

Petrografia e Química Mineral dos Diques Máficos da Região Crixás-Goiás, Estado de Goiás

Paulo César Corrêa da Costa (pccorrea@usp.br) e Vicente Antonio Vitório Girardi
Departamento de Mineralogia e Geotectônica - Instituto de Geociências - USP
R. do Lago 562, CEP 05508-080, São Paulo, SP, BRA

Palavras-chave: diques máficos, químico mineral, Estado de Goiás.

RESUMO

No Bloco Arqueano de Goiás (Centro-Oeste do Brasil) ocorrem diques máficos paleoproterozóicos orientados preferencialmente segundo NE e NW. Em função dos aspectos petrográficos foram classificados em: diabásio, metabasito e anfibolito. Sob o ponto de vista químico tratam-se de toleítos, situando-se a grande maioria deles no campo do basalto, sendo que alguns, principalmente o diabásio, situam-se no campo do andesito basáltico. Diabásio, metabasito e, pelo menos parte dos anfibolitos parece ser cogenética. Os diques de diabásio e metabasito contêm piroxênios de composições ricas (augita) e pobres (enstatita e pigeonita) em cálcio. Nesses diques verifica-se que, tanto para os piroxênios ricos quanto pobres em cálcio, os conteúdos de wollastonita (Wo) decrescem dos núcleos para as bordas dos grãos acompanhados de um aumento dos teores de ferrossilita (Fs). Nos piroxênios pobres em cálcio, há um fraco incremento em Wo, e moderado enriquecimento em Fs. As análises de núcleos e bordas dos grãos de plagioclásio mostraram composições que variam de labradorita a bytownita no diabásio e metabasito e andesina a oligoclásio nos anfibolitos. As temperaturas de cristalização obtidas no diabásio e metabasito, segundo vários geotermômetros, indicam os mesmos intervalos de temperatura, quer utilizando-se os piroxênios, cuja variação média vai de 1100°C a 1200°C, quer usando-se plagioclásio, cuja variação média situa-se em 1100°C. Existem dois tipos de anfibólitos cárpicos: primários e secundários. Suas composições são muito variadas, principalmente no que concerne aos elementos de Mg e Fe. Análises químicas de opacos revelaram a presença de magnetita e ilmenita.

Keywords: mafic dykes, mineral chemistry, Goiás state.

ABSTRACT

Paleoproterozoic mafic dikes intrude Archean rocks of the Goiás Block along two main trends, NE and NW. Based on petrographic features they are classified in three groups: diabase, metabasite and amphibolite. Chemical analyses display tholeiitic affinity and permit the great majority of rocks to be classified as basalt. Some samples, mainly diabase, are basaltic andesites. Diabase, metabasite, and at least part of the amphibolites seem to be cogenetic. Diabase and metabasite contain Ca-rich (augite) and Ca-poor pyroxenes (enstatite and pigeonite). In both types the wollastonite content (Wo) decreases and the ferrosilite component (Fs) increases from core to rim of the pyroxenes. This compositional variation is less pronounced in the Ca-poor pyroxenes. Cores and rims of plagioclases of diabase and metabasite vary from labradorite to bytownite. In the amphibolites the plagioclase ranges from oligoclase to andesine. Several geothermometers indicate similar crystallization temperatures for diabase and metabasite. Data from pyroxene and plagioclase point out average values of 1100°C - 1200°C and 1100°C respectively. Igneous and secondary amphiboles (derived from pyroxenes) exhibit a large compositional range, mainly due to variable contents of FeO and MgO. Chemical analyses of opaque minerals identified magnetite and ilmenite.

INTRODUÇÃO

O estudo dos enxames de diques maficos tem sido abordado por vários autores, pois tais estudos fornecem informações relevantes sobre processos mantélicos e geodinâmicos (*e. g.* Condie *et al.*, 1987; Teixeira, 1990; Bossi *et al.*, 1993; Bellieni *et al.*, 1995; Mazzucchelli *et al.*, 1995; Corrêa Gomes *et al.*, 1996; Pinese, 1997; Mazzucchelli *et al.*, 2000; Menezes Leal *et al.*, 2000; Iacumin *et al.*, 2001, 2003).

Os diques maficos de Goiás, na região centro-oeste do Brasil, já foram objeto de alguns estudos (*e. g.* Kuyumjian, 1991, 1998; Girardi *et al.*, 1992; Tomazzoli, 1997; Corrêa da Costa *et al.*, 2002; Corrêa da Costa *et al.*, 2003). Este trabalho tem como objetivo o estudo petrográfico e principalmente o químismo mineral e a termometria desses corpos.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de trabalho está inserida no Bloco Arqueano de Goiás. Esse segmento crustal corresponde à porção central da Província Tocantins segundo Almeida *et al.* (1977; Figura 1). A Província Tocantins corresponde à região afetada pela colisão dos cráticos Amazônico, a oeste, e São Francisco, a leste, durante o Ciclo Brasiliano (Winge, 2000).

Em geral, as principais unidades do Bloco Arqueano de Goiás são os terrenos arqueanos granito-greenstone de Goiás, Crixás, Guarinos, Pilar de Goiás e Hidrolina, acrescidos de terrenos ortognáissicos de idade paleoproterozóica, cobertos por metassedimentos (*e. g.* Grupo Serra da Mesa), seqüências metavulcano-sedimentares e ainda os complexos estratiformes mafico-ultramáficos Barro Alto,

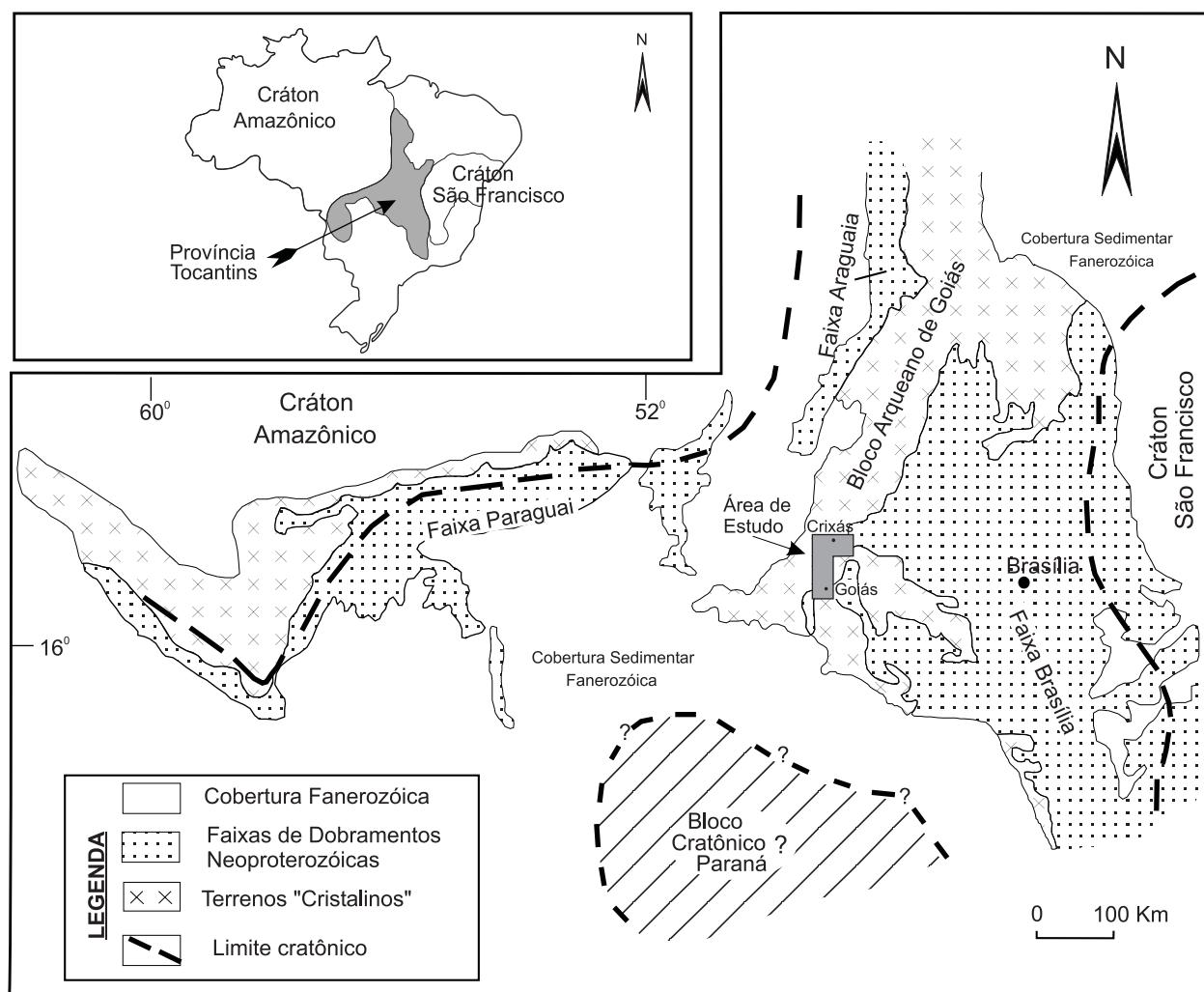


Figura 1. Esboço geológico da Província Tocantins, mostrando a localização da área estudada, o Bloco Arqueano de Goiás e as Faixas de Dobramentos Brasília e Paraguai-Araguaia (Modificado de Pimentel *et al.*, 1997).

Niquelândia e Cana Brava (Girardi *et al.*, 1981, 1986; Correia *et al.*, 1997).

Na porção norte do Bloco Arqueano de Goiás, os gnaisse-granodioríticos correspondem ao Complexo Anta, enquanto que, os gnaisse-tonalíticos equivalem ao Complexo Caiamar de acordo com Jost *et al.* (1994) e Queiroz (2000). As rochas granito-gnáissicas da porção central e sul do Bloco Arqueano de Goiás fazem parte dos Complexos Caiçara e Uvá, respectivamente.

De modo geral, nos terrenos granito-gnáissicos ocorrem diques maficos, que se estendem linearmente, algumas vezes, por dezenas de quilômetros e têm espessuras que variam de poucos metros até uma centena de metros.

Os diques maficos distribuem-se por toda região investigada, apresentando maior densidade de ocorrência na sua porção meridional, entre as cidades de Goiás e Morro Agudo de Goiás e na porção setentrional, entre as cidades de Crixás e Auriverde. Esses diques cortam os terrenos granito-gnáissicos com idades compreendidas entre 3067 a 2670 Ma (idades obtidas por Hasui e Almeida, 1970; Tassinari e Montalvão, 1980; Vargas, 1992; Tomazzoli, 1992 e Pimentel *et al.*, 2003).

ASPECTOS GEOLÓGICOS E PETROGRÁFICOS

Análises ^{39}Ar - ^{40}Ar e Rb/Sr (*e. g.* Corrêa da Costa *et al.*, 2003) indicam idade de cerca de 2,4 Ga para a cristalização dos diques de diabásio.

Os diques maficos afloram na forma de blocos arredondados, distribuindo-se preferencialmente segundo as direções de intrusão N10-30E, N30-40E, N40-60E e NW. Os diques de diabásio e metabasito têm direções preferenciais que variam de N10E a N40E, enquanto os diques de anfibolito apresentam direções tanto NE como NW.

Em geral, esses diques são verticais a subverticais e possuem espessuras que variam de poucos metros (10 – 15 m), podendo atingir até 100 m de espessura com vários quilômetros de comprimento.

Os diques de anfibolito são os que apresentam as menores espessuras. Em média variam aproximadamente de 10 a 20 m. Os diques de diabásio por sua vez, são um pouco mais espessos que os diques de anfibolitos, com valores médios de 40 a 50 m. Os diques de metabasito são os mais expressivos e podem apresentar espessuras de aproximadamente até 100 m e, também, são os que apresentam as maiores extensões.

Os dados petrográficos, que incluem estruturas, texturas, composição mineralógica, e transformações hidrotermais/metamórficas permitiram classificar as rochas maficas da região investigada em três grupos distintos: Diabásio, Metabasito e Anfibolito.

Diabásio

O diabásio representa cerca de 27% das rochas investigadas. São rochas faneríticas, com granulação variando de fina a média. Apresentam textura predominante subofítica e intergranular e subordinadamente ofítica. Com menor freqüência ocorre a textura porfirítica com fenocristais de piroxênio de aproximadamente 2,5 mm dispersos numa matriz fina de piroxênio e plagioclásio. Raramente observa-se estrutura vesicular com quartzo em matriz muito fina (0,1 mm). Intercrescimento micrográfico ou granofílico é freqüente.

Estas rochas são compostas essencialmente por plagioclásio e piroxênio (orto e clinopiroxênio) que juntos correspondem a aproximadamente 80 - 85% do volume total da amostra. Em menores proporções têm minerais acessórios como anfibólito primário (ígneo), quartzo, biotita, minerais opacos, apatita, titanita, zircão e zoisita.

Metabasito

O metabasito constitui diques de ampla freqüência na região, e representa cerca de 34% das rochas estudadas. Seus constituintes mineralógicos essenciais são plagioclásio, anfibólito e subordinadamente piroxênio (orto e clinopiroxênio). Alguns anfibólitos são primários, porém a grande maioria advém da transformação hidrotermal ou deutérica dos piroxênios. As texturas predominantes são as mesmas do diabásio, ou sejam ofítica e subofítica e mais raramente a porfirítica. Opacos, quartzo, apatita, biotita, zircão, titanita e epidoto são acessórios.

Anfibolito

À semelhança do diabásio e metabasito, este grupo tem sua distribuição geográfica abrangente e pode ser encontrado em toda a região investigada. Representa cerca de 39% das rochas investigadas. As direções predominantes são N10 - 20W para o anfibolito na região de Crixás e N40 - 60E para os existentes nas imediações de Goiás.

As rochas são foliadas e de granulação predominantemente fina. A foliação principal, geralmente é observada nas bordas dos diques, próxima do contato com a rocha encaixante, sendo paralela à direção de intrusão. Situação semelhante a esta, de diques que sofreram reativações por cisalhamento simples, também têm sido relatadas na literatura (*e. g.* Corrêa Gomes, 1989; Tarney, 1992; Menezes Leal *et al.*, 1995; Bellieni *et al.*, 1995 e Pinse, 1997).

A mineralogia é constituída essencialmente por anfibólito e plagioclásio que somados representam cerca de 90% do volume da rocha. Como minerais acessórios aparecem quartzo, minerais opacos, biotita, apatita, zircão, titanita e epidoto.

As texturas são granoblástica e nematoblástica.

Cumpre salientar um aspecto textural e mineralógico de grande importância no que se refere à consangüinidade das três litologias. Em alguns diques mais espessos notou-se no centro diabásio com texturas ofíticas e subofíticas. Em se afastando do centro as texturas permanecem, havendo, porém, enriquecimento de anfibólito secundário. Nas bordas estruturas foliadas e texturas nematoblásticas caracterizam as rochas. Tais feições sugerem que, pelo menos parte dos anfibolitos, é cogenética e contemporânea a diabásios e metabasitos. No que se refere à classificação dessas rochas por critérios químicos foram utilizadas análises químicas de elementos maiores. Os dados químicos completos das rochas encontram-se em Corrêa da Costa (2003) e mostram claramente a afinidade toleítica de todos os litotipos (Figura 2). Nesse gráfico é possível também notar dois grupos de rochas: um mais rico em FeO, correspondendo a amostras com mais de 1,5% de TiO_2 , e outro mais rico em MgO com menos de 1,5% de TiO_2 .

No diagrama de Le Bas *et al.* (1986) observa-se que os litotipos são predominantemente basalto, situando-se algumas amostras, principalmente diabásio, no campo do andesito basáltico (Figura 3). Nota-se também uma separação entre os grupos com TiO_2 abaixo e acima de 1,5%, sendo estes mais enriquecidos em álcalis.

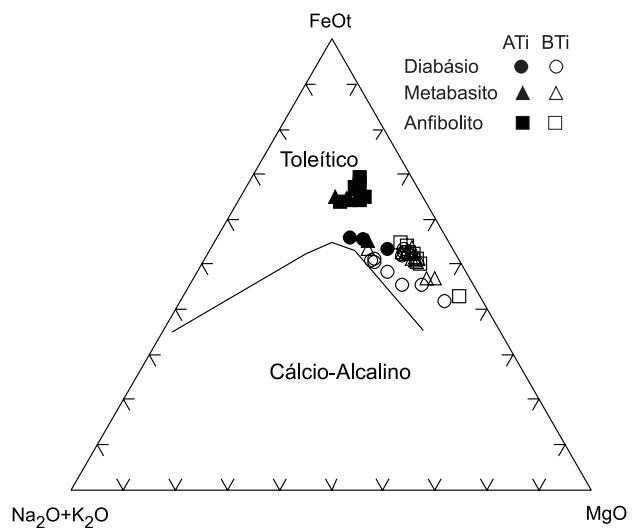


Figura 2. Diagrama AFM ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)-FeOt-MgO para classificação geral dos litotipos maficos, segundo a proposta de Irvine e Baragar (1971). Símbolos cheios representam amostras com mais de 1,5% de TiO_2 e vazios representam amostras com menos de 1,5% de TiO_2 .

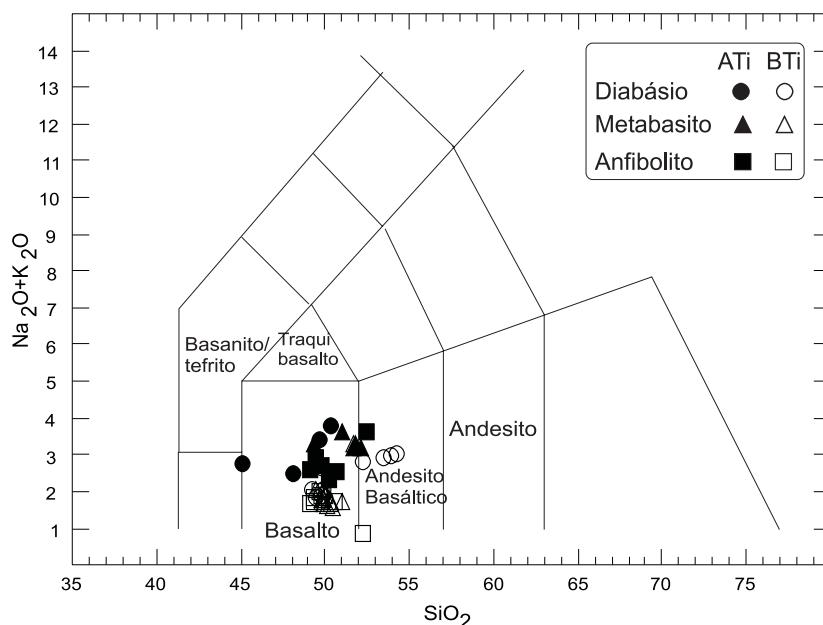


Figura 3. Diagrama de classificação geral dos litotipos maficos, de acordo com a proposta de Le Bas *et al.* (1986). Símbolos como na Figura 2.

QUÍMICA MINERAL

As análises de química mineral quantitativa foram realizadas no Laboratório de Microssonda e Microscopia Eletrônica de Varredura do DMP - Instituto de Geociências - USP, nas fases feldspato, piroxênio, anfibólio e minerais opacos. O aparelho utilizado foi uma microssonda eletrônica JEOL, modelo JXA-8600, equipada com cinco espectrômetros, com cristais STE/TAP, TAP/PET, PET/LIF, PET/LIF e PET/LIF.

Nas análises quantitativas (WDS – *Wavelength Dispersive System*) utilizou-se o sistema de análises automatizado Voyager da NORAN Instruments, nas seguintes condições de rotina: voltagem de aceleração 15 KV; corrente do feixe eletrônico 20nA; diâmetro de feixe incidente de 10 a 5 μm para plagioclásio, 5 μm para piroxênio e anfibólio e 5 a 1 μm para minerais opacos. Correções quantitativas ZAF para efeitos de matriz (Z – N° atômico, A – absorção atômica, F – fluorescência) foram efetuadas através do programa PROZA de uso interno do laboratório. Os erros analíticos relativos máximos estimados para os resultados são de $\pm 2\%$ para os elementos maiores e $\pm 5\%$ para os elementos menores analisados.

A fórmula estrutural dos minerais foi calculada com o auxílio do programa Minpet 2.02, de Richard (1995) que adota os critérios da IMA (International Mineralogical Association). O programa utiliza os métodos de Yoder e Tilley (1962) e Cawthorn e Collerson (1974) para o recálculo do piroxênio e o método de Richard e Clarke (1990) para o recálculo do anfibólio. No caso específico do anfibólio, o programa Minpet oferece 5 métodos diferentes de recálculos (*e. g.* Robinson *et al.*, 1981). Neste trabalho, optou-se pela média de 15 -NK (os cátions são reajustados para um total de 15, excluindo-se Na e K) e 13 -CNK (os cátions são reajustados para um total de 13, excluindo-se Ca, Na e K). O autor do programa (Richard, 1995) considera o método da média 15 -NK e 13 -CNK mais apropriado para o recálculo dos anfibólidos cálcicos.

A partir dos dados de química mineral, foram realizados estudos geotermométricos nas fases piroxênio e plagioclásio. As fórmulas para os cálculos das temperaturas obtidas são encontradas nos trabalhos de Wood e Banno (1973), Ishii (1975), Kretz (1982), Andersen *et al.* (1998), Kudo e Weill (1970) e Mathez (1973).

Os pontos analisados foram, sempre que possível, localizados nos núcleos (N) e nas bordas (B) dos grãos (fenocristais e/ou microfenocristais).

Piroxênio

Para a classificação dos piroxênios, adotou-se neste trabalho a nomenclatura de Morimoto (1988), que segue as

recomendações da IMA (*International Mineralogical Association*).

Os dados das composições químicas dos piroxênios ricos (augita) e pobres (enstatita e pigeonita) em cálcio encontram-se nas Tabelas 1 e 2. Nestas tabelas, estão apresentadas também as respectivas fórmulas estruturais calculadas com base em 6 oxigênios e 4 cátions, bem como, as porcentagens de wollastonita (Wo), enstatita (En) e ferrossilita (Fs). Os valores de Fe⁺³ foram calculados por balanço de carga a partir do programa Minpet 2.02 de Richard (1995).

Os piroxênios analisados constituem-se essencialmente de Ca, Mg e Fe. No diagrama da Figura 4, onde estão representados os componentes moleculares wollastonita (Wo), enstatita (En) e ferrossilita (Fs), pode-se observar a existência de piroxênios ricos e pobres em cálcio tanto no diabásio quanto no metabasito. Estes piroxênios segundo a nomenclatura de Morimoto (1988), são classificados como augita, seguida de pigeonita e enstatita.

No diagrama da Figura 4 verifica-se que tanto para os piroxênios ricos, quanto pobres em cálcio do diabásio e metabasito, os conteúdos de wollastonita (Wo) decrescem dos núcleos para as bordas dos grãos acompanhados de um aumento dos teores de ferrossilita (Fs). Entretanto, nos piroxênios pobres em cálcio (pigeonita e enstatita), há um fraco incremento em Wo e moderado enriquecimento em Fs.

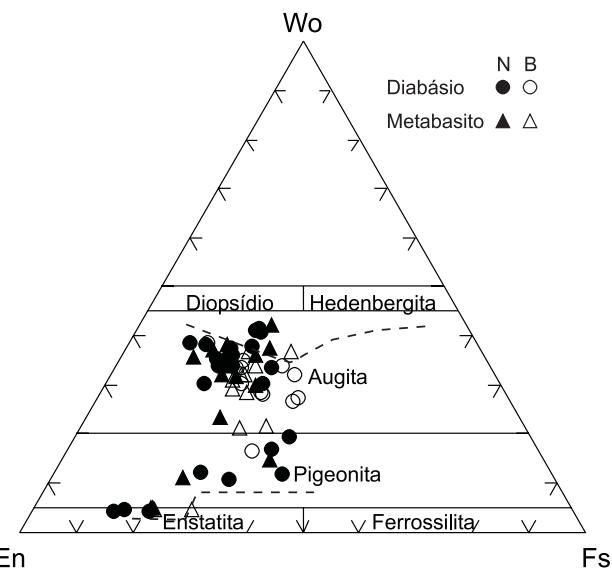


Figura 4. Diagrama da variação composicional em função dos componentes moleculares Wo ($\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_6$), En ($\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$) e Fs ($\text{Fe}^2\text{Si}_2\text{O}_6$) dos piroxênios ricos e pobres em cálcio, para o núcleo (N - símbolo cheio) e borda (B - símbolo vazio) dos piroxênios. Linhas tracejadas representam o trend de evolução de Skagaard.

Tabela 1. Composição química, em % de peso, dos piroxênios ricos em cálcio do diabásio e metabasito. Fórmula estrutural calculada com base em 6 átomos de oxigênio. **N** - núcleo. **B** - borda. **Aug.** - augita.

Litotipo	Diabásio																								
	Amostra		CR01		CR01		CR01		CR107		CR107		CR107		GO05		GO05		GO05		GO06		GO06		GO06
Fase/Grão	N/1	B/1	N/2	B/2	N/1	B/1	N/2	B/2	N/1	B/1	N/2	B/2	N/3	B/3	N/4	B/1	N/2	B/3	N/4	B/1	N/2	B/3	B/4		
SiO ₂	51,35	51,50	52,05	50,85	50,70	51,46	52,01	51,82	51,09	51,49	52,02	52,11	51,07	50,86	49,10	53,03	50,76	50,40							
TiO ₂	0,38	0,50	0,26	0,36	0,42	0,31	0,07	0,22	0,56	0,73	0,63	0,45	0,55	1,15	0,81	0,18	0,56	0,33							
Al ₂ O ₃	1,66	1,87	2,04	2,08	3,89	2,93	1,33	1,71	2,86	3,16	2,45	1,85	2,96	3,51	2,21	2,27	1,68	2,27							
FeO	16,89	17,89	10,80	19,31	11,47	13,44	16,85	17,17	12,16	10,72	14,41	12,16	14,18	13,06	21,22	10,73	21,30	17,71							
MnO	0,36	0,38	0,28	0,44	0,19	0,27	0,31	0,34	0,25	0,19	0,34	0,30	0,32	0,25	0,51	0,38	0,50	0,29							
MgO	13,62	12,69	17,14	12,00	14,88	15,20	14,57	15,06	16,93	15,29	15,28	16,65	15,77	15,41	12,64	18,82	13,39	15,04							
CaO	16,31	16,35	17,70	15,22	16,91	16,19	14,69	13,81	15,68	18,46	15,55	16,92	15,68	14,69	12,92	15,20	12,92	13,74							
Na ₂ O	0,32	0,28	0,24	0,25	0,55	0,33	0,23	0,21	0,25	0,25	0,27	0,23	0,36	0,42	0,21	0,22	0,20	0,12							
Total	100,91	101,48	100,55	100,54	99,02	100,15	100,06	100,34	99,78	100,29	100,95	100,67	100,89	99,39	99,64	100,83	101,32	99,94							
Si	1,93	1,94	1,91	1,94	1,90	1,92	1,97	1,95	1,89	1,90	1,93	1,92	1,89	1,91	1,89	1,93	1,92	1,90							
Al ^{IV}	0,07	0,06	0,09	0,06	0,10	0,08	0,04	0,05	0,11	0,10	0,07	0,08	0,11	0,09	0,10	0,07	0,08	0,10							
Total	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00			
Al ^{VI}	0,00	0,02	0,00	0,03	0,07	0,05	0,02	0,03	0,02	0,04	0,04	0,00	0,02	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00							
Ti	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01							
Fe ³	0,07	0,04	0,09	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,07	0,02	0,01	0,07	0,09	0,00	0,08	0,05	0,06	0,08							
Mg	0,76	0,71	0,94	0,68	0,83	0,85	0,82	0,85	0,94	0,84	0,85	0,92	0,87	0,86	0,73	1,02	0,76	0,85							
Fe ²	0,46	0,52	0,24	0,59	0,32	0,38	0,51	0,51	0,30	0,31	0,43	0,31	0,35	0,41	0,60	0,28	0,61	0,48							
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01							
Ca	0,66	0,66	0,70	0,62	0,68	0,65	0,60	0,56	0,62	0,73	0,62	0,67	0,62	0,59	0,53	0,59	0,52	0,56							
Na	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01							
Total	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,99	1,99	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00			
WO	33,47	33,87	35,26	32,15	36,20	33,69	30,38	28,51	32,05	38,26	32,18	33,97	32,04	31,58	27,22	30,36	26,60	28,20							
EN	38,89	36,58	47,51	35,27	44,32	44,03	41,92	43,26	48,15	44,09	43,99	46,51	44,83	46,09	37,05	52,31	38,36	42,95							
FS	27,64	29,55	17,23	32,58	19,49	22,28	27,70	28,23	19,80	17,65	23,83	19,53	23,13	22,34	35,74	17,33	35,04	28,84							
Nome	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.							

Litotipo	Diabásio																					
	Amostra		GO07		GO07		GO113		GO113		GO113		GO113		CR110		CR110		CR110			
Fase/Grão	N/1	B/1	N/2	B	B/1	N/2	B/2	N/3	N/4	N/1	N/2	N/3	N/4	N/1	N/2	N/3	N/4					
SiO ₂	52,83	51,97	51,41	50,61	49,79	50,97	50,25	51,64	50,68	51,05	50,26	51,07	50,15									
TiO ₂	0,28	0,37	0,48	1,08	1,43	0,81	1,15	0,67	1,15	1,27	1,18	1,13	1,59									
Al ₂ O ₃	3,42	3,50	3,31	2,98	3,05	2,95	2,62	2,54	2,58	3,39	3,11	2,47	4,63									
FeO	6,68	8,59	8,48	14,56	13,23	10,86	13,09	12,43	11,18	12,97	13,63	13,33	12,18									
MnO	0,16	0,23	0,18	0,37	0,29	0,28	0,27	0,29	0,23	0,31	0,30	0,20	0,29									
MgO	17,89	16,83	17,06	15,82	14,78	16,66	15,61	15,54	15,14	12,63	12,85	13,77	12,54									
CaO	19,09	19,03	18,87	14,70	16,64	16,42	16,28	16,12	18,13	19,78	19,76	18,13	19,03									
Na ₂ O	0,22	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,27	0,25	0,25	0,27	0,43	0,42	0,42	0,60								
Total	100,56	100,80	100,06	100,42	99,49	99,22	99,52	99,49	99,36	101,83	101,54	100,52	101,01									
Si	1,92	1,89	1,89	1,89	1,88	1,90	1,89	1,94	1,90	1,89	1,87	1,91	1,86									
Al ^{IV}	0,08	0,11	0,12	0,11	0,12	0,10	0,11	0,06	0,10	0,11	0,13	0,09	0,14									
Total	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00									
Al ^{VI}	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,03	0,00	0,05	0,02	0,04	0,00	0,02	0,07									
Ti	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04									
Fe ³	0,02	0,06	0,08	0,06	0,05	0,05	0,07	0,00	0,04	0,03	0,09	0,04	0,02									
Mg	0,97	0,91	0,93	0,88	0,83	0,93	0,87	0,87	0,85	0,70	0,71	0,77	0,69									
Fe ²	0,18	0,20	0,18	0,40	0,36	0,29	0,35	0,39	0,31	0,37	0,33	0,38	0,36									
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01									
Ca	0,74	0,74	0,74	0,59	0,67	0,66	0,66	0,65	0,73	0,78	0,79	0,73	0,76									
Na	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04								
Total	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00									
WO	38,70	38,57	38,23	30,39	34,84	33,99	33,62	33,82	37,68	41,45	40,73	37,89	41,18									
EN	50,47	47,47	48,08	45,51	43,06	48,00	44,84	45,35	43,79	36,82	36,85	40,04	37,76									
FS	10,84	13,96	13,70	2																		

(Tabela 1 - continuação)

Litotipo		Metabasito																	
Amostra	CR02	CR09	CR104	CR104	CR104	GO13	GO13	GO13	GO13	GO100									
Fase/Grão	B	B	N/1	N/2	N/3	B/4	N/1	B/1	N/2	B/2	B/3	N/1	N/2	B/2	N/3	B/3	N/4	B/4	
SiO ₂	52,25	53,60	52,31	51,36	51,52	51,07	50,37	51,47	52,43	50,48	50,98	49,76	51,00	51,16	50,04	49,70	50,34	50,17	
TiO ₂	0,23	0,17	0,54	0,40	0,20	1,59	0,52	0,03	0,30	0,50	0,37	0,91	0,70	0,62	0,80	0,91	0,78	0,75	
Al ₂ O ₃	6,09	5,58	2,91	2,71	0,98	1,43	2,01	1,50	1,82	1,70	1,74	2,32	2,56	2,42	2,53	1,70	2,96	2,49	
FeO	12,61	14,05	7,95	9,56	14,17	13,26	16,09	17,55	14,73	20,11	13,58	15,28	11,23	11,32	14,25	17,61	11,41	14,88	
MnO	0,23	0,29	0,22	0,24	0,28	0,31	0,41	0,42	0,40	0,40	0,38	0,29	0,19	0,26	0,33	0,40	0,26	0,27	
MgO	14,85	14,14	18,12	16,62	11,99	14,30	15,14	17,88	19,03	15,93	16,47	12,75	16,03	16,10	13,97	11,50	15,69	14,32	
CaO	12,61	12,28	17,59	18,23	20,49	17,74	14,47	10,43	11,80	10,54	15,32	17,86	17,68	17,18	17,47	17,53	17,97	16,20	
Na ₂ O	0,42	0,49	0,18	0,25	0,42	0,34	0,25	0,20	0,17	0,23	0,22	0,31	0,32	0,33	0,33	0,32	0,31	0,38	
Total	99,39	100,68	99,80	99,38	100,06	100,03	99,26	99,52	100,68	99,89	99,07	99,47	99,71	99,39	99,70	99,67	99,72	99,45	
Si	1,95	1,99	1,92	1,91	1,95	1,92	1,91	1,93	1,93	1,91	1,92	1,90	1,90	1,91	1,89	1,91	1,88	1,90	
Al ^{IV}	0,05	0,01	0,08	0,10	0,04	0,06	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,09	0,11	0,08	0,13	0,10	
Total	2,00	2,00	2,00	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00	2,00	1,99	1,99	2,00	2,00	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00	
Al ^{VI}	0,22	0,24	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	
Ti	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	
Fe ³	0,00	0,00	0,02	0,07	0,07	0,01	0,08	0,08	0,06	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,09	0,06	0,10	0,08	
Mg	0,83	0,78	0,99	0,92	0,68	0,80	0,86	1,00	1,04	0,90	0,92	0,72	0,89	0,90	0,79	0,66	0,87	0,81	
Fe ²	0,39	0,44	0,22	0,23	0,38	0,39	0,43	0,47	0,39	0,55	0,34	0,42	0,27	0,29	0,36	0,50	0,26	0,39	
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Ca	0,51	0,49	0,69	0,72	0,83	0,72	0,59	0,42	0,47	0,43	0,62	0,73	0,71	0,69	0,71	0,72	0,72	0,66	
Na	0,03	0,04	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	
Total	1,99	1,99	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		
WO	29,13	28,46	35,77	37,20	42,29	36,79	29,89	21,14	23,56	21,64	31,18	37,41	36,16	35,34	36,17	36,85	36,74	33,78	
EN	47,72	45,60	51,27	47,19	34,43	41,25	43,51	50,42	52,86	45,50	46,64	37,15	45,61	46,06	40,26	33,61	44,62	41,56	
FS	23,15	25,95	12,96	15,61	23,28	21,96	26,61	28,44	23,58	32,87	22,18	25,45	18,23	18,60	23,57	29,54	18,64	24,66	
Nome	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	Aug.	

Tabela 2. Composição química, em % de peso, dos piroxênios pobres em cálcio. Fórmula estrutural calculada com base em 6 átomos de oxigênio. N - núcleo. B - borda. **Pig.** - pigeonita. **En** – enstatita.

Litotipo		Diabásio								Metabasito								
Amostra	CR01	CR01	GO06	GO06	GO06	GO06	GO07	GO07	GO07	CR104	CR104	CR104	CR104	GO13	GO13			
Fase/Grão	N/1	N/2	N/1	B/2	N/3	N/4	N/1	N/2	N/3	N/1	B/1	N/2	B/2	N/1	N/3			
SiO ₂	52,12	51,40	50,63	51,27	53,67	52,07	55,92	54,95	56,44	54,08	53,05	54,16	53,91	53,91	53,01			
TiO ₂	0,06	0,08	0,27	0,44	0,24	1,05	0,14	0,10	0,06	0,21	0,23	0,25	0,21	0,28	0,24			
Al ₂ O ₃	1,09	1,15	1,84	1,67	1,56	2,04	1,52	1,76	0,84	2,12	1,57	1,96	2,01	0,74	1,71			
FeO	24,46	19,82	22,07	20,17	16,47	21,44	10,65	13,62	9,70	13,48	17,92	13,28	13,76	20,84	14,69			
MnO	0,61	0,36	0,42	0,45	0,43	0,39	0,24	0,28	0,24	0,27	0,29	0,32	0,29	0,49	0,36			
MgO	16,48	20,65	16,40	17,79	22,83	13,75	29,97	28,02	31,41	27,36	24,58	27,24	27,23	15,85	23,93			
CaO	5,78	5,39	8,13	8,14	6,30	8,74	2,38	2,17	2,28	2,54	2,42	2,47	2,37	6,77	5,68			
Na ₂ O	0,23	0,14	0,19	0,18	0,10	0,25	0,03	0,06	0,03	0,03	0,01	0,03	0,00	0,13	0,17			
Total	100,83	99,01	99,96	100,13	101,62	99,85	100,85	100,96	100,99	100,10	100,08	99,72	99,78	99,04	99,80			
Si	1,97	1,93	1,92	1,92	1,94	2,00	1,96	1,95	1,96	1,94	1,94	1,95	1,94	2,07	1,93			
Al ^{IV}	0,03	0,05	0,08	0,07	0,06	0,00	0,04	0,05	0,03	0,07	0,06	0,05	0,06	0,00	0,07			
Total	2,00	1,98	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,07	2,00			
Al ^{VI}	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,03	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe ³	0,02	0,08	0,07	0,06	0,06	0,00	0,01	0,03	0,04	0,03	0,05	0,02	0,03	0,00	0,07			
Mg	0,93	1,15	0,93	1,00	1,23	0,79	1,57	1,48	1,63	1,46	1,34	1,46	1,46	0,91	1,30			
Fe ²	0,75	0,53	0,63	0,57	0,44	0,69	0,30	0,37	0,24	0,37	0,50	0,38	0,38	0,67	0,38			
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	
Ca	0,23	0,22	0,33	0,33	0,24	0,36	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,28	0,22		
Na	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01		
Total	2,00	1,99	2,00	1,99	2,00	1,99	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,93	2,00			
WO	11,97	10,81	16,76	16,62	12,29	19,46	4,52	4,17	4,24	4,95	4,76	4,85	4,62	14,89	11,20			
EN	47,49	57,61	47,04	50,52	61,97	42,60	79,32	74,97	81,32	74,15	67,28	74,33	73,96	48,49	65,64			
FS	40,54	31,59	36,20	32,86	25,74	37,95	16,16	20,86	14,44	20,90	27,96	20,82	21,42	36,62	23,17			
Nome	Pig.	Pig.	Pig.	Pig.	Pig.	Pig.	En	En	En	En	En	En	En	En	Pig.	Pig.		

Observa-se também, na Figura 4, que os piroxênios ricos em cálcio posicionam-se abaixo do *trend* de evolução de Skaergaard (Brown, 1957; Brown e Vincent, 1963), e os piroxênios pobres em cálcio se aproximam do *trend* de evolução de Skaergaard. Segundo Wager e Brown (1968), a coexistência de piroxênios ricos e pobres em cálcio e a evolução acompanhada de um decréscimo nos conteúdos de cálcio e aumento nos conteúdos de ferro, é típica de suítes toléíticas.

Com o objetivo de conhecer as temperaturas dos piroxênios, foram utilizados os geotermômetros propostos por Wood e Banno (1973), Kretz (1982) e Andersen *et al.* (1998), para o par augita coexistente com pigeonita e/ou enstatita e o geotermômetro de Ishii (1975) aplicado exclusivamente em pigeonitas. Estes geotermômetros utilizam-se de equações que fornecem a temperatura de equilíbrio em associações minerais contendo dois piroxênios, pois a composição desses minerais é bastante sensível a variações de temperatura.

A Tabela 3 apresenta os valores das temperaturas, em graus centígrados, obtidos para cada par de piroxênios usado como geotermômetro.

Os valores médios de temperatura obtidos para os diques de diabásio nos núcleos (N) e bordas (B) dos grãos foram respectivamente 1177°C (N) e 1163°C (B) pelo geotermômetro de Kretz (1982); 1139°C (N) e 1118°C (B) pelo geotermômetro de Wood e Banno (1973); 1145°C (N) e 1095°C (B) pelo geotermômetro de Ishii (1975); 1169°C (N) e 1080°C (B) pelo geotermômetro de Andersen *et al.* (1998).

Quando se avalia o conjunto dos metabasitos, obtém-se os seguintes valores médios para os núcleos (N) e bordas (B) dos grãos respectivamente: 1204°C (N) e 1099°C (B) pelo geotermômetro de Kretz (1982); 1111°C (N) e 1083°C (B) pelo geotermômetro de Wood e Banno (1973); 1167°C (N) e 1139°C (B) pelo geotermômetro de Ishii (1975), 1167°C (N) e 1109°C (B) pelo geotermômetro de Andersen *et al.* (1998).

Piroxênios com composições semelhantes a estes foram encontrados em diques maficos do nordeste da Bahia, sul de Minas Gerais e centro-leste da Argentina (*e. g.* Menezes Leal *et al.*, 1995; Pinese, 1997; Iacumin *et al.*, 2001), fornecendo valores de temperaturas obtidas pelos métodos de Wood e Banno (1973), Ishii (1975) e Kretz (1982) próximas às temperaturas encontradas para as rochas dos diques de Goiás por estes mesmos geotermômetros utilizados.

Plagioclásio

Os plagioclásios foram classificados no sistema ternário Albite (Ab), Anortita (An) e Ortoclásio (Or), conforme as recomendações de Deer *et al.* (1992). Os resultados das microanálises químicas dos plagioclásios correspondentes aos núcleos e bordas dos grãos estão na Tabela 4.

Tabela 3. Temperatura dos piroxênios e o seu valor médio para os diques de diabásio e metabasito. N - núcleo. B - borda. n - número de amostras. T_{Kretz} - Temperatura Kretz (1982). $T_{Wood \ e \ Banno}$ - Temperatura Wood e Banno (1973). T_{Ishii} - Temperatura Ishii (1975). $T_{Andersen}$ - Temperatura Andersen *et al.* (1998).

Amostra	Fase	Geotermômetros (°C)			
		T_{Kretz}	$T_{Wood \ e \ Banno}$	T_{Ishii}	$T_{Andersen}$
Diabásio	N	1139	1090	1119	1224
	B	1118	1065	-	1083
	N	1148	1141	-	1116
	B	1178	1136	-	-
	N	1232	1102	-	1183
	B	1195	1088	-	1084
	N	1203	1094	1143	1162
	B	1188	1064	1095	1218
	N	1164	1266	1174	1161
	B	1134	1236	-	938
Média	N	1177 (n=5)	1139 (n=5)	1145 (n=3)	1169 (n=5)
	B	1163 (n=5)	1118 (n=5)	1095 (n=1)	1080 (n=4)
	N	1155	1120	1172	1263
	B	946	1160	1139	1176
	N	1345	1147	1161	1200
Metabasito	B	1298	1083	-	1076
	N	1111	1065	-	1038
	B	1052	1005	-	1076
	N	1204 (n=3)	1111 (n=3)	1167 (n=2)	1167 (n=3)
	B	1099 (n=3)	1083 (n=3)	1139 (n=1)	1109 (n=3)

No diagrama da Figura 5 estão representadas as análises dos núcleos dos grãos de plagioclásio. Nesta figura, observa-se que os plagioclásios distribuem-se da seguinte maneira: No diabásio, há um predomínio da composição labradorítica (An 67,6 – 55,0), embora, em algumas análises das amostras CR01 e CR110 ocorra uma ligeira variação dos conteúdos de anortita que são correspondentes à composição bytownítica (An 79,1 – 75,0). No metabasito, a composição do plagioclásio é exclusivamente labradorítica (An 69,3 – 49,1). Enquanto, que nos anfibolitos há uma variação dos conteúdos de anortita que vão de andesina (An 39,3 – 37,5) a oligoclásio (An 29,0 – 22,1).

Variações muito pequenas ocorrem nas bordas dos plagioclásios. Labradoritas (An 68,8-50,4 e An 64,6-52,2) ocorrem respectivamente em diabásio e metabasito. Andesina-oligoclásio (An 31,0-28,4) aparecem nas bordas do anfibolito.

Para a determinação das temperaturas dos estágios de cristalização dos plagioclásios utilizaram-se os geotermômetros de Kudo e Weill (1970) e Mathez (1973), assumindo condições anidras. Os valores das temperaturas obtidos para cada amostra, em graus centígrados, estão na Tabela 5.

Tabela 4. Composição química, em % de peso, dos plagioclásios. Fórmula estrutural calculada com base em 32 átomos de oxigênio. **N** - núcleo. **B** - borda. **lab.** – labradorita. **bytow.** – bytownita. **and.** – andesina. **olig.** – oligoclássio.

Litotipo		Diabásio																			
Amostra	CR01	CR01	CR01	CR01	CR01	CR01	CR107	CR107	CR107	CR107	CR107	GO07	GO07	GO07	GO113	GO113	GO113	GO113	GO113	CR110	CR110
Fase/Grão	N/1	B/1	N/2	B/2	N/3	B/3	N/1	B/1	N/2	B/2	N/3	N/1	N/2	B/2	N/1	N/2	B/2	N/3	N/4	N/1	N/2
SiO ₂	55,36	54,93	54,05	53,90	52,99	57,35	51,86	51,45	51,53	54,96	51,33	50,69	50,59	51,08	53,79	52,82	54,82	53,68	54,69	52,43	52,91
Al ₂ O ₃	27,01	26,04	27,62	27,83	28,25	27,13	30,65	30,59	30,43	28,50	30,45	31,13	31,78	31,26	28,24	28,97	27,69	28,04	27,73	28,85	28,55
FeO	0,57	1,76	0,57	0,44	0,51	1,62	0,30	0,42	0,47	0,24	0,37	0,75	1,19	0,54	0,96	0,84	0,88	0,98	0,89	0,13	0,35
CaO	11,84	10,03	12,33	10,69	13,21	8,04	12,95	13,23	13,15	10,47	13,24	13,45	11,79	13,77	11,64	12,55	10,72	11,62	11,38	13,29	13,36
Na ₂ O	2,09	2,98	2,00	2,55	1,94	2,76	4,12	3,86	3,91	5,64	4,02	3,62	2,85	3,66	4,83	4,32	5,28	4,85	5,01	1,91	1,91
K ₂ O	0,14	0,30	0,15	0,19	0,10	0,19	0,08	0,06	0,10	0,07	0,07	0,41	0,41	0,13	0,19	0,14	0,23	0,18	0,20	0,09	0,06
Total	97,03	96,04	96,85	95,60	97,13	97,09	99,96	99,61	99,58	99,90	99,56	100,17	98,73	100,48	99,88	99,78	99,78	99,51	100,01	96,70	97,14
Si	10,20	10,27	10,01	10,06	9,83	10,46	9,42	9,39	9,41	9,92	9,38	9,25	9,30	9,27	9,79	9,63	9,95	9,81	9,92	9,75	9,80
Al	5,86	5,73	6,03	6,12	6,17	5,83	6,56	6,58	6,55	6,06	6,55	6,69	6,88	6,68	6,05	6,22	5,92	6,03	5,92	6,32	6,23
Fe	0,09	0,28	0,09	0,07	0,08	0,25	0,09	0,12	0,14	0,07	0,11	0,22	0,36	0,16	0,28	0,24	0,25	0,29	0,26	0,02	0,05
Ca	2,34	2,01	2,45	2,14	2,63	1,57	2,52	2,59	2,57	2,03	2,59	2,63	2,32	2,68	2,27	2,45	2,08	2,27	2,21	2,65	2,65
Na	0,75	1,08	0,72	0,92	0,70	0,98	1,45	1,37	1,39	1,97	1,43	1,28	1,02	1,29	1,71	1,53	1,86	1,72	1,76	0,69	0,69
K	0,03	0,07	0,04	0,05	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,10	0,10	0,03	0,04	0,03	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01
Total	19,26	19,44	19,35	19,36	19,45	19,13	20,07	20,06	20,07	20,07	20,09	20,19	19,98	20,11	20,17	20,13	20,14	20,18	20,13	19,44	19,43
Ab	23,90	34,20	22,50	29,70	20,90	37,70	36,30	34,40	34,80	49,20	35,30	32,00	29,60	32,20	42,40	38,00	46,50	42,60	43,80	20,50	20,50
An	75,00	63,60	76,50	68,80	78,40	60,60	63,20	65,20	64,60	50,40	64,20	65,60	67,60	67,00	56,50	61,10	52,20	56,40	55,00	78,90	79,10
Or	1,10	2,30	1,10	1,40	0,70	1,70	0,40	0,40	0,60	0,40	0,40	2,40	2,80	0,80	1,10	0,80	1,30	1,10	1,20	0,60	0,40
Nome	bytow.	lab.	bytow.	lab.	bytow.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	bytow.	bytow.						

Litotipo		Metabasito																	
Amostra	CR02	CR02	CR09	CR104	CR104	CR104	CR104	CR104	CR104	CR104	CR104	GO13	GO100	GO100	N	N/1	N/2		
Fase/Grão	N	B	N	N/1	B/1	N/2	B/2	N/3	B/3	N/4	B/4	N/5	N	N/1	N/2				
SiO ₂	59,15	58,11	53,21	53,54	54,19	50,94	51,73	52,23	57,69	53,68	52,55	54,78							
Al ₂ O ₃	24,89	26,75	27,70	29,56	27,90	31,52	30,78	30,40	27,13	28,57	28,76	27,87							
FeO	0,30	0,30	0,91	0,56	1,32	0,17	0,52	0,32	0,01	0,68	1,33	0,81							
CaO	6,72	7,93	11,92	11,87	10,77	13,78	13,38	12,68	8,92	10,86	10,24	10,15							
Na ₂ O	3,81	3,65	2,87	4,80	5,38	3,81	4,02	4,37	6,48	3,01	4,99	5,56							
K ₂ O	0,07	0,08	0,07	0,08	0,11	0,04	0,05	0,07	0,09	0,06	0,65	0,21							
Total	95,14	96,82	96,68	100,50	99,79	100,28	100,56	100,20	100,33	96,86	98,60	99,51							
Si	10,91	10,57	9,91	9,66	9,86	9,25	9,37	9,47	10,30	9,93	9,70	9,96							
Al	5,40	5,73	6,08	6,28	5,98	6,74	6,56	6,49	5,70	6,22	6,25	5,97							
Fe	0,05	0,05	0,14	0,16	0,38	0,05	0,15	0,09	0,00	0,11	0,39	0,23							
Ca	1,33	1,55	2,38	2,30	2,10	2,68	2,60	2,46	1,71	2,15	2,03	1,98							
Na	1,36	1,29	1,04	1,68	1,90	1,34	1,41	1,54	2,24	1,08	1,79	1,96							
K	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05	0,15	0,05							
Total	19,09	19,21	19,57	20,11	20,26	20,07	20,11	20,09	19,97	19,50	20,32	20,16							
Ab	50,40	45,10	30,20	42,10	47,20	33,20	35,10	38,30	56,50	33,30	45,10	49,20							
An	49,10	54,20	69,30	57,50	52,20	66,50	64,60	61,40	43,00	66,30	51,10	49,60							
Or	0,60	0,70	0,50	0,50	0,60	0,20	0,30	0,40	0,50	0,40	0,40	0,40							
Nome	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.	lab.							

Litotipo		Anfíbolito																	
Amostra	CR105	CR105	CR105	CR105	CR105	CR105	GO101	GO101	GO101	GO101	GO101	N/1	B/1	N/2	B/2	N/3			
Fase/Grão	N/1	B/1	N/2	N/3	N/4	N/5	N/1	B/1	N/2	B/2	N/3								
SiO ₂	61,03	59,72	60,45	61,97	62,66	60,67	53,78	55,34	53,55	54,57	55,76								
Al ₂ O ₃	24,28	25,05	24,43	24,22	23,36	24,64	25,24	23,97	26,38	26,01	23,94								
FeO	0,16	0,20	0,16	0,10	0,10	0,12	0,18	0,25	0,04	0,07	0,16								
CaO	5,78	6,43	5,85	5,35	4,69	6,09	9,29	7,76	9,19	7,19	7,13								
Na ₂ O	8,44	7,87	8,19	8,82	9,11	8,22	8,30	9,42	7,58	8,86	9,60								
K ₂ O	0,09	0,08	0,11	0,10	0,07	0,04	0,39	0,45	0,43	0,48	0,48								
Total	99,80	99,43	99,20	100,70	100,07	99,79	97,27	97,22	97,18	97,19	97,07								
Si	10,88	10,70	10,84	10,94	11,09	10,81	10,08	10,35	10,01	10,16	10,42								
Al	5,09	5,29	5,16	5,04	4,87	5,17	5,57	5,28	5,81	5,71	5,27								
Fe	0,05	0,06	0,05	0,03	0,03	0,05	0,08	0,01	0,02	0,05	0,05								
Ca	1,10	1,24	1,12	1,01	0,89	1,16	1,87	1,56	1,84	1,43	1,43								
Na	2,92	2,73	2,85																

Para os diques de diabásio, as temperaturas médias dos estágios de cristalização são respectivamente 1228°C (P) e 1183°C (T) pelo método de Kudo e Weill (1970) e, 1225°C (P) e 1183°C (T) pelo método de Mathez (1973). O metabasito apresenta os seguintes valores de temperatura: 1159°C (P) e 1127°C (T) pelo método Kudo e Weill (1970) e 1161°C (P) e 1131°C (T) pelo método de Mathez (1973).

As temperaturas médias obtidas para os plagioclásios são relativamente um pouco mais elevadas em relação às temperaturas médias de cristalização dos piroxênios.

Anfibólio

A presença de anfibólio foi reconhecida nos três conjuntos de diques estudados. A Tabela 6 mostra as composições químicas dos grãos de anfibólitos.

A classificação utilizada para os anfibólitos está de acordo com as novas recomendações da IMA, segundo Leake *et al.* (1997), que apresenta uma nomenclatura mais simplificada que a anteriormente proposta (Leake, 1978).

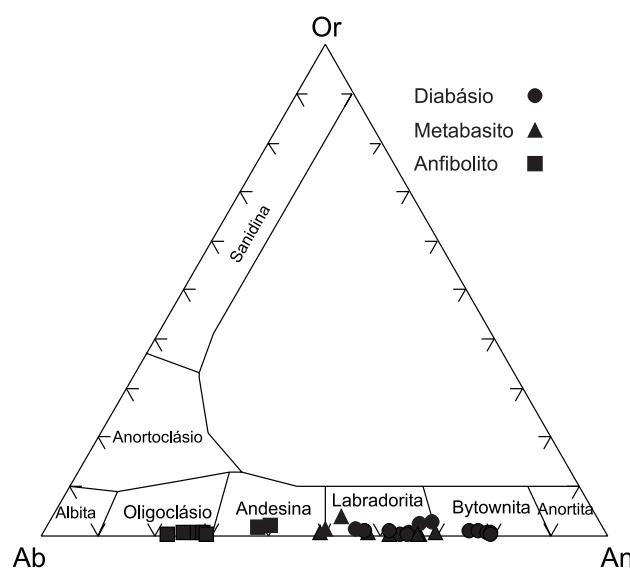


Figura 5. Variação composicional dos núcleos dos plagioclásios, segundo os componentes moleculares albita (Ab), anortita (An) e ortoclásio (Or) dos diques maficos de Goiás.

Para a estimativa de Fe^{+3} , adotou-se o método de balanço de carga descrito por Robinson *et al.* (1981).

Todos os grãos de anfibólio são cárquicos, como pode ser observado na Figura 6. Ocorrem, porém, variações compostionais diversas relativas principalmente aos conteúdos de Mg e Fe. Para os três litotipos estudados, os anfibólitos foram classificados em tschermakita, ferro-tschermakita, magnésio-hornblenda, pargasita, ferro-pargasita, magnésio-hastigita, actinolita, ferro-actinolita e ferro-edenita (Figura 6).

Minerais Opacos

Os minerais opacos ocorrem nos três conjuntos de diques estudados. Suas microanálises químicas revelaram que não houve uma variação composicional significante entre os litotipos analisados, demonstrando a presença de magnetitas e ilmenitas. As análises químicas das magnetitas e ilmenitas encontram-se na Tabela 7.

Tabela 5. Temperatura dos plagioclásios e o seu valor médio para os diques de diabásio e metabasito. N - núcleo. B - borda. n - número de amostras. $T_{\text{Kudo e Weill}}$ - Temperatura Kudo e Weill (1970). T_{Mathez} - Temperatura Mathez (1973).

Amostra	Fase	Geotermômetros (°C)	
		$T_{\text{Kudo e Weill}}$	T_{Mathez}
Diabásio	N	1189	1189
	B	1148	1151
	N	1252	1248
	B	1154	1155
	N	1284	1278
	B	1279	1273
Metabasito	N	1164	1165
	B	1152	1153
	N	1249	1245
	Média	1228	1225
	B (n=4)	1183	1183
	N	1030	1041
	B	1094	1100
	N	1209	1207
	N	1206	1204
	B	1160	1162
	N	1205	1203
	N	1145	1147
Média	N (n=5)	1159	1161
	B (n=2)	1127	1131

Tabela 6. Composição química, em % de peso, dos anfibólios. Fórmula estrutural calculada com base em 23 átomos de oxigênio. **Act** – actinolita. **Mghbl** – magnésio-hornblenda. **Fehbl** – ferro-hornblenda. **Tsch** – tschermakita. **FeTsch** – ferro-tschermakita. **Parg** – pargasita. **FeParg** – ferro-pargasita. **Eden** – edenita. **FeEden** – ferro-edenita. **FeAct** – ferro-actinolita. **MgHas** – magnésio-hastingsita.

Litotipo		Diabásio														
Amostra		CR01	CR01	CR107	CR107	CR107	CR107	GO05	GO05	GO05	GO06	GO06	GO06	GO06	GO06	
SiO ₂		36,64	36,43	45,27	43,54	43,75	42,78	42,40	51,54	51,91	52,95	53,44	39,40	50,65	38,80	38,90
TiO ₂		0,89	1,26	1,07	1,31	1,26	2,38	1,08	0,05	0,46	0,46	0,35	0,19	1,58	0,35	0,25
Al ₂ O ₃		17,98	16,46	10,58	12,22	12,15	10,84	12,73	2,12	2,73	2,60	2,32	17,70	1,72	20,24	20,93
FeO		23,54	22,61	15,47	16,17	15,81	18,01	17,91	22,63	17,54	17,25	12,24	24,34	18,24	21,23	22,26
MnO		0,12	0,10	0,06	0,07	0,12	0,11	0,03	0,23	0,18	0,15	0,10	0,26	0,33	0,26	0,12
MgO		4,44	5,04	11,44	10,37	10,56	9,71	8,98	9,82	12,46	13,29	16,23	3,28	11,41	3,97	2,82
CaO		11,51	11,49	11,88	11,57	11,66	11,07	11,39	11,66	12,13	11,56	12,89	11,01	15,58	11,22	11,06
Na ₂ O		1,33	1,43	1,50	1,72	1,58	1,30	1,58	0,38	0,32	0,34	0,26	1,33	0,25	1,57	1,38
K ₂ O		2,30	2,35	0,70	0,83	0,86	0,80	1,00	0,14	0,04	0,03	0,03	0,64	0,01	0,57	0,62
Total		98,75	97,17	98,25	98,13	98,21	97,40	97,57	98,57	97,77	98,63	97,86	98,15	99,77	98,21	98,34
Si		5,63	5,70	6,67	6,47	6,49	6,44	6,40	7,67	7,61	7,65	7,64	6,01	7,49	5,85	5,88
Al ^{IV}		2,37	2,30	1,33	1,53	1,51	1,56	1,60	0,33	0,39	0,36	0,36	1,99	0,30	2,15	2,12
Total		8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,05	8,00	8,00
Al ^{VI}		0,89	0,74	0,51	0,61	0,61	0,37	0,67	0,04	0,09	0,09	0,03	1,19	0,00	1,44	1,60
Ti		0,10	0,15	0,12	0,15	0,14	0,27	0,12	0,01	0,05	0,05	0,04	0,02	0,09	0,04	0,03
Fe ³		0,54	0,44	0,18	0,20	0,20	0,35	0,23	0,30	0,19	0,32	0,20	0,46	0,11	0,28	0,25
Mg		1,02	1,18	2,52	2,30	2,34	2,18	2,02	2,18	2,73	2,86	3,46	0,75	2,52	0,89	0,64
Fe ²		2,49	2,52	1,73	1,81	1,77	1,92	2,03	2,52	1,96	1,76	1,27	2,65	1,98	2,39	2,56
Mn		0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,03	0,02
Total		5,05	5,03	5,06	5,07	5,07	5,10	5,07	5,06	5,04	5,10	5,00	4,73	5,08	5,09	
Ca		1,90	1,93	1,88	1,84	1,85	1,79	1,84	1,86	1,91	1,79	1,97	1,80	2,26	1,81	1,79
Na		0,40	0,43	0,43	0,50	0,46	0,38	0,46	0,11	0,09	0,10	0,07	0,39	0,07	0,46	0,40
K		0,45	0,47	0,13	0,16	0,16	0,15	0,19	0,03	0,01	0,01	0,01	0,13	0,00	0,11	0,12
Total		2,74	2,83	2,44	2,50	2,47	2,32	2,50	2,00	2,00	1,89	2,05	2,32	2,34	2,38	2,31
Nome	FeParg	FeParg	Mghbl	Parg	Parg	Mghbl	Parg	FeAct	Act	Act	Act	FeTsch	Mghbl	FeTsch	FeTsch	

Litotipo		Diabásio									
Amostra		GO07	GO07	GO07	GO07	GO07	GO07	GO07	CR110	CR110	
SiO ₂		42,74	44,00	43,44	42,81	41,51	42,84	43,68	38,69	39,49	
TiO ₂		2,67	2,36	2,53	2,48	1,18	2,76	2,39	0,14	0,13	
Al ₂ O ₃		10,39	9,67	10,02	10,79	14,63	10,34	9,21	19,41	19,28	
FeO		19,18	19,63	18,97	18,47	18,03	19,02	20,43	17,91	14,64	
MnO		0,23	0,27	0,21	0,26	0,22	0,21	0,30	0,27	0,16	
MgO		9,75	9,53	9,61	9,78	8,26	9,47	9,36	7,39	11,32	
CaO		10,64	10,71	10,59	10,53	11,35	10,66	10,67	10,24	11,11	
Na ₂ O		2,32	1,83	2,14	1,88	1,98	2,06	1,75	2,51	2,80	
K ₂ O		0,59	0,62	0,56	0,52	0,60	0,59	0,58	1,03	0,59	
Total		98,90	99,11	98,41	97,89	98,12	98,36	98,71	97,59	99,52	
Si		6,40	6,57	6,52	6,42	6,23	6,45	6,55	5,80	5,67	
Al ^{IV}		1,60	1,43	1,48	1,58	1,77	1,56	1,45	2,20	2,33	
Total		8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
Al ^{VI}		0,23	0,27	0,29	0,33	0,81	0,28	0,17	1,22	0,93	
Ti		0,30	0,27	0,29	0,28	0,13	0,31	0,27	0,02	0,01	
Fe ³		0,39	0,38	0,34	0,44	0,24	0,35	0,45	0,49	0,80	
Mg		2,18	2,12	2,15	2,19	1,85	2,12	2,09	1,65	2,42	
Fe ²		2,01	2,07	2,04	1,88	2,02	2,04	2,11	1,75	0,95	
Mn		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	
Total		5,14	5,13	5,14	5,15	5,08	5,13	5,13	5,16	5,14	
Ca		1,71	1,71	1,70	1,69	1,82	1,72	1,71	1,64	1,71	
Na		0,67	0,53	0,62	0,55	0,58	0,60	0,51	0,73	0,78	
K		0,11	0,12	0,11	0,10	0,12	0,11	0,11	0,20	0,11	
Total		2,49	2,36	2,43	2,34	2,52	2,43	2,33	2,57	2,60	
Nome	MgHas	Mghbl	Eden	Mghbl	FeParg	MgHas	Mghbl	FeParg	Parg		

(continua...)

(Tabela 6 - Continuação)

Litotipo		Metabasito																		
Amostra		CR02	CR02	CR02	CR02	CR02	CR09	CR09	CR09	CR09	CR09	CR104	CR104	CR104	CR104	GO13	GO13	GO100		
SiO ₂		44,14	41,59	43,74	41,45	42,66	41,24	41,90	48,35	49,47	52,95	41,28	43,15	46,42	45,77	44,86	45,01	39,99	51,76	49,81
TiO ₂		0,45	0,43	0,52	0,18	0,48	0,44	0,35	0,86	1,03	0,13	0,25	0,34	0,32	0,77	0,98	0,97	0,17	0,60	2,29
Al ₂ O ₃		14,63	17,44	16,90	17,60	16,70	18,31	17,35	8,99	7,27	5,02	17,99	15,80	9,97	8,18	9,08	9,14	18,99	2,03	1,99
FeO		15,60	16,83	16,19	16,79	16,40	17,21	17,65	16,33	15,29	13,16	17,93	17,74	14,61	22,01	21,04	21,19	19,71	16,40	20,76
MnO		0,29	0,31	0,29	0,28	0,22	0,26	0,17	0,22	0,29	0,25	0,16	0,24	0,14	0,16	0,13	0,16	0,35	0,12	0,23
MgO		9,58	7,79	8,66	8,45	8,55	7,66	7,38	11,73	12,61	14,96	7,02	8,49	11,94	9,88	9,34	9,34	4,26	13,33	11,44
CaO		12,19	11,99	11,44	11,72	12,20	11,94	11,88	11,58	11,72	12,46	11,86	11,96	12,88	9,14	10,48	9,77	10,77	12,06	10,69
Na ₂ O		1,21	1,34	1,13	1,58	1,14	1,33	1,39	0,90	0,76	0,47	1,45	1,24	1,31	1,22	1,34	1,42	1,47	0,15	0,29
K ₂ O		0,42	0,71	0,43	0,45	0,48	0,55	0,63	0,55	0,28	0,10	0,77	0,53	0,44	0,42	0,51	0,48	0,56	0,07	0,03
Total		98,51	98,43	99,30	98,50	98,83	98,94	98,70	99,51	98,72	99,50	98,71	99,49	98,06	97,89	98,14	97,80	96,27	96,52	97,53
Si		6,44	6,14	6,32	6,08	6,23	6,04	6,18	6,96	7,14	7,47	6,11	6,28	6,81	6,80	6,71	6,73	6,12	7,65	7,40
Al ^{IV}		1,56	1,86	1,68	1,93	1,77	1,96	1,82	1,04	0,86	0,53	1,90	1,72	1,19	1,20	1,29	1,27	1,88	0,34	0,35
Total		8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,09
Al ^{VI}		0,96	1,17	1,19	1,11	1,10	1,20	1,20	0,49	0,38	0,31	1,24	0,99	0,53	0,23	0,31	0,34	1,55	0,01	0,00
Ti		0,05	0,05	0,06	0,02	0,05	0,05	0,04	0,09	0,11	0,01	0,03	0,04	0,04	0,09	0,11	0,11	0,02	0,07	0,13
Fe ³		0,17	0,19	0,30	0,41	0,25	0,32	0,18	0,29	0,25	0,18	0,18	0,34	0,11	0,94	0,61	0,68	0,19	0,25	0,36
Mg		2,09	1,71	1,86	1,85	1,86	1,67	1,62	2,52	2,71	3,15	1,55	1,84	2,61	2,19	2,08	2,08	0,97	2,94	2,53
Fe ²		1,74	1,89	1,66	1,65	1,75	1,79	2,00	1,68	1,60	1,38	2,04	1,82	1,69	1,79	2,02	1,97	2,34	1,76	2,01
Mn		0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03
Total		5,03	5,05	5,10	5,07	5,04	5,06	5,10	5,09	5,06	5,05	5,06	4,99	5,26	5,15	5,21	5,11	5,04	5,05	
Ca		1,91	1,90	1,77	1,84	1,91	1,87	1,88	1,79	1,81	1,88	1,88	1,87	2,01	1,46	1,68	1,57	1,77	1,91	1,70
Na		0,34	0,38	0,32	0,45	0,32	0,38	0,40	0,25	0,21	0,13	0,42	0,35	0,37	0,35	0,39	0,41	0,44	0,04	0,08
K		0,08	0,13	0,08	0,08	0,09	0,10	0,12	0,10	0,05	0,02	0,15	0,10	0,08	0,08	0,10	0,09	0,11	0,01	0,01
Total		2,33	2,41	2,17	2,37	2,32	2,35	2,39	2,14	2,08	2,03	2,44	2,32	2,46	1,89	2,17	2,07	2,31	1,97	1,79
Nome		Mghbl	FeTsch	Mghbl	Tsch	Tsch	FeTsch	FeTsch	Mghbl	Mghbl	Mghbl	FeTsch	Fehbl	Mghbl	Mghbl	Mghbl	Mghbl	FeTsch	Act	Mghbl

Litotipo		Anfibolito									
Amostra		CR105	CR105	CR105	CR105	CR105	GO101	GO101	GO101	GO101	
SiO ₂		44,07	42,99	42,48	45,73	44,28	40,82	38,44	44,76	37,22	
TiO ₂		0,41	0,50	0,37	0,45	0,58	2,09	0,43	0,25	0,43	
Al ₂ O ₃		15,05	16,01	16,86	13,13	14,67	10,22	14,62	15,73	14,78	
FeO		14,31	15,30	15,44	14,32	14,45	21,23	23,49	18,06	23,43	
MnO		0,24	0,28	0,24	0,22	0,28	0,29	0,32	0,17	0,27	
MgO		10,33	9,60	9,28	11,32	10,36	6,80	4,90	4,08	4,72	
CaO		11,69	11,78	11,88	12,11	11,92	11,12	11,19	11,22	11,17	
Na ₂ O		1,46	1,49	1,48	1,23	1,32	1,15	1,65	1,55	1,74	
K ₂ O		0,39	0,48	0,49	0,31	0,38	1,79	1,87	1,35	1,79	
Total		98,07	98,59	98,82	98,95	98,33	98,00	99,35	98,90	97,79	
Si		6,43	6,28	6,20	6,59	6,45	6,45	6,03	6,90	5,94	
Al ^{IV}		1,57	1,72	1,80	1,41	1,55	1,55	1,97	1,10	2,07	
Total		8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	
Al ^{VI}		1,01	1,03	1,09	0,82	0,96	0,36	0,73	1,75	0,71	
Ti		0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,25	0,05	0,03	0,05	
Fe ³		0,23	0,25	0,27	0,22	0,20	0,15	0,38	0,00	0,45	
Mg		2,25	2,09	2,02	2,43	2,25	1,60	1,15	0,94	1,12	
Fe ²		1,52	1,62	1,61	1,51	1,56	2,66	2,70	2,33	2,68	
Mn		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	
Total		5,08	5,07	5,07	5,06	5,07	5,05	5,05	5,00	5,04	
Ca		1,83	1,84	1,86	1,87	1,86	1,88	1,88	1,85	1,91	
Na		0,41	0,42	0,42	0,35	0,37	0,35	0,50	0,46	0,54	
K		0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,36	0,38	0,27	0,37	
Total		2,31	2,35	2,37	2,27	2,30	2,60	2,76	2,58	2,81	
Nome		Mghbl	Mghbl	Tsch	Mghbl	Mghbl	FeParg	FeParg	FeEden	FeParg	

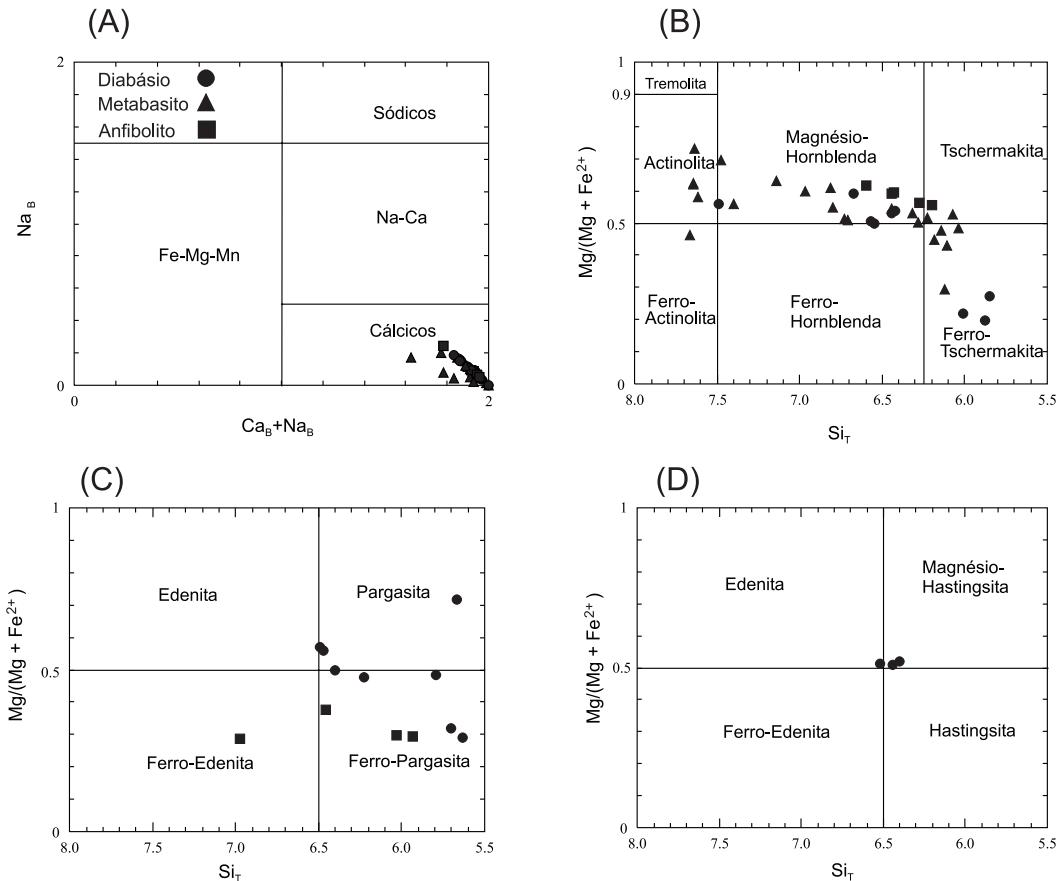


Figura 6. Diagramas classificatórios segundo Leake et al. (1997) para os anfibólios cálcicos:

A – Classificação geral dos quatro principais grupos de anfibólios.

B – ($\text{Ca}_B \geq 1,5$; $(\text{Na} + \text{K})_A < 0,5$ e $\text{Ti} < 0,5$).

C – ($\text{Ca}_B \geq 1,5$; $(\text{Na} + \text{K})_A \geq 0,5$; $\text{Ti} < 0,5$ e $\text{Al}_C \geq \text{Fe}^{3+}$).

D – ($\text{Ca}_B \geq 1,5$; $(\text{Na} + \text{K})_A \geq 0,5$; $\text{Ti} < 0,5$ e $\text{Al}_C < \text{Fe}^{3+}$).

Tabela 7. Composição química, em % de peso, das magnetitas e ilmenitas. FeO e Fe_2O_3 foram calculados segundo Carmichael (1967).

Litotípico	Diabásio							Metabasito							Anfibolito				
	GO06	GO07	GO07	GO07	GO07	GO113	GO113	CR104	CR104	CR104	CR104	GO100	CR105	CR105	GO101	GO101	GO101		
SiO_2	0,16	0,08	0,06	0,07	0,02	1,19	0,06	0,04	0,02	0,00	0,01	0,05	0,04	0,01	0,03	0,06	0,04		
TiO_2	5,90	0,71	0,83	50,59	51,52	18,75	18,07	48,06	51,43	50,30	49,53	1,45	50,87	0,01	0,03	50,26	50,54		
Al_2O_3	0,75	0,38	0,32	0,03	0,00	1,41	1,45	0,19	0,02	0,02	0,00	0,41	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00		
FeO	36,90	30,94	30,96	44,12	44,91	16,96	15,38	42,39	44,91	43,90	43,11	31,31	44,98	24,83	24,78	42,89	43,25		
Fe_2O_3	57,23	65,21	64,84	2,67	1,02	58,13	63,04	6,05	0,79	2,30	2,59	62,98	0,81	55,26	55,15	0,93	1,14		
MnO	0,20	0,01	0,02	0,70	0,74	0,93	0,94	0,31	0,72	0,70	0,77	0,00	0,78	0,02	0,00	1,88	1,86		
MgO	0,12	0,04	0,00	0,42	0,42	0,23	0,01	0,30	0,35	0,35	0,36	0,02	0,06	0,00	0,01	0,23	0,24		
CaO	0,01	0,00	0,01	0,15	0,04	0,04	0,02	0,00	0,04	0,08	0,03	0,00	0,03	0,08	0,01	0,02	0,05		
ZnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,21	0,07	0,02	0,00	0,03	0,00	0,01	0,04	0,00	0,08	0,00		
Total	101,33	97,38	97,03	98,74	98,67	97,99	99,19	97,43	98,30	97,66	96,47	96,22	97,58	80,25	80,01	96,39	97,14		
FeOt	88,41	89,63	89,31	46,52	45,82	69,33	72,17	47,84	45,62	45,97	45,45	88,00	45,71	74,57	74,42	43,73	44,28		

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O enxame de diques existente na região de Crixás-Goiás é quimicamente constituído por basalto e basalto andesítico toleítico. Petrograficamente tais corpos foram classificados em três grupos: diabásio, metabasito e anfibolito. Diques de diabásio ofíticos e subofíticos são constituídos essencialmente por plagioclásio, orto e clinopiroxênio, e anfibólito primário em pequena quantidade. Nos metabasitos os processos deutéricos/hidrotermais originaram grande quantidade de anfibólito a partir de piroxênio sem alterações texturais. Anfibolitos granoblásticos e nematoblásticos são constituídos essencialmente por anfibólito, plagioclásio e quartzo. Minerais acessórios são comuns aos três litotipos. Os diques de diabásio têm cerca de 2,4 Ga. Dados de campo, mineralógicos, texturais e geotermométricos indicam que diabásio e metabasito são consangüíneos, sendo estes produtos deutéricos/hidrotermais daqueles. É possível que os anfibolitos, em parte ou totalmente, tenham se originado dessa suíte magnética.

Os dados das composições químicas do piroxênio permitem classificá-los em augita, pigeonita e enstatita, com tendências químicas típicas de suítes toleíticas. Os plagioclásios variam de labradorita a bytownita no diabásio e metabasito e, andesina a oligoclásio no anfibolito. Os anfibólitos foram classificados em tschermakita, ferro-tschermakita, magnésio-hornblenda, pargasita, ferro-pargasita, magnésio-hastigita, actinolita, ferro-actinolita e ferro-edenita. Geotermômetros de piroxênios e plagioclásios indicam que as temperaturas de cristalização foram da ordem de 1100°C a 1200°C.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à FAPESP, ao CNPq e à CAPES pelos incentivos financeiros e aos laboratórios microscopia óptica e microssonda eletrônica do IGc/USP pela realização das análises. Agradecemos também a Profa. Dra. A. B. Menezes Leal e ao revisor anônimo pelos comentários construtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; NEVES, B. B. B.; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977. Campina Grande. Atas... Recife: SBG, 1977. p. 363-391.
- ANDERSEN, D. J.; LINDSLEY, D. H.; DAVIDSON, P. M. *Qufl version 6.42: a PASCAL program to assess equilibria among Fe_Mg_Ti oxides, pyroxenes, olivine, and quartz* 1998.
- BARD, J. P. *Microtextures of igneous and metamorphic rocks*. Dordrecht; Boston: D. Reidel, 1986. 264p.
- BELLIENI, G.; PICCIRILLO, E. M.; PETRINI, R.; GIRARDI, V. A. V.; MENEZES LEAL, A. B.; TEIXEIRA, W.; BASTOS LEAL, L. R.; DEMIN, A.; COMIN CHIARAMONTI, P.; TANNER DE OLIVEIRA, M. A. F. Petrological and Sr-Nd evidence bearing on Early Proterozoic magmatic events of the subcontinental mantle: São Francisco Craton (Uauá, NE-Brasil). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Berlin, v. 122, p. 252-261, 1995.
- BOSSI, J.; CAMPAL, N.; CIVETTA, L.; DEMARCHI, G.; GIRARDI, V. A. V.; MAZZUCHELLI, M.; NEGRINI, L.; RIVALENTI, G.; FRAGOSO CESAR, A. R. S.; SINIGOI, S.; TEIXEIRA, W.; PICCIRILLO, E. M.; MOLESINI, M. Early Proterozoic dike swarms from western Uruguay: geochemistry, Sr-Nd isotopes and petrogenesis. *Chemical Geology*, Amsterdam, v. 106, p. 263-277, 1993.
- BROWN, G. M. Pyroxenes from the early and middle stages of fractionation of the Skaergaard intrusion, East Greenland. *Mineralogical Magazine*, London, v. 31, p. 511-543, 1957.
- BROWN, G. M.; VINCENT, E. A. Pyroxenes from the late stages of fractionation of the Skaergaard intrusion, East Greenland. *Journal of Petrology*, London, v. 4, part 2, p. 175-197, 1963.
- CARMICHAEL, I. S. E. The iron-Titanium oxides of sialic volcanic rocks and their associated ferromagnesium silicates. *Contributions to Mineralogy of Petrology*, Berlin, v. 14, p. 36-64, 1967.
- CAWTHORN, R. G.; COLLERSON, K. D. The recalculation of pyroxene end member parameters and the estimation of ferrous and ferric iron content from electron microprobe analyses. *American Mineralogist*, Lancaster, v. 59, p. 1203-1208, 1974.
- CONDIE, K. C.; BOBROW, D. J.; CARD, K. D. Geochemistry of Precambrian Mafic Dyke from Southern Superior Province. In: HALLS, H. C.; FAHRIG, W. F. (Ed.). *Mafic Dykes Swarms*. St John's : Geological Association of Canadá, 1987. p. 95-108. (Geol. Assoc. of Canada Special Paper, v. 34)
- CORRÊA DA COSTA, P. C.; GIRARDI, V. A. V.; TEIXEIRA, W. Petrologia dos diques maficos da região de Crixás – Goiás, porção Centro-Oeste do Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002. João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBG, 1977. p 418.
- CORRÊA DA COSTA, P. C.; GIRARDI, V. A. V.; TEIXEIRA, W. Geoquímica isotópica (Sr e Nd) e geocronologia Rb/Sr - $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dos Diques Máficos de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 9., 2003. Belém. Resumos Expandidos... Belém: SBGq, 2003. p. 417.
- CORRÊA DA COSTA, P. C. *Petrologia, Geoquímica e Geocronologia dos diques maficos da região de Crixás-Goiás, porção centro-oeste do Estado de Goiás*. 2003.

- 151p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CORRÊA GOMES, L. C.; TANNER DE OLIVEIRA, M. A. F.; MOTTA, C. A.; CRUZ, M. J. M. *Província de diques maficos do Estado da Bahia: mapas, estágio atual do conhecimento e evolução temporal*. Salvador: UFBa, 1996. 114p.
- CORRÊA GOMES, L. C.; SOUZA, M. N.; CORREIA, D. R. Feições estruturais de diques maficos - exemplos da Faixa Atlântica do Estado da Bahia. In: WORKSHOP DE DIQUES MÁFICOS PRECAMBRIANOS DO BRASIL, 1998. São Paulo. *Boletim especial....* São Paulo: IUGS, 1989. Projeto PIGG-257, p. 16-21.
- CORREIA, C. T.; GIRARDI, V. A. V.; TASSINARI, C. C. G.; JOST, H. Rb-Sr and Sm-Nd geochronology of the Cana Brava layered mafic-ultramafic intrusion, Brazil, and considerations regarding its tectonic evolution. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 27, p. 163-168, 1997.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN, J. *An introduction to the rock-forming minerals*. 2. ed. Harlow, Essex; New York: Longman Scientific & Technical: Wiley, 1992. 696p.
- GIRARDI, V. A. V.; RIVALENTI, G.; SIENA, F.; SINIGOI, S. Precambrian Barro Alto Complex of Goias, Brasil: bulk geochemistry and phase equilibria. *Neues Jahrbuch für Mineralogie. Abhandlungen*, v. 142, p. 270-291, 1981.
- GIRARDI, V. A. V.; RIVALENTI, G.; SINIGOI, S. The petrogenesis of the Niquelandia layered basic-ultrabasic complex, Central Goias, Brazil. *Journal of Petrology*, London, v. 27, p. 715-744, 1986.
- GIRARDI, V. A. V.; MAZZUCHELLI, M.; MOLESINI, M.; FINATTI, M. C.; RIVALENTI, G.; CORREIA, C. T. Petrological and geochemical aspects of mafic dykes of Goias State, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992. São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG, 1992. v. 1, p. 490-495.
- HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M. A. Geocronologia do Centro-Oeste Brasileiro. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 5-26, 1970.
- IACUMIN, M.; PICCIRILLO, E. M.; GIRARDI, V. A. V.; TEIXEIRA, W.; BELLJENI, G.; ECHEVESTE, H.; FERNANDEZ, R.; PINSESE, J. P. P.; RIBOT, A. Early proterozoic calc-alkaline and middle proterozoic tholeiitic dike swarms from Central-Eastern Argentina: petrology, geochemistry, Sr-Nd isotopes and tectonic implications. *Journal of Petrology*, London, v. 42, p. 2109-2143, 2001.
- IACUMIN, M.; DEMIN, A.; PICCIRILLO, E. M.; BELLJENI, G. Source mantle heterogeneity and its role in the genesis of Late Archaean-Proterozoic (2.7–1.0 Ga) and Mesozoic (200 and 130 Ma) tholeiitic magmatism in the South American Platform. *Earth-Science Reviews*, Amsterdam, v. 62, p. 365–397, 2003.
- IRVINE, I. N.; BARAGAR, W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal Earth Science*, Ottawa, v. 8, p. 523-548, 1971.
- ISHII, T. The relations between temperature and composition of pigeonites in some lavas and their application to geothermometry. *Mineralogical Journal*, Sapporo, v. 8, p. 48-57, 1975.
- JOST, H.; CARMELO, A. C.; MENESSES, P. R. Litologias, relações de contato e estrutura do Bloco Caiamar, Crixás, Goiás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 4., 1994. Brasília. *Anais...* Brasília: SBG, 1994. p. 18-20.
- KRETZ, R. Transfer and exchange equilibria in a portion of the pyroxene quadrilateral as deduced from natural and experimental data. *Geochemical et Cosmochimica Acta*, St. Louis, v. 46, p. 411-421, 1982.
- KUDO, A. M.; WEILL, D. F. An igneous plagioclase geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Berlin, v. 25, p. 52-65, 1970.
- KUYUMJIAN, R. M. Mafic dyke swarms in Goias, central, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 3; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MAFIC DYKES, 1991. São Paulo. *Extended abstracts...* São Paulo: SBGq, 1991. p. 51-54.
- KUYUMJIAN, R. M. Mafic Dyke swarms of the Goias Massif, Central Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 45-50, 1998.
- LE BAS, M. J.; LE MAITRE, R. W.; STRECKEISEN, A.; ZANETTIN, B. A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, London, v. 27, p. 745-750, 1986.
- LEAKE, B. E. Nomenclature of amphiboles. *American Mineralogist*, Lancaster, v. 63, p. 1023-1052, 1978.
- LEAKE, B. E.; SCHUMACHER, J. C.; SMITH, D. C.; UNGARETTI, L.; WHITTAKER, E. J. W.; YOUZHI, G. Nomenclature of amphiboles. *European Journal of Mineralogy*, Stuttgart, v. 9, p. 623-651, 1997.
- MATHEZ, E. A. Refinement of the Kudo-Weill plagioclase thermometer and its application to basaltic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Berlin, v. 41, p. 61-72, 1973.
- MAZZUCHELLI, M.; RIVALENTI, G.; PICCIRILLO, E.; GIRARDI, V. A. V.; CIVETTA, L. Petrology of the Proterozoic mafic dyke swarms of Uruguay and constraints on their mantle source composition. *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 74, p. 177-194, 1995.
- MAZZUCHELLI, M.; RIVALENTI, MENEZES LEAL, A. B.; GIRARDI, V. A. V.; BRITO NEVES, B. B.; TEIXEIRA, W. Petrology of metabasaltic dykes in the Diamantina region, Minas Gerais, Brazil. *Periodico di Mineralogia*, Roma, v. 70, p. 231-254, 2000.

- MENEZES LEAL A. B.; BELLIENI G.; GIRARDI V. A. V.; BASTOS LEAL, L. R.; TEIXEIRA W.; PICCIRILLO E. M. Contribuição ao estudo petrológico e geoquímico dos enxames de diques maficos de Uauá, Bahia, Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 61-90, 1995.
- MENEZES LEAL, A. B.; GIRARDI, V. A. V.; BASTOS LEAL, L. R. Petrologia e geoquímica do magmatismo básico da Suíte Básica Apoteri, Estado de Roraima - Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v. 14, p. 155-174, 2000.
- MORIMOTO, N. Nomenclature of pyroxenes. *American Mineralogist*, Lancaster, v. 73, p. 1123-1133, 1988.
- PIMENTEL, M. M.; WHITEHOUSE, M. J.; VIANA, M. DAS G; FUCK, R. A.; MACHADO, N. The Mara Rosa Arc in the Tocantins Province: further evidence for Neoproterozoic crustal accretion in Central Brazil. *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 81, p. 299-310, 1997.
- PIMENTEL, M. M; JOST, H.; FUCK, R. A.; ARMSTRONG, R. A.; DANTAS, E. L.; PORTREL, A. Neoproterozoic anatexis of 2.9 Ga old granitoids in the Goiás-Crixás Archean Block, Central Brazil: evidence from new U-Pb shrimp data and Sm-Nd isotopes. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo. (submetido).
- PINESE, J. P. P. *Geoquímica, geologia isotópica e aspectos petrológicos dos diques maficos pré-cambrianos da Região de Lavras (MG), porção sul do Cráton São Francisco*. 1997. 178f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- QUEIROZ, C. L. *Evolução tectono-estrutural dos terrenos granito-greenstone belts de Crixás, Brasil central*. 2000. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- RICHARD, L. R.; CLARKE, D. Amphibol: a program for calculating structural formulae and for classifying and plotting analyses of Amphiboles. *American Mineralogist*, Lancaster, v. 75, p. 421-423, 1990.
- RICHARD, L. R. *Mineralogical and petrological data processing system*. Minpet for Windows, version 2.02. MinPet Geological Software, Canada, 1995.
- ROBINSON, P.; SPEAR, F. S.; SCHUMACHER, J. C.; LAIRD, J.; KLEIN, C.; EVANS, B. W.; DOOLAN, B. L. Phase relations of metamorphic amphiboles: natural occurrence and theory. *Reviews in Mineralogy*, Washington, v. 9B, p. 1-228, 1981.
- TARNEY, J. Geochemistry and significance of mafic dyke swarms in the Proterozoic. In: Condie, K. C. (Ed). *Proterozoic crustal evolution*. Amsterdam; New York: Elsevier, p. 151-179, 1992.
- TASSINARI, C. C. G.; MONTALVÃO, R. M.G. Estudo geocronológico do “greenstone belt” de Crixás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980. Camboriú. *Anais...* São Paulo, SBG, 1980. p. 2759.
- TEIXEIRA, W. The Proterozoic mafic dyke swarms and alkaline intrusions in the Amazonian Craton, South America, and their tectonic evolution based on Rb-Sr, K-Ar and Ar-Ar geochronology. In: PARKER, A. J.; RICKWOOD, P. C.; TUCKER, D. H. (Ed.) *Mafic dykes and emplacement mechanisms*. Rotterdam: Balkema, 1990. p. 285-296.
- TOMAZZOLI, E. R. O greenstone belt de Goiás: estudos geocronológicos. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 56-60, 1992.
- TOMAZZOLI, E. R. *Aspectos geológicos e petrológicos do enxame de diques Morro Agudo de Goiás*. 1997. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- VARGAS, M. C. *Geologia das rochas granito-gnáissicas da região de Crixás, Guarinus, Pilar de Goiás e Hidrolina, Goiás*. 1992. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- WAGER, L. R.; BROWN, G. M. *Layred igneous rocks*. San Francisco: Freeman, 1968. 588p.
- WINGE, M. *Evolução dos terrenos granulíticos da Província Estrutural Tocantins, Brasil Central*. 2000. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília.
- WOOD, B. J.; BANNO, S. Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene-clinopyroxene relationship in simple and complex system. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Berlin, v. 42, p. 109-124, 1973.
- YODER JR., H. S.; TILLEY, C. E. Origin of basalt magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems. *Journal of Petrology*, London, v. 3, p. 342-534, 1962.