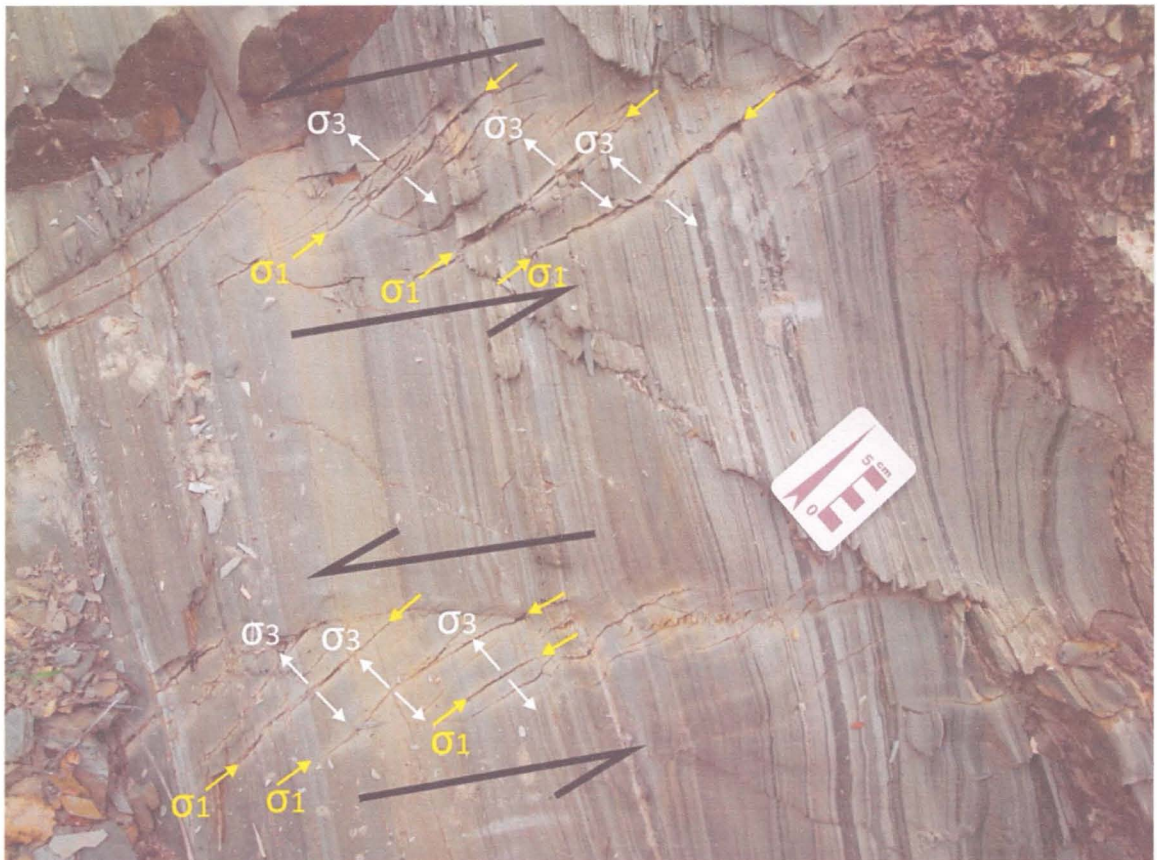


Figura 14: Zonas de cisalhamento em regime rúptil com fraturas escalonadas.

8.4 Geologia Estrutural

Como citado anteriormente, as vizinhanças do AEI foram divididas em domínios estruturais homogêneos e cada tipo de estrutura de cada domínio foi analisada separadamente, sempre somando os dados obtidos em campo e os dados recuperados de trabalho prévio.

8.4.1 *Acamamento sedimentar*

O acamamento sedimentar apresenta atitudes diferentes em cada domínio estrutural. No domínio norte o acamamento mergulha para NW, enquanto no domínio sudeste mergulha para SE e no domínio sudoeste mergulha para WSW, conforme mostram as projeções estereográficas da Fig. 15.

8.4.2 *Foliação*

A foliação presente nas rochas de todos os domínios estruturais mergulha preferencialmente para NE, não apresentando mudanças significativas de um domínio para o outro, conforme mostram as projeções estereográficas da Fig. 16.

8.4.3 *Lineação de crenulação*

As atitudes de lineação de crenulação mostram comportamento diferenciado em cada domínio estrutural. No domínio norte as atitudes de lineação de crenulação apresentam caimento predominante para NW, no domínio sudeste apresentam caimento predominante para SE e no domínio sudoeste apresentam caimento tanto para NW como para SE (Fig. 17).

8.4.4 *Zonas de cisalhamento*

As zonas de cisalhamento possuem mergulho para predominantemente para NE nos domínios norte e sudoeste e mergulho para E e S no domínio sudeste (Fig. 18).

8.4.5 *Veios*

Apesar de terem sido identificadas mais de uma geração de veios em alguns afloramentos, a maioria destes possui a mesma direção NE-SW, com mergulho variando para NW e SE em todos os domínios estruturais (Fig. 19).

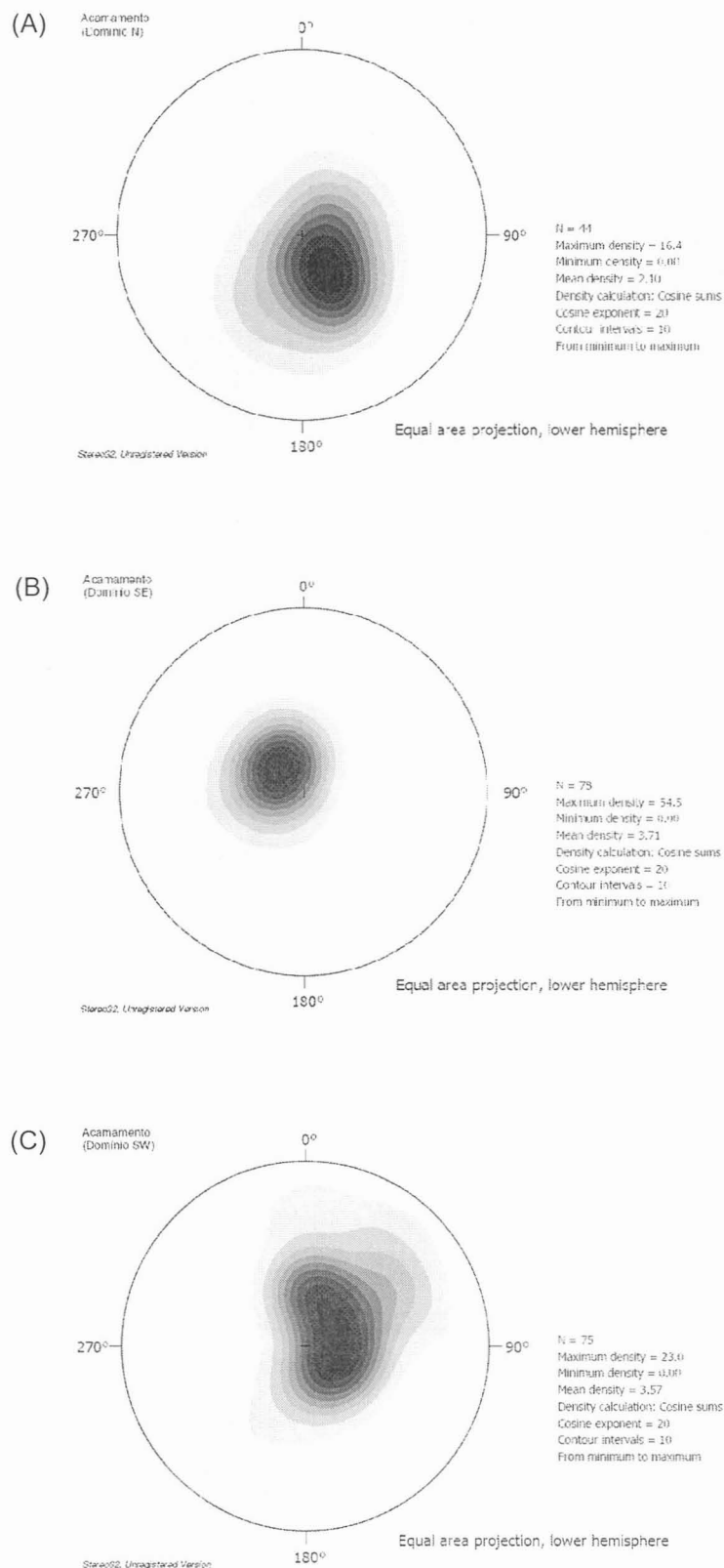


Figura 15: Projeções estereográficas para o acamamento sedimentar nos domínios estruturais. (A) Acamamento sedimentar no domínio norte, (B) Acamamento sedimentar no domínio sudeste, (C) Acamamento sedimentar no domínio sudoeste.

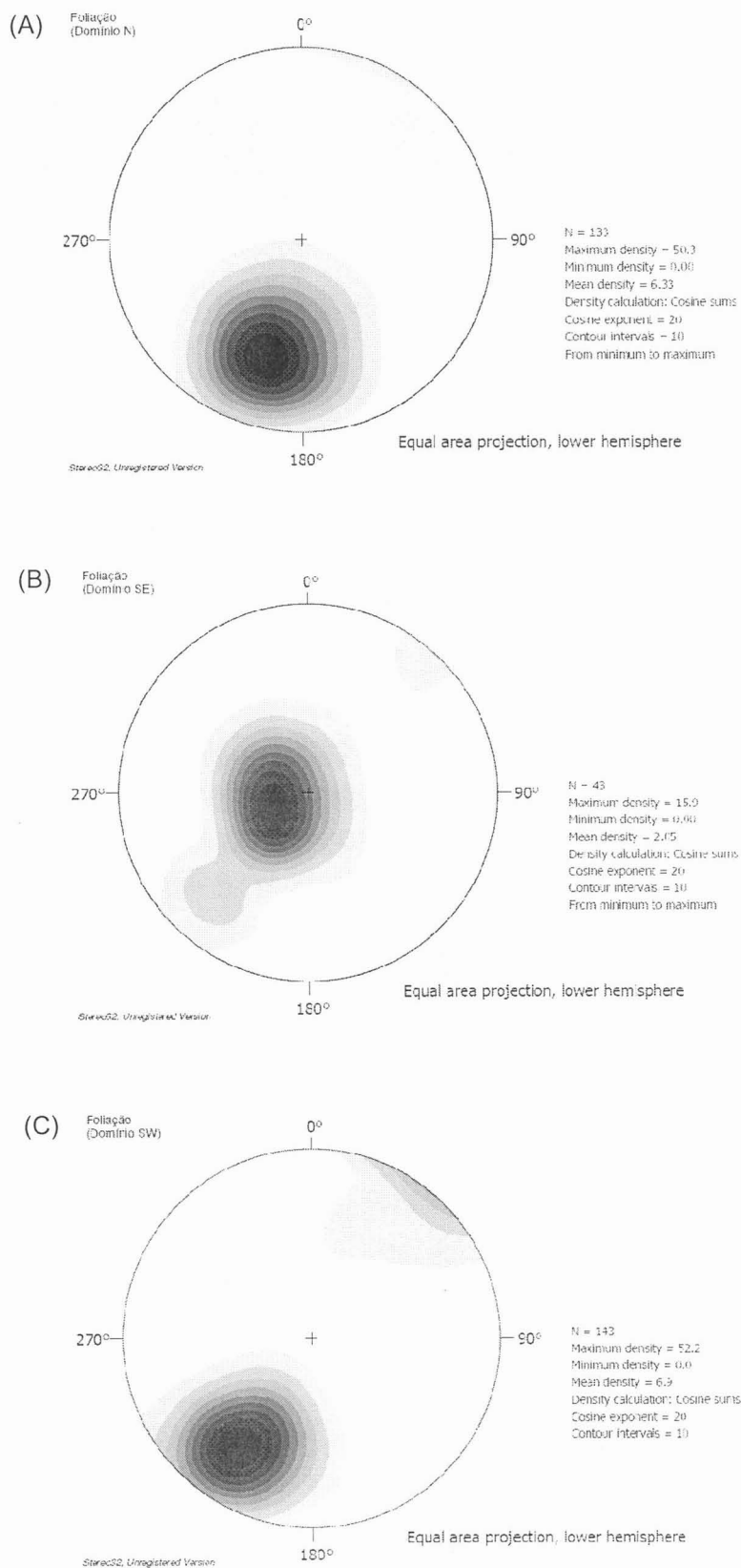


Figura 16: Projeções estereográficas para foliação nos domínios estruturais. Em todos os domínios a foliação mergulha predominantemente para NE, variando um pouco no ângulo de mergulho. (A) Foliação no domínio norte, (B) Foliação no domínio sudeste, (C) Foliação no domínio sudoeste.

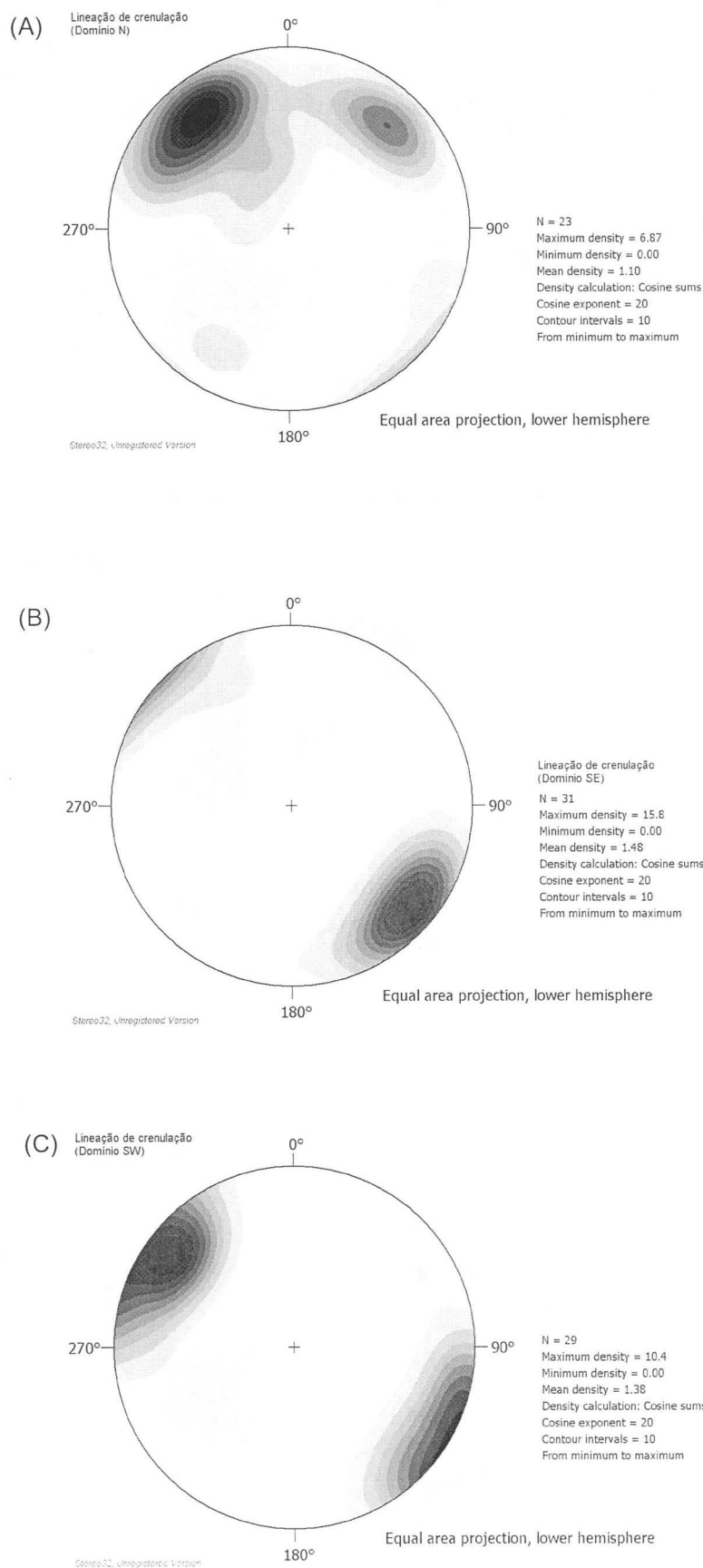


Figura 17: Projeções estereográficas para lineação de crenulação nos domínios estruturais. (A) Lineação de crenulação no domínio norte, com mergulho predominante para NW, (B) Lineação de crenulação no domínio sudeste, com mergulho predominante para SE, (C) Lineação de crenulação no domínio sudoeste, com mergulho para NW e SE.

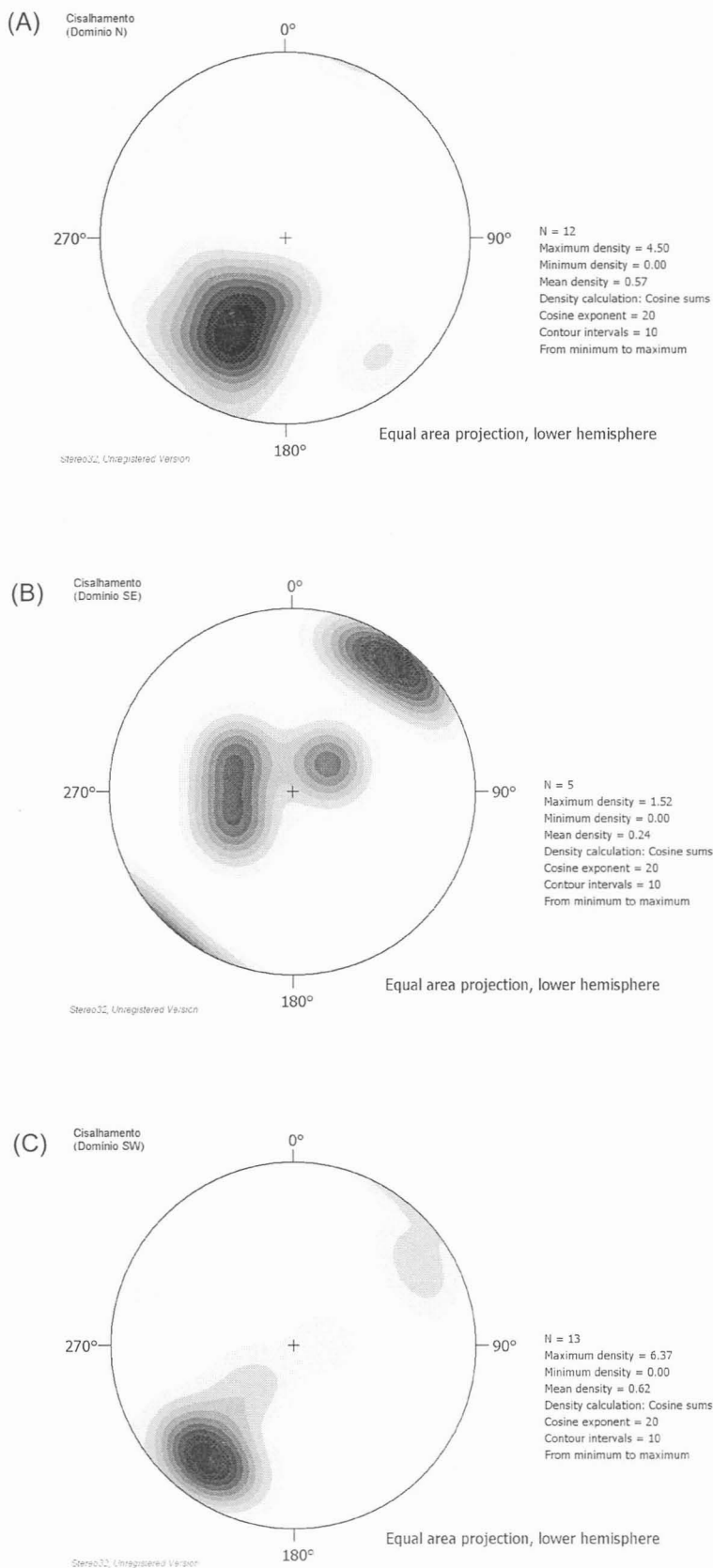


Figura 18: Projeções estereográficas para atitudes de zonas de cisalhamento nos domínios estruturais. (A) Zonas de cisalhamento no domínio norte com mergulho para NE, (B) Zonas de cisalhamento no domínio sudeste com mergulho para E e S, (C) Zonas de cisalhamento no domínio sudoeste com mergulho para NE.

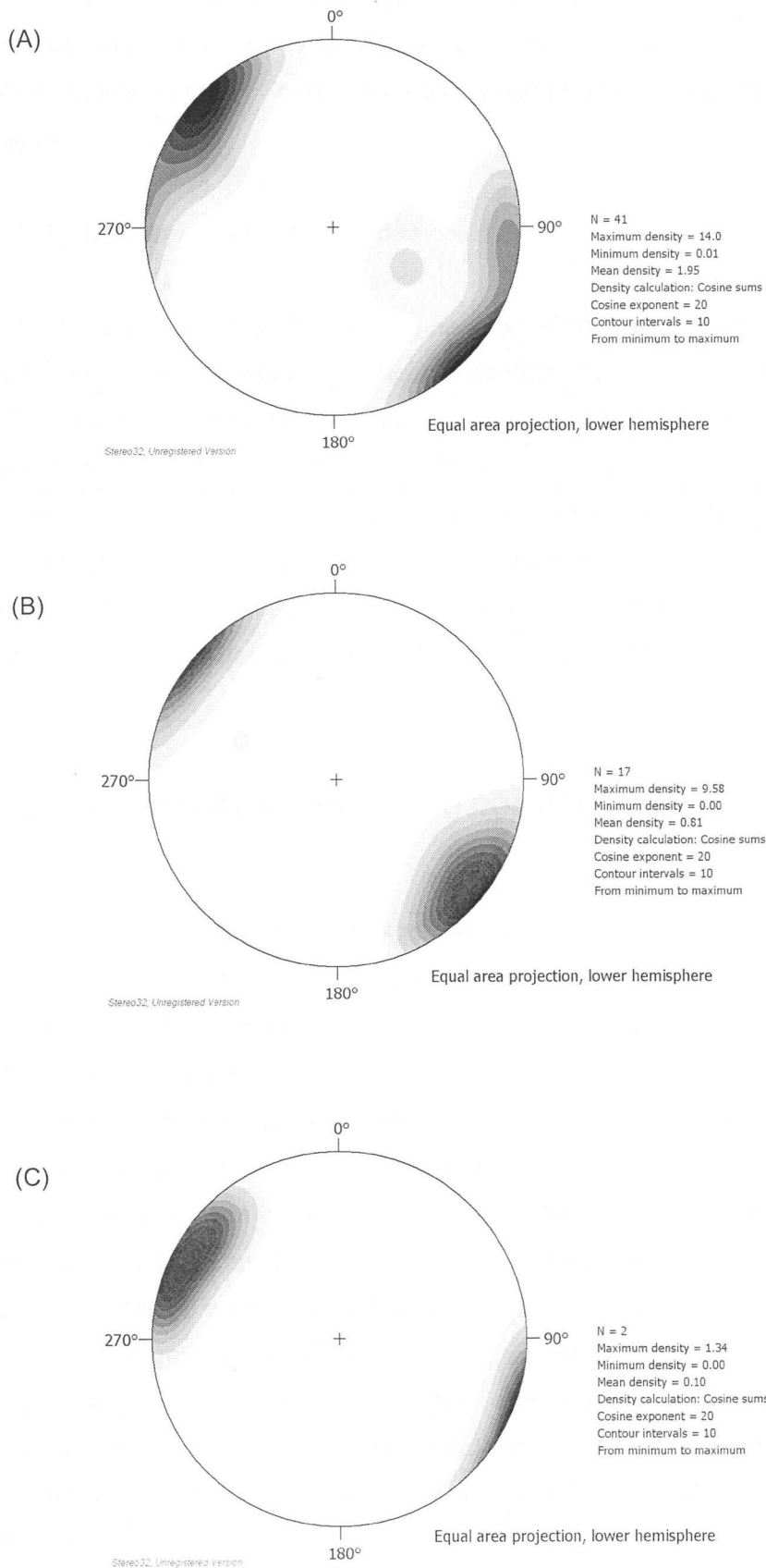


Figura 20: Projeções estereográficas para veios com direção NE-SW em todos os domínios estruturais e mergulho para SE e NW. (A) Veios no domínio norte, (B) Veios no domínio sudeste, (C) Veios no domínio sudoeste.

Os dados estruturais apresentados por tipo de estrutura podem ser melhor visualizados nas (Figs. 21, 22 e 23), que integram os dados por domínios, mostrando projeções estereográficas para foliação, acamamento, cisalhamento e lineação de crenulação.

8.4.6 Diagramas de paleotensões

Foram elaborados diagramas de paleotensões para medidas pareadas de falhas e estrias do afloramento AEI-009, pertencente ao domínio norte.

O diagrama para falhas destrais associadas a veios de segunda geração (Fig. 24 A) mostra em vermelho o campo correspondente a orientação do σ_1 (compressão NE-SW) e em azul o campo correspondente a orientação do σ_3 (distensão NW-SE).

O diagrama para falhas sinistrais associadas a veios de terceira geração (Fig. 24 B) mostra em vermelho o campo correspondente a orientação do σ_1 (compressão N-S) e em azul o campo correspondente a orientação do σ_3 (distensão E-W).

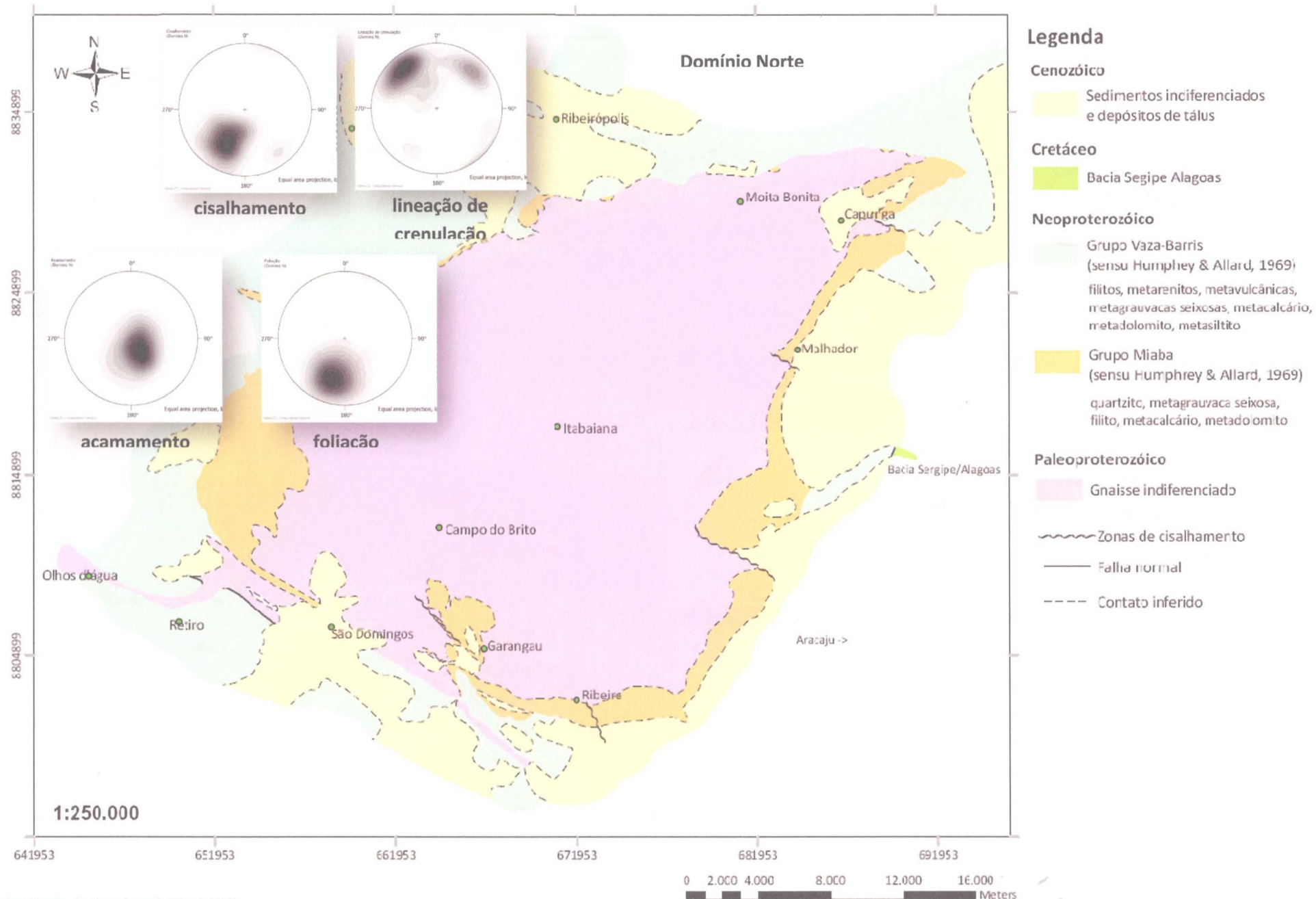
9. INTERPRETAÇÕES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As rochas que circundam o Alto Estrutural de Itabaiana, pertencentes ao Cinturão Sergipano, possuem diversas estruturas que registram deformações pretéritas e o entendimento destas pode contribuir para uma formulação futura de um modelo geológico alternativo para a evolução do AEI.

A porção interior do AEI, onde aflora o gnaiss de idade paleoproterozóica, é topograficamente abatida em relação às suas bordas, ao longo das quais aflora uma faixa quase contínua de rochas quartzíticas do Grupo Miaba, representado em sua maioria pela Formação Itabaiana. Estes quartzitos da borda do AEI formam serras com cristas alongadas em todo seu contorno e se destacam na topografia (Fig. 25).

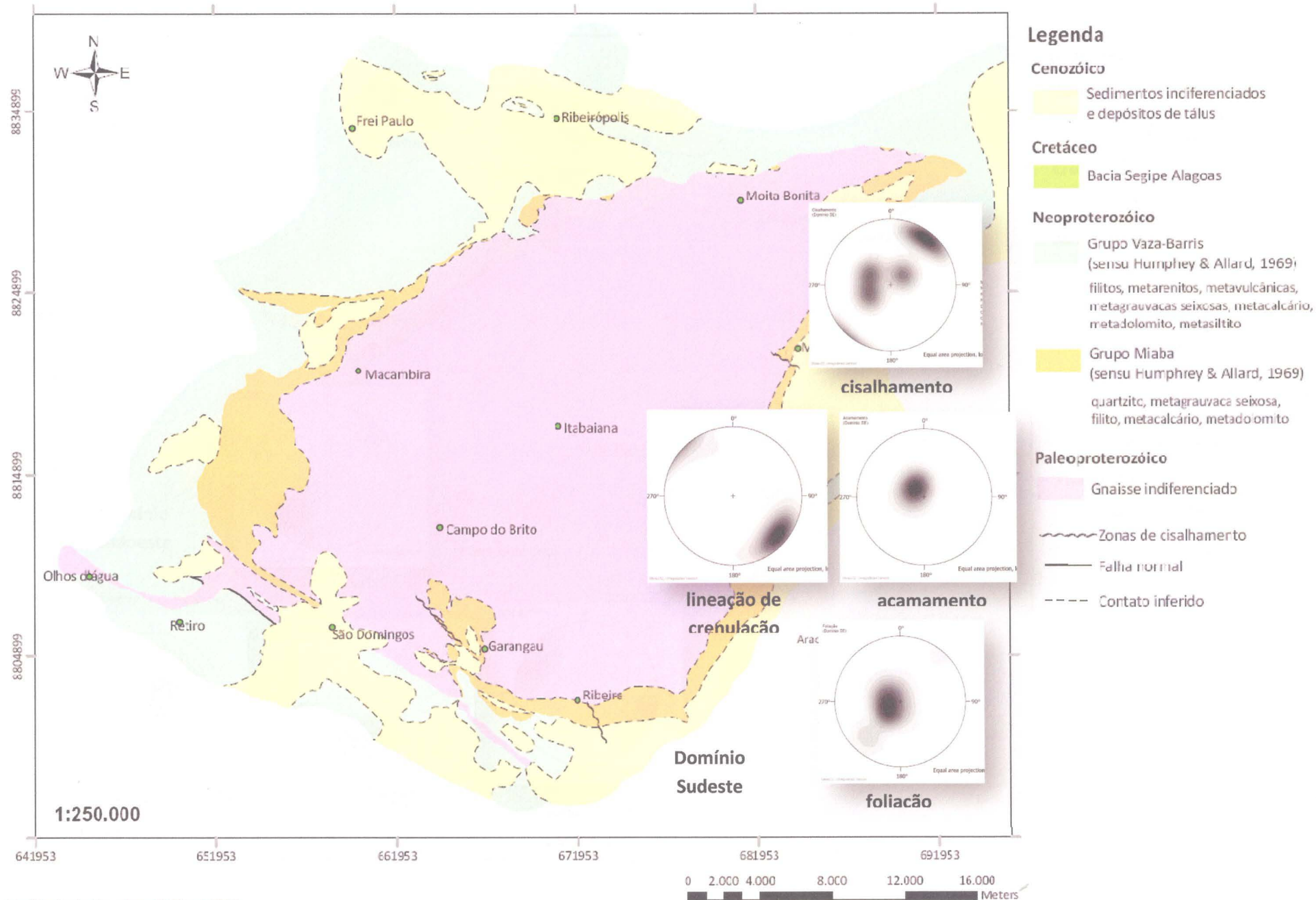
O contato entre as rochas do Cinturão Sergipano e o gnaiss tem sido referenciado com frequência na literatura como do tipo compressivo. Com este estudo, no qual foi realizado levantamento geológico-estrutural em campo e em dados pré-existentes, foi possível notar abundância de estruturas distensivas, que até então eram pouco ou não descritas na região.

Além disso, foram caracterizados os diferentes tipos de estruturas, posteriormente separados em domínios estruturais. A disposição e orientação destas estruturas pode levar às interpretações a seguir.



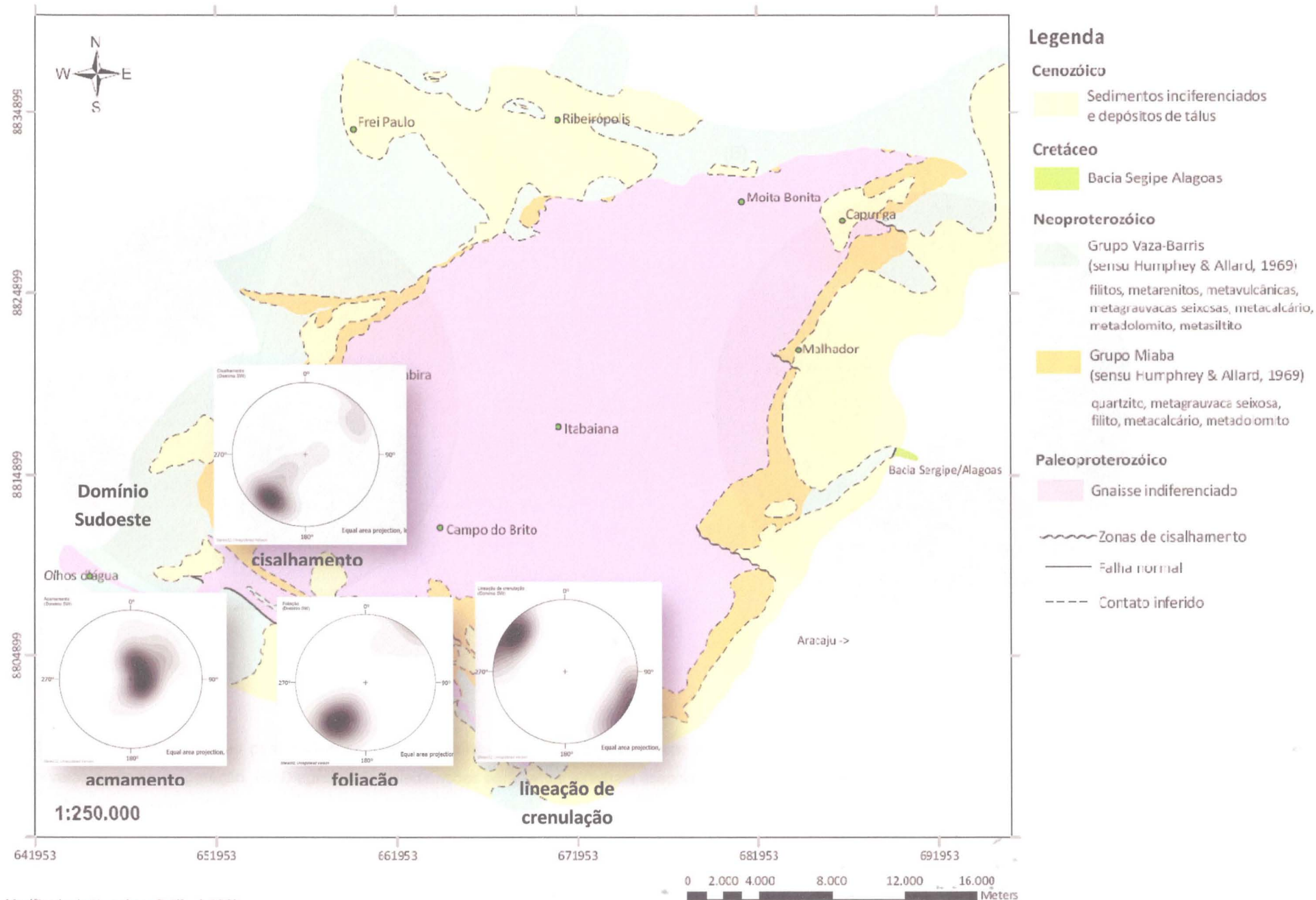
Modificado de Humphrey & Allard, 1969

Figura 21: Mapa geológico simplificado a partir de Humphrey & Allard com projeções de dados estruturais para o domínio norte.



Modificado de Humphrey & Allard, 1969

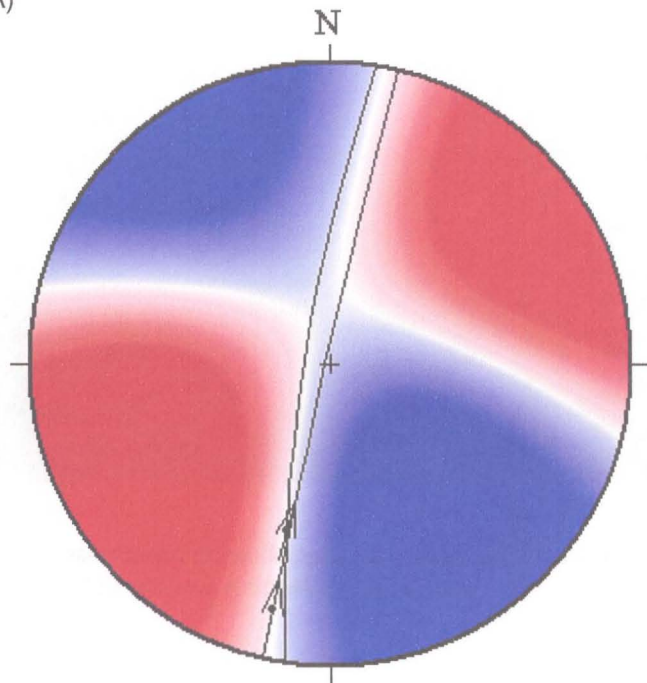
Figura 22: Mapa geológico simplificado a partir de Humphrey & Allard com projeções de dados estruturais para o domínio sudeste



Modificado de Humphrey & Allard, 1969

Figura 23: Mapa geológico simplificado a partir de Humphrey & Allard com projeções de dados estruturais para o domínio sudoeste

(A)



(B)

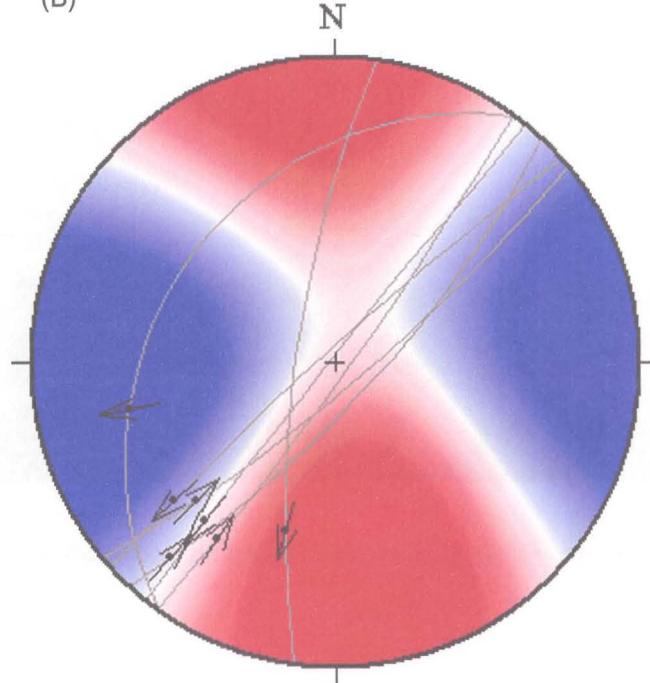


Figura 24: Diagrama de paleotensões para dados pareados de falhas e estrias no afloramento AEI-009, domínio norte. (A) Diagrama de paleotensões para falhas destrais associadas a veios de segunda geração. (B) Diagrama de paleotensões para falhas sinistrais associadas a veios de terceira geração. Os campos em vermelho representam σ_1 e os campos em azul representam σ_3 .



Figura 25: Foto panorâmica da morfologia das serras nas bordas do AEI, destacando sua porção interior abatida topograficamente. Foto tirada no alto de uma serra na borda norte/noroeste do AEI, próximo a cidade de Macambira.

9.1 Acamamento

O acamamento sedimentar em todos os domínios mergulha para fora do AEI. No domínio norte mergulha para NW, no domínio sudeste mergulha para SE e no domínio sudoeste mergulha para SW (Fig. 26). O fato do acamamento mergulhar sempre para fora da estrutura, e de as falhas de contato entre as rochas metassedimentares e o gnaiss serem normais (como visto no afloramento AEI-003), mostram que houve um “escorregamento” das camadas metassedimentares em torno do domo. Isto deve ter ocorrido por ascensão vertical do AEI em regime distensivo. Caberia a trabalhos futuros a investigação sobre diferenças de grau metamórfico dentro do corpo gnáissico, o que melhoraria os testes para a hipótese de ascensão vertical.

9.2 Foliação

A foliação se mantém com a mesma direção NW-SE com mergulho para NE em todos os domínios estruturais (Fig. 27). Isto mostra que a foliação não teve sua orientação alterada com a possível ascensão do domo gnáissico e deve preservar uma deformação anterior a este soerguimento. Sendo assim, a foliação registra uma deformação mais antiga que a deformação que basculou o acamamento sedimentar. Esta deformação mais antiga está associada a maiores profundidades e a condições reológicas mais dúcteis.

9.3 Lineação de crenulação

Assim como a foliação, a lineação de crenulação mantém mesma direção NW-SE em todos os domínios estruturais, porém com mergulhos para fora do AEI. No domínio norte a lineação de crenulação mergulha para NW, no domínio sudeste mergulha para SE e no domínio sudoeste mergulha para ambos os lados, NW e SE (Fig. 28). Isto também evidencia uma ascensão vertical do domo gnáissico e que seu soerguimento teria causado a mudança do caimento da lineação para fora da estrutura, sendo que é de se esperar que este tivesse um rumo de caimento homogêneo.

9.4 Zonas de cisalhamento

Os dados estruturais de zonas de cisalhamento indicam a direção NW-SE e mergulho para NE nos domínios norte e sudoeste, porém no domínio sudeste as zonas de cisalhamento apresentam direção NE-SW e mergulho para SE, ou seja para fora da estrutura (Fig. 29). Isto indica que os domínios norte e sudoeste registram a deformação mais antiga (a mesma registrada na foliação) e o domínio sudeste apresenta uma nova orientação que deve corresponder à deformação gerada pelo soerguimento do AEI. Considera-se oportuno, em trabalhos futuros, caracterizar estas zonas de cisalhamento do

domínio sudeste para comparar com zonas de cisalhamento normais mais rasas, dúcteis-rúpteis, encontradas nos levantamentos de campo deste trabalho.

9.5 Veios

Os veios em todos os domínios apresentam direção principal NE-SW, porém com rumos de mergulhos diferentes. No domínio norte apresentam mergulhos tanto para NW (para fora da estrutura) como para SE (para dentro da estrutura); no domínio sudeste, os veios apresentam mergulho para SE (fora da estrutura) e no domínio sudoeste para NW (Fig. 30). A direção NE-SW corresponde com as atitudes da terceira geração de veios, reconhecida no afloramento AEI-009, que parece ser a geração de veios mais frequente na região. A direção principal de veios NE-SW implica em uma distensão NW-SE, assim como já mostrado pelo diagrama de paleotensões para veios de terceira geração.

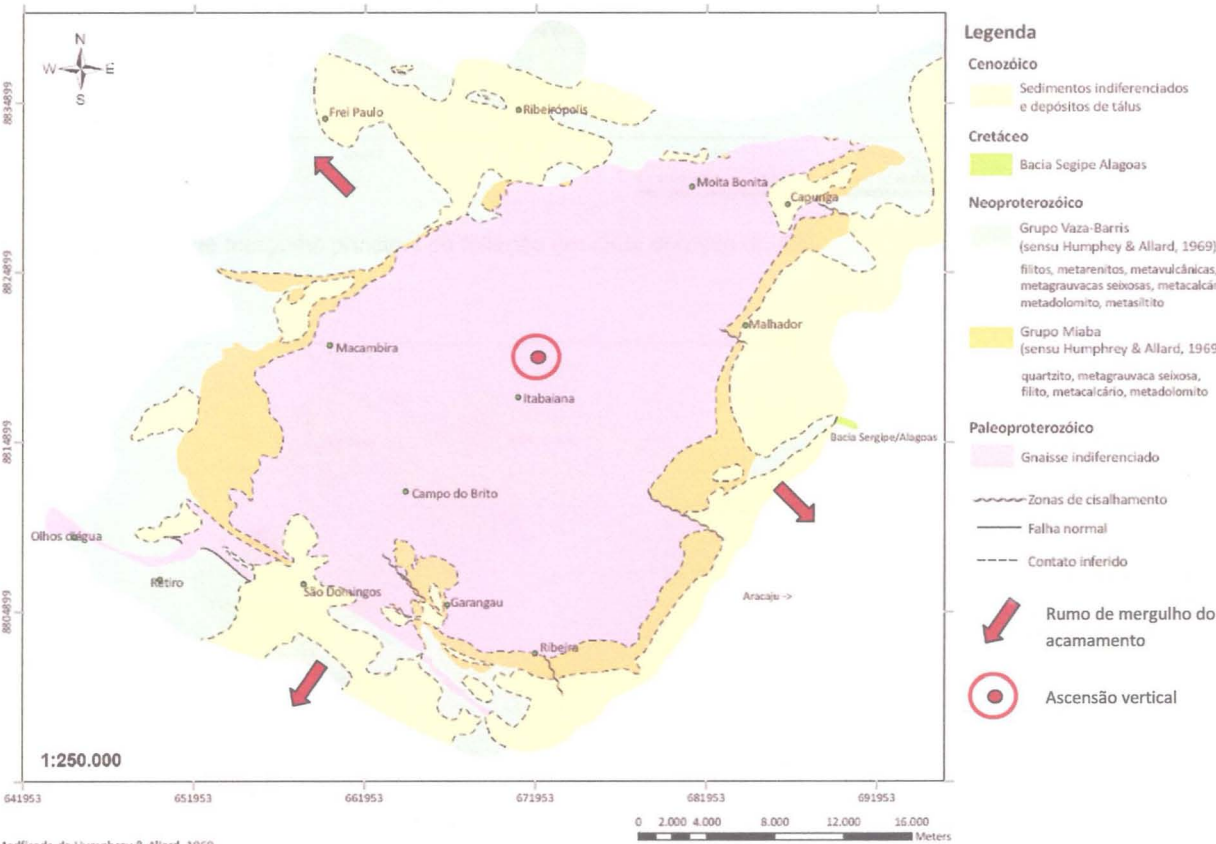


Figura 26: Rumo de mergulho principal do acamamento em cada domínio do AEI.

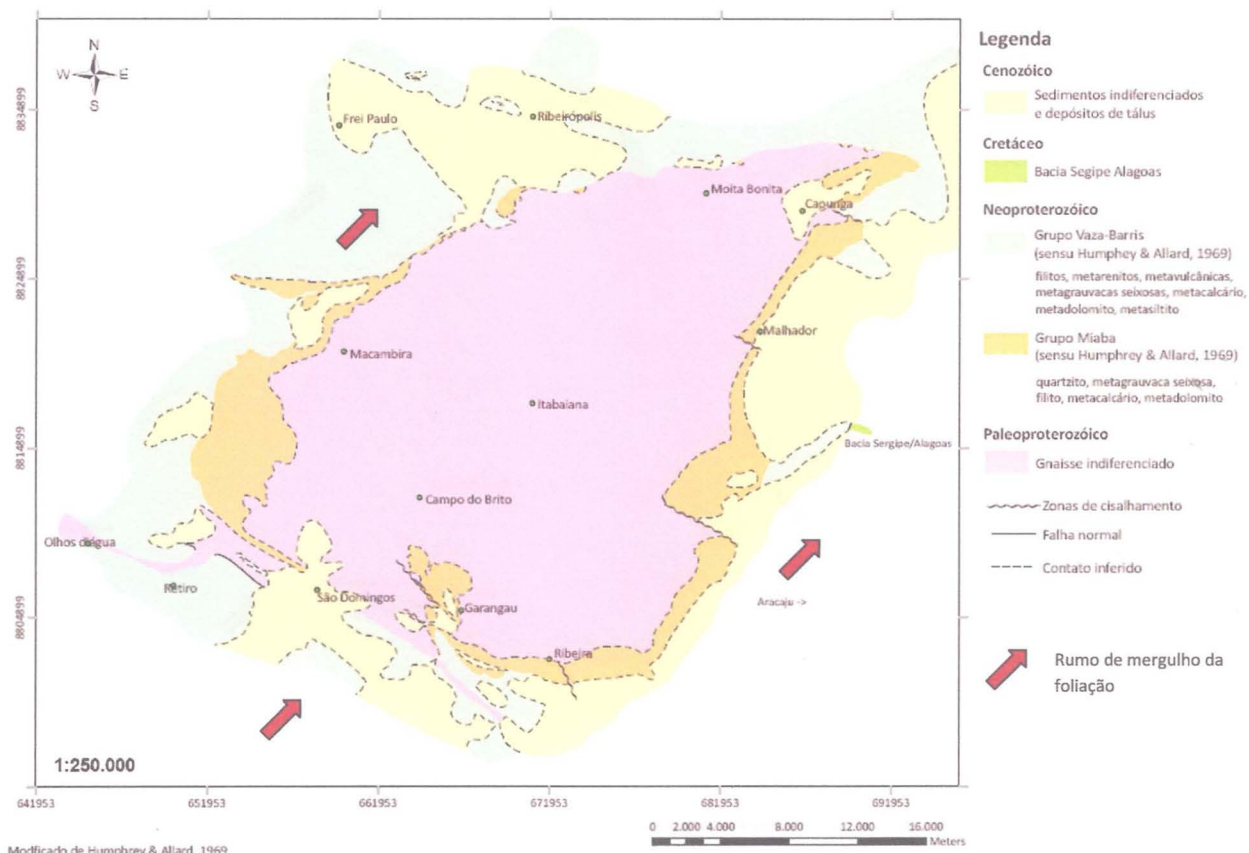


Figura 27: Rumo de mergulho principal da foliação em cada domínio do AEI.

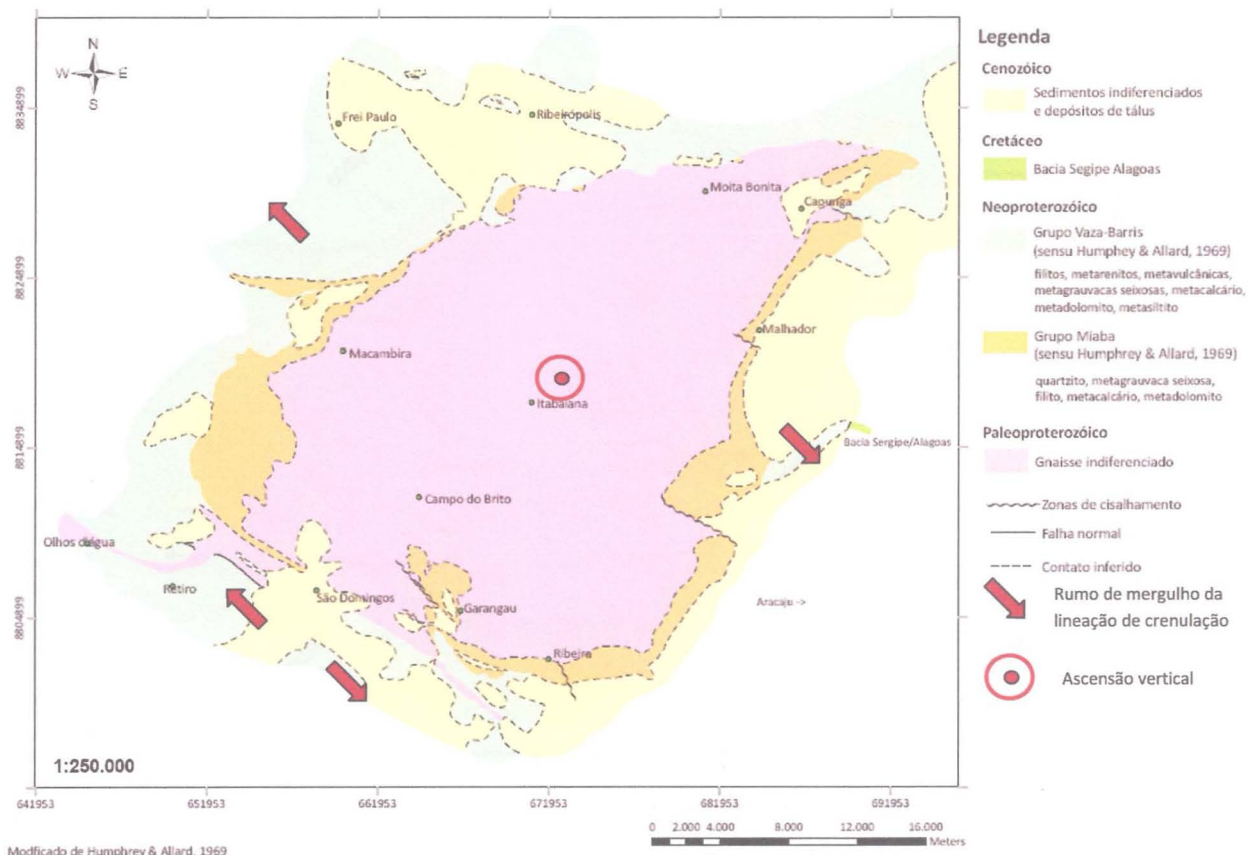


Figura 28: Rumo de mergulho principal da lineação de crenulação em cada domínio do AEI.

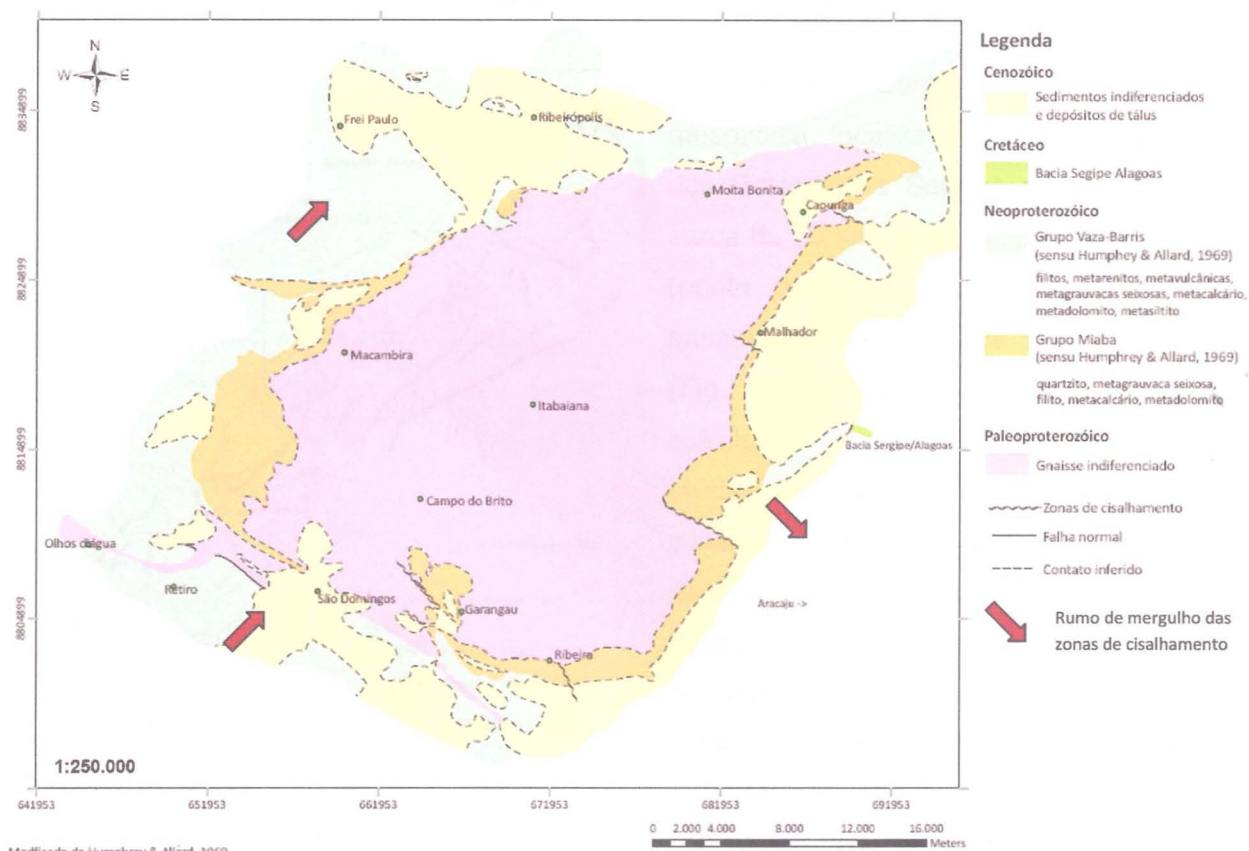


Figura 29: Rumo de mergulho principal das zonas de cisalhamento em cada domínio do AEI.

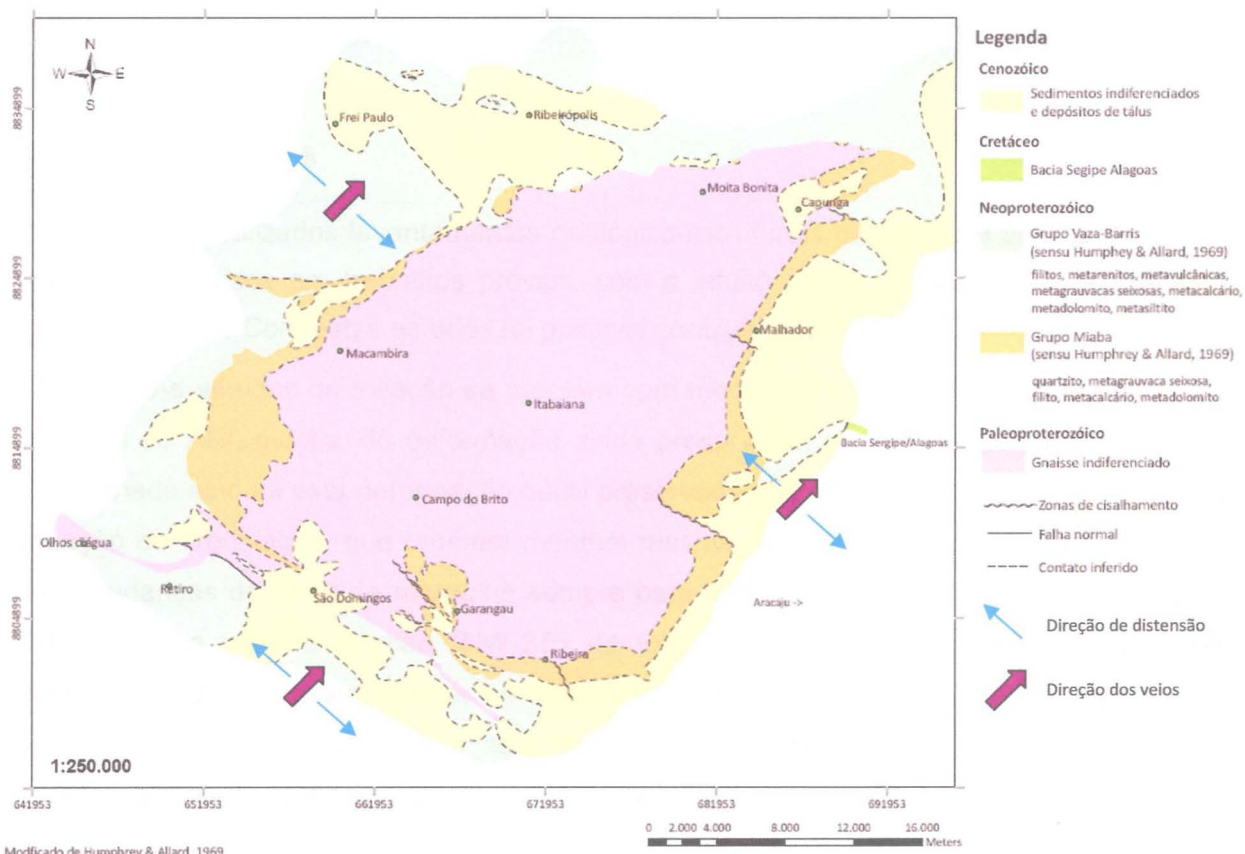


Figura 30: Direção principal dos veios em cada domínio estrutural e direção de distensão associada.

9.6 Relação da deformação marginal ao AEI com o rift Sergipe-Alagoas

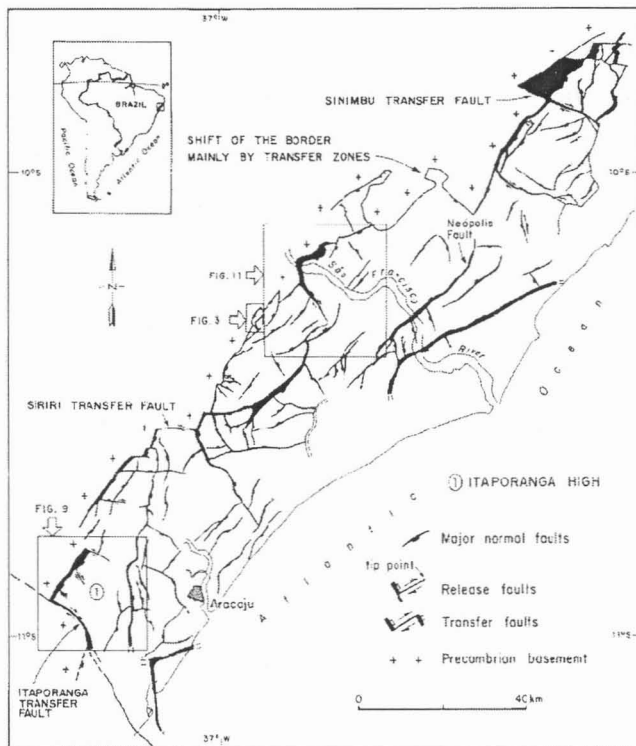


Figura 31: Mapa tectônico simplificado da Bacia Sergipe-Alagoas. Extraído de Destro (1995).

A Bacia Sergipe-Alagoas, de idade mesozóica, localizada na região litorânea dos Estados de Sergipe e Alagoas e a cerca de 25 km do Município de Itabaiana (ponto central do AEI), é do tipo rift e possui falha de borda de direção NE-SW (Fig. 31). Esta direção coincide com estruturas distensivas presentes nas bordas do AEI e possui direção de distensão compatível com a direção de distensão encontrada para o AEI em diagramas de paleotensões e em análise de veios. Estes fatos sugerem que a deformação distensiva geradora da bacia e a deformação distensiva que afetou o AEI e possivelmente causou o soerguimento do gnaiss no seu núcleo, pode ser a mesma.

10. CONCLUSÕES

Foram realizados levantamentos geológico-estruturais de campo e análise de dados estruturais contidos em trabalhos prévios, com o intuito de se caracterizar a deformação marginal ao AEI. Com estes estudos foi possível concluir que:

- As atitudes de foliação se mantêm com mesma direção e mergulho em todos os domínios do AEI, mostrando deformação ainda preservada, gerada em condições dúcteis. Relacionada ainda a esta deformação dúctil preservada nas rochas ao redor do AEI ocorre a lineação de crenulação, que também mantém mesma direção em todos os domínios, mas com mudanças de rumo de mergulho sempre para fora do alto. As zonas de cisalhamento apresentam a mesma direção (NW-SE) da foliação e da lineação de crenulação nos domínios norte e sudoeste; apenas no domínio sudeste apresenta direção NE-SW paralela à borda do domo neste domínio e com mergulho para fora da estrutura. O acamamento apresenta mergulho para fora do alto em todos os domínios estruturais.

- Foram identificadas diversas estruturas distensivas nas margens do AEI, como falhas normais, inclusive de baixo ângulo e no contato entre o gnaiss e as rochas

metassedimentares, fraturas escalonadas em zonas de cisalhamento rúpteis e veios. Os veios são abundantes e possuem direção principal NE-SW com direção de distensão de direção NW-SE ortogonal a estes. Apesar de predominar esta direção de veios, ainda ocorrem outras duas gerações de veios, porém menos frequentes. Estas estruturas distensivas estão associadas a condições rúpteis-dúcteis e rúpteis, sendo geradas em profundidades mais rasas que estruturas como a foliação e a lineação de crenulação.

- Existiu um tectonismo mais antigo dúctil registrado na foliação, na lineação de crenulação e em algumas zonas de cisalhamento e existiu também um tectonismo mais recente, distensivo e de caráter rúptil-dúctil caracterizado pelas estruturas distensivas encontradas (falhas normais, fraturas escalonadas, dominós distensionais e veios) e pela orientação do acamamento. As estruturas geradas no tectonismo mais recente provavelmente reativaram estruturas geradas pelas deformações anteriores.

- A direção de distensão pode ser inferida como sendo NW-SE, tendo como evidência a orientação de veios e esta direção é compatível com a direção de distensão da Bacia Sergipe-Alagoas de idade mesozóica, vizinha ao AEI.

- A origem do alto estrutural (gnaisse mais antigo em meio a rochas metassedimentares mais jovens) pode ser explicada por ascensão do corpo gnáissico em ambiente tectônico distensivo, o que é evidenciado pela orientação do acamamento que possui mergulho para fora do alto, pela lineação de crenulação que também mergulha para fora do alto e pela orientação de zonas de cisalhamento no domínio sudeste, paralelas à borda do AEI e com mergulho também para fora do alto, além de contatos por falhas normais, fraturas escalonadas e outras falhas normais de baixo ângulo. Esta distensão estaria ligada a abertura do rift vizinho Sergipe-Alagoas que tem mesma direção de distensão e, portanto, as estruturas distensivas encontradas devem possuir mesma idade da bacia, que é mesozóica.

- Os resultados obtidos neste trabalho sugerem, ainda que preliminarmente, compatibilidade com o modelo de complexo de núcleo metamórfico publicado por Wernicke (1985), que se baseia na presença de falhas normais de baixo ângulo, corpo metamórfico mais antigo que as rochas circundantes e mergulho das camadas marginais ao alto para fora deste.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allard, G.O. 1969. The Propriá geosyncline, a key tectonic element in the continental drift puzzle of the South Atlantic. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador, *Anais, Sociedade Brasileira de Geologia*, 1:47-59.
- Davison, I. & Santos, R.A. 1989. Tectonic Evolution of the Sergipano Fold Belt, NE Brazil, during the Brasiliano Orogeny. *Precambrian Research*, **45**:319-342
- D'el Rey Silva, L. H. D. & McClay, K. R. 1995. Stratigraphy Of The Southern Part Of The Sergipano Belt, NE Brazil: Tectonic Implications. *Revista Brasileira de Geociências*, 25:185-202.
- D'el Rey Silva, L. H. D. 1995a. Tectonic evolution of the Sergipano Belt, northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 25:315-332.
- D'el Rey Silva, L. H. D. 1995b. The evolution of basement gneiss domes of the Sergipano fold belt (NE Brazil) and its importance for the analysis of Proterozoic basins. *Journal of South America Earth Sciences*, 8:325-340.
- D'el Rey Silva, L. H. D. 1999. Basin infilling in the southern-central part of the Sergipano Belt (NE Brazil) and implications for the evolution of Pan-African/Brasiliano cratons and Neoproterozoic sedimentary cover. *Journal of South American Earth Sciences*, 12: 453-470.
- Destro, N. 1995. Release fault: A variety of cross fault in linked extensional fault systems, in the Sergipe-Alagoas Basin, NE Brazil. *Journal of Structural Geology*, **17(5)**: 615-629.
- Destro, N. 2002. *Falhas de alívio e de transferência: significado tectônico e econômico no Rifte do Recôncavo-Tucano-Jatobá, NE, Brasil*. Tese de doutoramento, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 173p.
- Humphrey, F.L. & Allard, G.O. 1968. The Propriid geosyncline, anewly recognised tectonic element in the Brazilian shield. In: International Geological Congress 23, Prague, *Proceedings*, 4:123-139.
- Humphrey, F.L. & Allard, G.O. 1969. *Geologia do domo de Itabaiana (Sergipe) e sua relação com a geologia do geosinclinal de Propriá, um elemento tectônico recém reconhecido no escudo brasileiro*. Petrobrás, CENPES, Rio de Janeiro, 104p.

- Mello, M. R., Koutsoukos, E. A. M., Mohriak, W. U, Bacoccoli, G. 1994. *Selected petroleum systems in Brazil*. In: Magoon, I. B. & Dow, W. G. (eds) *The Petroleum system from source to trap*, AAPG Memoir **60**: 499-512.
- Miranda, E. E. (Coord.) 2005. *Brasil em Relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 6 ago. 2010.
- Santos, R.A., Menezes Filho, N.R. & Souza, J.D. 1988. Programa de levantamentos geológicos básicos; carta geológica, metalogenética e provisional, 1:100.000, Projeto Cariri, DNPM/CPRM, 4 vol.
- Žalohar, J. & Vrabek, M. 2007. Paleostress analysis of heterogeneous fault-slip data: The Gauss Method. *Journal of Structural Geology*, **29**: 1798–1810.
- Wernicke, B. 1985. Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere: *Canadian Journal of Earth Science*, **22**: 108-125.

