

# ESTRUTURA E DEFORMAÇÃO BRASILIANA NOS DIQUES MÁFICOS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

Alexandre Uhlein\* & Joel Jean G. Quemeneur\*\*

## ABSTRACT

Mafic dike swarms are abundant in Southern Espinhaço Mountain Range. They are essential tools for the understanding of the geodynamic process, marking the beginning of extension tectonic regimes. This paper describes the mafic dike swarm of the Southern Espinhaço, their field relationships, petrography and deformational history. The dykes are: (1) metagabbros with relict igneous textures, N-S oriented, deformed with an anastomosed protomylonitic foliation; (2) greenschists (sericite-epidote-chlorite schists) with lepidoblastic textures, fine-grained, east-west trending. These dikes represent significant amounts of mafic melts formed during the first stages of the Brasiliano cycle. They have a foliation parallel to the regional foliation of the Espinhaço Supergroup, related with the Brasiliano Orogeny.

## INTRODUÇÃO

Diques máficos ocorrem frequentemente no Supergrupo Espinhaço, intrudidos nos metassedimentos, apresentando geometria variável e relacionados ao intervalo 1,2 a 0,9 Ga (Brito Neves et al., 1979; Uhlein, 1991; Correa-Gomes et al., 1996).

Na Serra do Espinhaço Meridional estes diques máficos são principalmente de dois tipos: (a) **xistos verdes**, variando desde um clorita xisto até um anfibólio-epidoto-clorita xisto, de granulação fina, aflorando como corpos concordantes e diques, geralmente com orientação próxima de E-W; (b) rochas metabásicas (**metagabros**), de granulação média, que afloram como diques, *sills* e *stocks*, orientados preferencialmente segundo a direção norte-sul (maciço de Datas, Pedro Lessa, Serro, etc.), na porção centro-oriental do Supergrupo Espinhaço (Uhlein, 1991).

Estes diques máficos foram considerados como pós-tectônicos por cortarem os metassedimentos dobrados do Supergrupo Espinhaço (Brito Neves et al., 1979; Almeida Abreu, 1993; Brito Neves et al., 1996; Renger & Almeida Abreu, 2000). O objetivo deste trabalho é mostrar que estes diques máficos apresentam a mesma xistosidade dos metassedimentos encaixantes, estão portanto deformados e devem ser entendidos como pré-tectônicos em relação ao evento orogênico Brasiliano, principal evento de estruturação da Serra do Espinhaço.

## METAGABROS DA SUITE PEDRO LESSA

Nos arredores do povoado de Pedro Lessa, entre Datas e Serro, afloram rochas metabásicas na forma de diabásios até gabros, com textura predominantemente equigranular, granulação média/grossa, às vezes

porfirítica, com fenocristais de plagioclásio branco (0,5 até 1 cm) destacando-se na matriz escura.

São rochas de cor verde escuro quando inalteradas, maciças, eventualmente foliadas, com xistosidade protomilonítica. Se intemperizadas apresentam cores castanho/amareladas, com estrutura mosqueada de cor branca, provavelmente devido à alteração dos feldspatos. Os afloramentos típicos são em grandes matacões, que podem exibir esfoliação esferoidal.

Nos arredores de Pedro Lessa (Fig.1) afloram quartzitos, filitos e metaconglomerados da Formação Sopa-Brumadinho, quartzitos sericíticos do Membro Campo Sampaio e quartzitos finos da Formação Galho do Miguel (Uhlein & Garcia, 1987; Knauer & Fogaça, 1996). Um sistema de falhas de empurrão N-S inverte a estratigrafia da região, definindo uma estrutura homoclinal. Uma xistosidade orientada N-S com mergulho de 20 a 40° para leste, subparalela ao acamamento, e uma lineação de estiramento (seixos e minerais alongados) com caimento para leste, são os principais elementos estruturais da região (Uhlein & Garcia, 1987).

Os metagabros de Pedro Lessa afloram como *sills* alongados N-S, intercalados nos quartzitos da Formação Sopa-Brumadinho. A estrutura é subhorizontal, na região de Trinta-Réis, e o mergulho das camadas atinge em média 30 a 40° junto aos metagabros (Fig. 2). O quartzito inferior é micáceo e mostra xistosidade N335; 55° NE e acamamento N-S; 35° E. A metabásica exibe xistosidade nítida junto ao contato com o quartzito inferior, com foliação orientada segundo N340; 60° NE. Os quartzitos da Formação Sopa-Brumadinho aparecem como possível intercalação tectônica dentro da metabásica e mostram xistosidade milonítica orientada N-S; 70° E e muitos veios de quartzo. Os metagabros apresentam variação desde rochas maciças a pouco

\*(UFMG, IGC, Dept. de Geologia)

\*\* (UFMG, IGC, CPMT)

foliadas, até tipos com forte foliação protomilonítica orientada N-S; 60°E até N20; 55° SE (Fig. 2, FOTO 1). Mostram espessura significativa, com aproximadamente

1500 metros de área de afloramento ao longo da estrada, mas com espesso solo vermelho, plantações e alta vegetação, o que prejudica observações mais detalhadas.

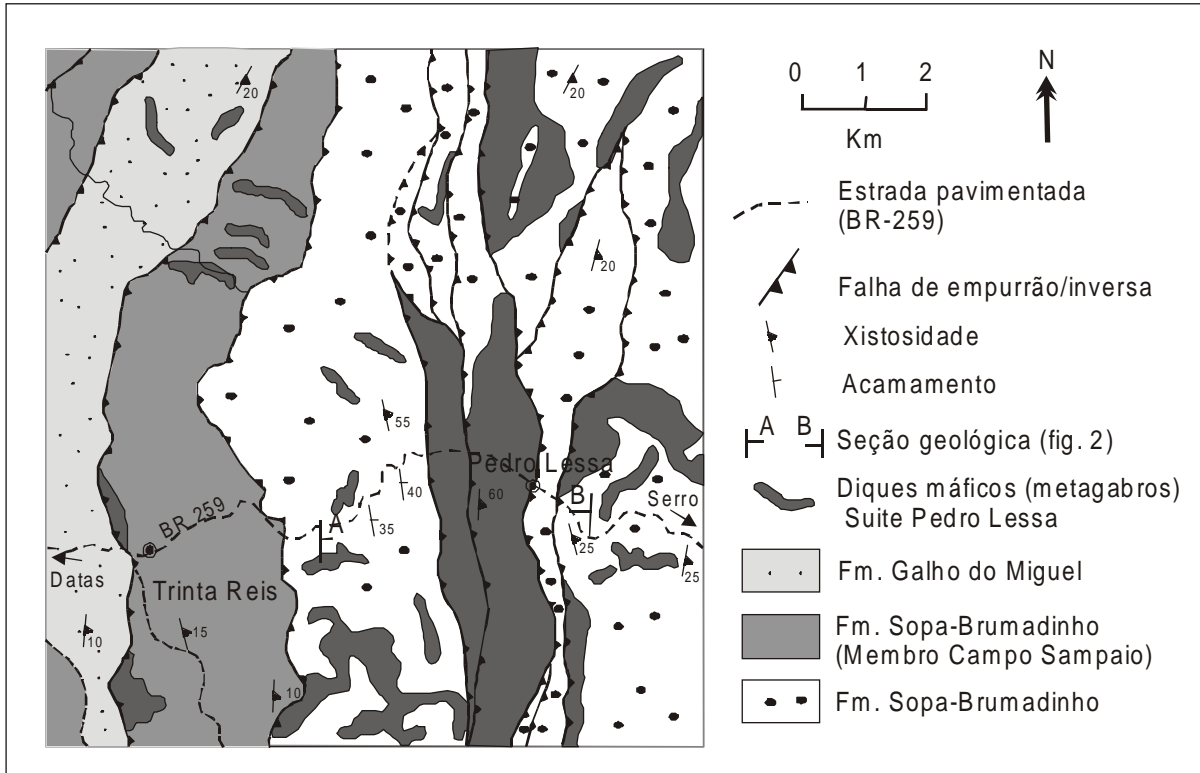


Figura 1. Localização e situação geológica da Suite Pedro Lessa, a SSE de Diamantina, entre Datas e Serro. Geologia segundo Knauer & Fogaça (1996).

Figure 1. Localization and geologic framework from Pedro Lessa Suite, SSE Diamantina, between Datas and Serro. Geology after Knauer & Fogaça (1996).

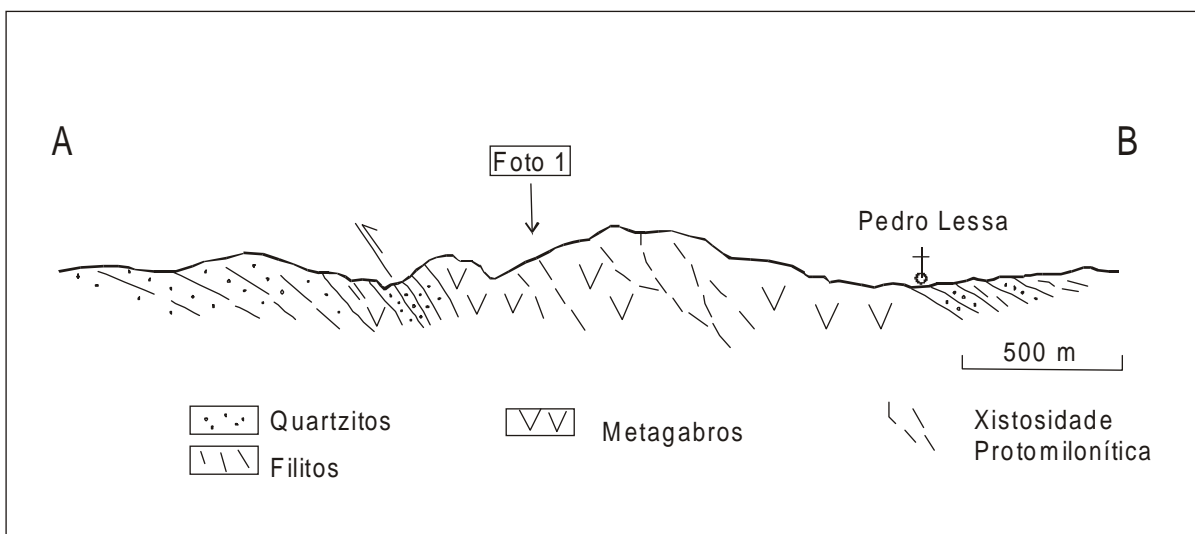


Figura 2. Situação estrutural dos metagabros da Suite Pedro Lessa, conforme seção geológica efetuada pelos autores.

Figure 2. Structural framework of the metagabbro from Pedro Lessa Suite, according geologic section done by the authors.

Petrograficamente, evidenciam-se, nos metagabros de Pedro Lessa, minerais de origem secundária, como anfibólios da série tremolita-actinolita, formados a partir da uralitização do piroxênio original e epidoto-clinozoizita, formado a partir da saussuritização do plagioclásio cálcico original. Destacam-se, ainda, o leucoxênio com núcleo de ilmenita, clorita, albita neoformada, quartzo, biotita e, eventualmente, pirita. Distinguem-se microscopicamente, dois tipos texturais, que mostram gradação entre si: aquele com textura ígnea preservada, sem orientação, onde é comum a ocorrência de plagioclásio ripiforme, maclado e parcialmente saussuritizado. O segundo tipo apresenta foliação protomilonítica, com porfiroclastos de anfibólios, ainda com resquícios do piroxênio original, envolvidos pela foliação definida pelo alongamento de clorita, tremolita e epidotos.

Esta foliação não pode ser entendida como de fluxo magmático, pois os minerais que definem a estrutura planar não são primários. Trata-se de uma foliação desenvolvida no estado sólido, bem depois da completa cristalização da rocha e relacionada a um evento

metamórfico da fácies xisto verde, com formação de minerais de baixa temperatura (tremolita-actinolita, clorita, epidotos).

Segundo Dossin et al. (1993) e Silva et al. (1995) os metagabros mostram textura ofítica a sub-ofítica localmente preservada e predomínio de augita (transformada para actinolita-tremolita) e de plagioclásio (anortita 25-60) alterado para albita, epidotos e sericita. Óxidos de Fe-Ti, quartzo, apatita, biotita, titanita e zircão são acessórios.

Os metagabros de Pedro Lessa foram datados pelo método U/Pb em duas frações de badeleita e uma de zircão por Machado et al. (1989). Os autores obtiveram a idade de  $906 \pm 2$  Ma, que deve representar a idade da intrusão do corpo básico. A xistosidade protomilonítica, o metamorfismo de baixo grau e o envolvimento com falhas inversas é relacionado à orogênese Brasileira na Serra do Espinhaço. Originalmente, o *sill* de Pedro Lessa foi posicionado entre camadas quartzíticas subhorizontais. O basculamento, com mergulho de cerca de 40 a 60° dos quartzitos encaixantes, está relacionado às falhas inversas da tectônica Brasileira.



*Foto 1. Xistosidade protomilonítica nos metagabros da Suite Pedro Lessa.*

*Photo 1. Protomylonitic schistosity into metagabbros of Pedro Lessa Suite.*

## **XISTOS VERDES AO SUL DE QUARTÉIS**

Ao sul da localidade de Quartéis aflora, na estrada de ferro desativada, um dique de xisto verde orientado E-W e intrusivo na Formação Galho do Miguel. É possível atingir a localidade de Quartéis pela MG-220 (estrada Diamantina-Conselheiro Mata). Na região de afloramentos da Formação Santa Rita, próximo da

localidade do Bananal, vira-se à esquerda, por estrada secundária, atingindo-se Quartéis e depois a estrada de ferro desativada (Fig 3), percorrendo 3,5 Km desde a MG-220.

A geologia da região compreende o flanco leste do Sinclínório de Conselheiro Mata, onde afloram as unidades superiores do Supergrupo Espinhaço. O acamamento mostra mergulhos predominando para

oeste, em função do empilhamento estratigráfico, e a xistosidade regional mostra atitude geral N-S; 60 a 70° E até N330; 65°NE (Fogaça, 1996). Dobras assimétricas com eixo N-S, em diversas ordens de grandeza, são frequentes.

O dique de xisto verde possui orientação E-W, extensão de aproximadamente 400 metros e largura de alguns metros. Observa-se o corpo de xisto e o contato sul, aflorando no leito e no corte lateral da estrada de ferro. O quartzito da Formação Galho do Miguel possui acamamento N-S; 28° E a N20E; 30° SE e com

xistosidade N-S; 65° E até N15E; 68° SE. O dique é subvertical, com atitude do contato E-W; 90°. O dique mostra xistosidade orientada N 330; 60° para NE, fazendo refração, mas em continuidade com a xistosidade exibida pelo quartzito (Fig. 4).

Observa-se no xisto verde, granulação fina, sugerindo uma possível matriz afanítica, pequenas vesículas ou pórfiros alterados, com cerca de 1 mm, além de uma apófise no quartzito. Estes aspectos atestam origem ígnea subvulcânica, sugerindo um caráter raso de alojamento.

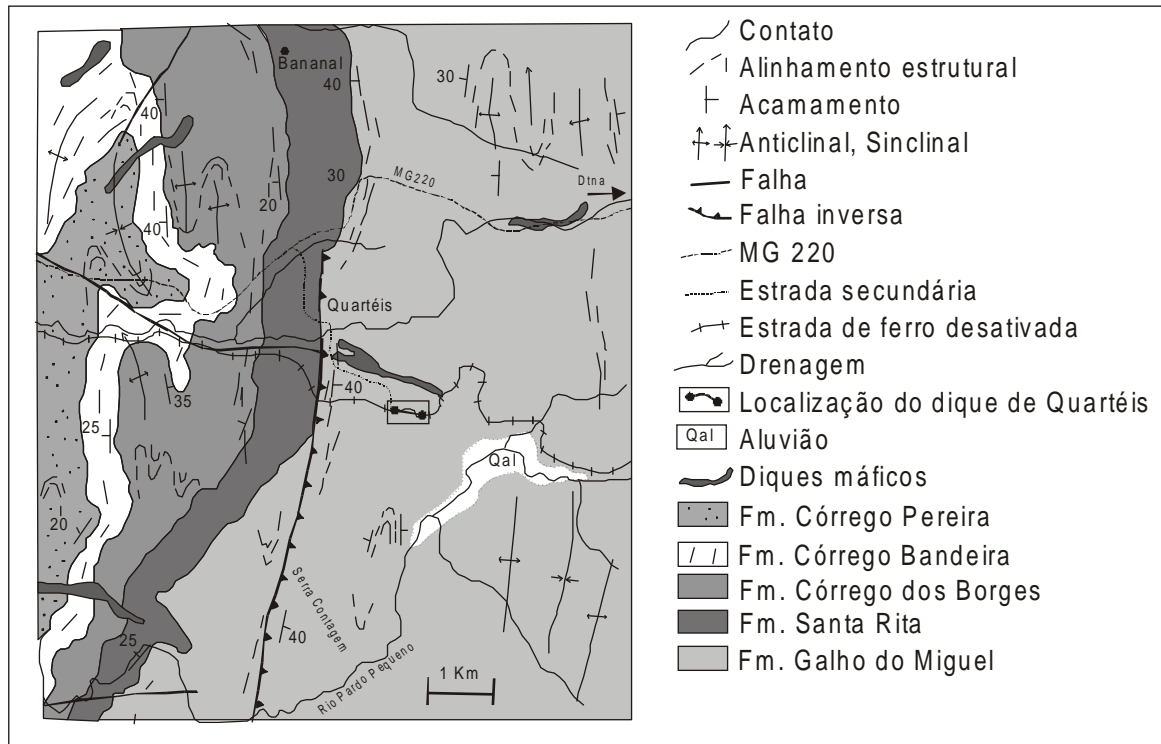


Figura 3. Localização do dique máfico de Quartéis, ao sul da MG-220, entre Diamantina e Conselheiro Mata. Geologia segundo Fogaça (1996).

Figure 3. Localization of Quartéis mafic dike, south of MG-220, between Diamantina and Conselheiro Mata. Geology after Fogaça (1996).

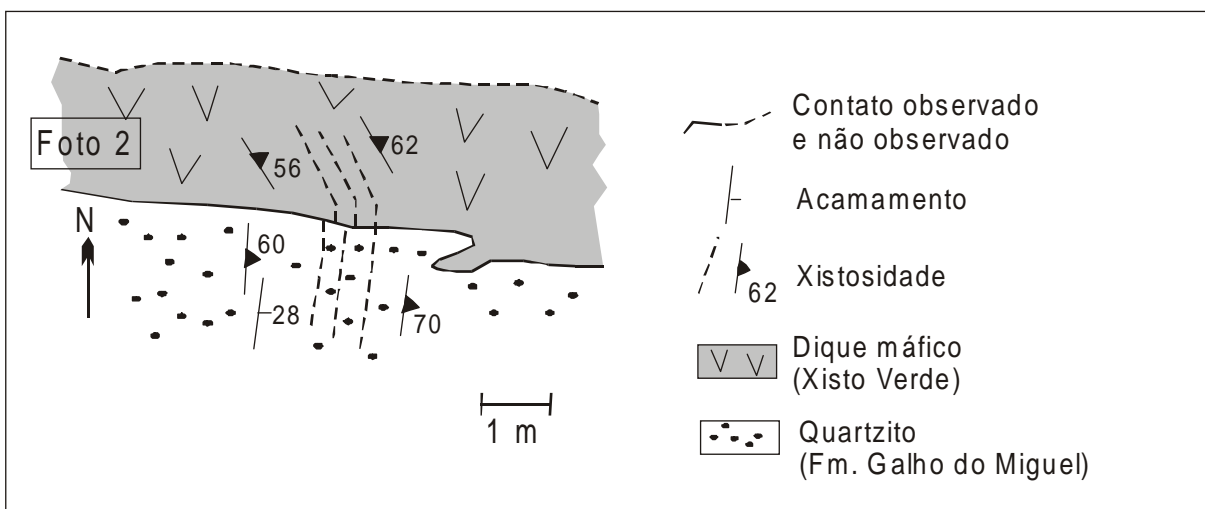


Figura 4. Situação geológica do dique máfico de Quartéis, na estrada de ferro desativada, mostrando a continuidade da xistosidade N-S do quartzito até o xisto verde.

Figure 4. Geologic settings of Quartéis mafic dike in the abandoned railroad, showing the N-S schistosity continuation from the quartzite to the greenschist.

Petrograficamente, predominam minerais como clorita, sericita, epidotos, opacos e quartzo. A clorita predomina amplamente e define uma textura lepidoblástica para a rocha (FOTO 2).

Este enxame de diques máficos, geralmente orientado NW-SE ou E-W, que corta as rochas do Sinclínório de Conselheiro Mata, não foi, ainda, datado. Representam, possivelmente, basaltos/diabásios

equivalentes dos metagabros de Pedro Lessa, apenas intrusivos em níveis estruturais superiores do Supergrupo Espinhaço. Assim, estimamos para estes xistos verdes uma idade de intrusão semelhante, ou seja, entre 1200 a 900 Ma. A xistosidade presente nos diques é a mesma dos metassedimentos encaixantes e é ligada à orogênese Brasileira, formada entre 600 e 550 Ma (Uhlein, 1991).



*Foto 2. Dique de xisto verde no primeiro plano, com quartzitos da Form. Galho do Miguel ao fundo.*

*Photo 2. Greenschist dike with quartzites of Galho do Miguel Formation on back.*

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A província de diques máficos do Espinhaço Meridional é constituída por diques de metabasitos orientados N-S, NW-SE e E-W. Afloram como diques, *sills* e *stocks*, geralmente com bordas deformadas e xistificadas. As porções centrais dos corpos mais espessos apresentam predomínio de feições ígneas preservadas, com esfoliação esferoidal e caráter maciço. A largura dos corpos varia de alguns decímetros até centenas de metros.

Os metagabros, que predominam na região centro-oriental do Supergrupo Espinhaço, apresentam-se como grandes corpos alongados norte-sul. Destacam-se os corpos intrusivos de Datas, Pedro Lessa, Serro e entre Morro do Pilar e Conceição do Mato Dentro. Apresentam xistosidade protomilonítica submeridiana, distribuída de modo heterogêneo pelos corpos, com a mesma orientação que nos metassedimentos encaixantes. Às vezes mostram envolvimento com falhas inversas, como na região de Pedro Lessa, sugerindo que os corpos máficos representam planos de anisotropia

(zona de fraqueza), que favoreceram o desenvolvimento de falhas inversas relacionadas ao Ciclo Brasileiro (Fig.2).

Biondi (1979) considerou estas rochas como toleítos continentais e basaltos alcalinos. Uhlein (1991), através de elementos maiores e menores, concluiu que os metagabros representam toleítos continentais associados ao rifteamento que antecedeu a sedimentação do Grupo Macaúbas. Dossin et al. (1993) e Silva et al. (1995) descrevem, com detalhe, aspectos geoquímicos dos metagabros, incluindo dados de Sm/Nd, relacionam estes diques ao evento extensional Panafricano/ Brasileiro e confirmam deformação dos diques relacionada à orogênese Brasileira.

Os diques de xisto verde são preferencialmente orientados NW-SE e E-W. São de granulação mais fina, refletindo um posicionamento crustal mais raso. Hoppe & Otto (1982) sugerem composição básica a intermediária para estes diques. Cortam diversas formações do Supergrupo Espinhaço, desde as unidades basais até unidades de topo. Destacam-se os diques de xisto verde que cortam a Formação Sopa-Brumadinho

(por exemplo, na Lavra de diamantes Damázio) e os diques de xisto verde que cortam metadolomitos da Formação Rio Pardo Grande, entre Conselheiro Mata e Rodeador. Nesta última região, Batista et al. (1986) descrevem diques de xistos verdes (sericita-clorita xistos com textura lepidoblástica) muito semelhantes ou idênticos ao tipo aqui estudado, que aparecem cortando metadolomitos da Fm. Rio Pardo Grande, unidade de topo do Sg. Espinhaço.

Estes diques ainda não foram datados, mas devem corresponder ao intervalo 1,2 – 0,9 Ga. Mostram xistosidade bastante penetrativa e semelhante a dos metassedimentos encaixantes (Fig.4), o que indica que a deformação principal da Serra do Espinhaço é ligada ao Ciclo Brasileiro.

Observações em mapas regionais sugerem que alguns diques E-W truncam ou cortam dobras de eixo N-S, dando a impressão de um caráter pós-tectônico para estes diques. Entretanto, observações mais detalhadas, efetuadas no campo, têm mostrado que os corpos E-W tem a mesma xistosidade dos metassedimentos e, são, portanto, pré-tectônicos. Acreditamos que a visão de mapa é ilusória, devido a geometria inicialmente diferentes dos corpos. Os diques são orientados E-W e subverticais, enquanto que as camadas são horizontais. Com o dobramento, associado a esforços regionais E-W, os diques vão permanecer verticais, contraindo ou arqueando levemente, enquanto que as camadas sedimentares, associado ao nível de erosão, vão mostrar dobras elegantes e didáticas (Fig.5). Quando observados em detalhe os

diques são deformados e xistificados, como os metassedimentos encaixantes. A partir de observação genérica de mapas geológicos regionais, aliado a natural dificuldade de se obter bons afloramentos, os diques parecem pós-tectônicos e podem sugerir, precipitadamente, uma idade errônea para a deformação regional da Serra do Espinhaço. Através de uma análise estrutural adequada dos diques máficos pode-se concluir que são pós-sedimentação e pré-tectonismo Brasileiro, apresentando xistosidade heterogênea nos metagabros espessos da região centro-oriental, ou mesmo xistosidade fina, bem penetrativa, nos pequenos diques transversais das unidades superiores.

Diques máficos mais jovens, com idade aproximada de 170 a 220 Ma (Dossin et al., 1995; pela metodologia de K/Ar em rocha total) foram reconhecidos, recentemente, na Serra do Espinhaço Meridional. Possuem direções variáveis (predominando orientações N-NW e E-W) e mostram ausência de qualquer traço de deformação ou metamorfismo. Consistem de diabásios com plagioclásio (labradorita) e augita com textura ofítica e, ainda, magnetita, ilmenita, olivina, apatita, titanita e quartzo como acessórios. Estes diques se relacionam à fragmentação do Supercontinente Gondwana, durante o Mesozóico (Dossin et al., 1995; Silva et al., 1995), com atividade tectono-magmática no limite Triássico-Jurássico. Estes diques cortam ou estão encaixados em estruturas brasileiras da Serra do Espinhaço, mas não apresentam qualquer indício de metamorfismo e deformação.

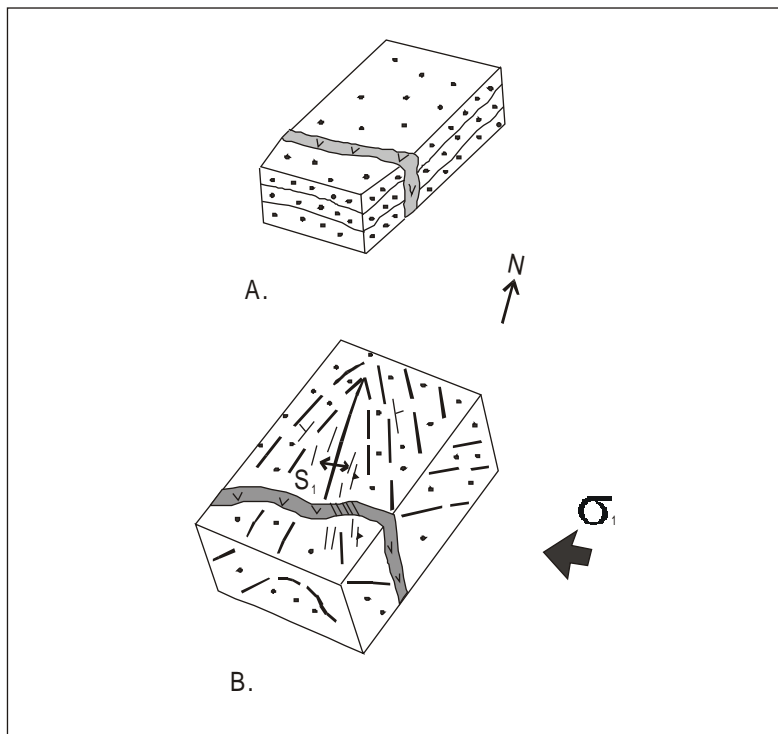


Figura 5. Deformação de diques máficos orientados E-W na Serra do Espinhaço Meridional. A - Situação inicial, com camadas horizontais; B - Estado final, deformado, com xistosidade regional impressa no dique.

Figure 5. Deformation of mafic dikes trending E-W in Southern Serra do Espinhaço. A - Initial condition with horizontal bedding; B - Final condition with regional schistosity impressed into dyke.

## AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Geologia, IGC/UFMG, pelo apoio na realização da pesquisa, em especial ao Instituto Casa da Glória-Centro de Geologia Eschwege, que facilitou nossa permanência em Diamantina no período de 15 a 27 de janeiro de 2001, trabalhando com estudantes estagiários da Universidade de São Paulo-USP. Ao revisor do artigo, Dr. Ivo A Dussin, e aos editores da Geonomos, Professores Antonio Carlos Pedrosa Soares e Ricardo Diniz da Costa, pelo apoio na publicação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA ABREU, P.A. – 1993 – A evolução geodinâmica da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil. Tese de Doutorado, Freiburg, Alemanha, 150 p.
- BATISTA, A.J., CASTRO, W.B. de M., GRECO, F.M., UHLEIN, A. & KARFUNKEL, J. - 1986 – Geologia da Serra do Espinhaço entre Conselheiro Mata e Rodeador, Minas Gerais. Anais XXXIV Cong. Bras. Geol., vol. 2: 949-959, Goiânia.
- BIONDI, J.C.- 1979 – Correção quantitativa dos efeitos do metassomatismo em rochas vulcânicas básicas. Exemplo dos metabasitos do Espinhaço Meridional (MG, Brasil). Rev. Bras. Geoc., 9: 89-115.
- BRITO NEVES, B.B., KAWASHITA, K. & DELHAL, J.- 1979- A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. Rev. Bras. Geoc., 9 (1): 71-85.
- BRITO NEVES, B.B., WINGE, M., CARNEIRO, M.A.- 1996 – Orogêneses precedendo e tafrogêneses sucedendo Rodínia na América do Sul. Bol. IG-USP, Sér. Cient., 27: 1- 40.
- CORREA-GOMES, L.C.; TANNER DE OLIVEIRA, M.A.F., MOTTA, A.C., CRUZ, M.J.M. – 1996 – Província de diques máficos do Estado da Bahia. Convênio SICM-UFBA-SGM-PPPG-Fapex, 144 p.
- DOSSIN, T.M., DOSSIN, I.A., CHARVET, J., POUCKET, A., LAPIERRE, H. – 1993- Late proterozoic mafic dykes swarm from the Espinhaço Range (Minas Gerais, Brazil): geochemistry and tectonical setting. Anais II Simp. Cráton do São Francisco, Salvador, 128-130.
- DOSSIN, T.M., DOSSIN, I.A., CHARVET, J., BONHOMME, M.G. – 1995- K/Ar chronology of a Mesozoic dike swarm from southern Espinhaço Region (SE Brazil). Journ. South Am. Earth Sci. 8 (1): 47-53.
- FOGAÇA, A.C.C.-1996- Mapa Geológico da Folha Diamantina, Minas Gerais, Brasil. Projeto Espinhaço. COMIG/UFMG.
- HOPPE, A. & OTTO, J.-1982- Volcanic rocks of the Espinhaço Supergroup (Proterozoic I), Eastern Brazil. Anais V Cong. Latinoamericano Geologia, IV: 125-135, Argentina.
- KNAUER, L.G. & FOGAÇA, A.C.C.-1996- Mapa geológico da Folha Presidente Kubitschek, Minas Gerais, Brasil. Projeto Espinhaço, COMIG/UFMG.
- MACHADO, N., SCHRANK, A., ABREU, F.R.de, KNAUER, L.G., ALMEIDA ABREU, P.A.- 1989 – Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional. Anais 5º Simp. Geol. Núcleo de Minas Gerais - 1º Simp. Geol. Núcleo Brasília, SBG Núcleo MG, Bol. n° 10: 171-174, Belo Horizonte.
- RENGER, F.E. & ALMEIDA ABREU, P.A. – 2000- The southern Espinhaço Mountain Range: its geodynamic evolution and diamond mineralization, Minas Gerais State, Eastern Brazil. Post-Congress Field Trip, 31st Int. Geol. Congress, Rio de Janeiro, 36 p.
- SILVA, A. M., CHEMALE JR., F., KUYUMJIAN, R.M. & HEAMAN, L. – 1995 – Mafic dike swarms of Quadrilátero Ferrífero and Southern Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. Rev. Bras. Geoc., 25 (2): 124-137.
- UHLEIN, A. & GARCIA, A.J.V.- 1987 – Estratigrafia, sedimentologia e tectônica do Supergrupo Espinhaço na região de Presidente Kubitschek-MG. Anais Simp. Sist. Depositionais no Pré-Cambriano, SBG-Núcleo MG, Bol. n°. 6: 97-112, Ouro Preto (MG).
- UHLEIN, A. – 1991 – Transição cráton x faixa dobrada: exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais. Aspectos estratigráficos e estruturais. Tese