

ENXAMES DE DIQUES MÁFICOS DE MINAS GERAIS – O ESTADO DA ARTE

Alexandre de Oliveira Chaves

Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa e Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, n.º. 6627, 31.270-901 Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. alochaves@yahoo.com.br

Recebido em 8 de fevereiro de 2013; aceito em 4 de julho de 2013

RESUMO: Com base em informações diretas (geologia) e indiretas (geofísica-aeromagnetometria) atualizadas e disponíveis, sete enxames de diques máficos de composição basáltica reveladores de importantes processos geológicos vem sendo progressivamente melhor caracterizados superficial e subsuperficialmente em Minas Gerais em vários aspectos como disposição espaço-temporal, petrografia, geoquímica, crono-estratigrafia e ambiência geotectônica. O presente estado do conhecimento sobre os mesmos aponta que um único enxame tem sua gênese vinculada a regime compressional durante a Orogênese Transamazônica. Os outros seis enxames estão relacionados a regimes extensionais, sendo muitos deles relacionados à formação de importantes bacias sedimentares guardadas em Minas Gerais, enquanto outros se constituem marcadores da separação América do Sul-África durante a fragmentação do Supercontinente Gondwana no Mesozóico.

Palavras-chave: enxames de diques máficos, Minas Gerais.

ABSTRACT: MAFIC DYKE SWARMS OF MINAS GERAIS - THE STATE OF THE ART. Based on updated and available direct (geology) and indirect (aeromagnetometry) information, seven mafic dyke swarms of basaltic composition have been progressively better characterized at surface and subsurface in Minas Gerais State. The present state of knowledge points that a single swarm has genesis linked to compressional setting during Transamazonian Orogeny. All other six swarms are related to crustal extensional settings, many of which are related to the formation of important sedimentary basins stored in Minas Gerais and other ones as markers of separation between South America and Africa during the Gondwana Supercontinent fragmentation.

Keywords: mafic dyke swarms, Minas Gerais.

1. INTRODUÇÃO

Diques máficos de composição basáltica ocorrem na crosta terrestre em uma ampla variedade de escalas e ambientes geotectônicos, incluindo os escudos continentais. Eles representam condutos tabulares de alto ângulo ou verticais usados na passagem de magma mantélico através da crosta, em muitos casos extrudindo na superfície na forma de províncias ígneas gigantes (*large igneous provinces*), sendo muitas delas relacionadas a episódios de extinção em massa. Enxames de diques máficos basálticos podem estar relacionados com importantes eventos magmáticos como a atividade de plumas mantélicas e a quebra/dispersão de continentes, ou seja, a eventos extensionais de larga expressão. Os enxames também representam marcadores estratigráficos por milhões de quilômetros quadrados na medida em que atravessam determinados grupos de rochas e não outros. Podem ainda ajudar na caracterização dos campos regionais de *paleostress* e na reconstrução de antigos supercontinentes (Oliveira & Montes, 1984; Halls & Fahrig, 1987; Parker *et al.*, 1990; Ernst *et al.*, 1995; Chaves & Neves, 2005a).

2. O ESTADO DA ARTE

No Estado de Minas Gerais ocorrem vários enxames de diques com idades desde o Arqueano até o Cretáceo, ora atravessando o Cráton do São Francisco (CSF), ora atravessando suas Faixas Móveis Brasileiras ou ambos. Quando aflorantes, suas rochas normalmente apresentam-se superficialmente na forma de blocos centimétricos a

métricos arredondados e alterados *in situ* ou bem preservadas em drenagens naturais (fig. 1). Um dos mais recentes artigos compilatórios sobre o tema foi publicado há alguns anos (Chaves & Neves, 2005b) com suporte não só em dados geológicos, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos, como também nas informações aeromagnetométricas produzidas em 2000/2001 pela CODEMIG (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, antiga COMIG - www.comig.com.br). Estas informações permitiram a identificação de inúmeros diques por meio do contraste magnético que produzem com suas rochas encaixantes. Em 2000/2001, a CODEMIG levantou 5 áreas prioritárias com 250 m de espaçamento entre linhas de vôo e superfície total de 78.000 km², o que correspondia a apenas 14% da superfície do Estado de Minas Gerais.

Contudo, já em 2005/2006 foram levantadas mais 3 áreas com 400 e 500 m de espaçamento entre linhas de vôo e superfície total de 119.000 km² e, em 2008/2009, foram levantadas 5 áreas com 500 m de espaçamento entre linhas de vôo e superfície total de 140.000 km², o que corresponde a 45% da superfície do Estado de Minas Gerais. Juntamente com novas 7 áreas no Estado lançadas em 2012 pela CODEMIG, essas informações aeromagnetométricas não foram utilizadas no artigo de Chaves & Neves (2005b). Este grande volume de dados gerados nos últimos anos representa uma importante ferramenta para a melhor identificação dos enxames de diques e suas relações cronoestratigráficas no contexto geológico de Minas Gerais.

Tabela 1 - Geoinformações sobre os sete enxames de diques máficos de Minas Gerais. Nenhum deles atravessa coberturas cenozóicas.

ENXAMES DE DIQUES MÁFICOS (IDADE)	REFERÊNCIAS	DIREÇÃO PREDOMINANTE E DISPOSIÇÃO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL	PETROGRAFIA	CLASSIFICAÇÃO GEOQUÍMICA	RELAÇÕES DE CORTE	AMBIENTE GEOTECTÔNICO
LAVRAS (2600-2700 Ma)	Pinese, 1997	N40-60W. Corpos aflorantes no extremo sul do Cráton São Francisco (CSF), com até 30 km de comprimento e largura média de 30 m	Gabro-noritos de granulação fina a média, com texturas ora cumúlítica, ora intergranular a subofítica. Mineralogia original: plagioclásio, augita/plagioclasita (px), bronzita (Opx), opacos, biotita, olivina, apatita. Minerais pós-magnéticos: clorita, serficta, calcita, epidoto, anfíbolio	Basaltos e andesi-basaltos toleíticos	Atravessa gnaiesses e migmatitos arqueanos do Complexo Campo Belo	Regime extensional Neororqueno após a Orogenia Rio das Velhas ocorrida a 2770 Ma
PARAOPEBA (2100-2200 Ma)	Chaves & Neves, 2005b	NNW e ENE (pares conjugados). Corpos aflorantes no sul do CSF com até 20 km de comprimento e largura média de 30 m	Ortoanfíbolios com textura granoblástica no centro dos diques e nematogramoblástica nas margens disalçadas. Originalmente porfíricos, com megacristas de plagioclásio rotacionados. Mineralogia: plagioclásio e augita, substituída por hornblenda e almandina em metamorfismo progressivo de fácies anfíbolio alto. Biotita cloritizada, serficta, epidoto e carbonato marcam metamorfismo regressivo em fácies xisto-verde. Ilmenita, quartzo e zircão também ocorrem	Basaltos típicos a transicionais toleíticos	Atravessa gnaiesses- migmatíticos e granitóides dos Complexos Belo Horizonte, Campo Belo e Bonfim, e litotipos do Supergrupo Rio das Velhas	Regime compressional sintectônico para NW associado à orogenia Transamazônica (Cinturão Mineiro Riachão) por volta de 2100 Ma
PARÁ DE MINAS (1700-1780 Ma)	Silva <i>et al.</i> , 1995; Chaves & Neves, 2005b; Carneiro & Oliveira, 2005	N60W. Corpos aflorantes no sul do CSF. Prolongam-se sob as coberturas neoproterozóicas e fanerozóicas em todo o CSF mineiro. Diques alcançam mais de 400 km de comprimento e até 100 m de largura (média 50 m)	Gabro-dioritos (diabásios) com textura ofítica a subofítica e bordas basálticas. São porfíricos em alguns corpos, com fenocristais de plagioclásio de até 15cm. Mineralogia: augita (borda uraltizada), plagioclásio saussurizado, opacos, biotita, titanita, apatita. As vezes mostram amigdalas com clorita, quartzo e borda leste do CSF (metamorfismo brasileiro). Guardam fluxo magnético horizontal de NW para SE	Variam de andesi-basaltos toleíticos a traqui-basaltos	Atravessa litotipos do Supergrupo Minas, Cinturão Mineiro e Stateriano a Formação Bandeirinha do Espinhaço Meridional Inferior (Chemale Jr <i>et al.</i> , 2011). Contemporâneo aos granitos/ólitos anorogênicos Borrachudos	Rifteamento ativo intra-continental (regime extensional) Stateriano associado a pluma mantélica. Relação com a formação da Baía Espinhaço Inferior em Minas Gerais (Chemale Jr <i>et al.</i> , 2011)
JANUÁRIA (Ectasiano-Steniano)	Chaves & Neves, 2005b COMIG-UFMG/GC-CSR, 1997	N20-50W. Notável por aeromagnetometria, porém não aflorante por sob as coberturas neoproterozóicas e fanerozóicas do CSF, no norte de MG. Diques alcançam mais de 200 km de comprimento e têm largura média estimada de 40 m	Aflorante no Complexo Arqueano Porteirinha e Supergrupo Espinhaço Indiviso (norte de Minas Gerais), mostra-se como metadiabásios com tremolita/actinolita, epidoto, clinzoisita/zoisita, e biotita cloritizada, opacos, biotita, augita e quartzo. São fácies xisto-verde alto (metamorfismo relacionado à Orogênese Brasileira)	Não conhecida	Não atravessa o Grupo Conselheiro Mata do Espinhaço Meridional Superior (Chemale Jr <i>et al.</i> , 2011) e nem os Grupos Macaúbas e Bambuí	Rifteamento intracratônico (regime extensional) na transição Ectasiano-Steniano. Relação com a formação da Baía Espinhaço Superior em Minas Gerais (Chemale Jr <i>et al.</i> , 2011)
FORMIGA (900-1000 Ma)	Machado <i>et al.</i> , 1989; Chaves & Neves, 2005b; Carneiro & Oliveira, 2005	N50-70E Corpos aflorantes no sul do CSF. Prolongam-se sob as coberturas neo-proterozóicas e fanerozóicas do CSF mineiro. Diques alcançam 150 km de comprimento com largura média de 40 m	Gabro-dioritos (diabásios) com textura ofítica a intergranular e bordas basálticas. Há corpos porfíricos, com fenocristais de plagioclásio de até 5cm e outros guardam diferenciações félsicas. Mineralogia: augita (borda uraltizada), plagioclásio saussurizado, opacos, biotita, apatita e quartzo. São metadiabásios na borda leste do CSF (metamorfismo relacionado à Orogênese Brasileira)	Basaltos e andesi-basaltos toleíticos	Atravessa o Espinhaço Inferior e Superior (Chemale Jr <i>et al.</i> , 2011) e não atravessa os Grupos Macaúbas e Bambuí. Diques e sills da suite metabásica Pedro Lessa estão correlacionados a este enxame	Rifteamento intracratônico (regime extensional) Toniano. Relação com a formação da Baía Macaúbas
TRANSMINAS (130-190 Ma)	Chaves & Neves, 2005b; Dússih, 1994; Lima <i>et al.</i> , 1984; Novalis <i>et al.</i> , 2003; Seer <i>et al.</i> , 2011	N a NNW nas Faixas Ribeira e Araçuaí, defletindo para NW no CSF, onde os diques acompanham a direção dos enxames Pará de Minas e Januária. Corpos atravessam Minas Gerais com mais de 500 km de comprimento e 30 m de largura	Varia de gabro fanerítico fino a médio (diabásio) a basalto (às vezes vitrificado), com textura intergranular a subofítica. Mineralogia: plagioclásio, clinopiroxênio augita e alguma olivina. Magnetita e ilmenita e rara apatita ocorrem dispersas pela rocha. Em alguns corpos há fenocristais de plagioclásio milimétricos. Feições deformationais inexistentes (pós-brasilianos)	Andesi-basaltos toleíticos	Não atravessa o Grupo Mata da Corda de idade cretácica superior. Atravessa coberturas e litotipos mais antigos do CSF (ex. Grupo Bambuí), bem como as Faixas Móveis Brasilianas Araçuaí e Ribeira	Rifteamento intra-continental (regime extensional) Juro-Cretácico relacionado à abertura do Atlântico Sul (fragmentação do Gondwana)
SANTOS-RJ ou SERRA DO MAR (120-130 Ma)	Turner <i>et al.</i> , 1994; Pinese, 1997	N40-50E. Corpos aflorantes no sul e leste de MG que alcançam mais de 100 km de comprimento e até 90m de largura (média de 30 m)	Gabro/diorito fanerítico fino a médio (diabásio) a basalto (às vezes vitrificado), com textura ofítica a subofítica. Mineralogia: plagioclásio, clinopiroxênio augita, magnetita e ilmenita e apatita.	Andesi- a lati-basaltos toleíticos, porém há alcalinos	Atravessa litotipos das Faixas Móveis Ribeira e Araçuaí Contemporâneo aos basaltos da Baía do Paraná	Rifteamento intra-continental (regime extensional) Cretácico relacionado à abertura do Atlântico Sul (fragmentação do Gondwana)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com Chaves & Neves (2005b), os enxames Januária, Formiga, Transminas e Santos-Rio de Janeiro (Serra do Mar) guardam corpos correspondentes no Cráton do Congo (África). Essa observação permite inferir que, desde o Riáciano, quando o referido Cráton e o Cráton do São Francisco passaram a compor uma massa crustal contígua, até a fragmentação do Supercontinente Gondwana no Mesozóico, toda esta região cratônica sofreu seguidas tentativas extensionais de quebra. Porém, ela se manteve coerente preservando tão rica história geológica, história esta que remonta ao Arqueano.

4. AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Marques Correia Neves (*in memoriam*) que sempre estimulou a busca pela compreensão dos processos e produtos geológicos relacionados aos diques. À estudante de graduação em Geologia Sara C. de Paula e à colega Geóloga Eliane Voll pelo apoio no ArcGIS. Ao Geofísico Antonino Borges por disponibilizar os dados magnetométricos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borges, A.J. 2011. Magnetometria – derivada vertical - Minas Gerais. Disponível em <http://lagf.org/2012/proceeding/Andr%C3%A9%20Vaz%20de%20Melo%20Fran%C3%A7a.pdf> – consulta em Fev/2013.
- Carneiro, M.A. & Oliveira, A. H. 2005. Tectonic evolution of southern São Francisco Craton: three tectonothermal events based on $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ isotopic data. III Simpósio sobre o Craton São Francisco. Salvador-BA. St5-05.
- Chaves, A.O. & Neves, J.M.C. 2005a. Mafic dyke swarms from Southeastern Brazil. In: Fifth International Dyke Conference, Rovaniemi-Finland. CD-ROM.
- Chaves, A.O. & Neves, J.M.C. 2005b. Radiometric ages, aeromagnetic expression, and general geology of mafic dykes from southeastern Brazil and implications for African-South American correlations. *J. South Amer. Earth Sci.*, 19:387-397.
- Chemale Jr., F., Dussin, I.A., Martins, M., Santos, M.N. . 2011. Nova abordagem tectono-estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em sua porção meridional (MG). *Geonomos*, 19(2), 173-41.
- CODEMIG-UFMG. 2011. Projeto Alto Paranaíba. Mapeamento geológico e levantamento de recursos minerais. Folhas Campos Altos, Carmo do Paranaíba, Luz, Morada Nova de Minas, Presidente Olegário, São Gotardo, Serra das Almas, Serra Selada e Três Marias.
- COMIG-UFMG/IGC-CSR. 1997. Projeto Espinhaço em CD-ROM. Texto e cartografia multimídia.
- CPRM-COMIG. 2003. Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais. Escala 1:1.000.000.
- Dussin, T.M.. 1994. Associations volcano-plutoniques de l'Espinhaço Meridional (SE-Bresil), These de Doctorat, Univ. D'Orleans, France, 177 pp.
- Ernst, R.E., Head, J.W., Parfitt, E., Grosfils, E., Wilson, L. 1995. Giant radiating dyke swarms on Earth and Venus. *Earth Science Reviews*, 39: 1–58.
- Halls, H.C. & Fahrig, W.F. (Eds.), 1987. Mafic Dyke Swarms. Geological Association of Canada. Special Paper, 34.
- Lima, M.I.C., Silva, J.M.R., Siga Jr., O. 1984. Esboço geotectônico das folhas SD.24-Salvador e SE.24-Rio Doce. Anais XXXIII Congresso Brasileiro Geologia. Rio de Janeiro 7, 3325–3336.
- Machado, N., Schrank, A., Abreu, F.R., Knauer, L.G., Almeida Abreu, P.A., 1989. Resultados preliminares da geocronologia U–Pb na Serra do Espinhaço Meridional, Anais V Simposio Geologia de MG e I Simposio Geologia Brasília, SBG 10 1989 pp. 171–174.
- Novais, L.C.C., Teixeira, L.B., Neves, M.T., Rodarte, J.B.M., Almeida, J.C.H., Valeriano, C.M. 2003. Novas ocorrências de diques de diabásio na faixa Colatina – ES: estruturas rúpteis associadas e implicações tectônicas para as bacias de Campos e do Espírito Santo. *Boletim de Geociências da Petrobrás*. Rio de Janeiro, 12 (1): 191-194.
- Oliveira, E.P. & Montes, M.L. 1984. Os enxames de diques máficos do Brasil. SBG, Anais do 33º Congresso Brasileiro Geologia, Rio de Janeiro-RJ, IX :4137-4154.
- Parker, A.J., Rickwood, P.C., Tucker, D.H. (Eds.), 1990. Mafic Dykes and Emplacement Mechanisms. Balkema, Rotterdam. 225p.
- Pinese, J.P.P. 1997. Geologia, geoquímica isotópica e aspectos petrológicos dos diques máficos pré-cambrianos da região de Lavras (MG), porção sul do Cráton do São Francisco, PhD Thesis, IGC-USP, São Paulo, 178 pp.
- Seer, H.J., Moraes, L.C., Carneiro, M.A. 2011. Geologia e litogeoquímica dos diques toleíticos ATi vinculados aos lineamentos magnéticos de direção NW do Arco do Alto Paranaíba em Abadia dos Dourados, MG. SBG, Simp. Vulcanismo e Ambientes Associados, V, Resumos – CD-Rom
- Silva, A.M., Chemale Jr., F., Kuyumjian, R.M., Heaman, L. 1995. Mafic dyke swarms of Quadrilátero Ferrífero and southern Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira Geociências*. 25 (2), 124–137.
- Turner, S., Regelous, M., Kelly, S., Hawkesworth, C., Mantovani, M., 1994. Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision Ar–Ar geochronology. *Earth and Planetary Science Letters*. 20, 67–72.