



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOLOGIA**

EIDER GARGANO RANGEL

**PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS
MAIORES DAS ROCHAS METAMÁFICAS E
METAULTRAMÁFICAS DO COMPLEXO SERRA DAS
ÉGUAS – BRUMADO, BA**

Salvador

2019

EIDER GARGANO RANGEL

**PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS
MAIORES DAS ROCHAS METAMÁFICAS E
METAULTRAMÁFICAS DO COMPLEXO SERRA DAS
ÉGUAS – BRUMADO, BA**

Monografia apresentada ao Curso de Geologia,
Instituto de Geociências, Universidade Federal
da Bahia como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Geologia

Orientadora: Profa. Dra. Simone Cerqueira
Pereira Cruz

Coorientadora: Profa. Dra. Angela Beatriz de
Menezes Leal

Salvador

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

EIDER GARGANO RANGEL

**PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS
MAIORES DAS ROCHAS METAMÁFICAS E
METAULTRAMÁFICAS DO COMPLEXO SERRA DAS
ÉGUAS – BRUMADO, BA**

Trabalho final de graduação aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

1º Examinador – Profa. Dra. Simone Cerqueira Pereira Cruz
Instituto de Geociências/Universidade Federal da Bahia

2º Examinador – Dra. Rita L. C. Menezes de Oliveira
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

3º Examinador – MSc. Lílían M. P. Varjão
Instituto de Geociências/Universidade Federal da Bahia

Salvador, 20 de novembro de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, pelo apoio e incentivo incondicional, e por nunca deixarem de acreditar em mim. À minha namorada, pelas mesmas razões.

À minha orientadora, Simone, por sua constante dedicação, estando sempre presente e disposta a me ajudar, ensinar e incentivar, seja em assuntos relacionados a este trabalho ou não. À minha coorientadora, professora Ângela, pela disposição em me auxiliar neste trabalho.

Agradeço à professora Débora Rios, que desde cedo me acolheu em seu grupo de pesquisas e sempre me ajudou. Ao professor Márcio Paim (*in memoriam*) por fazer possível a existência do projeto que me encontrei envolvido nos últimos anos da graduação. Ao Flori, pelo apoio, ajuda e ideias trocadas. Aos companheiros de trabalho, Magno e Mariana, por tornarem a rotina menos cansativa e mais descontraída. Ao professor Marcos, pela ajuda e pela coordenação do projeto.

Aos bons amigos que fiz durante a graduação e aos colegas que, de alguma forma, contribuíram na construção de quem sou hoje. Ao professor André Klumb, pelos conselhos e pela disponibilidade em me ajudar. Aos professores Reinaldo, Natali, Jailma, Ernande e Telésforo pela atenção e ajuda.

Agradeço à empresa RHI Magnesita e à equipe responsável por coordenar o projeto referente a este trabalho. À CPRM, na pessoa de Cristina Burgos, pela confecção de seções polido-delgadas. Ao IGEO/UFBA, por tudo o que me foi fornecido durante a graduação e à toda a equipe de funcionários. Ao Grupo de Metalogênese e ao Grupo de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral, os quais fiz parte durante grande parte de minha graduação.

Agradeço, por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram com este momento.

RESUMO

O Complexo Serra das Éguas, que aflora na serra homônima em Brumado – BA, integra o embasamento do Orógeno Araçuai e da Paleoplaca Gavião, sendo dividido, estratigraficamente, em três unidades: (i) Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada (UV) com componentes metavulcânicos de protólitos máficos e ultramáficos e rochas metassedimentares químicas; (ii) Unidade Carbonática (UC), com rochas metassedimentares químicas, em especial mármore magnésitico portadores de talco, que intercalam-se principalmente com rochas metamáficas e subordinadamente com rochas metaultramáficas; e (iii) Unidade Siliciclástica (US), com rochas metassedimentares terrígenas. Apesar de um considerável número de estudos, a grande maioria se volta aos mármore magnésíticos. Este trabalho objetiva dar uma contribuição ao conhecimento sobre as rochas metamáficas e metaultramáficas desse complexo. Para tal, foram realizadas etapas de campo, petrografia, análises mineraloquímica através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e geoquímica de elementos maiores obtida por ICP-EAS. Em conjunto, essas rochas possuem espessuras que variam amplamente, com coloração entre verde escuro e preto e granulometria fina a afanítica. As metamáficas possuem xistosidade ou são decussadas, com duas faixas granulométricas (<0,01-0,5 e 0,05-0,2 mm). As microestruturas encontradas são: (i) nematoblástica; (ii) inequigranular; (iii) granoblástica poligonal; (iv) lepidoblástica; (v) porfiroclástica, núcleo-manto e milonítica; (vi) S/C/C' e caudas de grão simétricas; (vii) porfiroblástica; (viii) poiquiloblástica; (ix) de reação; e (x) ígnea reliquiar. Os principais minerais encontrados nessas rochas são minerais do grupo da hornblenda, grunerita, quartzo, plagioclásio e biotita. Magnetita, hematita, clorita, epidoto, titanita e zircão integram a mineralogia. Calcita e calcopirita ocorrem em veios. Para as rochas metaultramáficas, ocorrem as microestruturas: (i) decussada; (ii) poiquiloblástica; (iii) inequigranular; e (iv) ígnea reliquiar. Os minerais são antofilita, hornblenda, grunerita-cummingtonita, plagioclásio, talco e quartzo nestas rochas. Análises em MEV de rochas metamáficas indicaram a predominância de tschermakita e magnésio-hornblenda. Os plagioclásios variaram entre albita e anortita. Quimicamente, as rochas foram classificadas como basaltos komatiíticos e toleíticos de alto-Fe e Mg, além de toleíticos, subalcalinos, de médio e baixo potássio e com composição variando entre basalto e basaltos andesítico. Em diagramas binários de variação elementar, observa-se dois *trends* distintos que coincidem com os grupos de rochas classificados como basaltos komatiíticos e toleíticos. Esses dois *trends* são ressaltados quando se integram os dados obtidos neste trabalho com os da literatura. Os komatiitos obtidos por outros autores alinham-se com os basaltos komatiíticos. A distribuição estratigráfica desses dois magmatismos no Complexo Serra das Éguas, ou seja, a presença de basaltos komatiíticos principalmente na UV e dos basaltos da série toleítica na UC, sugere que os primeiros são mais antigos. Regionalmente, os komatiitos e os basaltos komatiíticos formam três *trends* que são bordejados por basaltos toleíticos.

Palavras-chave: Serra das Éguas, basaltos komatiíticos, basaltos toleíticos.

ABSTRACT

The Serra das Éguas Complex, which outcrops in the homonym mountain range, in Brumado – BA, integrates the basement of the Araçuaí Orogen and of the Gavião Paleoplate, being stratigraphically divided into three units: (i) Volcanochemistry Unit with Subordinate Siliciclastic Rocks (UV), with metavolcanic components of mafic and ultramafic protoliths and chemical metasedimentary rocks; (ii) Carbonatic Unit (UC), with chemical metasedimentary rocks, in particular talc-bearing magnesitic marbles, which intersect with metamafic and metaultramafic rocks; and (iii), Siliciclastic Unit (US), with terrigenous metasedimentary rocks. Despite a considerable number of studies, the vast majority turn to the magnesitic marbles. This work aims to contribute to the knowledge about the metamafic and metaultramafic rocks of this complex. For this, field, petrography, mineral chemistry analysis by scanning electron microscope (SEM) and major element geochemistry obtained by ICP-EAS steps were performed. Together, these rocks have highly variable thickness, with dark green to black coloration and fine to aphanitic grain size. The metamafic rocks have schistosity or are decussate, with grain size ranges ranging from <0,01-0,5 and 0,05-2,0 mm. The microstructures found are: (i) nematoblastic; (ii) inequigranular; (iii) polygonal granoblastic; (iv) lepidoblastic; (v) porphyroclastic, core-mantle and milonitic; (vi) S/C/C' and symmetrical grain tails; (vii) porphyroblastic; (viii) poikiloblastic; (ix) reaction; and (x) igneous relic. The main minerals found in these rocks are from the hornblende group, grunerite-cumingtonite series, quartz, plagioclase and biotite. Magnetite, hematite, chlorite, epidote, titanite and zircon integrate the mineralogy. Calcite and chalcopyrite occur in veins. For metaultramafic rocks, the microstructures that occur are: (i) decussate; (ii) poikiloblastic; (iii) inequigranular; and (iv) igneous relic. The minerals are antophyllite, hornblende, grunerite-cumingtonite, plagioclase, talc and quartz in these rocks. SEM analysis of metamafic rocks indicated the predominance of tschermakite and magnesium-hornblende. Plagioclases range from albite to anorthite. Chemically, these rocks were classified as komatiitic basalts and high-Fe and Mg tholeiitic basalts. As well, these rocks are tholeiitic, subalkaline with medium and low potassium, and range from basalt to andesitic basalt. In binary diagrams of elemental variation, two distinct trends are observed, that coincide with the groups of rocks classified as komatiitic and tholeiitic basalts. These two trends are highlighted when integrating the data obtained in this work with those in the literature. The komatiites obtained by other authors align with the komatiitic basalts. The stratigraphic distribution of these two magmatisms in the Serra das Éguas Complex, that is, the presence of komatiitic basalts mainly in the UV and of the tholeiitic basalts in the UC, suggests that komatiitic basalts are older. Regionally, komatiites and komatiitic basalts form three trends that are bordered by tholeiitic basalts.

Keywords: Serra das Éguas Complex, komatiitic basalts, tholeiitic basalts

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: A) Mapa de situação da área de estudo no Estado da Bahia. B) Mapa de localização da área de estudo.....	11
Figura 1.2: Localização das amostras coletadas. Mapa confeccionado pelo autor com base em shapefiles gerados no decorrer do projeto “Atualização do mapa geológico da serra das Éguas, Brumado – BA”.	13
Figura 2.1: Diagramas de classificação modal para rochas gabróicas. Adaptado de Streckeisen (1976, apud. Le Maitre et al. 2002)..	16
Figura 2.2: Diagramas de classificação modal para rochas ultramáficas. Adaptado de Streckeisen (1976 apud. Le Maitre et al. 2002)..	17
Figura 2.3: Classificação para rochas basálticas e andesíticas. Adaptado de Streckeisen (1978).....	18
Figura 2.4: Diagrama QAPF preliminar para classificação, em campo, de rochas vulcânicas.	18
Figura 2.5: Diagrama TAS - Total Álcali versus Sílica segundo Le Bas et al. 1986.	19
Figura 2.6: Diagrama para classificação de rochas vulcânicas de alto-Mg, segundo Le Bas (2000)....	19
Figura 2.7: A) Diagrama TAS de classificação de basaltos entre série alcalina e subalcalina adaptado de Bellieni et al. (1983); o campo <i>overlap</i> remete a basaltos que caem fora de ambos os campos e têm três vezes mais propensão a serem da série subalcalina. B) Diagramas TAS para a divisão das séries potássicas de basaltos a riolitos.....	20
Figura 2.8: Sistemática para nomenclatura de rochas metamórficas	21
Figura 2.9: Esquema representativo de um Microscópio Eletrônico de Varredura.....	23
Figura 2.10: Esquema representativo de um difratômetro de raios X.....	24
Figura 1: Mapa geológico esquemático dos compartimentos do Cráton do São Francisco e do setor norte do Orógeno Araçuaí (AO).....	29
Figura 2: Mapa geológico simplificado da região ocidental do setor intracontinental do Orógeno Araçuaí	30
Figura 3: A) Mapa geológico simplificado da serra das Éguas. Adaptado de Paim et al. (2018). B) Seção geológica adaptada de Paim et al. (2018).....	34
Figura 4: Rochas metamáficas aflorantes na Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada. A e B) Ponto MAG-73, coordenada UTM 205534/8426119. C e D) Ponto MAG-38 coordenada UTM 205401/8434284; a rocha metamáfica está intercalada com filitos.....	39
Figura 5: Rochas metamáficas que aflora na unidade Subunidade Carbonática. A e B) Ponto MAG-02, na Mina Pedra Preta, coordenadas UTM 209142/8434957). C e D) Ponto MAG-04, na Mina Pomba, coordenadas UTM 208651/8433088. E) Rocha metaultramáfica FSP-05-06 coletada do furo de sondagem FSP-05, coordenadas UTM 207766/8433302. F) Rocha metaultramáfica no ponto MAG-12 Coordenadas UTM 208414/8430119.	40
Figura 6: Microestruturas em rochas metamáficas: A) ígnea reliquiar marcada por grãos tabulares de plagioclásio – Amostra MAG-73A (Coordenadas UTM: 205534/8426119); B) nematoblástica pela orientação preferencial de hornblenda ¹ . Notar porfiroclastos desse mineral - Amostra FSP-04-09 (Coordenadas: 208266/8433290); C) inequigranular – Amostra MAG-73A (Coordenadas UTM: 205534/8426119); D) Granoblástica poligonal relacionada a quartzo e plagioclásio. Notar presença de magnetita com inclusões esqueliformes desses minerais, bem como de calcita - Amostra SLO-08-01 (Coordenadas UTM: 203470/8430714); E) estrutura S/C/C’ associada à hornblenda ¹ - Amostra FSP-04-	

09 (Coordenadas: 208266/8433290); F) porfiroclástica, núcleo-manto e milonítica relacionada com hornblenda ¹ - Amostra MAG-04 (Coordenadas UTM: 208651/8433088)	48
Figura 7: Microestruturas em rochas metamáficas: A) porfiroclástica relacionada com grãos de quartzo contornados por grãos menores desse mineral – Amostra 73B (Coordenadas UTM: 205534/8426119); B) porfiroblástica associada à hornblenda ² - Amostra 39A (Coordenadas UTM: 204740/8434672); C) Porfiroblástica associada à clorita - Amostra SLO-08-02 (Coordenadas UTM: 203470/8430714); D) poiquiloblástica com inclusões de quartzo em hornblenda ² - Amostra MAG-73A (Coordenadas UTM: 205534/8426119); E) decussada associada à prismas de hornblenda ² sem orientação preferencial - Amostra MAG-25.2 (203871/8429241); F) vênula preenchida por calcita - Amostra SLO-08-01 (Coordenadas UTM: 203470/8430714).	49
Figura 8: Microestruturas em rochas metamáficas: A) magnetita e calcopirita em agregado lobular - Amostra SLO-08-02 (Coordenadas UTM: 203470/8430714); B) aglomerados lobulares de magnetita - Amostra SLO-08-02 (Coordenadas UTM: 203470/8430714); C) hematita nas clivagens octaédricas da magnetita - Amostra MAG-04 (Coordenadas UTM: 208651/8433088); D) reliquiar ígnea marcada por plagioclásio tabular - Amostra FSP-05-06 (Coordenada UT: 207766/8433302). Microestruturas em rochas metaultramáficas: E) decussada - Amostra FSP-05-06 (Coordenada UT: 207766/8433302); F) Decussada e radial com hornblenda ² - Amostra 34.3 (Coordenadas UTM: 205238/8432861).....	50
Figura 9: Diagramas de Razões e Proporções Moleculares (MPR) segundo Pearce (1968, 1970).....	54
Figura 10: A) Diagrama catiônico de Jensen (Jensen, 1976). B) Diagrama AFM (Irvine & Barragar, 1971). C) Diagrama TAS (Le Bas et al. 1986). D) Diagrama para séries basálticas de Bellieni et al. (1983). E e F) Diagramas TAS adaptados de (Le Bas, 2000). G) Diagrama para séries potássicas de basaltos de Le Maitre et al. (2002).....	55
Figura 11: Diagramas binários de variação elementar para as rochas estudadas.	56
Figura 12: A) Classificação de anfibólios cálcicos segundo Hawthorne et al. (2012); B) classificação de plagioclásios.	58
Figura 13: Diagramas bi-variantes para anfibólios cálcicos, férricos e magnesianos a partir de cálculos realizados através das planilhas de Locock (2014).	59
Figura 14: A) Mapa do Complexo Serra das Éguas, separado por unidades do mesmo. B) Mapa regional adaptado de CPRM (2019) com dados plotados de Teixeira (2012), Santos et al. (2012), Menezes-Leal et al. (2015) e do presente trabalho.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelos propostos para explicar o empilhamento estratigráfico das unidades que afloram na serra das Éguas.	36
Tabela 2: Composição modal das rochas metaultramáficas e metamáficas do Complexo Serra das Éguas. F.g. – Faixa granulométrica, D.e. – Domínio estrutural. SCTD – Sistema de cisalhamento transpressional destal, FD – Flanco de dobras, CD – Charneira de dobras Hbl – Hornblenada, Gru- Grunerita, Ath – Antofilita, Qz – Quartzo, Pl – Plagioclásio, Bt – Biotita, Ttn – Titanita, Zr – Zircão, Cal – Calcita, Chl – Clorita, Ep – Epidoto, Mag – magnetita, Hem – hematita, Ccp – calcopirita. Os índices sobrescritos 1, 2, 3 na hornblenda referem-se aos anfibólios da tabela 3. Abreviações segundo Whitney & Evans (2010).	43
Tabela 3: Características dos minerais nas rochas metamáficas e metaultramáficas. Hb- Hornblenda, Tsc – Tshcermakita, Mhb – Magnesio-hornblenda, Sdg – Sadanagaíta, Qz – Quartzo, Pl – Plagioclásio, Cb – Carbonato, Chl – Clorita, Bt – Biotita, Ttn – Titanita, Zr – Zircão, Ep – Epidoto, Mag – magnetita, Hem – hematita, Ccp – calcopirita. Abreviações segundo Whitney & Evans (2010). *: quando colorido e sem pleocroísmo foi indicado a cor do mineral.....	44
Tabela 4: Resultados de análises químicas de rocha total para as amostras analisadas. Am. – Amostra.	51
Tabela 5: Fórmulas estruturais para os anfibólios, a partir de Hawthorne et al. (2012), e de plagioclásio, a partir de Brady & Perkins (2019). Cálculo da fórmula estrutural do anfibólio usando 23 oxigênios e para o plagioclásio usando 8 oxigênios.	58
Tabela 6: Paragêneses metamórficas progressivas e regressivas. Bt – biotita, Ttn – titanita, Zr – zircão, Chl – clorita, Ep – epídoto, Mag – magnetita, Hem – hematita, Ccp – calcopirita. SGR: Recristalização por rotação de subgrão. Análise de temperatura considerando o metamorfismo barrovioano. *Calculada para a pressão de 100 Mpa.	61

Sumário

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	10
CAPÍTULO 2 – CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA DE ROCHAS MÁFICAS E ULTRAMÁFICAS	15
CAPÍTULO 3 – PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAIORES DAS ROCHAS METAMÁFICAS E METAULTRAMÁFICAS DO COMPLEXO SERRA DAS ÉGUAS – BRUMADO, BA	25
CAPÍTULO 4 – RECOMENDAÇÕES	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
APÊNDICE A – DADOS DE AMOSTRAS COLETADAS (AFLORAMENTO E Furos DE SONDAGEM).....	74
APÊNDICE B – PARÂMETROS DE ANÁLISE (ICP-EAS) ALS GLOBAL.....	78
APÊNDICE C – RESULTADOS GEOQUÍMICOS DE ELEMENTOS MAIORES E TRAÇO (ICP-EAS E MS).....	79
APÊNDICE D – RESULTADOS DE MEV EM ANFIBÓLIOS	80
APÊNDICE E – RESULTADOS DE MEV EM PLAGIOCLÁSIOS	90
ANEXO A – REGAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA BRAZILIAN JOURNAL OF GEOLOGY	91

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

A serra das Éguas está localizada nas imediações do Município de Brumado, no centro-sul baiano, e conta com depósitos de magnesita e talco listados entre os maiores do mundo (USGS, 2018). As unidades nela aflorantes estão inseridas no contexto da Paleoplaca Gavião (*Sensu* Cruz et al. 2016), e do embasamento do setor intracontinental do Orógeno Araçuaí (Cruz, 2004; Borges et al. 2015; Cruz et al. 2015). Brumado faz limite com os municípios Livramento de Nossa Senhora, Dom Basílio, Rio de Contas, Ituaçu, Tanhaçu, Aracatu, Malhada de Pedras, Rio do Antônio e Lagoa Real (Fig. 1.1). A principal rota de acesso à sede municipal, partindo de Salvador, é feita a partir das rodovias BR-324 (107 km), BA-116 (162 km), BA-026 (224 km), BA-030 (50 km), nesta ordem, resultando em cerca de 540 km percorridos. Os acessos à região da serra, objeto de estudo deste trabalho, são bastante restritos devido à presença de diversas mineradoras na região.

A sequência metavulcanossedimentar que aflora na serra das Éguas foi estudada por diversos autores, merecendo destaque a organização estratigráfica de Oliveira et al. (1997). Estes definiram o Grupo Serra das Éguas, dividindo-o em três unidades: (i) basal, com anfíbolitos, mármore dolomíticos e actinolita-tremolita-mármore; (ii) intermediária, com mármore magnesíticos, actinolita-mármore, rochas calcissilicáticas e quartzitos ferruginosos; e (iii) topo, com dolomita-quartzitos e quartzitos ferruginosos. A sequência é interpretada como típica de um ambiente vulcanogênico, com duas fases de vulcanismo básico-ultrabásico em sua unidade inferior. Essas unidades supracrustais foram inseridas no contexto do *Greenstone Belt* Brumado por Cunha et al. (1996), Silva & Cunha (1999) e Cunha et al. (2012). Entretanto, não há descrição, até o momento, de rochas com textura *spinifex* na Serra das Éguas.

A mais recente divisão estratigráfica desta sequência foi feita por Pinho et al. (2013), cujas unidades foram inseridas no denominado Complexo Serra das Éguas, o qual fora subdividido em: (i) unidade inferior, com mármore dolomíticos, tremolititos, xistos, formações ferríferas bandadas, metabasaltos komatiíticos e intercalações tectônicas de biotita gnaisse; (ii) unidade média, com mármore magnesíticos, silexitos ferruginosos, maciços e brechados e rochas calcissilicáticas; e (iii) unidade superior, com quartzitos impuros e formações ferríferas bandadas metamorfizadas, de fácies óxido e silicática. Embora sem dados geocronológicos, é sugerida, pelos autores, a idade sideriana para a sequência.



Figura 1.1: (A) Mapa de situação da área do Município de Brumado, Estado da Bahia. (B) Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor com base em *shapefiles* do IBGE (disponíveis em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas>).

As unidades deste complexo possuem poucos estudos científicos de detalhe sobre suas litologias. A maioria, até o momento, teve como foco os mármore portadores de magnesita. Pouco ou quase nada se sabe sobre a composição das rochas de protólitos máficos e ultramáficos que lá afloram, bem como sobre seu significado geológico. Como mencionado anteriormente, Cunha et al. (1996), Silva & Cunha (1999) e Cunha et al. (2012) inseriram as unidades que afloram na serra no contexto do *Greenstone Belt* Brumado. Entretanto, segundo Condie (1976), para se interpretar um *greenstone*, é necessária a presença de texturas *spinifex*. De acordo com Pinho et al. (2013), estruturas desse tipo ocorrem em unidades a norte, a leste e a oeste da serra das Éguas, em unidades que foram mantidas no *Greenstone Belt* Brumado e separadas do Complexo Serra das Éguas por esses autores, onde não ocorre esse tipo de estrutura. Por sua vez, Teixeira (2012) demonstrou que as rochas com estes protólitos, no Complexo Serra das Éguas, são quimicamente classificadas como basaltos komatiíticos, mas que não necessariamente são komatiítos verdadeiros.

Considerando o pouco estudo de detalhe sobre as rochas máficas e ultramáficas do Complexo Serra das Éguas, algumas questões podem ser levantadas: qual a mineralogia dessas rochas? Quais suas paragêneses minerais, bem como seus significados? Qual a composição

química dessas rochas para elementos maiores e a natureza do magmatismo? Com essas questões supracitadas, e tendo em vista o complexo contexto stratigráfico no qual se encontra inserida a área de estudo, pretende-se avançar no conhecimento sobre estas rochas. O aumento no volume de dados poderá contribuir para o entendimento da evolução geológica do Complexo Serra das Éguas, bem como sobre suas correlações com outras sequências supracrustais da Paleoplaca Gavião (Cruz et al. 2016).

O objetivo geral desta monografia é contribuir com os estudos geológicos dos protólitos máficos e ultramáficos do Complexo Serra das Éguas na serra homônima. Os objetivos específicos são:

- (i) caracterizar a mineralogia das rochas de protólitos máficos e ultramáficos;
- (ii) identificar as paragêneses minerais dessas rochas, bem como seus significados;
- (iii) determinar a composição e classificação química de elementos maiores para essas rochas e identificar o(s) tipo(s) de magmatismo.

Os materiais e métodos, assim como desenvolvimento do presente trabalho se deu em diversas etapas, sendo estas:

(i) Levantamento bibliográfico: envolveu busca por livros, artigos, resumos científicos e relatórios diversos dentro do contexto das Geociências sobre a região da serra das Éguas e da geologia no seu entorno, na Paleoplaca Gavião. Também foram consultadas diversas fontes bibliográficas que abordem a classificação de rochas máficas e ultramáficas, rochas metamórficas de protólitos supracitados, assim como referentes às paragêneses minerais nessas rochas. Adicionalmente, foram consultados trabalhos sobre as técnicas analíticas que foram utilizadas na coleta de dados desta monografia.

(ii) Etapas de campo: caracterizou-se pela realização de duas excursões de campo, que ocorreram entre 02 e 08 de setembro e 05 e 09 de novembro de 2018, totalizando 12 dias efetivos. O objetivo do trabalho de campo foi contribuir com a atualização do mapa geológico da serra das Éguas, bem como realizar a coleta de amostras (Fig. 1.2, apêndice A) para estudos petrográficos e geoquímicos em afloramentos e em furos de sonda. Além disso, objetivou-se o entendimento da relação entre as litologias de interesse desta monografia e as demais unidades geológicas aflorantes. No auxílio à obtenção dos dados em campo foram utilizados diversos equipamentos, tais como GPS portátil da marca Garmin e modelo 62s, bússola do tipo Clar da marca Breithaupt Kassel, martelo geológico da marca Estwing e lupa de bolso da marca Intex com aumento de 20x, além de caderneta de campo.

determinadas mineralogia, microestruturas e moda das amostras. Para auxílio da identificação dos minerais e análise das microestruturas foram utilizados, principalmente, os livros *Mineralogia Óptica* (Kerr, 1977) e *Microtectonics* (Passchier & Trouw, 2005).

(iv) Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV: as análises foram feitas em 05 amostras no Laboratório de Caracterização de Materiais do Instituto Federal da Bahia, utilizando o aparelho da marca Tescan, modelo Veja 3 LMU e o *software* AZTec, sob tensão de 15 kV e magnificações entre 50x e 200x. A metalização das lâminas foi feita em ouro através do equipamento Quarum Q150R EX. Foram realizadas análises pontuais com EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) destinados à obtenção dos óxidos de elementos maiores presentes em anfibólios e plagioclásios para sua classificação e cálculo de suas fórmulas estruturais. A classificação dos anfibólios seguiu os critérios de Hawthorne et al. (2012), tendo sido utilizadas as planilhas de Locock (2014) para o tratamento dos dados, com base em 23 oxigênios. A classificação dos plagioclásios se utilizou das tabelas de Brady & Perkins (2019), com base em 8 oxigênios.

(v) Análises químicas de rocha total: estudos geoquímicos de elementos maiores sobre rocha total foram realizados em 14 amostras a partir das análises nos laboratórios ALS através do método ICP-EAS pelo método ME-ICP06 e LOI, partes do pacote ME-MS81d. Os elementos maiores foram analisados por fusão com metaborato ou tetraborato de lítio seguido pela dissolução do material fundido e analisado por ICP-EAS. A preparação destas amostras foi feita segundo o pacote PUL-31, onde as amostras são pulverizadas a partir de uma alíquota de aproximadamente 250g obtendo uma granulometria de, no mínimo, 85% de 75 microns. Para sua análise, as amostras utilizadas tinham 2g e foram digeridas em ácido ou pastilhas fundidas. Uma comparação dos resultados foi realizada utilizando os dados apresentados por Teixeira (2012) e Santos (2012).

(vi) Integração de dados e organização da monografia: essa monografia está organizada em quatro capítulos, sendo o primeiro a introdução geral, o segundo, uma revisão teórica acerca da classificação petrográfica de rochas máficas e ultramáficas, o terceiro apresenta o artigo intitulado “Petrografia e geoquímica de elementos maiores das rochas metamáficas e metaultramáficas do Complexo Serra das Éguas – Brumado, BA” e o quarto e último capítulo apresenta as recomendações futuras para este trabalho.

Por fim, como etapa futura, ocorrerá, a submissão do artigo, referente ao capítulo 3 desta monografia, à revista *Brazilian Journal Of Geology*. As normas acerca da submissão deste periódico estão dispostas no anexo A.

CAPÍTULO 2

CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA DE ROCHAS MÁFICAS E ULTRAMÁFICAS

2.1 Introdução

A classificação de rochas metamórficas envolve a identificação de estruturas específicas, na meso e microescala, e da composição de uma moda. Para tal, além da observação em campo, é de suma importância o estudo petrográfico. No entanto, apesar de bastante acurado para a observação de estruturas e microestruturas, por vezes, a determinação do tipo de mineral de um determinado grupo ou a composição modal de uma rocha, através de microscópio petrográfico, pode ser bastante imprecisa. Para isto, o uso de métodos químicos analíticos, a exemplo da Difractometria de Raios X – DRX e da Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV pode ser de grande importância para a melhoria dos resultados obtidos.

2.2 Classificação e nomenclatura de rochas máficas e ultramáficas

Le Bas & Streckeisen (1991) e Le Maitre et al. (2002) sugerem que a nomenclatura específica para rochas máficas e ultramáficas deve se basear nos diagramas de Streckeisen (1976, 1978), os quais consideram seu conteúdo mineral ou moda. Quando existe a presença de vidro, ou em caso de granulações muito finas, deve-se recorrer a diagramas que considerem suas composições químicas, como sugerido em Le Bas & Streckeisen (1991).

Segundo Le Maitre et al. (2002), a classificação petrográfica das rochas máficas ou ultramáficas se baseia em seu Índice de Cor, que se refere à proporção, no volume da rocha, de minerais máficos. Rochas máficas possuem entre 50% e 90% de seu volume composto por minerais máficos, enquanto rochas ultramáficas possuem valores superiores a 90%. Portanto, no caso de rochas plutônicas, a depender de seus valores de minerais máficos, diagramas para rochas máficas (Fig. 2.1) ou ultramáficas (Fig. 2.2) devem ser aplicados. Estes consideram as proporções de olivina (Ol), clinopiroxênio (Cpx), ortopiroxênio (Opx) e hornblenda (Hbl) para classificar as rochas.

Para rochas vulcânicas, quando possível a determinação da moda mineral, o índice de cor permite a separação, a partir do volume total da rocha ou porcentagem em peso, entre basaltos e leuco-basaltos, andesitos e mela-andesitos (Fig. 2.3) (Streckeisen, 1978). No entanto, de acordo com Le Maitre et al. (2002), a separação entre basalto e andesito irá requerer a

porcentagem de sílica da rocha total. Em caso de, nem sua moda, devido à fina granulação associada, ou sua composição química possam ser determinadas, para rochas vulcânicas, um diagrama provisório para campo (Fig. 2.4) deve ser utilizado, cuja classificação se baseia em uma versão simplificada do diagrama QAPF (Streckeisen, 1976, 1978) com a adição de um sufixo “-óide” (Le Maitre et al. 2002). Se for possível a determinação da moda, a utilização dos diagramas QAPF é indicada.

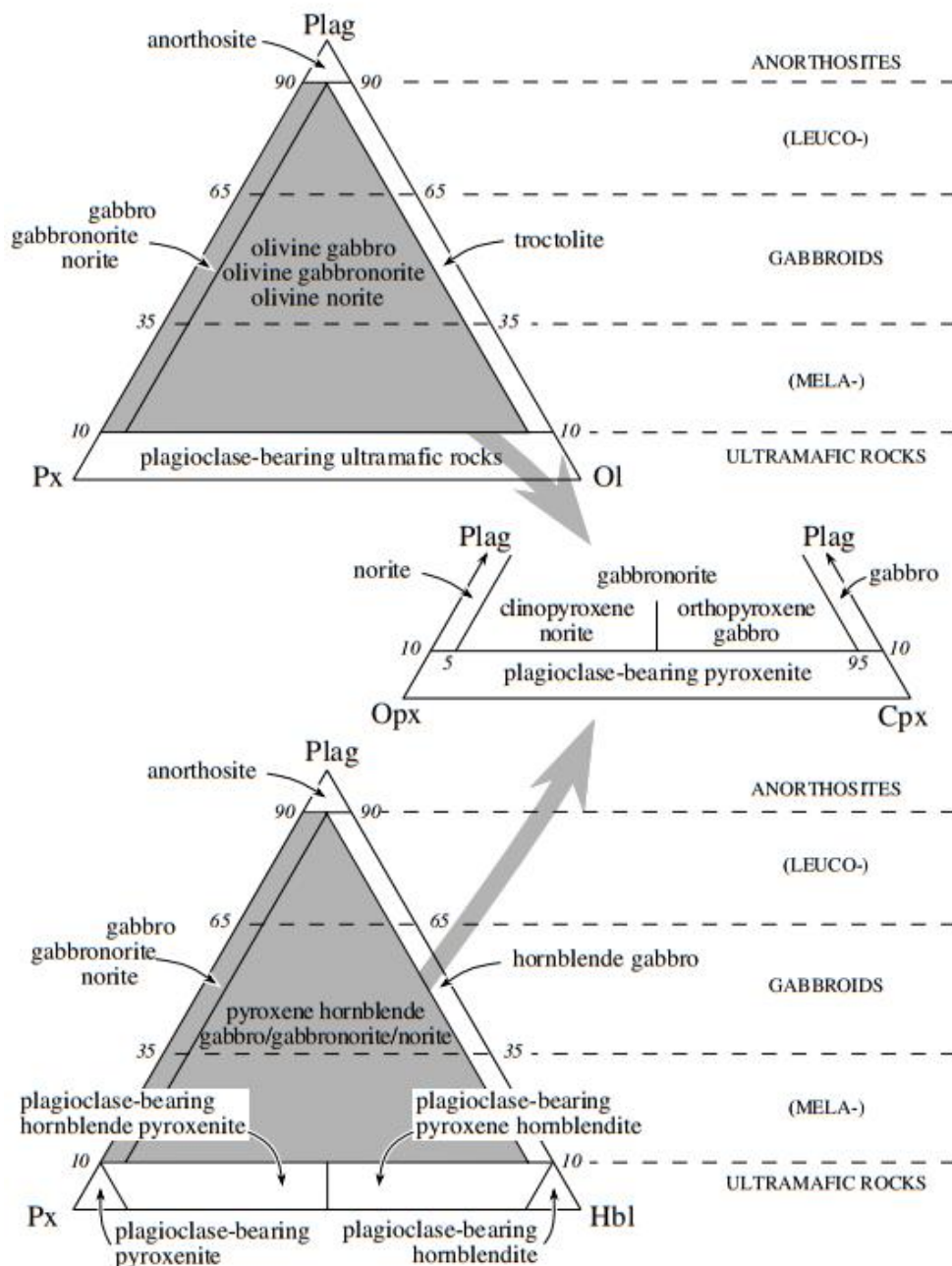


Figura 2.1: Diagramas de classificação modal para rochas gabróicas. Adaptado de Streckeisen (1976, apud. Le Maitre et al. 2002). Fonte: Le Maitre et al. (2002).

Se não for possível a determinação da moda, mas houver a disponibilidade de dados químicos sobre a rocha, o diagrama Total Álcali versus Sílica – TAS (Le Bas et al. 1986) (Fig. 2.5) deve ser utilizado e a classificação, segundo este parâmetro, se baseia nos valores de Na_2O , K_2O e SiO_2 (Le Maitre et al. 2002). No entanto, para rochas vulcânicas de alto-Mg, como picritos, komatiitos, meimequitos e boninitos, o diagrama TAS tradicional não se mostra adequado, se fazendo necessária a utilização de um diagrama conjunto entre o TAS e valores de MgO e TiO_2 (Le Bas, 2000) (Fig. 2.6). No tangente à classificação do basalto quanto à série – alcalina ou subalcalina –, deve ser utilizado o diagrama TAS adaptado de Bellieni et al. (1983) (Fig. 2.7A) e, para a separação de suas séries potássicas, o diagrama TAS adaptado de Le Maitre et al. (2002) (Fig. 2.7B) se aplica.

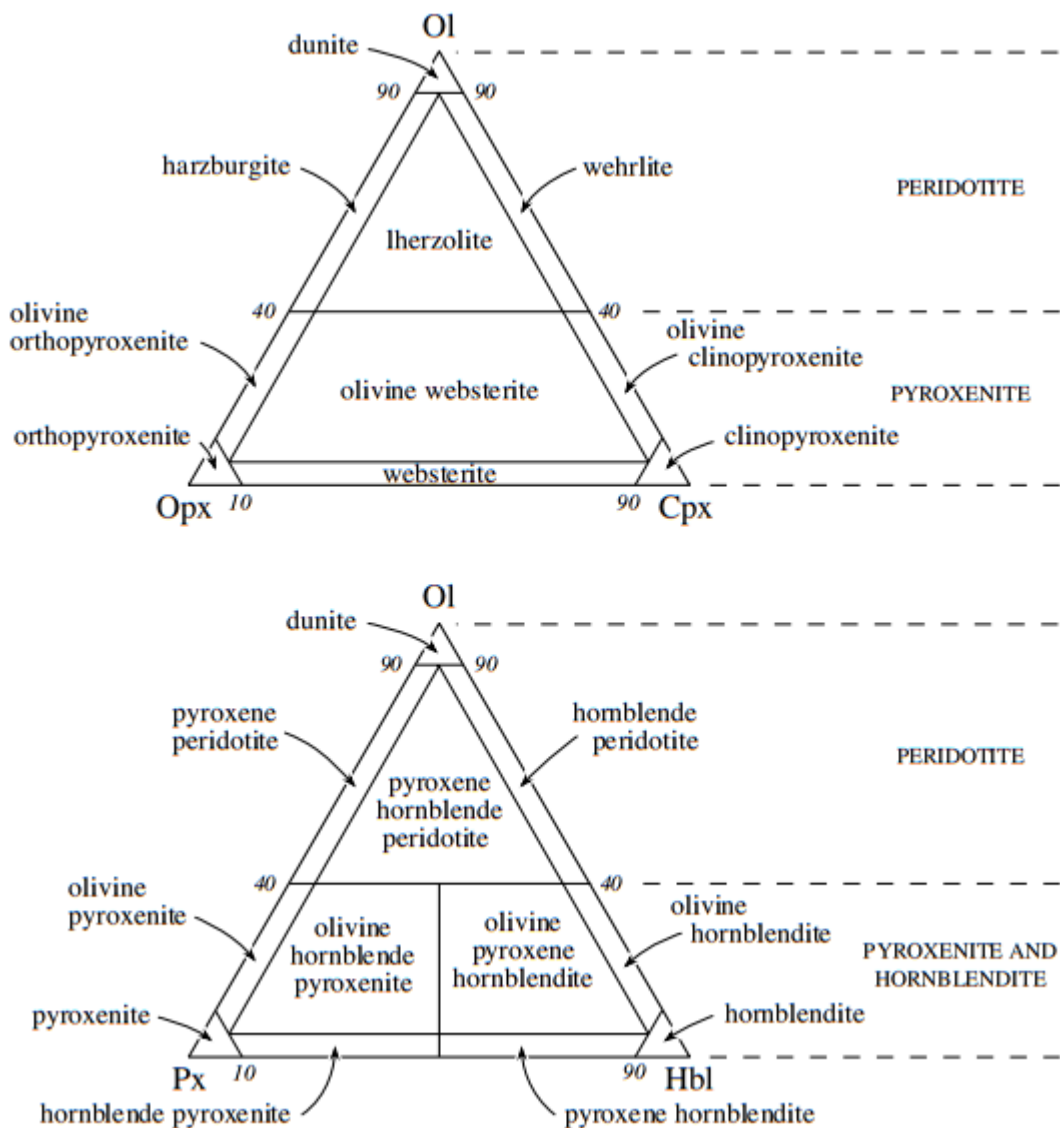


Figura 2.2: Diagramas de classificação modal para rochas ultramáficas. Adaptado de Streckeisen (1976 apud. Le Maitre et al. 2002). Fonte: Le Maitre et al. (2002).

Colour index		SiO ₂ wt %	
vol %	wt %	< 52	> 52
> 35	> 40	basalt	mela-andesite
< 35	< 40	leuco-basalt	andesite

Figura 2.3: Classificação para rochas basálticas e andesíticas. Adaptado de Streckeisen (1978). Fonte: Le Maitre et al. (2002). Vol%: porcentagem sobre volume total da rocha; wt%: porcentagem sobre peso total da rocha; SiO₂ wt%: porcentagem de sílica sobre peso total da rocha.

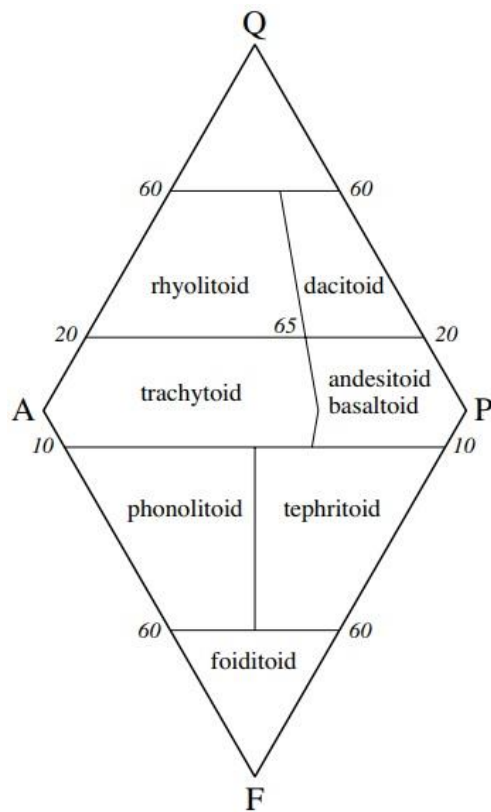


Figura 2.4: Diagrama QAPF preliminar para classificação, em campo, de rochas vulcânicas. Fonte: Le Maitre (2002).

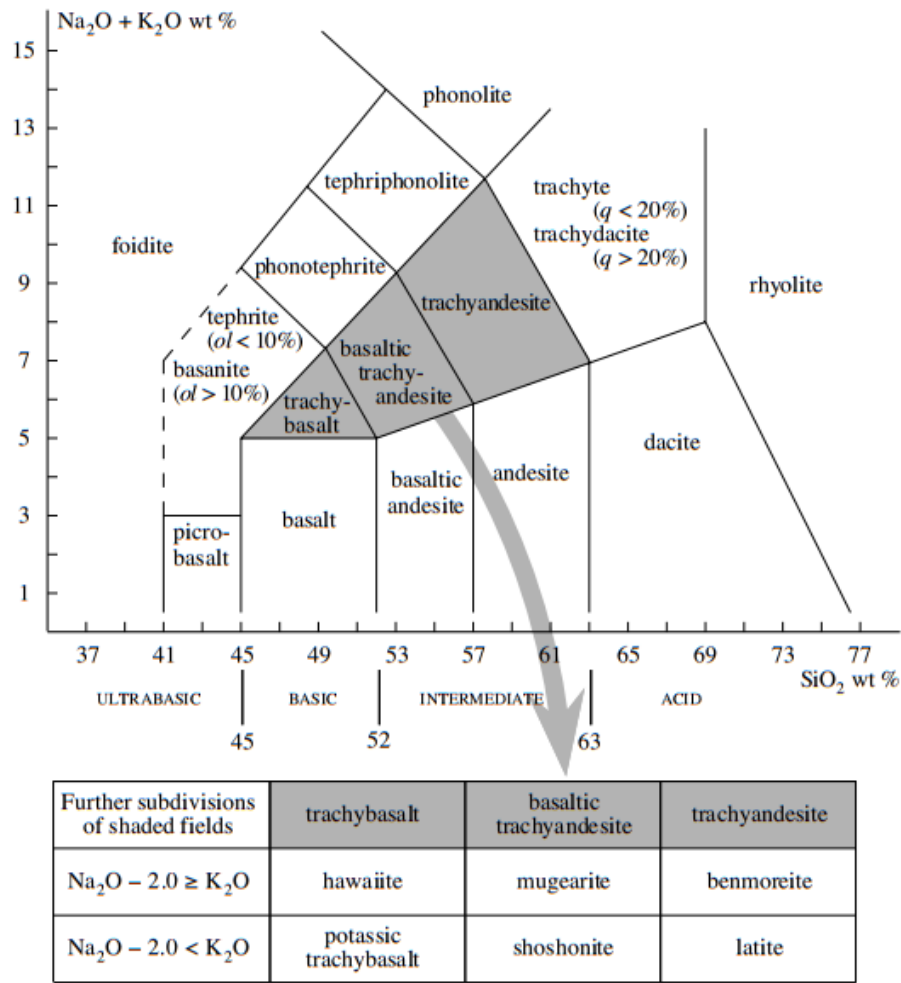


Figura 2.5: Diagrama TAS - Total Álcali versus Sílica segundo Le Bas et al. 1986. Fonte: Le Maitre et al. (2002).

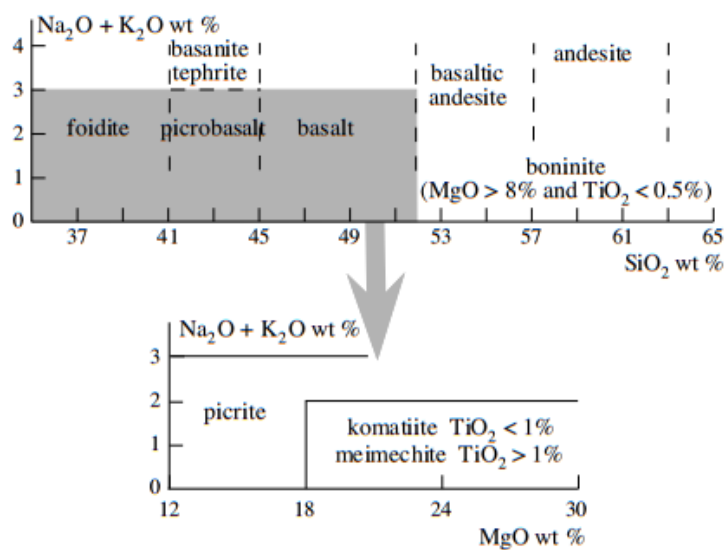


Figura 2.6: Diagrama para classificação de rochas vulcânicas de alto-Mg, segundo Le Bas (2000). Fonte: Le Maitre et al. (2002).

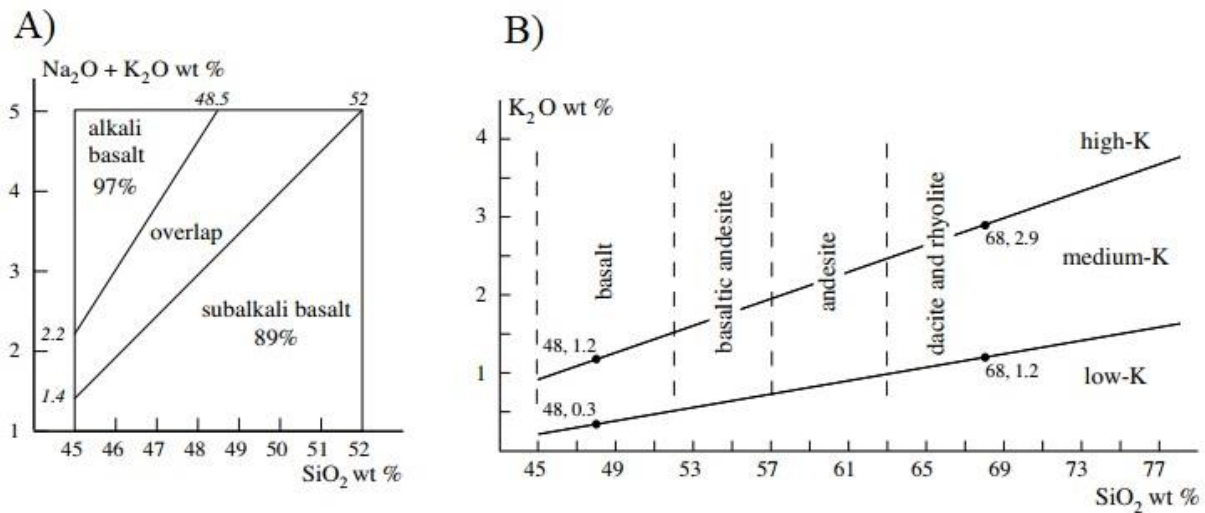


Figura 2.7: A) Diagrama TAS de classificação de basaltos entre série alcalina e subalcalina adaptado de Bellieni et al. (1983); o campo *overlap* remete a basaltos que caem fora de ambos os campos e têm três vezes mais propensão a serem da série subalcalina. B) Diagramas TAS para a divisão das séries potássicas de basaltos a riolitos. Fonte: Le Maitre et al. (2002).

2.3 Classificação e nomenclatura de rochas metamórficas de protólitos máficos e ultramáficos

Fettes & Desmons (2007) propuseram uma nomenclatura de rochas metamórficas aprovado pela Subcomissão na Sistemática das Rochas Metamórficas – SCMR (Fig. 2.8). Esse método leva em consideração, em primeira instância, as feições diretamente observáveis na escala mesoscópica, seguido pelas feições em escala microscópica (minerais componentes e estruturas), não utilizando características genéticas como base para a definição primária da rocha. Em segunda instância, e para casos de rochas metamorizadas em baixo grau metamórfico ou fracamente deformadas, o uso baseado em seus protólitos é recomendado. Visando sistematizar os critérios de classificação, o método procurou estabelecer uma padronização baseada em termos estruturais, o qual promove menor generalização da nomenclatura em relação a critérios mineralógicos.

O procedimento geral do método obedece a um critério sistemático, cujos dois primeiros passos relacionam o uso de nomes não-sistemáticos, ou seja, nomes específicos, baseados em protólitos e nomes com o sufixo “-ito”, ao passo que os dois critérios seguintes levam a escolha de um nome sistemático baseado na presença de xistosidade, distinguindo xistos, gnaisses ou granofels da seguinte forma: (i) xistos são rochas metamórficas que apresentam estrutura xistosa, uma orientação preferencial de minerais ou agregados minerais produzida por processos metamórficos; (ii) gnaisses são rochas metamórficas apresentando estrutura gnáissica, caracterizada como uma xistosidade pouco desenvolvida ou, se bem desenvolvida,

ocorre como zonas com espaçamento superior a um centímetro; e (iii) granofels são rochas metamórficas que têm ausência de xistosidade, sendo equigranulares ou inequigranulares.

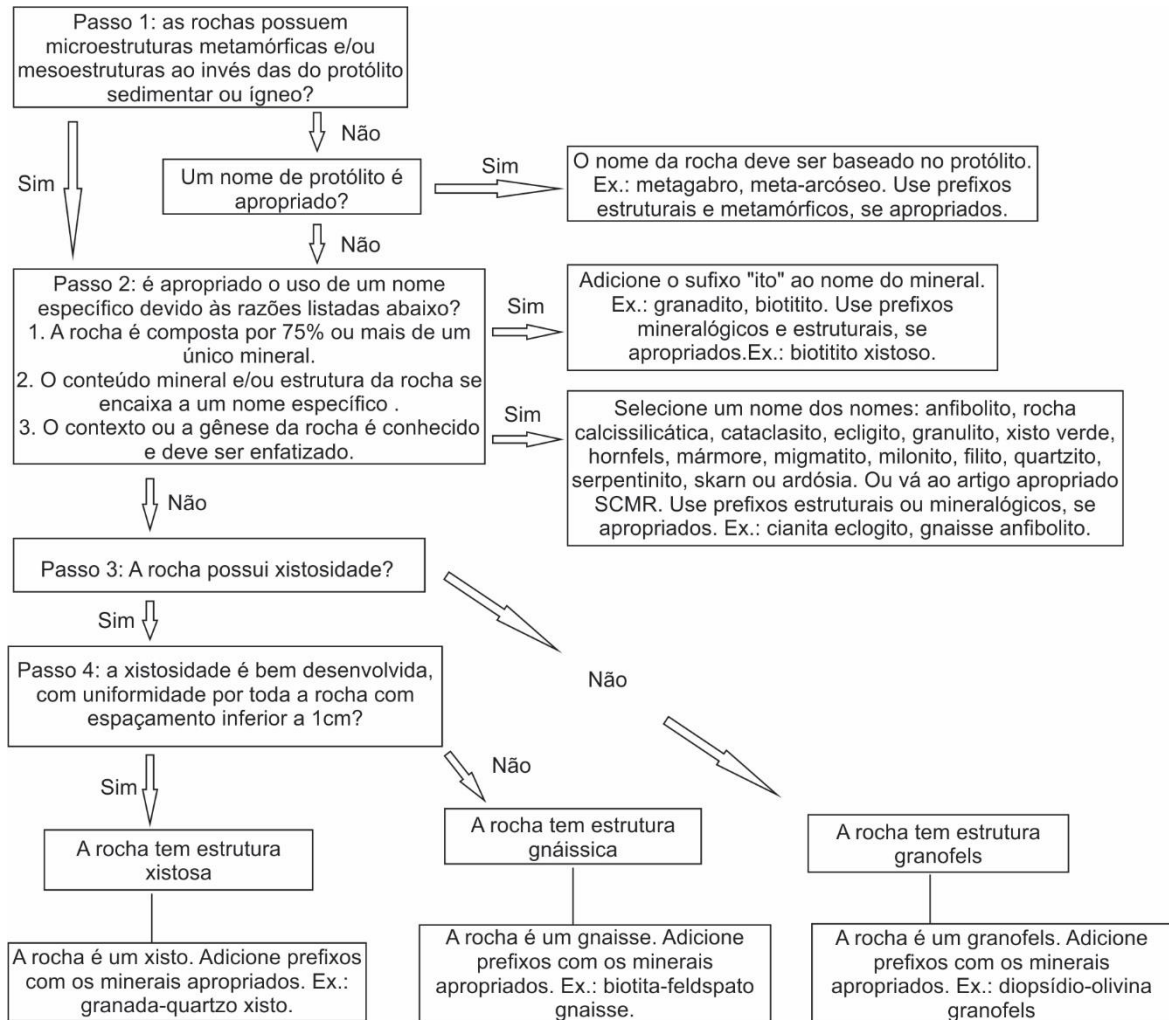


Figura 2.8: Sistemática para nomenclatura de rochas metamórficas. Fonte: Adaptado de Fettes & Desmons (2007).

Algumas rochas, no entanto, possuem nomes bem estabelecidos, os quais dispensam a classificação segundo o método SCMR, como anfibolitos e serpentinitos, para o caso específico de rochas metamáficas e metaultramáficas, respectivamente. Segundo Fettes & Desmons (2007), anfibolitos são rochas gnáissicas ou granofélsicas compostas por, majoritariamente, anfibólios e plagioclásios os quais, juntos, somam mais de 75% dos minerais presentes na rocha. Além disso, o anfibólio deve constituir mais de 50% dos minerais máficos e representar mais de 30% da moda da rocha. Por sua vez, serpentinitos são rochas metamórficas compostas por mais de 75%, em volume de minerais da rocha, de minerais do grupo da serpentina.

No referente ao uso de termos voltados a rochas ultramáficas contendo olivina, piroxênio e hornblenda, segundo Fettes & Desmons (2007), devido ao fato de estes minerais poderem ter se formado por processos tanto ígneos quanto metamórficos, estes autores

recomendam que seja utilizada a classificação baseada no conteúdo mineral segundo Le Maitre et al. (1989, 2002), sem qualquer conotação genética. Neste caso, Le Maitre et al. (1989, 2002) sugerem a classificação para rochas ultramáficas vista no tópico 2.1 deste capítulo. Alternativamente, nomes estruturais podem ser usados (ex.: olivina-piroxênio gnaisse, granada-piroxênio granofels ultramáfica). No caso do uso do sufixo “meta”, ele irá se referir ao protólitos e não indica qual o conteúdo presente na rocha analisada (Fettes & Desmons, 2002).

2.4 Técnicas químicas analíticas de identificação de minerais

2.4.1 Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

O MEV funciona a partir da incidência de um feixe de elétrons no mineral, sob condições de vácuo. Essa incidência promove a emissão de elétrons secundários, retroespalhados, *auger* e absorvidos, assim como de raios-X característicos e de catodoluminescência (Reed, 1996). Uma das finalidades do seu uso é a geração de imagens durante mapeamentos diversos. As imagens geradas representam, em tons de cinza, o mapeamento e a contagem de elétrons secundários (SE), que fornecem detalhes da superfície ionizada do mineral, e os retroespalhados (BSE), que fornecem as diferenças composicionais na região ionizada do mineral (Duarte et al. 2003).

A estrutura do equipamento (Fig. 2.9) conta com: (i) uma coluna óptico-eletrônica, visando a produção de um pequeno feixe de elétrons de alta intensidade, (ii) uma câmara de amostra, compartimento no qual as amostras são inseridas, (iii) uma fonte de geração do feixe, chamada de canhão eletrônico, a qual é composta, geralmente, por um filamento de tungstênio, um cátodo e um ânodo; (iv) seus detectores, que coletam o sinal emitido pelos diferentes tipos de interação entre o feixe e a amostra, detectando os elétrons secundários e os retroespalhados; e (v) seu sistema de vácuo, onde um conjunto de bombas opera de forma a gerar vácuos primário e secundário. Na maioria dos equipamentos, a fonte de elétrons é um filamento de tungstênio aquecido, operando numa faixa de tensão entre 01 e 50 kV, acelerado pela alta tensão criada entre o filamento e o ânodo. Em seguida, o resultado da interação deste feixe com a amostra é coletado por detectores adequados e convertido em sinais de vídeo (Dedavid et al. 2007).

A este equipamento pode ser acoplado um sistema EDS (*Energy Dispersive System*), que possibilita a determinação da composição qualitativa e semiquantitativa de amostras a partir da emissão de raios-X característicos (Duarte et al. 2003). Estes raios-X são gerados por colisões inelásticas de elétrons durante a varredura da amostra (Chen Li et al. 2015). Entre os resultados interessantes às Geociências, é listada a identificação de componentes e análise semiquantitativa para minerais, a análise variação na composição dentro do mesmo mineral em

uma direção e a confecção de mapas de distribuição de elementos na amostra; não sendo possível, no entanto, a identificação da fase mineral (Chen Li et al. 2015). Esse método foi usado nesta monografia na determinação da composição de anfibólios e plagioclásios.

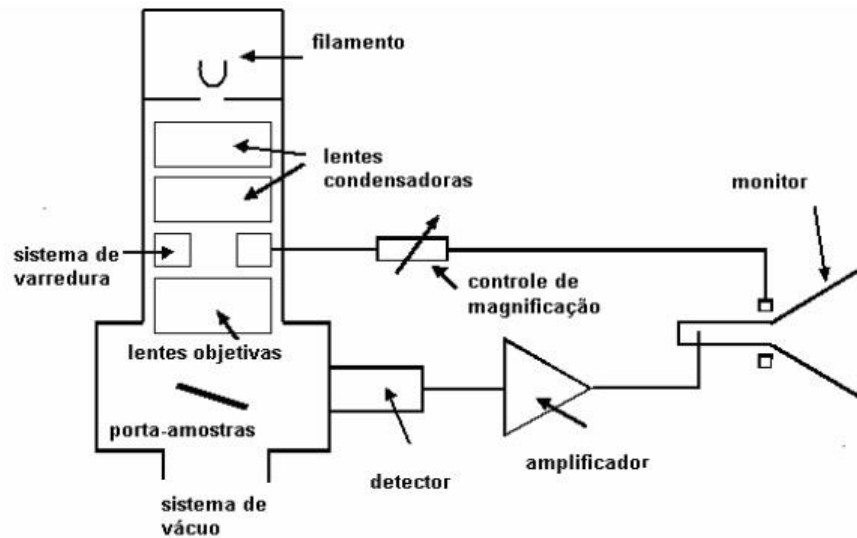


Figura 2.9: Esquema representativo de um Microscópio Eletrônico de Varredura. Fonte: Dedavid et al. (2007).

2.4.2 Difractometria de Raios X – DRX e o Método de Rietveld

Segundo Klein & Dutrow (2012), em um difratômetro (Fig. 2.10) os raios são gerados a partir de um recipiente específico chamado tubo/fonte de raios-X. Nele, uma corrente é induzida através de um filamento, geralmente de tungstênio, fazendo-o liberar elétrons. Esses elétrons são orientados dentro de um meio de alto vácuo, onde colidem com uma chapa de algum outro metal. A velocidade desses elétrons será suficiente para, na colisão com o alvo, ejetar elétrons das suas camadas mais internas. Quando ejetados, as lacunas deixadas pelos elétrons serão preenchidas por elétrons das camadas externas e estas transições acompanham a emissão de raios-X com energia específica. A refração elástica destes raios passa direto por espaços vazios presentes na estrutura cristalina até colidirem com outra parte maciça na estrutura, devido à organização de suas celas unitárias. Cada refração gera um “pico específico” para cada fase cristalina da estrutura.

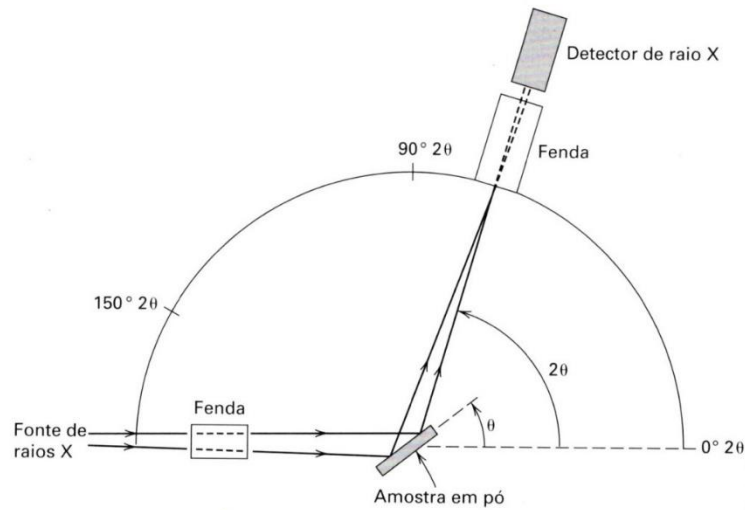


Figura 2.10: Esquema representativo de um difratômetro de raios X. Fonte: Klein & Dutrow (2012).

Os “picos específicos”, segundo a lei de Bragg ($n\lambda = 2d\sin\theta$, onde λ é o comprimento de onda da radiação emitida, n são seus múltiplos, d é a distância entre os átomos na cela unitária e θ , o ângulo do raio incidente com o plano horizontal), apresenta valores singulares ocorrentes devido à diferença dos caminhos percorridos por dois feixes distintos de elétrons, quando múltiplos de um comprimento de onda. Dentro da equação da lei de Bragg, o comprimento de onda é conhecido, θ pode ser medido a partir do difratograma. Sendo assim, “ d ” é o único valor não determinado, sendo o fator importante na identificação da estrutura cristalina analisada (Formoso, 1984). Segundo esse autor, para maior aplicabilidade deste método na identificação das fases cristalinas, deve-se realizar a pulverização de amostras em frações próximas a 200 *mesh* (0,073mm). Para a análise no difratograma, cada grânulo comporta-se como um cristal e, na amostragem, estes grânulos são tidos como infinitos cristais. Assim, satisfaz-se a equação de Bragg em diversas posições.

Bastante aplicado atualmente, o método de Rietveld permite a identificação e quantificação das fases minerais presentes na amostra. Este consiste em um encaixe matemático entre os padrões de difração obtidos e a referência de um padrão calculado a partir de um banco de dados existente (Paiva et al. 2019). Com a diferença entre estes valores, minimizadas pelo método dos mínimos quadrados, são fornecidos padrões de escala que fornecem valores de abundância relativa entre os componentes de cada fase (Brinatti et al. 2010). Esses métodos não foram usados nesta monografia.

CAPÍTULO 3

PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAIORES DAS ROCHAS METAMÁFICAS E METAULTRAMÁFICAS DO COMPLEXO SERRA DAS ÉGUAS – BRUMADO, BA

Eider Gargano Rangel^{1*}, Simone Cerqueira Pereira Cruz², Ângela Beatriz de Menezes Leal², Magno Mendonça Freire¹, Florivaldo Oliveira Sena³, Marcos Alberto Rodrigues Vasconcelos⁴, Mariana Nair Rosa Miranda¹

¹UFBA – Universidade Federal da Bahia – Salvador (BA), Brasil. E-mails: eider.gargano@gmail.com, magno_freire@hotmail.com, mari.rosamiranda@hotmail.com

²UFBA – Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Geologia – Salvador (BA), Brasil. E-mails: simonecruzufba@gmail.com, angelab@ufba.br, dcrios@ufba.br

³SERVIGEO – Consultoria em Geologia e Geofísica. E-mail: florivaldo.sena@gmail.com

⁴UFBA – Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Geofísica – Salvador (BA), Brasil E-mail: marcos.vasconcelos@ufba.br

*Autor correspondente

Resumo

O Complexo Serra das Éguas, que aflora na serra homônima, em Brumado – BA, integra o embasamento do Orógeno Araçuaí e da Paleoplaca Gavião, sendo dividido, estratigraficamente, em três unidades: (i) Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada, com componentes metavulcânicos de protólitos máficos e ultramáficos e rochas metassedimentares químicas e siliciclásticas; (ii) Unidade Carbonática, com rochas metassedimentares químicas, em especial mármore magnésitico portadores de talco, que intercalam-se principalmente com rochas metamáficas e subordinadamente com rochas metaultramáficas; e (iii) Unidade Siliciclástica com rochas metassedimentares terrígenas. Apesar de um considerável número de estudos na região, a grande maioria se volta aos mármore magnésiticos. Poucos abordam as rochas de protólitos máficos e ultramáficos. Em conjunto, essas rochas possuem espessuras que atingem dimensões decamétricas. Têm coloração entre verde escuro e preto e granulometria fina a afanítica. As metamáficas possuem xistosidade ou são isotrópicas e as microestruturas encontradas são: (i) nematoblástica; (ii) inequigranular; (iii) granoblástica; (iv) lepidoblástica; (v) porfiroclástica, núcleo-manto e milonítica; (vi) S/C/C' e caudas de grão simétricas; (vii) porfiroblástica; (viii) poiquiloblástica; (ix) de reação; e (x) ígnea reliquiar, tendo como

principais minerais pertencentes ao subgrupo das hornblendas e à série da grunerita-cummingtonita. Subordinadamente, tem-se quartzo, plagioclásio e biotita, magnetita, hematita, calcopirita, clorita, epídoto, titanita e zircão. Calcita e calcopirita ocorrem em veios. Para as rochas metaultramáficas, ocorrem as microestruturas: (i) decussada; (ii) poiquiloblástica; (iii) inequigranular; (iv) granoblástica; e (v) ígnea reliquiar, sendo constituídas por antofilita e hornblenda, com plagioclásio, talco e quartzo subordinados. Quimicamente, os protólitos dessas rochas foram classificadas como basaltos komatiíticos e toleíticos de alto-Fe e Mg, sendo toleíticos, subalcalinos, de médio e baixo potássio e com composição variando entre basalto e basalto andesítico. Alguns picritos foram identificados. Em diagramas binários de variação elementar, observa-se dois trends distintos que coincidem com os grupos de rochas classificados como basaltos komatiíticos e toleíticos. A presença de basaltos toleíticos, principalmente na Unidade Carbonática, sugere que esse magmatismo é mais tardio. Regionalmente, os komatiitos e os basaltos komatiíticos formam três *trends* que são bordejados por basaltos toleíticos.

PALAVRAS-CHAVE: *Complexo Serra das Éguas; basaltos komatiíticos; basaltos toleíticos.*

Abstract

The Serra das Éguas Complex, which outcrops in the homonym mountain range, in Brumado – BA, integrates the basement of the Araçuaí Orogen and of the Gavião Paleoplate, being stratigraphically divided into three units: (i) Volcanochemistry Unit with Subordinate Siliciclastic Rocks, with metavolcanic components of mafic and ultramafic protoliths and chemical metasedimentary rocks; (ii) Carbonatic Unit, with chemical metasedimentary rocks, in particular talc-bearing magnesitic marbles, which intersect with metamafic and metaultramafic rocks; and (iii), Siliciclastic Unit, with terrigenous metasedimentary rocks. Despite a considerable number of studies, the vast majority turn to the magnesitic marbles. There are few who approach the rocks with ultramafic and mafic protoliths. Together, these rocks reach decametric dimensions., with dark green to black coloration and fine to aphanitic grain size. The metamafic rocks have schistosity or are isotropic. The microstructures found are: nematoblastic; (ii) inequigranular; (iii) polygonal granoblastic; (iv) lepidoblastic; (v) porphyroclastic, core-mantle and milonitic; (vi) S/C/C' and symmetrical grain tails; (vii) porphyroblastic; (viii) poikiloblastic; (ix) reaction; and (x) igneous relic. The main minerals found in these rocks are from the hornblende group, grunerite-cummingtonite series, quartz, plagioclase and biotite. Magnetite, hematite, chlorite, epidote, titanite and zircon integrate de mineralogy. Calcite and chalcopyrite occur in veins. For metaultramafic rocks, the

microstructures that occur are: (i) decussed; (ii) poikiloblastic; (iii) inequigranular; and (iv) igneous relic. The minerals are antophyllite, hornblende, grunerite-cumingtonite, plagioclase, talc and quartz in these rocks. Chemically, these rocks protoliths were classified as komatiitic basalts and high-Fe and Mg tholeiitic basalts. As well these rocks are tholeiitic, subalkaline with medium and low potassium and range from basalt to andesitic basalt. In binary diagrams of elemental variation, two distinct trends are observed, that coincide with the groups of rocks classified as komatiitic and tholeiitic basalts. These two trends are highlighted when integrating the data obtained in this work with those in the literature. The komatiites obtained by other authors align with the komatiitic basalts. The stratigraphic distribution of these two magmatism in the Serra das Éguas Complex, that is, the presence of komatiitic basalts mainly in the Volcanochemistry Unit and of the tholeiitic basalts in the Carbonatic Unit, suggests that komatiitic basalts are older. Regionally, komatiites and komatiitic basalts form three trends that are bordered by tholeiitic basalts.

KEYWORDS: *Serra das Éguas Complex; komatiitic basalts; tholeiitic basalts.*

1 INTRODUÇÃO

O Complexo Serra das Éguas (Pinho et al. 2013) representa uma das unidades do embasamento do setor intracontinental do Orógeno Araçuaí (Borges et al. 2015, Cruz et al. 2015) (Figs. 1, 2) e compreende rochas metamáficas e metaultramáficas, rochas metassedimentares químicas e siliciclásticas (metacarbonatos, quartzitos brancos e verdes, quartzitos ferruginosos e formações ferríferas bandadas metamorfizadas), contendo expressivos volumes de mármore magnésíticos que são economicamente explorados (Cruz et al. 2019, no prelo). Com relação aos estudos realizados nas rochas desse complexo, pode-se destacar Bodenlos (1954), Lima (1986), Almeida (1989), Oliveira et al. (1997), Cunha et al. (2012), Teixeira (2012), Pinho et al. (2013).

As rochas metamáficas e metaultramáficas do complexo intercalam-se com formações ferríferas bandadas metamorfizadas, mármore dolomíticos e magnésíticos, quartzitos ferruginosos, talco xistos e filitos grafitosos. A espessura e a continuidade dessas rochas variam amplamente. Apesar dos estudos realizados nesse complexo, ainda são escassas as informações de detalhe sobre essas rochas, uma vez que os principais focos foram o seu empilhamento estratigráfico e os estudos dos mármore magnésíticos. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados dos estudos petrográficos e geoquímicos para elementos maiores, realizados com foco nas rochas metamáficas e metaultramáficas do Complexo Serra das Éguas, visando contribuir para o entendimento da constituição e da sua evolução geológica.

2 GEOLOGIA REGIONAL

No setor setentrional do Orógeno Araçuaí (Figs. 1, 2) podem ser encontrados metagranitoides paleo, meso e neoarqueanos, *greenstone belts*, sequências metavulcanossedimentares neoarqueanas, granitoides siderianos-riacianos-orosirianos, sequências metavulcanossedimentares riacianas a tonianas e diques máficos. Os metagranitoides paleoarqueanos possuem composição entre tonalítica, trondhjémítica e granodiorítica, com idades variando entre 3.403 ± 5 Ma (U-Pb, SHRIMP, zircão; Nutman & Cordani 1993) e 3.259 ± 5 Ga (Pb-Pb, TIMS, zircão; Santos-Pinto et al. 1998). Quimicamente, são classificados como da série trondhjémítica e calcialcalina de alto potássio, sendo metaluminosos ou peraluminosos (Barbosa et al. 2012). Uma idade de 3.648 ± 69 Ma foi reinterpretada por Barbosa et al. (2013) a partir dos dados de Rosa (1999).

Os metagranitoides mesoarqueanos possuem composição entre tonalítica, trondhjémítica, granodiorítica e monzogranítica (Barbosa et al. 2012 e referências citadas). Segundo esses autores, essas rochas variam entre as séries calcialcalina de intermediário potássio, predominante, a alcalina. As idades U-Pb (LA-ICPMS, zircão) obtidas por Medeiros et al. (2017) variam entre 3.136 ± 8 e 3.091 ± 24 Ma. Por sua vez, os dados isotópicos para rochas dessa idade, obtidos por Barbosa et al. (2013), indicam a idades modelos entre 3,3 e 3,1 Ga e ϵ_{Nd} entre -4,7 e +0,3, sugerindo alguma contribuição crustal na formação dessas rochas.

Como representantes dos metagranitoides neoarqueanos da Suíte Intrusiva Caraguataí (Cruz et al. 2012) têm-se rochas com idades entre 2.696 ± 5 Ma (U-Pb, LA-ICPMS, zircão; Cruz et al. 2012) e 2.524 ± 14 Ma (Pb-Pb, TIMS, Santos-Pinto et al. 1998). Suas composições variam entre álcali-feldspato granitos, álcali-feldspato sienitos e sienitos. Representam um evento de magmatismo intraplaca continental do tipo A, com natureza subalcalina a alcalina, do tipo A2 com forte contaminação crustal (Cruz et al. 2012). Por sua vez, Teixeira (2012) interpretou essa suíte como sendo ferrosa, álcali-cálcica, calcialcalina e metaluminosa. associada a um ambiente pós colisional tardio a rifte.

Os *greenstone belts* são representados por metakomatiítos com textura *spinifex* e horizonte fragmentar preservados, com termos cumuláticos (piroxenitos, peridotitos, metadunitos serpentinizados e/ou cloritizados), metabasaltos toleióticos e komatióuticos. Rochas xistificadas (tremolititos, actinolititos), rochas calcissilicáticas, formações ferríferas bandadas metamorfizadas, mármore, quartzitos, metaconglomerados e xistos aluminosos integram esse conjunto (Cunha et al. 2012; Pinho et al. 2013; Menezes Leal et al. 2015; Paim 2017; Cruz et al. 2017). Uma idade de 3.186 ± 30 Ma (U-Pb, SHRIMP) foi obtida em rocha metavulcânica

félsica intercalada com rochas metavulcânicas máficas e ultramáficas por Menezes-Leal et al. (2018) na região de Umburanas.

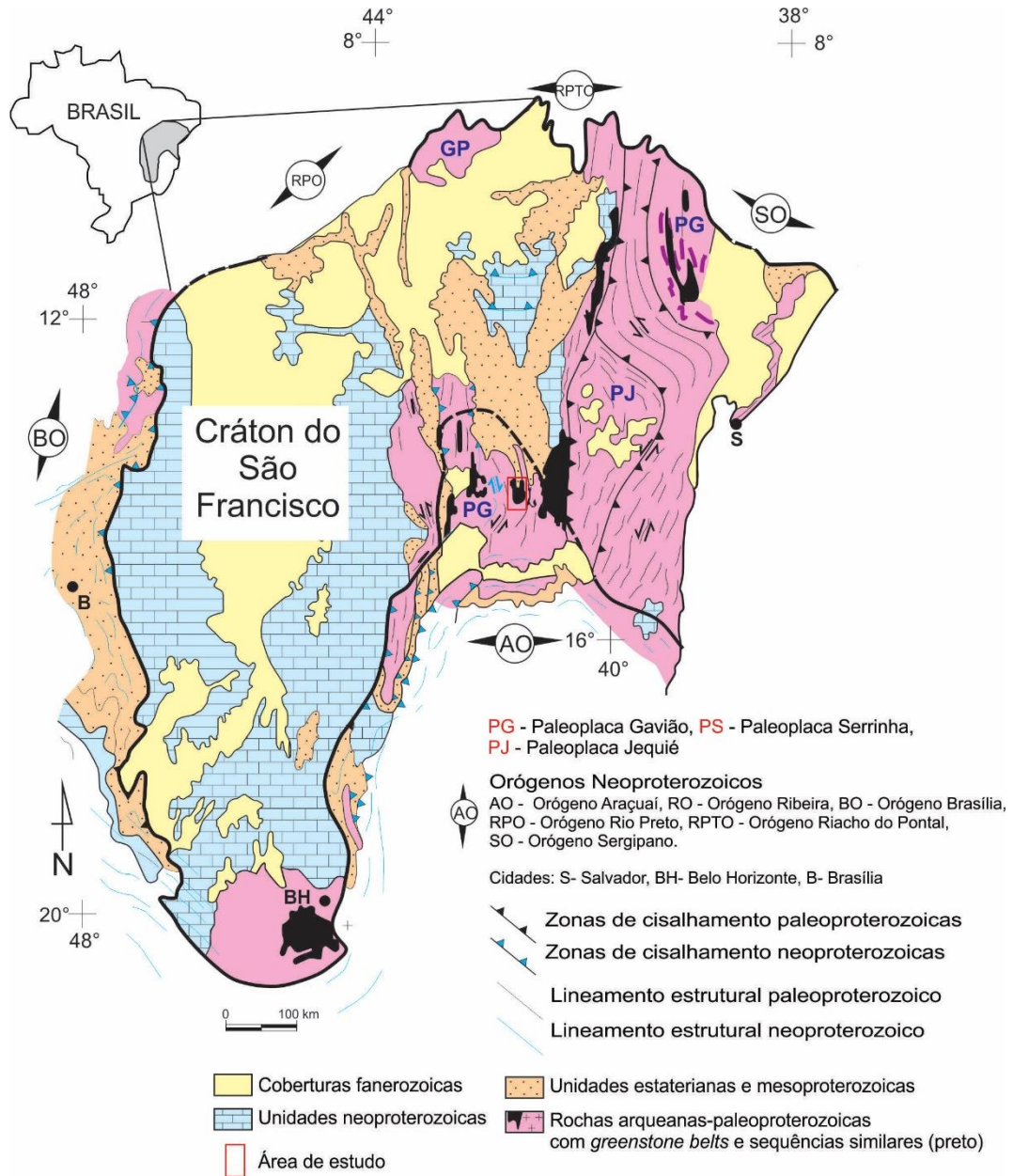


Figura 1: Mapa geológico esquemático dos compartimentos do Crátão do São Francisco e do setor norte do Orógeno Araçuai (AO). Adaptado de Cruz et al. (2016).

Como representantes das seqüências metavulcanossedimentares neoarqueanas, tem-se metavulcânicas ácidas descritas por Bastos-Leal et al. (2003) com idade de 2.744 ± 15 Ma ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, TIMS, zircão) e por Vitoria (2018), com idade de 2.550 ± 2 Ma (U-Pb, LA-ICP-MS, zircão). As rochas estudadas por Vitoria (2018) são calcialcalinas e de ambiente de arco magmático. As idades-modelo para essas rochas varia entre 3,3-3,04 e 3,07-3,0 Ga,

respectivamente (Bastos-Leal et al. 2003, Vitoria 2018). Por sua vez, segundo esses autores, os dados de ϵ_{Nd} variaram entre +1.5 - -4.1 e -5.84 - -5.06, respectivamente.

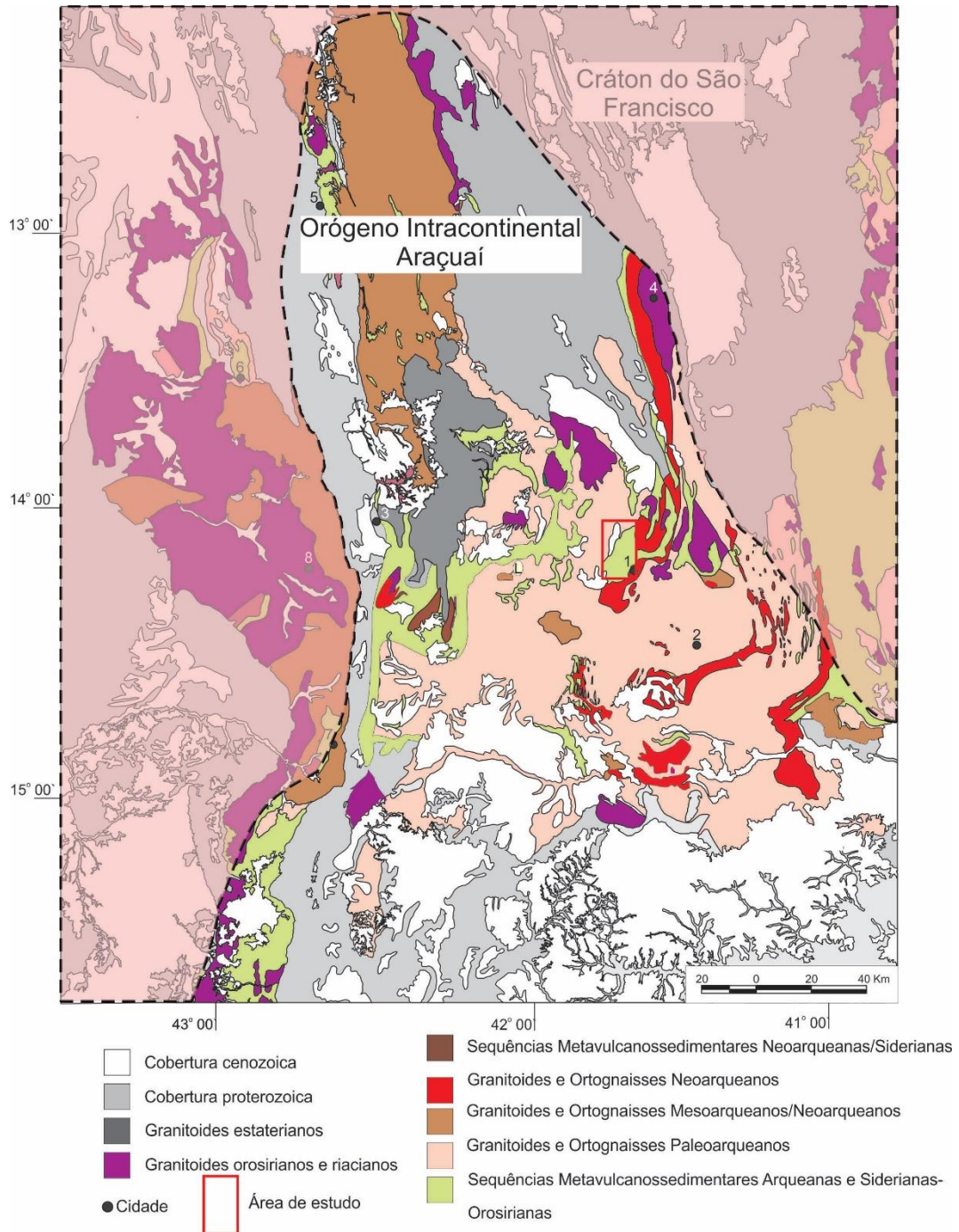


Figura 2: Mapa geológico simplificado da região ocidental do setor intracontinental do Orógeno Araçuaí com a localização da área de estudo. Modificado de Vitória (2018). Cidades: 1- Brumado, 2- Aracatu, 3- Caetité, 4- Jussiape, 5- Boquira, 6- Riacho de Santana, 7- Urandi.

Os granitoides siderianos-riacianos-orosirianos estão associados ao desenvolvimento do Orógeno do Oeste da Bahia (Cruz et al. 2016 e referencias citadas), podendo ser classificados como pré colisionais e pós colisionais. Segundo esses autores, os granitoides pré colisionais compreendem corpos deformados, com predominância de granodioritos e idades de cristalização entre 2.324 ± 6 e 2.091 ± 6.6 Ma. A sua geração estaria relacionada com a evolução de um arco magmático instalado pela subducção de uma crosta oceânica em direção a oeste. Quimicamente, variam entre cálcicos a calcialcalinos, com baixo a médio K. Os granitoides pós colisionais possuem idades de cristalização entre 2.066 ± 37 e 1.852 ± 50 Ma, com composições entre sienitos, monzonitos, monzogranitos, sienogranitos, granodioritos e monzogranitos.

As supracrustais siderianas-orosirianas são representadas pela Sequência Metavulcanossedimentar Rio São João (Cruz et al. 2017), que compreende mármores magnésíticos, metacarbonatos diversos, xistos aluminosos, metagrauvacas, itabiritos, quartzitos e rochas metamáficas. A idade de 2.280 ± 46 Ma, em zircão detrítico (U-Pb, LA-ICP-MS), foi obtida por Cruz et al. (2017). Vitória (2018) interpretou um ambiente intra-arco magmático para a deposição dessas rochas.

As rochas supracrustais proterozoicas associadas com a evolução do Aulacógeno do Paramirim (entre 1,77 e 0,67 Ga; Danderfer Filho et al. 2015, Santana 2016) integram o cenário regional, sendo representadas pelos supergrupos Espinhaço e São Francisco. O Supergrupo Espinhaço compreende, essencialmente, rochas terrígenas com metavulcânicas ácidas subordinadas. A idade de deposição varia entre 1.775 ± 26 Ma (Danderfer Filho et al. 2015) a 890 ± 13 Ma (Guadagnin et al. 2015). Os ambientes deposicionais variam, principalmente, entre fluviais, aluviais, lacustres e eólicos (Dandfer Filho & Dardenne, 2002; Loureiro et al. 2010; Guimarães et al. 2012, Cruz & Alkmim, 2017). O Supergrupo São Francisco compreende rochas siliciclásticas na base (metaconglomerados, metarenitos e metadiamicctitos) que são recobertas por unidades predominantemente carbonáticas (Guimarães et al. 2012, Figueiredo et al. 2013). Para as unidades siliciclásticas, Figueiredo et al. (2013) e Bittencourt et al. (2018) obtiveram idade máxima de ca. 0,85 Ga. Intercaladas com rochas carbonáticas do topo, rochas metavulcânicas de idade em 670 Ma foi obtida por Santana (2016).

Diques e sills máficos ocorrem com idades calamianas e tonianas. O primeiro conjunto tem idade U-Pb (LA-ICPMS e SHRIMP, zircão) variando entre 1.514 ± 22 Ma (Babinski et al. 1999) e 1.492 ± 16 Ma (Loureiro et al. 2010). O segundo tem idades U-Pb entre 934 ± 14 Ma (LA-ICPMS, zircão) e 854 ± 23 Ma (SHRIMP, zircão) (Loureiro et al. 2010; Danderfer et al. 2009, respectivamente). A química de ambos indica um padrão toleítico com indícios de

contaminação crustal e relacionadas com ambiente intraplaca (Teixeira, 2008, Menezes-Leal et al. 2012 e referencias citadas).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras coletas em afloramentos e em furos de sonda (Fig. 3, apêndice A) foram submetidas à estudos diversos. Os estudos petrográficos foram realizados em 19 seções delgadas e polidas (luz plana polarizada transmitida e refletida) no Laboratório de Petrografia do Instituto de Geociências – IGEO/UFBA, utilizando microscópio ótico Olympus BX41. A nomenclatura das rochas seguiu Fettes & Desmons (2007).

As análises geoquímicas de elementos maiores em rocha total foram obtidas na ALS Global. As amostras foram pulverizadas a partir de uma alíquota de, aproximadamente, 250g obtendo uma granulometria de, no mínimo, 85% de 75 microns. As análises foram realizadas por fusão com metaborato ou tetraborato de lítio seguido pela dissolução do material fundido e analisado por ICP-AES. A determinação dos elementos traços ocorreu por fusão com borato de lítio e determinação por ICP-MS. Os resultados estão apresentados no (Apêndices B e C).

A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi realizada no Laboratório de Caracterização de Materiais do Instituto Federal da Bahia - IFBA visando a determinação dos óxidos de elementos maiores e obtenção da fórmula estrutural de anfibólios e plagioclásios em 5 seções polido-delgadas. A metalização foi feita com ouro no equipamento Quorum Q150R ES. As análises foram realizadas em equipamento da marca Tescan, modelo Vega 3 LMU com EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) e utilizando-se do software AZTec. As amostras analisadas são de rochas metamáficas das Unidades Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada e Carbonática.

Para o anfibólio, os dados foram tratados a partir dos critérios de classificação de Hawthorne et al. (2012) e a classificação e fórmula estrutural dos anfibólios foi obtida a partir das planilhas de Locock (2014) e calculados para 23 oxigênios (Apêndice D). Para os plagioclásios, a classificação se baseou nas tabelas de Brady & Perkins (2019), calculados para 8 oxigênios (Apêndice E).

4 O COMPLEXO SERRA DAS ÉGUAS

Alguns modelos de empilhamento estratigráfico já foram propostos neste complexo (Lima, 1986; Almeida, 1989; Oliveira et al. 1997; Cunha et al. 2012; Pinho et al. 2013) (Tabela 1). As diferenças entre os modelos estão relacionadas, principalmente, com os tipos de litologia e sua distribuição. A proposta de empilhamento estratigráfico mais recente de Pinho et al. (2013) conserva e refina a proposta de Oliveira et al. (1997), subdividindo esse complexo em:

(i) unidade inferior, com mármore dolomíticos, tremolíticos, xistos, formações ferríferas bandadas, metabasaltos komatiíticos e intercalações tectônicas de biotita gnaiss; (ii) unidade média, com mármore magnésíticos, silexíticos ferruginosos, maciços e brechados e rochas calcissilicáticas; e (iii) unidade superior, com quartzitos impuros e formações ferríferas bandadas metamorfizadas, de fácies óxido e silicática. A principal diferença entre as duas propostas envolve a inserção das formações ferríferas na unidade inferior, o maior detalhamento dos tipos de mármore presentes na região para a unidade intermediária e a exclusão dos actinolíticos e dolomita quartzitos da unidade superior.

As rochas mais estudadas do Complexo Serra das Éguas são os mármore magnésíticos, devido à sua importância econômica. Atualmente, essas rochas são lavradas nas duas minas denominadas Pomba e Pedra Preta (Fig. 3). Os dados até o momento obtidos por Almeida (1989), Oliveira et al. (1997) e Dardenne & Schobbenhaus (2001) permitem interpretar um ambiente deposicional de água rasa, marinho a marinho restrito, não hipersalinos. Almeida (1989) classificou o depósito de magnesita de serra das Éguas como do tipo Veitsch (*Sensu* Pohl & Siegl, 1986).

Recentemente, Cruz et al. (2019) subdividiram o Complexo Serra das Éguas nas unidades: (i) vulcanoquímica com siliciclástica subordinada, com quartzitos verdes bandados a maciços, formações ferríferas bandadas metamorfizadas, rochas metaultramáficas e metamáficas, quartzitos ferruginosos e quartzitos brancos com lentes subordinadas de quartzito com granada; (ii) carbonática, com mármore dolomíticos brancos, mármore magnésíticos vermelhos e mármore magnésíticos brancos; e (iii) siliciclástica, com muscovita-biotita-quartzito xistos com cianita (Tabela 1). As idades obtidas por esses autores sugerem que esse complexo tem idade máxima neoarquena.

As unidades do Complexo Serra das Éguas estão estruturadas segundo uma braquissinclinal com *trend* NE-SW (Oliveira et al. 1997). De acordo com Paim et al. (2018), o arcabouço estrutural principal do complexo conta com: (i) uma xistosidade paralelamente desenvolvida ao bandamento composicional e uma lineação de estiramento; (ii) um sistema de dobras de *trend* NE-SW, representado pelas sinforme e antiforme da Serra das Éguas, caracterizando; (iii) um sistema transcorrente a transpressional sinistral com *trend* NE-SW, responsável pelo desenvolvimento de uma lasca tectônica do embasamento nas rochas metassedimentares; (iv) um sistema transpressional dextral, que trunca as dobras; e (v) um sistema distensional frontal a distensional sinistral, que orienta-se transversalmente ao *trend* NE-SW.

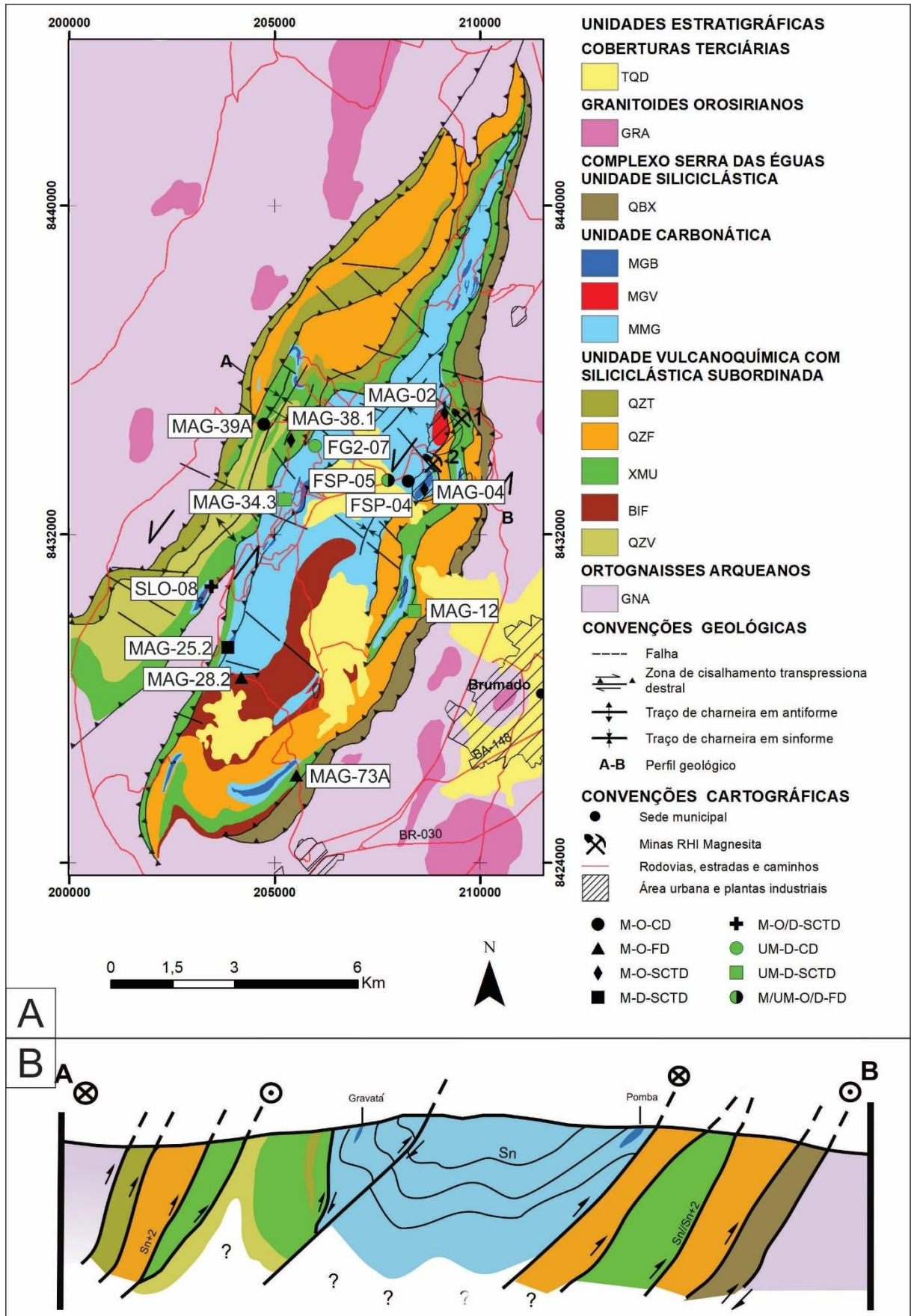


Figura 3: A) Mapa geológico simplificado da serra das Éguas. Adaptado de Paim et al. (2018). 1 – Mina de Pedra Preta; 2 – Mina de Pomba; TQD – Cobertura detrito-laterítica; GRA – Suíte Fazenda Corcunda – Granito à biotita

cinza e granito rosado, fino, foliado; QBX – Muscovita-biotita-quartzo xistos com cianita; MGB – Mármore magnésítico branco tipo Pomba, Pirajá, Fábrica, Cabeceiras, Cordeiro-Tamboril, Morro do Sobrado, São Lourenço e Coité com níveis subordinados de rochas metaultramáfica e metamáfica e talco xisto; MGV – Mármore magnésítico vermelho tipos Pedra Preta e Pedra de Ferro com níveis subordinados de rochas metaultramáfica, metamáfica, anfibólio-clorita mármore e talco xisto; MMG – Mármore dolomítico indiferenciado com níveis subordinados de mármore magnésítico com proporções variáveis de anfibólio e clorita, rocha metaultramáfica, metamáfica e talco xisto; QZT – Quartzito brancos com lentes subordinadas de quartzito com granada; QZF – Quartzito ferruginoso e lentes subordinadas de quartzito branco e de formação ferrífera bandada metamorfizada; XMU – Rochas metamáfica e metaultramáfica com níveis subordinados de quartzits ferruginoso, mármore magnésítico e dolomíticos branco com proporções variadas de anfibólio, clorita, talco xistos e filito grafitoso; BIF – Formação ferrífera bandada metamorfizada com intercalações subordinadas de rochas metaultramáfica e metamáfica; QZV – Quartzito verde nas variações bandada e maciça; GNA – Ortognaisses migmatíticos meso a ultramiloníticos Gavião e augen gnaiss meso a ultramiloníticos Caraguataí indiscriminados. M-O-CD – Rocha metamáfica orientada em charneira de dobra; M-O-FD - Rocha metamáfica orientada em flanco de dobra; M-O-SCTD – Rocha metamáfica orientada em sistema de cisalhamento transpressional destal; M-D-SCTD – Rocha metamáfica decussadas em sistema de cisalhamento transpressional destal; M-O/D-SCTD – Furos de sondagem contendo rochas metamáficas orientadas e decussadas em sistema de cisalhamento transpressional destal; UM-D-CD – Rocha metaultramáfica decussada em charneira de dobras; UM-D-SCTD – Rocha metaultramáfica decussada em sistema de cisalhamento transpressional destal; M/UM-O/D-FD – Furos de sondagem contendo rochas metamáfica e metaultramáfica orientadas e decussadas em flanco de dobras. B) Seção geológica adaptada de Paim et al. (2018).

Tabela 1: Modelos propostos para explicar o empilhamento estratigráfico das unidades que afloram na serra das Éguas.

Autores	Denominação	Correlação		
		Unidade inferior	Unidade intermediária	Unidade superior
Lima (1986)	Complexo Brumado-Urandi	Unidade vulcano-química-clástica - Rochas metabásicas, metaultrabásicas com intercalações de mármores calci-dolomíticos e magnesíferos, formações ferríferas bandadas metamorizadas, quartzitos esverdeados e amarelados, raras intercalações de xistos granadíferos e cherts. Biotita-hornblenda-gnaisses com transições para metavulcânicas intermediárias e gnaisses porfiroblásticos, intercalações de enclaves e diques anfibolíticos e meta-ultrabásicas diferenciadas		Unidade clástica - Quartzitos róseos, acinzentados, finos a médios, submaturados
Almeida (1989)	Complexo de Brumado	Indiferenciado - Gnaisses, quartzitos, filitos, xistos, mármores, itabiritos, anfibolitos, rochas calcissilicáticas, metavulcânicas ácidas a intermediárias, metabasitos e formações ferríferas bandadas	Grupo Serra das Éguas - Dolomitos, xistos calcissilicáticos, formações ferríferas bandadas, anfibolitos; dolomitos, lentes de magnesita e quartzito, rochas calcissilicáticas, anfibolitos e talco	Grupo Serra das Éguas - Quartzitos finos, brancos, cinza aço; quartzitos ferruginosos escuros; quartzitos ferruginosos, itabiritos, xistos
Oliveira et al. (1997)	Grupo Serra das Éguas	Actinolititos e actinolita-mármore, mármores dolomíticos e dolomita-quartzitos; actinolititos; silexitos ferruginosos; mármores dolomíticos; tremolita-actinolita mármores e silexitos ferruginosos	Talco-clorita xistos; mármores magnésíticos e rochas calcissilicáticas; actinolititos; quartzitos e dolomita-quartzitos	Actinolititos; dolomita quartzitos; quartzitos; quartzitos ferruginosos; itabiritos e quartzitos ferruginosos
Cunha et al. (2012)	Greenstone Belt Brumado	Sequência inferior - Rochas metavulcânicas ultramáficas de afinidade komatiítica e metavulcânicas máficas toleíticas, com intercalações de sedimentos químicos e terrígenos	Sequência média - Rochas xistosas félsicas ricas em biotita e granada; rochas calcissilicáticas	Sequência superior - Rochas metassedimentares predominantemente carbonáticas, quartzitos e formações ferríferas

Pinho et al. (2013)	Complexo Serra das Éguas	Mármore dolomítico cinza esbranquiçado, por vezes, com tremolita-actinolita. Tremolitito, tremolita-actinolita xisto, tremolita-actinolita mármore, formação ferrífera e metabasalto komatiítico. Intercalações tectônicas de biotita gnaïsse.	Mármore magnésítico compacto e brechado, branco, bege, amarelo, castanho e vinho, por vezes, com lente de quartzo, talco xisto e tremolita-actinolita-talco xisto. Silexito ferruginoso escuro com opala, calcedônia e quartzo hialino, criptocristalino e microcristalino. Silexito maciço de cor amarela a castalho. Óxidos de ferro e manganês brechados. Calcissilicática com tremolita e epidoto, lentes de tremolita-actinolita mármore e quartzitos impuros.	Quartzitos impuros cinza-claros, róseo acinzentados e avermelhados, com tremolita, epidoto, mica branca como acessórios e cianita em zonas de cisalhamento. Formação ferrífera bandada de cor cinza-escuro amarronzada em fácies óxido, com magnetita e silicática, com grunerita.
Cruz et al. (2019)	Complexo Serra das Éguas	<p>Unidade siliciclástica (Superior, não correlacionada com nenhuma unidade anterior) – Muscovita-biotita-quartzo xistos com cianita</p> <p>Unidade carbonáticas (Intermediária, correlacionada com a unidade intermediária de Oliveira et al. (1997) – Mármore magnésítico branco tipo Pomba, Pirajá, Fábrica, Cabeceiras, Cordeiro-Tamboril, Morro do Sobrado, São Lourenço e Coité com níveis subordinados de rochas metaultramáfica e metamáfica e talco xisto; Mármore magnésítico vermelho tipos Pedra Preta e Pedra de Ferro com níveis subordinados de rochas metaultramáfica, metamáfica, anfibólio-clorita mármore e talco xisto; Mármore dolomítico indiferenciado com níveis subordinados de mármore magnésítico com proporções variáveis de anfibólio e clorita, rochas metaultramáficas, metamáfica e talco xisto</p> <p>Unidade vulcanoquímica com siliciclástica subordinada (Inferior, correlacionada com as unidades superior e inferior de Oliveira et al. (1997) - Quartzito branco com lentes subordinadas de quartzito com granada; Quartzito ferruginoso e lentes subordinada de quartzito brancos e de formação ferrífera bandada metamorfizada; Rochas metamáfica e metaultramáfica com níveis subordinados de quartzito ferruginoso, mármores magnésíticos e dolomíticos brancos com proporções variadas de anfibólio, clorita, talco xistos e filito grafitoso; Formação ferrífera bandada metamorfizada com intercalações subordinadas de rochas metaultramáfica e metamáfica; Quartzito verde nas variações bandada e maciça.</p>		

5 RESULTADOS

5.1 Aspectos macroscópicos

No Complexo Serra das Éguas, as rochas metamáficas são predominantes sobre as metaultramáficas e ambas ocorrem nas unidades Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada e Carbonática de Paim et al. (2018) (Fig. 3, tabela 1). Os afloramentos apresentam graus variados de alteração intempérica, podendo ser encontrados alguns mais bem preservados em relação a outros. Os corpos são alongados segundo *trend* NE-SW, boudinados e concordantes com o bandamento composicional do Complexo Serra das Éguas. Em afloramento, suas dimensões variam amplamente. Na Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada (Figs. 4A-D), as rochas metamáficas ocorrem intercaladas com níveis subordinados de quartzitos ferruginosos, mármore magnésíticos e dolomíticos brancos, talco xistos e filitos grafitosos, bem como com formações ferríferas bandadas metamorizadas (Fig. 3). Na Unidade Carbonática, essas rochas ocorrem intercaladas com mármore magnésíticos e dolomíticos (Figs. 5A-D). As amostras de rochas metaultramáficas (Figs. 5E-F) obtidas neste estudo estão situadas nas Unidades Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada e Carbonática.

A coloração das rochas metamáficas e metaultramáficas varia entre verde escuro e preto. Predominantemente, as rochas são faneríticas finas a afaníticas e anisotrópicas. A xistosidade está paralelamente posicionada ao bandamento composicional do complexo, marcada pela orientação preferencial de anfibólio e, localmente, de biotita. Subordinadamente, podem ocorrer isotrópicas, com grãos de anfibólio dispostos radialmente. As rochas que possuem xistosidade localizam-se nas subunidades XMU, BIF, MMG, MGB e MGV (Fig. 3). Por sua vez, as que são isotrópicas foram encontradas nas subunidades MMG e XMU (Fig. 3). Em escala mesoscópica, um bandamento composicional pela variação no conteúdo de plagioclásio pode ser encontrado nas rochas metamáficas. A espessura dessas bandas varia de 0,1 a 0,3 mm e estão distribuídas paralelamente à xistosidade das rochas e ao bandamento do complexo.

Veios de quartzo em sistemas paralelos, ou de calcita ou calcopirita em arranjo *stockwork*, truncam essas rochas. Zonas mais ricas em biotita e talco podem ser encontrados em domínios de alteração hidrotermal.



Figura 4: Rochas metamáficas aflorantes na Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada. (A) e (B) Ponto MAG-73, coordenada UTM 205534/8426119. (C) e (D) Ponto MAG-38 coordenada UTM 205401/8434284; a rocha metamáfica está intercalada com filitos. Datum horizontal SAD69 Zona 24S.

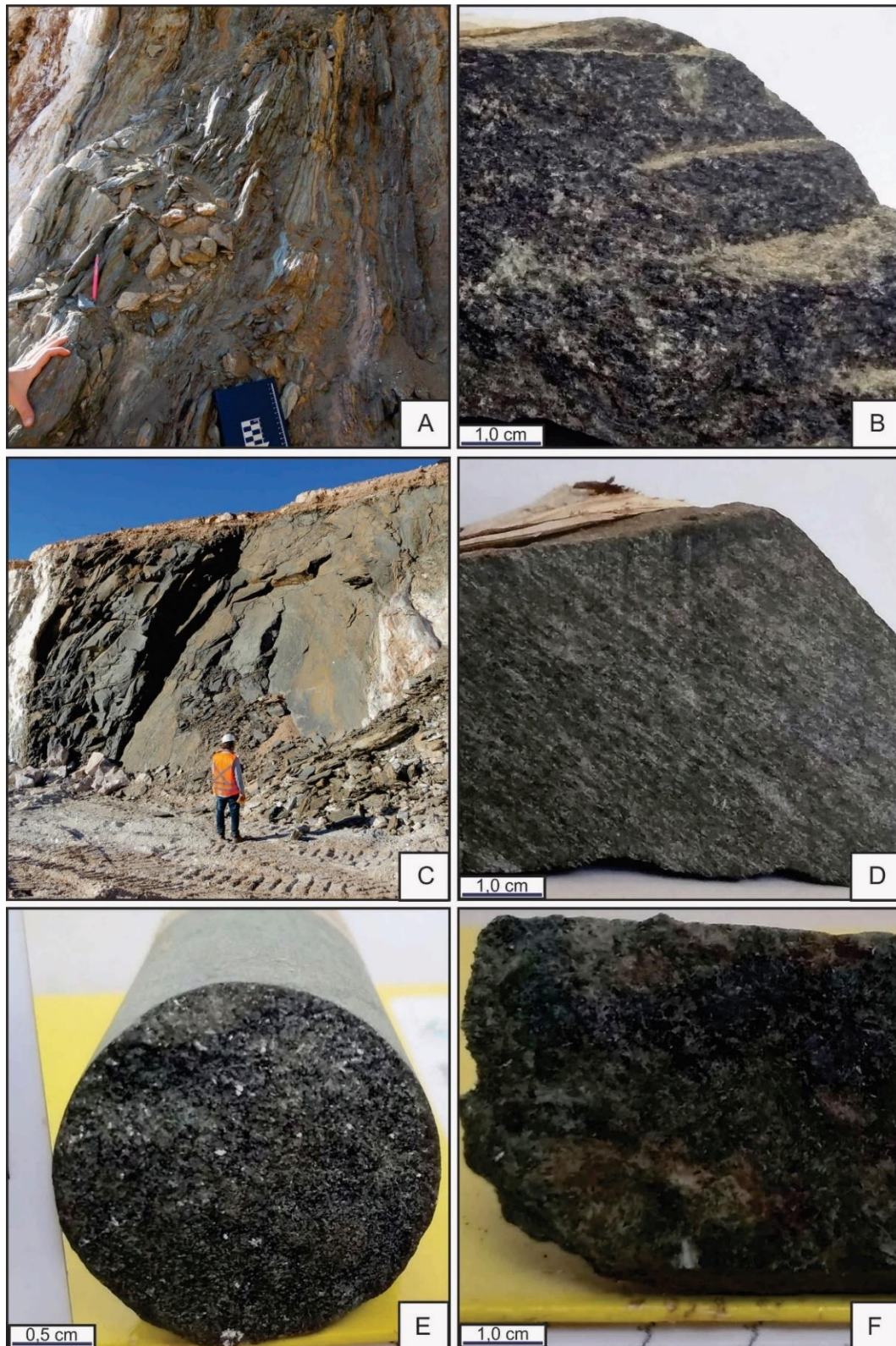


Figura 5: A-D - Rochas metamáficas que afloram na Unidade Carbonática. (A) e (B) Ponto MAG-02, na Mina Pedra Preta, coordenadas UTM 209142/8434957). (C) e (D) Ponto MAG-04, na Mina Pomba, coordenadas UTM 208651/8433088. (E) Rocha metaultramáfica pertencente à Unidade Vulcanoquímica - FSP-05-06 coletada do furo de sondagem FSP-05, coordenadas UTM 207766/8433302. (F) Rocha metaultramáfica que aflora na Unidade Vulcanoquímica, no ponto MAG-12 Coordenadas UTM 208414/8430119. Datum horizontal SAD69 Zona 24S.

5.2 Aspectos microscópicos

5.2.1 Rochas metamáficas

A microestrutura ígnea reliquiar é marcada por grãos tabulares de plagioclásio com geminação albita (Fig. 6A). As microestruturas metamórficas encontradas são: (i) nematoblástica, pela presença de hornblenda¹, hornblenda², hornblenda³ e grunerita-cummingtonita orientados compondo a xistosidade (Fig. 6B); (ii) inequigranular e inequigranular bimodal, pela diferença de granulação de hornblenda¹, hornblenda², hornblenda³ (Tabela 3), grunerita-cummingtonita, antofilita, quartzo e plagioclásio (Figs. 6B-C); (iii) granoblástica poligonal, referente a um mosaico de grãos equidimensionais de quartzo e plagioclásio (Fig. 6D); (iv) lepidoblástica, pela biotita com orientação preferencial e compondo a xistosidade (Fig. 6E) (v) porfiroclástica, milonítica e núcleo-manto (*Sensu* Passchier & Truow, 2005) pela presença de grãos maiores de hornblenda¹ (Fig. 6F), plagioclásio ou quartzo (Figs. 7A) contornado por grãos menores desses minerais; (vi) estruturas S/C/C' e caudas de grãos simétricas, com grãos de hornblenda¹ e grãos menores localizados nas bordas de porfiroclastos desse mineral (Fig. 6E); (vii) porfiroblástica, relacionada com clorita e hornblenda² (Figs. 7B, C); (viii) poiquiloblástica em peneira, devido à inclusões de quartzo em hornblenda¹, hornblenda² e grunerita-cummingtonita (Fig. 7D) e de hornblenda² em clorita; e (ix) reação, por crescimento da clorita e biotita nas clivagens e bordas de hornblenda¹ e hornblenda². De forma subordinada, ocorre a microestrutura decussada (Figs. 7E), relacionada com prismas de hornblenda¹, hornblenda², grunerita-cummingtonita e lamelas de biotita, sem orientação preferencial que ocorrem preservada entre domínios de xistosidade. Essa microestrutura é truncada pela lepidoblástica, sendo reliquiar em *poods* de deformação. Bordas de corrosão ocorrem entre os minerais opacos (magnetita e sulfetos) com hornblenda¹, hornblenda² e carbonatos. Também são observados aglomerados lobulares de minerais opacos (Fig. 6D) e neles são comuns inclusões esqueletiformes de hornblenda², quartzo e plagioclásio.

Foram identificadas rochas com dois intervalos principais de granulação: (i) entre <0,01-0,5 mm (Fig. 6B); e (ii) entre 0,05-2,0 mm (Fig. 6C). As tabelas 2 e 3 apresentam, respectivamente, a moda das rochas e uma síntese das características dos minerais identificados. Anfibólios são do subgrupo da hornblenda (magnésio-hornblenda, tschermakita e pargasita), estes subdivididos em 3 tipos (Fig. 9), e da série da grunerita-cummingtonita. Ocorrem principalmente com orientação preferencial, segundo a xistosidade da rocha, ou, subordinadamente, sem orientação preferencial. A granulação é bastante variável. Entre os anfibólios, apenas associado a grãos de hornblenda¹, foi observada a formação de porfiroclastos, com granulação entre 0,2 e 0,4 mm, que estão imersos em uma matriz constituída por

hornblenda¹, quartzo, plagioclásio e biotita (Tabela 3). Para hornblenda², porfiroclastos ocorrem de até 1,4 mm. Nesses porfiroclastos, extinção ondulante e a presença de subgrãos podem ser observados. Quartzo e plagioclásio estão, principalmente, intersticiais a grãos de anfibólio, configurando as microestruturas granoblástica poligonal e mais subordinadamente porfiroclástica e milonítica. Alguns grãos de plagioclásio possuem hábito tabular (Fig. 6A). Por sua vez, quartzo também pode ser descrito, subordinadamente, como inclusões em anfibólio, configurando a microestrutura poiquiloblástica em peneira.

Biotita (Fig. 6F) pode apresentar orientação preferencial ou ocorrer decussada. Em geral, hospeda-se nas bordas, clivagens e fraturas de hornblendas. Clorita forma porfiroblastos com inclusões da hornblenda, bem como ocorre nas clivagens e fraturas desses minerais (Fig. 7C). Calcita (Fig. 7F) e calcopirita (Fig. 8A) estão disseminados na rocha, formando grãos disseminados lobulares, ou ainda em veios, vênulas ou em sistemas *stockwork*. Calcopirita ocorre nas bordas da magnetita. Essa, por sua vez, ocorre disseminada, na maioria das vezes como grãos lobulares, ou como grãos esqueletiformes dentro da calcopirita. Hematita ocorre como microinclusões em magnetita (Figs. 8C-D).

5.2.2 Rochas metaultramáficas

A textura ígnea reliquiar é marcada por grãos tabulares de plagioclásio com geminação albita preservada (Fig. 8D). As microestruturas metamórficas são: (i) nematoblástica (hornblenda); (ii) decussada, devido à presença de anfibólio (hornblenda, antofilita, grunerita-cummingtonita) sem orientação preferencial (Fig. 8E) e, por vezes, radial (Fig. 8F); (iii) inequigranular, marcada pela diferença de granulação entre os minerais que compõem a lâmina (Fig. 8E); (iv) granoblástica, em agregados de quartzo e plagioclásio; e (v) poiquiloblástica, pela presença de inclusões de quartzo em anfibólio (hornblenda). Assim como para as rochas metamáficas, nas tabelas 2 e 3 estão apresentadas a moda e as características dos minerais, respectivamente. Ocorrem tanto antofilita quanto hornblenda e grunerita-cummingtonita. A granulação, para estas rochas, varia entre <0,01-0,5 mm, 0,05-2,0 mm e 0,1-10,0 mm. O plagioclásio é tabular, com geminação albita em grande parte de seus grãos e tem granulação variando entre 0,4-1,6 mm. Talco ocorre entre 0,1-1,0 mm disperso pela lâmina como resultado de alteração hidrotermal. Quartzo ocorre com dimensões inferiores a 0,05 mm como inclusões em anfibólios (hornblenda e grunerita-cummingtonita), confirmando a microestrutura poiquiloblástica.

Tabela 2: Composição modal das rochas metaultramáficas e metamáficas do Complexo Serra das Éguas. G – Granulação, DE/UP – Domínio estrutural/Unidade estratigráfica. SCTD – Sistema de cisalhamento transpressional destal, FD – Flanco de dobras, CD – Charneira de dobras, UV – Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada, UC – Unidade Carbonática, *N.a. – não se aplica, amostra de blocos rolados, Hbl – Hornblenda, Gru – Grunerita, Ath – Antofilita, Qz – Quartzo, Pl – Plagioclásio, Bt – Biotita, Ttn – Titanita, Zr – Zircão, Cal – Calcita, Chl – Clorita, Ep – Epidoto, Mag – magnetita, Hem – hematita, Ccp – calcopirita. Os índices sobrescritos 1, 2, 3 na hornblenda referem-se aos anfibólios da tabela 3. Abreviações segundo Whitney & Evans (2010).

Rochas metamáficas																						
Tipo	G (mm)	DE/UP	Amostra	Minerais																Nome da rocha		
				Hbl ¹	Hbl ²	Hbl ³	Gru	Ath	Qz	Pl	Bt	Ttn	Zr	Cal	Chl	Tlc	Ep	Mag	Hem		Ccp	
Orientada	<0,01 a 0,5	FD/UV	MAG-28.2	–	76	–	–	–	–	9	12	–	–	–	–	–	–	2	1	–	Quartzo-plagioclásio-anfibólio xisto	
		SCTD/UV	MAG-38.1	–	12	–	59	–	–	6	13	–	–	–	–	–	–	8	2	–	Quartzo-plagioclásio-anfibólio xisto	
		FD/UV	MAG-73B	–	71	–	–	–	–	17	11	–	–	–	–	–	–	1	–	–	Anfibolito	
		CD/UC	FSP-04-09	65	–	–	–	–	–	15	12	3	–	–	–	–	–	5	–	–	Anfibolito	
	0,05 a 2,0	SCTD/UC	SLO-08-01	–	5	–	40	–	–	10	15	5	<1	–	10	13	–	–	2	–	–	Quartzo-plagioclásio-anfibólio xisto
		SCTD/UC	MAG-02	65	–	–	–	–	–	7	26	–	–	–	–	–	–	2	<1	–	–	Anfibolito
		SCTD/UC	MAG-04	68	–	2	–	–	–	11	15	–	–	–	–	–	–	3	1	–	–	Anfibolito
		CD/UV	MAG-39A	–	66	–	–	–	–	6	16	–	–	–	–	10	–	1	1	–	–	Anfibolito
		FD/UV	MAG-73A	–	54	–	–	–	–	8	23	–	–	<1	–	15	–	–	–	–	–	Anfibolito
		CD/UC	FSP-04-08	64	–	2	–	–	–	11	10	5	–	–	–	–	–	–	7	1	–	–
Decussada	0,05 a 2,0	SCTD/UC	SLO-08-02	–	71	–	–	–	5	12	–	–	–	4	–	–	–	8	–	–	Quartzo-plagioclásio-anfibólio granofels	
		SCTD/UC	MAG-25.2	60	–	–	–	–	1	34	–	–	–	–	–	–	2	3	–	–	Anfibolito	
Rochas metaultramáficas																						
Tipo	G (mm)	DE	Amostra	Minerais																Nome da rocha		
				Hbl ¹	Hbl ²	Hbl ³	Gru	Ath	Qz	Pl	Bt	Ttn	Zr	Cb	Chl	Tlc	Ep	Mag	Hem		Ccp	
Orientada Decussada	<0,01 a 0,5 0,1 a 10,0	FD/UV	FSP-05-08	72	–	–	–	–	–	18	–	–	–	–	–	–	–	3	–	7	Quartzo-anfibólio xisto	
		FD/UV	FSP-05-06	–	4	–	–	–	56	–	8	–	–	–	–	–	32	–	–	–	–	Plagioclásio-talco-antofilita granofels

	SCTD/UC	MAG-34.3	–	77	–	20	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	1	–	–	Anfibolitito granofels
0,05 a 2,0	FD/UV	FSP-05-07	–	96	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	Hornblendito
	SCTD/UV	MAG-12	–	97	–	–	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Hornblendito
<0,01 a 0,5	CD/UC	FG2-07	–	94	–	–	–	3	<1	–	–	–	–	–	–	–	3	–	–	Hornblendito
	*N.a.	MAG-36	–	97	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	2	–	

Tabela 3: Características dos minerais nas rochas metamáficas e metaultramáficas. Hb- Hornblenda, Tsc – Tshcermakita, Mhb – Magnésio-hornblenda, Sdg – Sadanagaíta, Qz – Quartzo, Pl – Plagioclásio, Cb – Carbonato, Chl – Clorita, Bt – Biotita, Ttn – Titanita, Zr – Zircão, Ep – Epidoto, Mag – magnetita, Hem – hematita, Ccp – calcopirita. Abreviações segundo Whitney & Evans (2010). *: quando colorido e sem pleocroísmo foi indicado a cor do mineral.

Rochas metamáficas							
Mineral	Tipo	Pleocroísmo	Hábito	Cristalinidade	Granulação (mm)	Contatos	Obs.
Anfibólio ¹ (Sub-grupo das hornblendas)	Hb ¹ (MEV = Ts, Mhb, Sdg)	Verde escuro a claro	Prismático	Subdioblástico	0,1-1,2	Retos (Hb ¹ - Hb ¹) a curvos (Hb ¹ - Hb ¹ e com Hb ³ Qz, Pl, Bt)	Ocorre na matriz das rochas. Possui ângulo de extinção entre 14° e 30°
					0,2-0,4		Ocorre como porfiroclastos em lâmina de granulação muito fina
			Prismático a granular	Subdioblástico a xenoblástico	<0,01-0,05	Curvos (Hb ¹ -Hb ¹ e com Hb ³ , Qz, Pl)	Ocorre na matriz das rochas.
	Hb ² (MEV = Ts, Mhb, Sdg)	Verde pálido a incolor	Prismático	Subdioblástico	0,2-1,4	Curvos a interlobados (Hb ¹ , Qz)	Forma porfiroclastos e grãos poligonais
							Ocorre como porfiroblastos mais preservados da deformação
			Prismático	Subdioblástico	0,1-0,8	Reto (Hb ² - Hb ²), curvo ou interlobado (Hb ² - Hb ² e com Qz, Pl, Bt)	Ocorre como grãos compondo a matriz da rocha. Ângulo de extinção entre 15° e 30°
			Prismático a granular	Subdioblástico a xenoblástico	0,01-0,05		
			Granular	Xenoblástico	<0,01		
Prismático	Subdioblástico	0,1-1,4					

			Prismático a granular	Subdioblástico a xenoblástico	0,01-0,05		
			Granular	Xenoblástico	<0,01		
	Hb ³	Marrom escuro a claro	Prismático	Subdioblástico	0,04-0,1	Retos (Hb ³ - Hb ³ e com Hb ¹ , Bt) a curvos (Hb ³ - Hb ³ e com Hb ¹ , Bt, Qz)	Ocorre dispersa e orientada na lâmina, compondo a matriz, associada a Hb ¹ e Bt. Ângulo de extinção entre 00° e 05°
Anfibólio ² (Série da cummingtonia-grunerita)	-	-	Prismático	Subdioblástico	0,8-1,4	Reto (Gru-Cum-Gru-Cum, Hb ²), curvo ou interlobados (Gru-Cum-Gru-Cum, Hb ² , Qz, Pl)	Ocorre dispersa na rocha geralmente associada a Hb ² , compondo a matriz. Possui geminação polissintética e ângulo de extinção entre 10° e 30°
		-		Subdioblástico	0,1-0,6		
		-		Subdioblástico a xenoblástico	0,01-0,08		
Quartzo	-	-	Granular	Subdioblástico	0,6-2,0	Reto (Qz-Qz) e curvo	Como porfiroclastos
		-	Granular	Idioblástico a xenoblástico	0,05-0,5	Reto (Qz-Qz e com Pl), curvo (Anf - todos; com todos Anf), interlobado ou serrilhado (Qz- Qz, Anf ¹ , Anf ²)	Intersticial aos anfibólios (Hb ¹ , Hb ²) e porfiroclastos de quartzo, formando mosaicos granoblásticos
		-	Granular	Idioblástico a xenoblástico	<0,01-0,05		Ocorre intersticial formando mosaicos granoblásticos ou como inclusões em Hb ¹ , Hb ² , Gru-Cum
Plagioclásio	Albita, oligoclásio, andesina, labradorita, bytownita e anortita	-	Granular	Subdioblástico	0,5-1,5	Curvo (Pl-Pl, Anf ¹ , Anf ² , Qz)	Como porfiroclastos
		-	Granular	Idioblástico a xenoblástico	<0,01-0,05	Reto (Pl-Pl e com Qz) e curvo (Qz, Hb ¹ , Hb ² , Hb ³ , Gru-Cum, Ath)	Intersticiais em mosaicos granoblásticos
		-	Tabular	Subédrico	0,1-0,2	Curvo (Qz, Hb ¹ , Hb ² , Hb ³)	Reliquiar ígneo, geminação albita

Calcita	-	-	Granular	Euhédrico a subédrico	0,5-3,0	Reto (Cal-Cal e com Mag) e curvo (Anf ² , Qz, Pl)	Ocorrência em veio; alguns efervesce ao HCl
Clorita	-	-	Prismático	Subdioblástico	0,1-0,6	Curvos a interlobados (Hb ² , Qz)	Porfiroblastos com inclusões de Hb ²
Biotita	-	Marrom escuro a claro	Prismático	Euhédrico a subédrico	0,1-1,5	Retos (Bt- Bt e com Hb ¹ , Hb ²) a curvos (Hb ¹ , Hb ² , Qz)	Dispersa
	-			Subdioblástico	0,2-0,4		Na clivagem da Hb ¹ e Hb ²
Titanita	-	-	Granular	Subdioblástico	0,05	Hb ²	Hábito losangular
Zircão	-	-	Granular	Subdioblástico	0,02	Hb ²	Relevo alto, fortes cores de birrefringência
Magnetita	-	-	Granular	Idioblástico a xenoblástico	<0,01-0,05 a	Retos (Mag-Mag) e retos a curvos (Hb ¹ , Hb ² , Hb ³ , Qz, Pl, Hem, Ccp)	Forma grãos lobulados, que ocorrem isolados ou em agregados
Hematita	-	-	Lamelar	Idioblástico a xenoblástico	<0,01	Retos com Mag	Localiza-se nas clivagens octaédricas da magnetita
Calcopirita	-	Dourado*	Granular	Idioblástico a subdioblástico	0,05-3,0	Curvos com Hb ¹ , Hb ² , Qz)	Ocorre nas bordas da magnetita e em veios/venulações
Rochas metaultramáficas							
Mineral	Tipo	Pleocroísmo*	Hábito	Cristalinidade	Granulação (mm)	Contatos	Observação
Anfibólio ¹ (Antofilita)	Ath	-	Prismático e Acicular	Subdioblástica	1,0-10,0	Retos e curvos (Ath-Ath, Hb-Hb e desses com Tlc, Pl)	Ocorre como porfiroblastos decussados
Anfibólio ² (Subgrupo das hornblendas)	Hb	-	Prismático	Subdioblástica	0,4-2,0	Retos e curvos (Hb-Hb e Gru-Cum)	Ocorre dispersa pela lâmina com características semelhantes à Hb ² das rochas metamáficas. Extinção entre 16° e 18°
					1,0-8,0		-

Anfibólio ³ (Série da Grunerita- Cummingtonita)	-	-	Prismático	Subdioblástica	1,0-8,0	Retos e curvos (Hb- Hb e Gru-Cum)	Ocorrem associadas à Hb e contêm geminação polissintética
Plagioclásio	-	-	Tabular	Subdioblástica	0,4-1,6	Restos e	Forma agregados poligonais e raros porfiroclastos. Possui geminação albita. Como grãos tabulares (reliquiães ígneos)
Talco	-	-	Prismático	Subdioblástica	0,1-1,0		Ocorre nas clivagens de antofilita
Quartzo	-	-	Granular	Idioblástica	<0,01	Curvos (Hb ²)	Inclusões em hornblenda ²

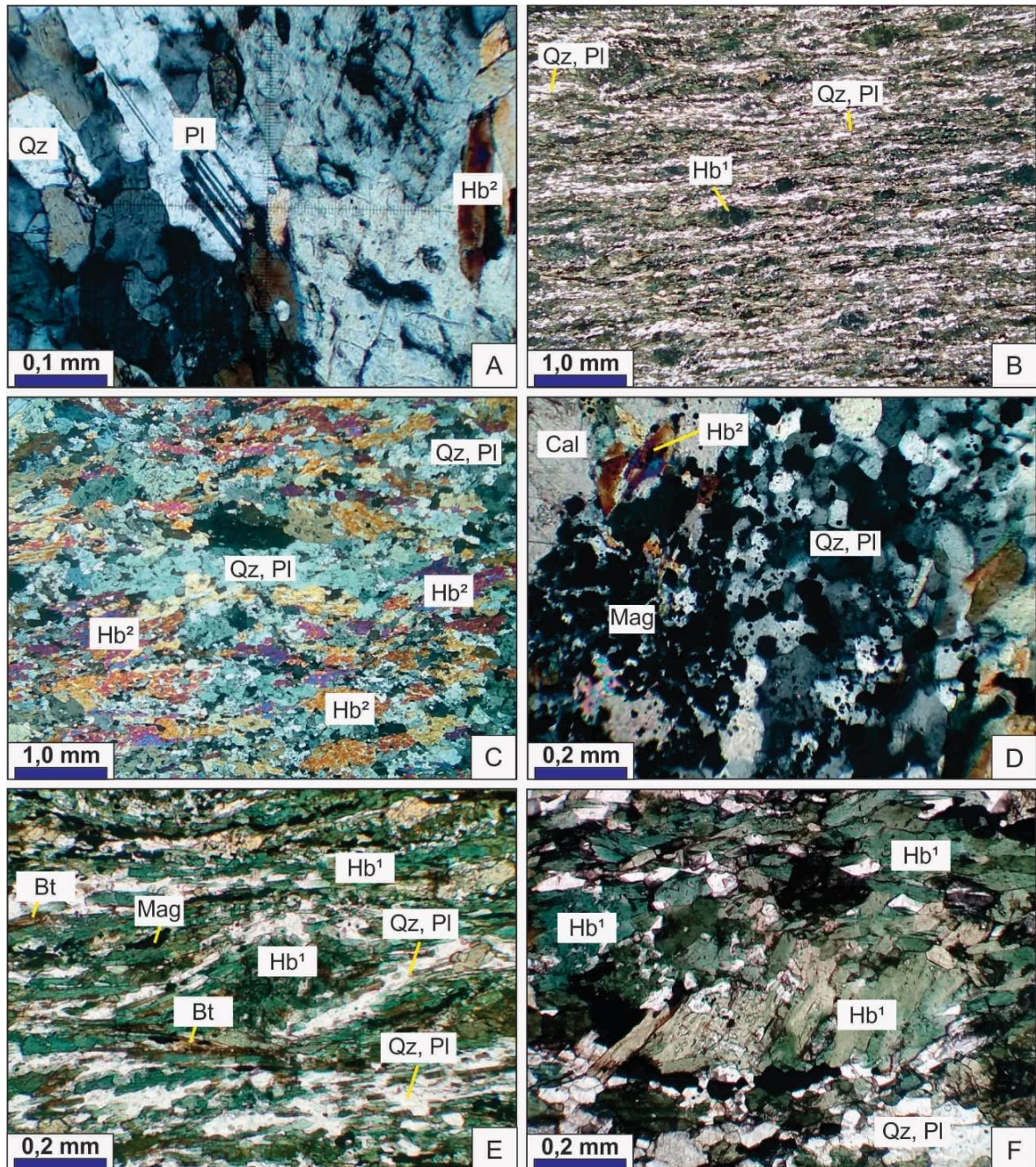


Figura 6: Microestruturas em rochas metamáficas: (A) ígnea reliquiar marcada por grãos tabulares de plagioclásio – Amostra MAG-73A (Coordenadas UTM: 205534/8426119); (B) nematoblástica pela orientação preferencial de hornblenda¹. Notar porfiroclastos desse mineral - Amostra FSP-04-09 (Coordenadas: 208266/8433290); (C) inequigranular – Amostra MAG-73A (Coordenadas UTM: 205534/8426119); (D) Granoblástica poligonal relacionada a quartzo e plagioclásio. Notar presença de magnetita com inclusões esqueletiformes desses minerais, bem como de calcita - Amostra SLO-08-01 (Coordenadas UTM: 203470/8430714); (E) estrutura S/C/C' associada à hornblenda¹ - Amostra FSP-04-09 (Coordenadas: 208266/8433290); (F) porfiroclástica, núcleo-manto e milonítica relacionada com hornblenda¹ - Amostra MAG-04 (Coordenadas UTM: 208651/8433088). Hb- Hornblenda, Qz – Quartzo, Pl – Plagioclásio, Bt – Biotita, Mag – magnetita. Abreviações segundo Whitney & Evans (2010). Índices das hornblenda de acordo com a tabela 3. Luz transmitida plana polarizada: B, E, F. Luz transmitida plana polarizada cruzada: A, C, D.

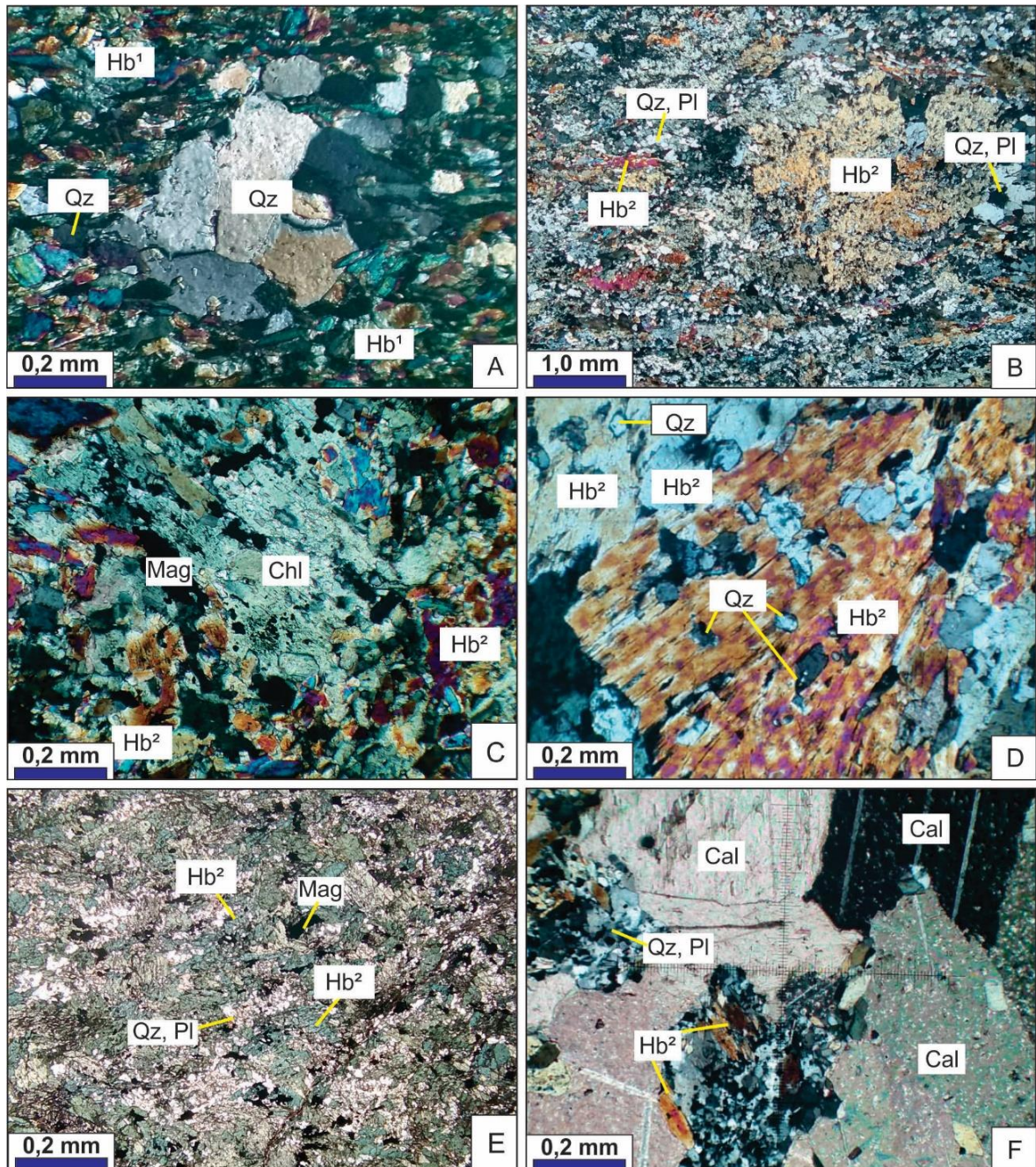


Figura 7: Microestruturas em rochas metamáficas: (A) porfiroclástica relacionada com grãos de quartzo contornados por grãos menores desse mineral – Amostra 73B (Coordenadas UTM: 205534/8426119); (B) porfiroblástica associada à hornblenda² - Amostra 39A (Coordenadas UTM: 204740/8434672); (C) Porfiroblástica associada à clorita - Amostra SLO-08-02 (Coordenadas UTM: 203470/8430714); (D) poiquiloblástica com inclusões de quartzo em hornblenda² - Amostra MAG-73A (Coordenadas UTM: 205534/8426119); (E) decussada associada à prismas de hornblenda² sem orientação preferencial - Amostra MAG-25.2 (203871/8429241); (F) vênula preenchida por calcita - Amostra SLO-08-01 (Coordenadas UTM: 203470/8430714); Hb- Hornblenda, Qz – Quartzo, Pl – Plagioclásio, Bt – Biotita, Chl – clorita, Mag – magnetita. Abreviações segundo Whitney & Evans (2010). Índices das hornblenda de acordo com a tabela 3. Luz transmitida plana polarizada: E. Luz transmitida plana polarizada cruzada: A, B, C, D, F.

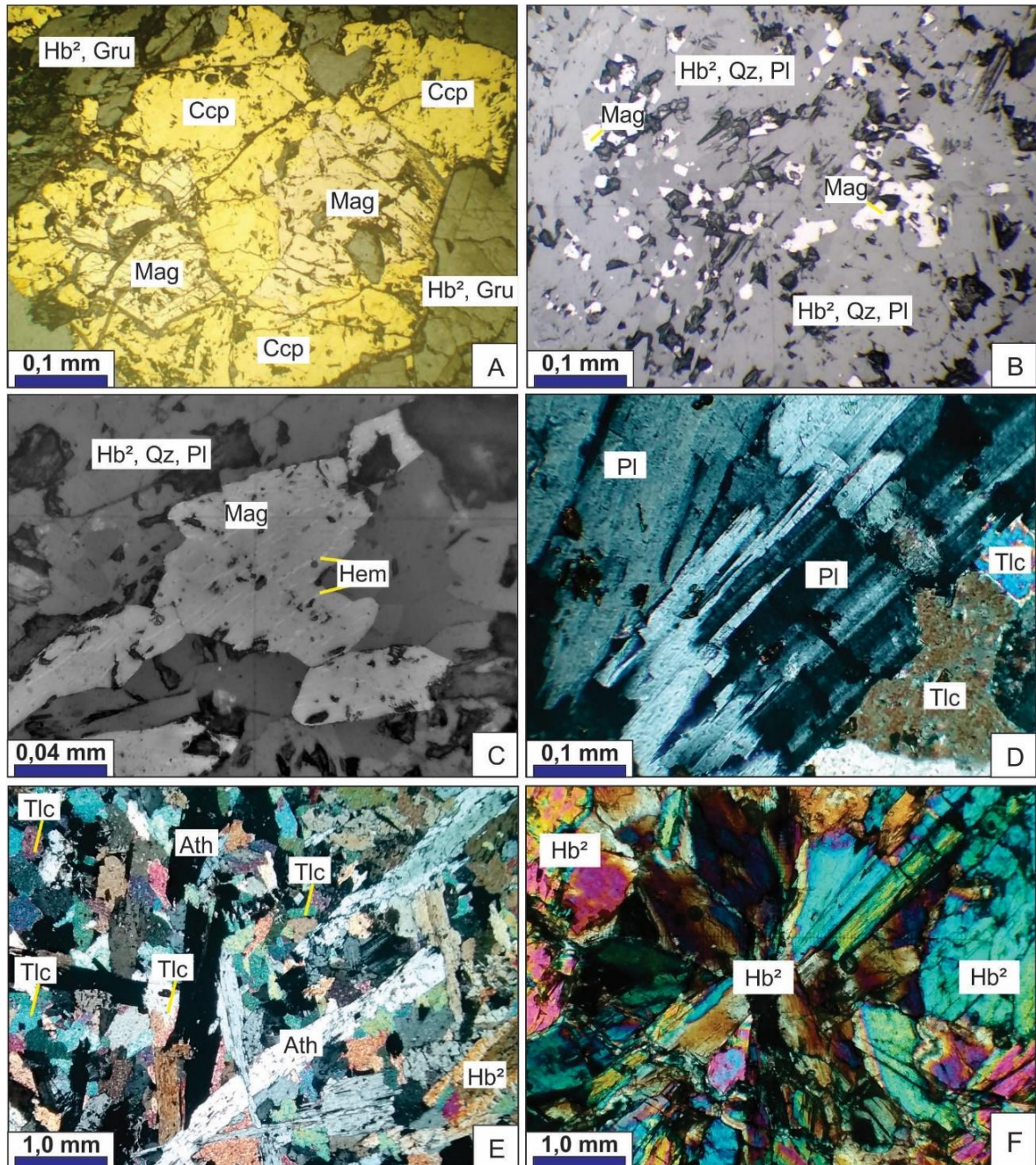


Figura 8: Microestruturas em rochas metamáficas: (A) agregados de magnetita e calcopirita - Amostra SLO-08-02 (Coordenadas UTM: 203470/8430714); (B) aglomerados magnetita - Amostra SLO-08-02 (Coordenadas UTM: 203470/8430714); (C) hematita crescendo nos planos octaedrais da magnetita- Amostra MAG-04 (Coordenadas UTM: 208651/8433088); (D) reliquiar ígnea marcada por plagioclásio tabular - Amostra FSP-05-06 (Coordenada UT: 207766/8433302). Microestruturas em rochas metaultramáficas: (E) decussada - Amostra FSP-05-06 (Coordenada UT: 207766/8433302); (F) Decussada e radial com hornblenda² - Amostra 34.3 (Coordenadas UTM: 205238/8432861). Anf – anfóbio, Qz – Quartzo, Pl – Plagioclásio, Bt – Biotita, Chl – clorita, Mag – magnetita. Abreviações segundo Whitney & Evans (2010). Luz transmitida plana polarizada cruzada: A, E, F. Luz refletida plana polarizada: B, C, D.

5.3 Geoquímica de elementos maiores

Os resultados para as análises químicas de rocha total para elementos maiores estão dispostos na tabela 6. As rochas foram agrupadas segundo classificações: (i) petrográfica, divididas entre rochas metamáficas e metaultramáficas; (ii) baseada no diagrama catiônico de Jensen (Jensen 1976) (basaltos komatiíticos e toleíticos); (iii) a posição estratigráfica (Unidades Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada e Carbonática) (Fig. 3). Os teores de sílica variam, no geral, entre 46,5-56,4%, classificando estas rochas como básicas a intermediárias (Le Bas et al. 1986). Para as amostras coletadas na Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada, os teores de SiO₂, MgO e Fe₂O₃ variam entre 48,0-56,4%, 6,69-15,1% e 7,17-12,8%, respectivamente. Por sua vez, para as coletadas na Unidade Carbonática, os teores desses óxidos variam entre 46,5-52,7%, 3,91-15,1% e 13,5-17,6%, respectivamente.

Tabela 4: Resultados de análises químicas de rocha total para as amostras analisadas. UM – rocha metaultramáfica, M – rocha metamáfica, BK – basalto komatiítico, BT – basalto toleítico, UV – Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada, UC – Unidade Carbonática. Os limites de detecção estão no apêndice B.

Amostra.	MAG-12	FG2-07	FSP-05-07	MAG-36	MAG-38.1A	SLO-008-01	SLO-008-02	FG4-01	FSP-04-08	FSP-04-09	MAG-02	MAG-04	MAG-25.2	MAG-39A
Litotipo petrográfico	UM	UM	UM	UM	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Unidade	UV	UC	UV	UV	UV	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UC	UV
Jensen (1976)	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BK	BT	BT	BT	BT	BT	BT	BT
SiO ₂	48,6	48,9	50	48,5	48	52,7	49,9	46,5	48,9	49	48,5	51,7	51,1	56,4
TiO ₂	1,11	1,3	1,27	1,58	0,75	1,38	1,21	4,11	3,33	3,34	3,79	3,34	2,83	0,82
Al ₂ O ₃	7,81	7,62	7,25	7,17	11,45	7,32	6,87	13	12,4	12,6	12,2	12,75	13,4	12,8
Fe ₂ O ₃	12	13,5	13,8	16,45	13,55	13,9	14,4	16,1	17,35	17,4	17,6	16,55	16,15	11,2
MnO	0,22	0,2	0,28	0,24	0,52	0,15	0,21	0,2	0,24	0,24	0,22	0,21	0,25	0,21
MgO	15,1	14	15,1	11,9	10,05	11,3	11,15	5,18	6,22	5,49	4,67	3,91	4,93	6,69
CaO	11,85	7,99	8,33	11,4	12,1	9,03	10,45	9,27	7,35	7,79	8,26	8	8,44	11,8
Na ₂ O	0,89	1,57	1,37	0,95	0,71	3,04	2,85	2,14	1,55	1,93	1,85	2,91	1,6	0,32
K ₂ O	0,21	1,08	0,12	0,18	0,3	0,28	0,36	0,63	1,74	1,04	0,64	0,51	0,45	0,33
P ₂ O ₅	0,03	0,14	0,13	0,12	0,11	0,12	0,13	0,96	0,39	0,37	0,54	0,7	0,32	0,13
Cr ₂ O ₃	0,108	0,14	0,16	0,241	0,017	0,078	0,092	0,01	0,003	0	0,003	0,002	0,009	0,021
LOI	1,18	0,16	1,35	0,57	2,4	1,52	2,96	2,89	1,23	2,41	1,46	2,02	0,84	1,48
Total	99,108	96,6	99,2	99,301	99,957	100,82	100,6	101	100,7	102	99,73	102,6	100,3	102,2

5.3.1 Mobilidade dos elementos

Nos Diagramas de Razões e Proporções Moleculares (MPR) (Fig. 9) (Pearce 1968, 1970) nota-se a existência de dois *trends*, especialmente se considerados separadamente os basaltos komatiíticos da Subunidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada e os dois tipos de metabasaltos toleíticos da Subunidade Carbonática. A distribuição das amostras sugere que os seus elementos maiores não foram modificados em relação à química de seus protólitos

durante a deformação e metamorfismo e, por tanto, podem ser usadas para a classificação química.

5.3.2 Classificação

No diagrama catiônico de Jensen (Jensen 1976) (Fig. 10A), as rochas metamáficas plotam nos campos de basaltos komatiíticos e toleíticos de alto Fe e Mg. As metaultramáficas, por sua vez, plotam somente no campo dos basaltos komatiíticos. Considerando a distribuição estratigráfica, as amostras de rochas metamáficas e metaultramáficas da Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada plotam, principalmente, no campo dos basaltos komatiíticos, enquanto as amostras de rocha metamáfica da Unidade Carbonática plotam no campo dos basaltos toleíticos de alto-Fe. No diagrama AFM (Irvine & Barragar 1971), todas as amostras plotam no campo da série toleítica (Fig. 10B). No entanto, ocorre um empobrecimento em Mg e enriquecimento em Fe em relação às amostras classificadas como basaltos komatiíticos em direção às classificadas como basaltos toleíticos.

Quando analisado o conteúdo de álcalis e sílica (TAS) (Le Bas et al. 1986), as amostras são da série subalcalina, sendo classificadas como basaltos e basaltos andesíticos (Fig. 10C). Independente da unidade estratigráfica considerada, as rochas metamáficas plotam nos campos do basalto e do basalto andesítico, enquanto as rochas metaultramáficas plotam somente no campo do basalto. Para o diagrama TAS (Bellieni et al. 1983), todas as amostras de rochas metamáficas se enquadram no campo dos basaltos subalcalinos e no *overlap*, campo onde as rochas que ali caem possuem três vezes mais chance de pertencerem à série subalcalina em relação à alcalina, enquanto as rochas metaultramáficas plotam somente no campo dos basaltos subalcalinos (Fig. 10D). Para os diagramas TAS (Le Bas 2000), as rochas que se enquadram nos requisitos, se classificam como basaltos para ambas as unidades e litotipos. No diagrama TAS destinado a rochas com alto MgO (Le Bas 2000), as rochas que atendem esses requisitos plotam no campo dos picritos, sendo todas as rochas metaultramáficas (Figs. 10E, F). Para o diagrama TAS de séries potássicas de Le Maitre et al. (2002), as rochas metamáficas e metaultramáficas da Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada plotam, predominantemente, na série de baixo-K e as demais, nas séries de médio-K e baixo-K (Fig. 10G). Neste mesmo diagrama, apenas as rochas metamáficas da Unidade Carbonática plotam no campo do alto-K.

5.4.3 Diagramas binários de variação

Quando plotados juntos todos os dados obtidos neste trabalho, nota-se a presença de dois conjuntos distintos e subparalelos que contemplam os metabasaltos komatiíticos e metabasaltos toleíticos (Fig. 11A-H). Quando plotados separadamente, nota-se diferenças químicas para as rochas classificadas como metabasaltos komatiíticos (Figs. 11I-P) e toleíticos (Figs. 11Q-X). Para os metabasaltos toleíticos da Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada, há um acréscimo de CaO entre 4 e 5 % e uma diminuição até 6 %, bem como um aumento relativo em K_2O e FeO_t com o aumento de MgO (Figs. 11I-P).

Os metabasaltos da Unidade Carbonática são os mais pobres em TiO_2 , Na_2O , P_2O_5 e FeO_t e os mais ricos em SiO_2 e CaO. Mostram algum *trend* com os metabasaltos toleíticos da Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada apenas para Na_2O e P_2O_5 . Por sua vez, para os metabasaltos komatiíticos (Figs. 11Q-X), os diagramas de variação apresentam um fraco enriquecimento de TiO_2 para ambas as unidades e um fraco enriquecimento em SiO_2 e Na_2O para os metabasaltos komatiíticos da Unidade Carbonática e em P_2O_5 para os metabasaltos komatiíticos da Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada.

Há um empobrecimento em CaO e Na_2O nos metabasaltos komatiíticos da Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada, bem como em K_2O e FeO_t nos metabasaltos komatiíticos da Unidade Carbonática à medida que os teores de MgO crescem. A análise desse diagrama mostra comportamentos distintos entre os metabasaltos das unidades Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada e Carbonática.

Para as rochas metamáficas, observa-se que os teores de MgO chegam a 12%, enquanto as rochas metaultramáficas possuem teores que variam entre 14 e 16%, aproximadamente. Observa-se, ainda, para estas, reduzidos teores de TiO_2 em relação às metamáficas.

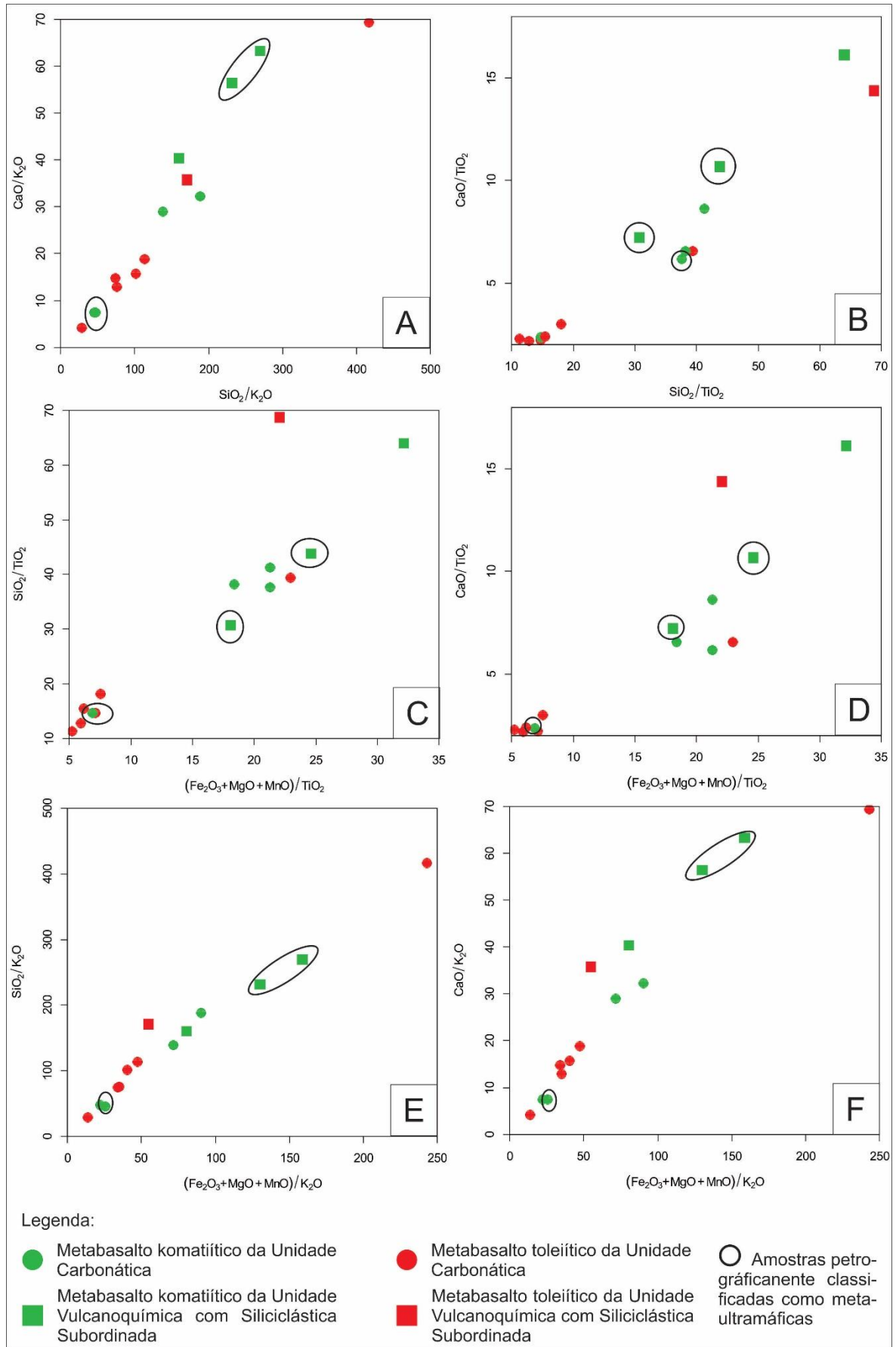


Figura 9: Diagramas de Razões e Proporções Moleculares (MPR) segundo Pearce (1968, 1970).

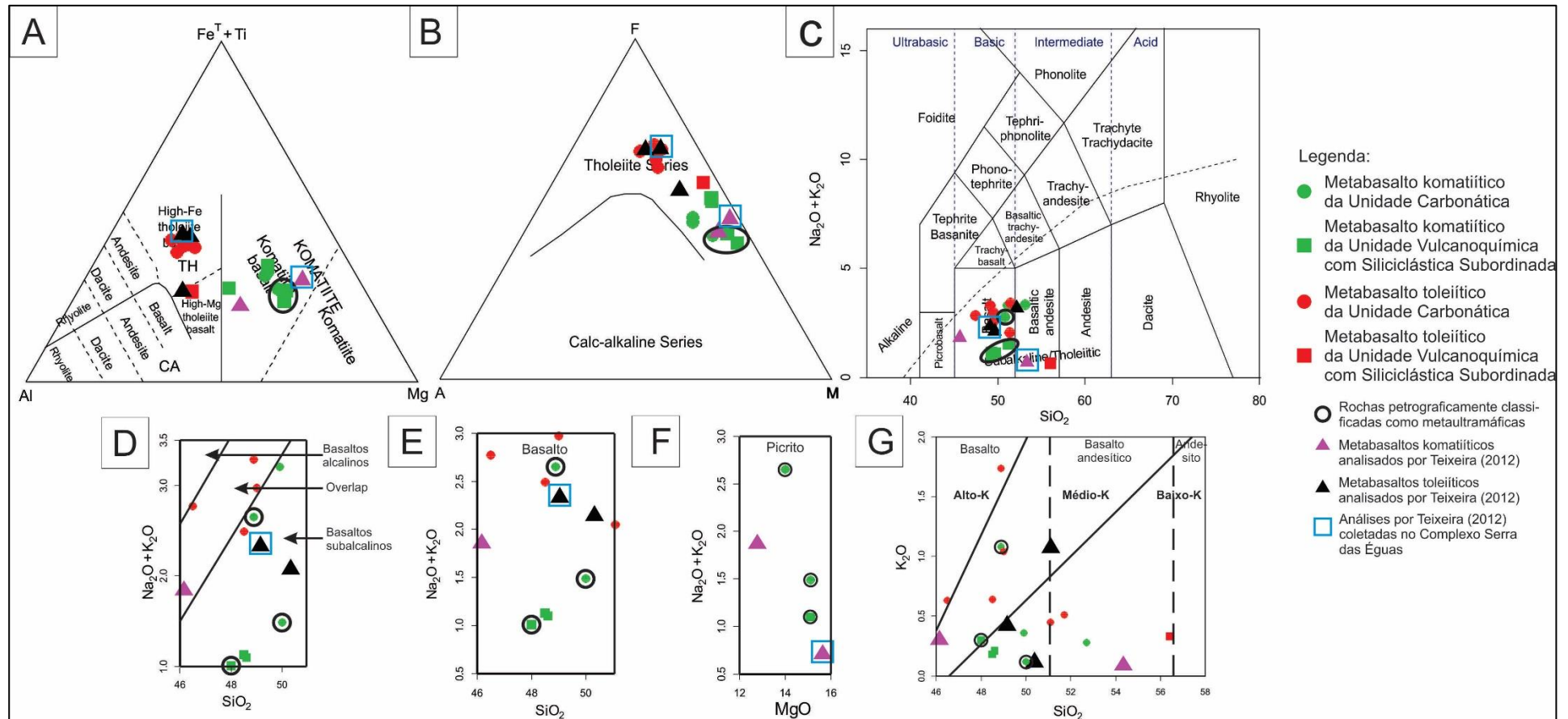


Figura 10: (A) Diagrama catiônico de Jensen (Jensen 1976). (B) Diagrama AFM (Irvine & Barragar 1971). (C) Diagrama TAS (Le Bas et al. 1986). (D) Diagrama para séries basálticas de Bellieni et al. (1983). (E) e (F) Diagramas TAS adaptados de (Le Bas, 2000). (G) Diagrama para séries potássicas de basaltos de Le Maitre et al. (2002). Estão plotados os dados obtidos por Teixeira (2012) para rochas semelhantes coletadas na região referente à Folha Brumado (1:100.000), abrangendo o Complexo Serra das Éguas e o denominado de *Greenstone Belt* Brumado por Pinho et al. (2013).

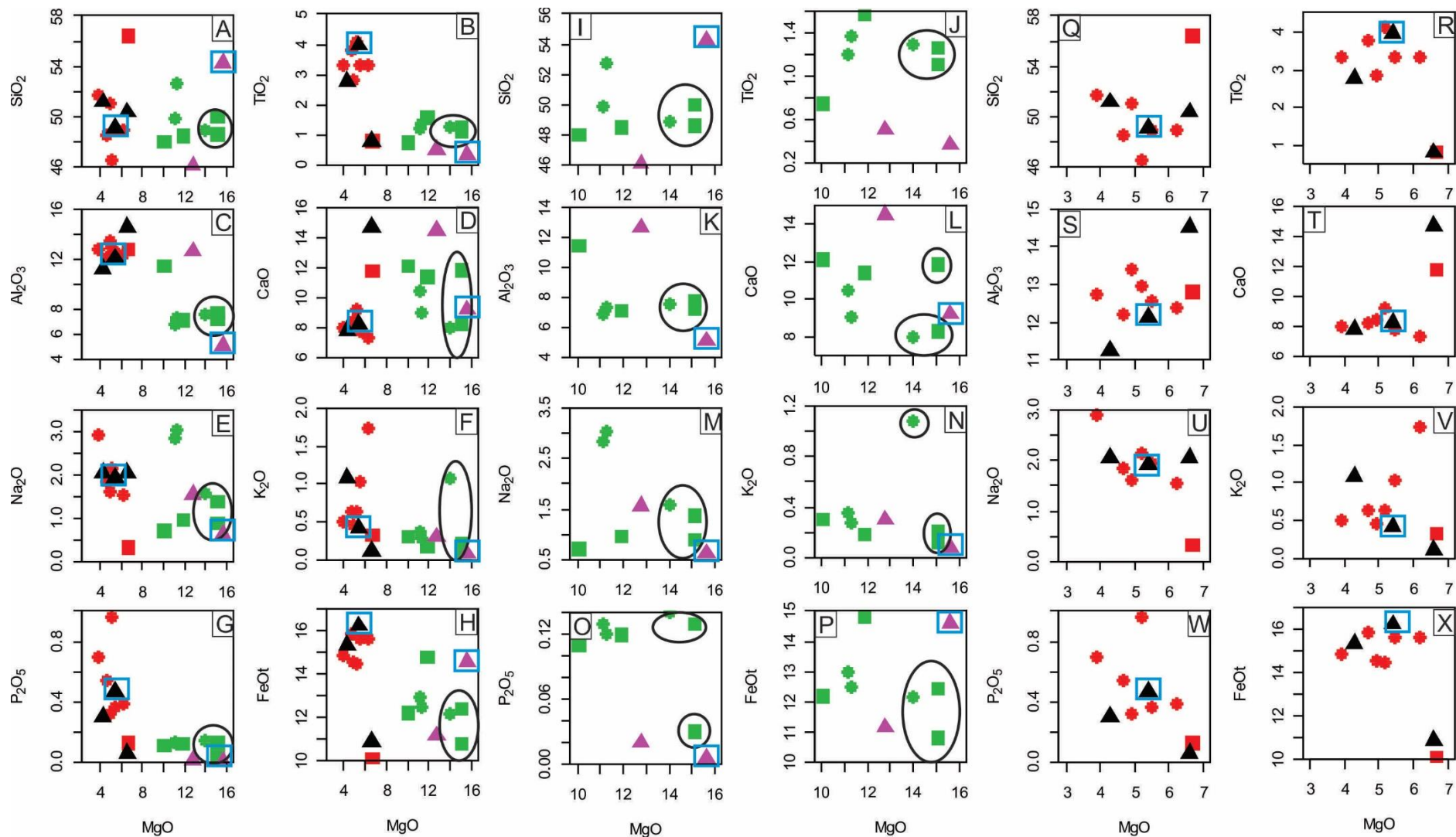


Figura 11: Diagramas binários de variação elemental para as rochas estudadas. Legenda como da figura 10.

5.4 Mineraloquímica

Os resultados estão apresentados na tabela 5 e nas Figs. 12 e 13. Os anfibólios analisados são de rochas metamáficas e foram agrupados a partir de classificação da rocha hospedeira segundo o diagrama catiônico de Jensen (Fig. 10A). Além disso, na análise, contemplou-se a posição estrutural de cada amostra com relação às zonas de cisalhamento e às dobras, bem como unidade estratigráfica.

Os anfibólios de amostras ambas unidades litoestratigráficas são predominantemente do grupo da hornblenda (Hb¹ e Hb²) (Tabela 5), tendo sido classificados principalmente como magnésio-hornblenda para os metabasaltos komatiíticos da unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada, e como magnésio-hornblenda, tschermakita, e subordinadamente como pargasita para os metabasaltos toleíticos da unidade Carbonática (Apêndice D, Fig. 12A). No diagrama da Fig. 12A observa-se dois *trends* distintos. Para os grãos de anfibólio sem orientação preferencial dos metabasaltos komatiíticos, há uma correlação positiva entre o somatório de Al, Fe e Ti em relação ao somatório de Na, K e Ca. Para os grãos de anfibólio dos metabasaltos toleíticos, orientados ou não, em geral, essa correlação é negativa.

Nos diagramas bivariantes da figura 13 observa-se maiores teores de Mg para as análises de grãos de metabasaltos komatiíticos em relação aos toleíticos, assim como um maior teor de Al (iv) apresentando a mesma relação (Figs. 13A, B). As menores razões de Fe⁺³/Fe⁺² e os menores teores de Mg são observadas nos anfibólios com orientação preferencial de metabasaltos toleíticos (Figs. 13C, D) posicionados no sistema de cisalhamento transpressional destrai, assim como os maiores valores de Ti (Figs. 13E, F). Os maiores valores de Mg estão relacionados com os anfibólios dos metabasaltos komatiíticos) posicionados no sistema de cisalhamento transpressional destrai, bem como os menores valores em Al (iv) e Fe⁺³/Fe⁺².

Os grãos de plagioclásio analisados mostram composições muito variadas, com teores de anortita variando entre 0 e 92,03% (Tabela 4, apêndice E, Fig. 12B). Para rochas inseridas no domínio estrutural FD (flanco de dobra), os plagioclásios possuem os maiores teores de An, enquanto, para os presentes no domínio estrutural SCTD (sistema de cisalhamento transpressional destrai), principalmente nas rochas com orientação preferencial, observam-se os maiores teores de Ab.

Tabela 5: Fórmulas estruturais para os anfibólios de rochas metamáficas, a partir de Hawthorne et al. (2012), e de plagioclásio, a partir de Brady & Perkins (2019). Cálculo da fórmula estrutural do anfibólio usando 23 oxigênios e para o plagioclásio usando 8 oxigênios.

Litotipo	Mineral	Fórmula Estrutural
Metamáfica	Magnésio-hornblenda	$(\text{Na}_{0,008-0,415}\text{K}_{0,000-0,106})(\text{Ca}_{1,118-1,904}\text{Na}_{0,057-0,492}\text{Fe}_{0,034-0,311}\text{Mg}_{0,000-0,176})(\text{Mg}_{0,085-3,971}\text{Fe}^{+2}_{0,000-1,200}\text{Al}_{0,437-1,415}\text{Fe}^{+3}_{0,082-0,582}\text{Ti}_{0,000-0,072}\text{Cr}_{0,000-0,055})(\text{Si}_{5,866-7,418}\text{Al}_{0,530-2,134})\text{O}_{22}((\text{OH})_2)$
	Tschermakita	$(\text{Na}_{0,083-0,319}\text{K}_{0,069-0,182})(\text{Ca}_{1,408-1,688}\text{Na}_{0,183-0,410}\text{Fe}_{0,015-0,243}\text{Mn}_{0,000-0,053})(\text{Mg}_{1,855-2,814}\text{Al}_{0,972-2,269}\text{Fe}^{+2}_{0,231-1,726}\text{Fe}^{+3}_{0,178-0,497}\text{Ti}_{0,000-0,093})(\text{Si}_{5,463-6,469}\text{Al}_{1,531-2,537})$
	Ferro tschermakita	$(\text{K}_{0,293})(\text{Ca}_{0,848}\text{Na}_{0,341}\text{Fe}_{0,277})(\text{Al}_{2,443}\text{Fe}^{+2}_{1,426}\text{Mg}_{1,064}\text{Ti}_{0,067})(\text{Si}_{6,538}\text{Al}_{1,462})\text{O}_{22}((\text{OH})_2)$
	Pargasita	$(\text{Na}_{0,301-0,368}\text{K}_{0,141-0,188})(\text{Ca}_{1,651-1,783}\text{Na}_{0,090-0,285}\text{Fe}_{0,064-0,101})(\text{Mg}_{1,918-2,096}\text{Fe}^{+2}_{1,501-1,817}\text{Al}_{0,962-1,082}\text{Fe}^{+3}_{0,112-0,259}\text{Ti}_{0,057-0,093})(\text{Si}_{6,149-6,496}\text{Al}_{1,504-1,851})$
	Ferro pargasita	$(\text{Na}_{0,568}\text{K}_{0,243}\text{Ca}_{0,068})(\text{Ca}_2)(\text{Fe}^{+2}_{1,981}\text{Mg}_{1,44}\text{Al}_{1,197}\text{Ti}_{0,085})(\text{Si}_{6,282}\text{Al}_{1,718})\text{O}_{22}((\text{OH})_2)$
	Plagioclásio	$(\text{K}_{0,000-0,0194}\text{Na}_{0,477-0,912}\text{Ca}_{0,150-0,638})(\text{Si}_{2,308-2,713}\text{Al}_{1,224-1,649})\text{O}_{7,728-7,954}$

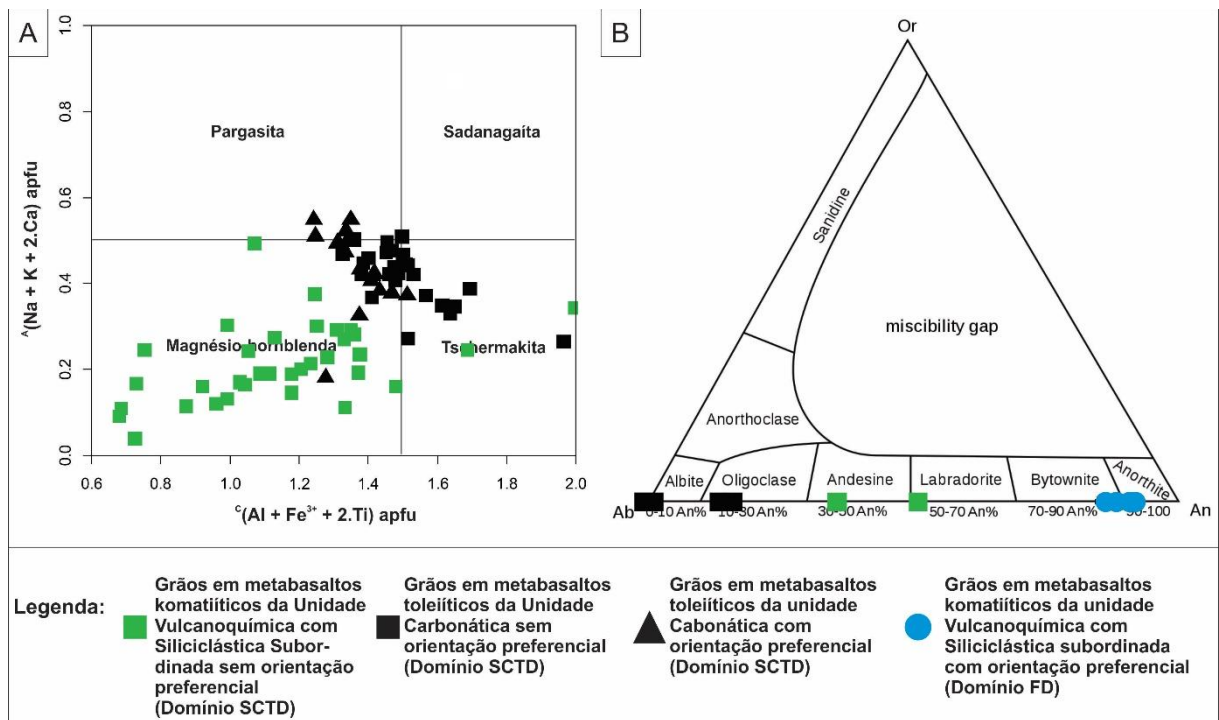


Figura 12: (A) Classificação de anfibólios cálcicos segundo Hawthorne et al. (2012); (B) classificação de plagioclásios. SCTD – sistema de cisalhamento transpressional destal, FD – Flanco de dobras.

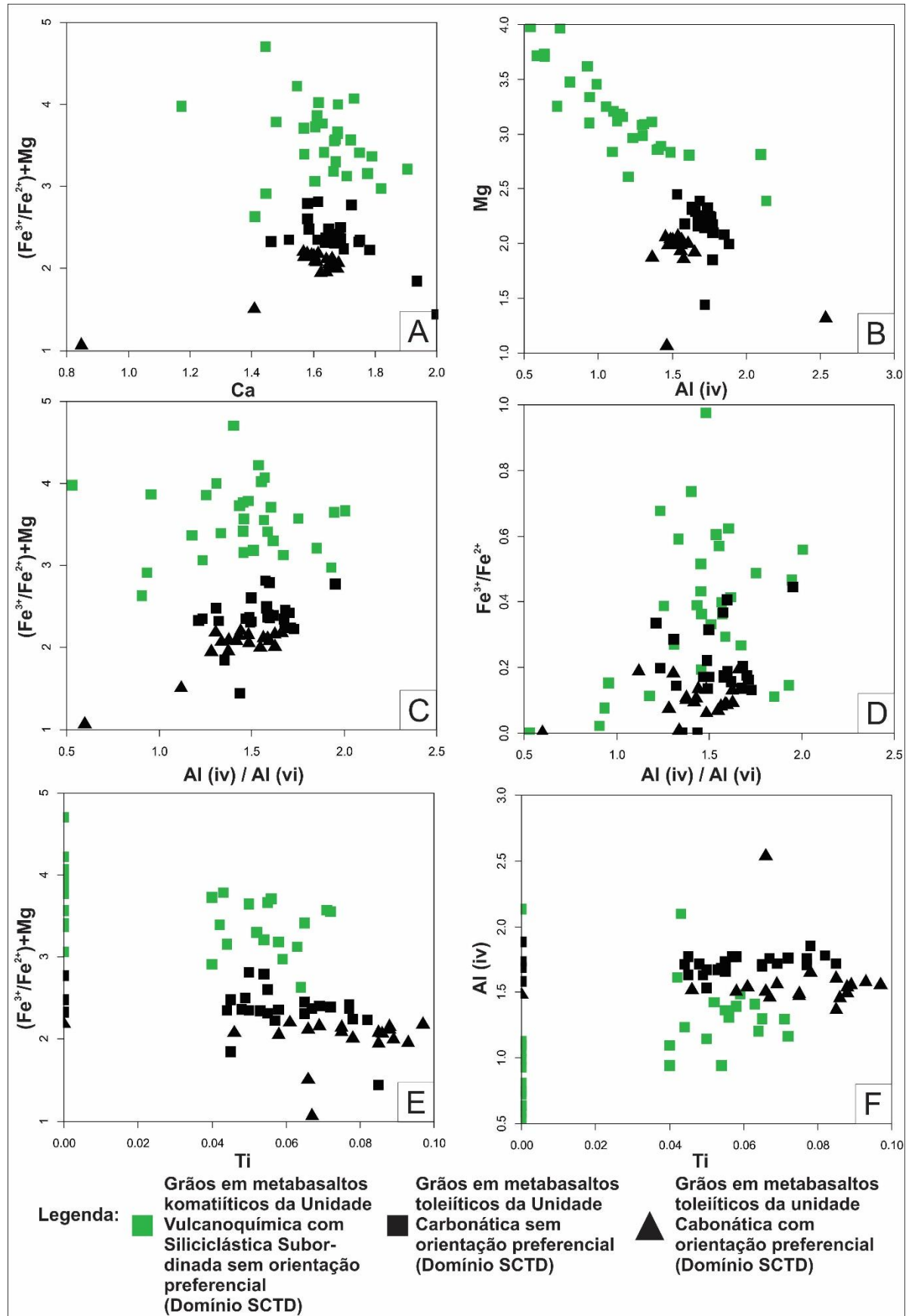


Figura 13: Diagramas bi-variantes para anfibólios cálcicos, férricos e magnesianos a partir de cálculos realizados através das planilhas de Locock (2014).

6 DISCUSSÕES

6.1 Litologias e protólitos

Os estudos realizados sugerem que no Complexo Serra das Éguas predominam rochas metamáficas em relação às metaultramáficas (Tabela 2). Em sua maioria, essas rochas estão xistificadas, mas *granofels* (*Sensu* Fettes & Desmons 2007) de ambos os tipos foram encontrados tanto em amostra coletadas em flanco ou charneira de dobras, quanto em amostras coletadas no sistema transpressional dextral que truncam essas estruturas (Fig. 3). Mesmo neste caso, é importante ressaltar a presença de uma xistosidade nas litologias em que essas rochas estão intercaladas. Embora tenha sido encontrado relictos de microestrutura ígnea, como grãos tabulares de plagioclásio, nessas rochas as microestruturas metamórficas predominam largamente. Alguns porfiroblastos de anfibólio (hornblenda¹, hornblenda²; tabela 3), com granulação entre 0,2-1,4 mm ainda estão preservados em domínios em que a xistosidade é menos pronunciada. Com a deformação, tornam-se porfiroclastos manteados por grãos de menor tamanho.

A granulação das rochas metamáficas varia de forma substancial. As microestruturas porfiroclástica, núcleo manto e milonítica, bem como porfiroblástica, são encontradas nas rochas de granulação entre 0,05-2,0 mm (Tabela 2). As rochas mais finas, com granulação entre <0,01-0,5 mm, em geral, são equigranulares e não mostram nem porfiroclastos de anfibólios (hornblenda¹, hornblenda², grunerita-cummingtonita, tabela 3), nem evidências de processos de recristalização relacionadas com esses minerais. Entretanto, mesmo nestes casos, as rochas podem apresentar uma xistosidade ou serem *granofels*. Rochas metaultramáficas analisada, por sua vez, possuem granulações entre 0,01-0,5, 0,05-2,0 e 0,1-10,0 mm e têm uma trama decussada.

Considerando os efeitos relacionados com a blastese em metamorfismo, sugere-se que as rochas possuem protólitos vulcânicos a subvulcânicos e que as maiores granulações e microestruturas decussadas podem estar relacionadas com: (i) blastese, tanto nas rochas metamáficas quanto nas metaultramáficas; e/ou (ii) presença de pórfiros reliquiares, para as rochas metamáficas. Em ambos os casos, a deformação e processos de recristalização atuaram formando porfiroclastos nas rochas metamáficas.

6.2 Paragêneses, temperatura e interpretação de reações metamórficas

As paragêneses metamórficas progressiva e regressiva para as rochas metamáficas e metaultramáficas, assim como as interpretações para os processos deformacionais, mecanismos de recristalização e temperaturas estão apresentadas na tabela 6. Para as rochas metamáficas,

considerando a presença da microestrutura manto-núcleo associada à hornblenda¹ e à hornblenda² da paragênese progressiva, estima-se uma temperatura do metamorfismo e de deformação entre 650-700°C, ou seja, em condições de fácies anfibolito alto (Allison & LaTour 1977; Brodie & Rutter, 1985; Nyman et al. 1992; Stünitz, 1993; Lafrance & Vernon, 1993; Babaie & LaTour, 1994; Berger & Stünitz, 1996; Wintsch & Yi, 2002; Imon et al. 2002, 2004; apud Passchier & Trouw, 2005)

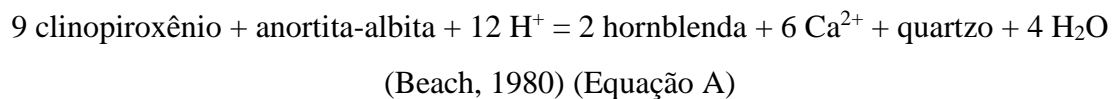
De acordo com Nyman et al. (1992) a presença de estruturas manto-núcleo nessas condições de temperatura em anfibólitos pode estar relacionada com diferenças nas composições químicas entre eles. De fato, a composição química dos anfibólitos calculada é bastante variada, como mostra a tabela 5.

Tabela 6: Paragêneses metamórficas progressivas e regressivas. Anf – anfibólitos, Hb^{1,2,3} – hornblendas, Gru-Cum – grunerita-cummingtonita, Ath – antofilita, Pl – plagioclásio, Qz – quartzo, Bt – biotita, Ttn – titanita, Zr – zircão, Chl – clorita, Ep – epídoto, Mag – magnetita, Hem – hematita, Ccp – calcopirita. SGR: Recristalização por rotação de subgrão. Análise de temperatura considerando o metamorfismo barroviiano. *Calculada para a pressão de 100 Mpa.

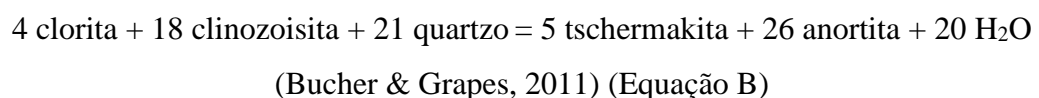
Rochas metamáficas			
Mineral	Microestruturas	Mecanismos de deformação e recristalização dinâmica	Temperatura (°C) (Referencia)
Paragênese metamórfica progressiva			
Anf (Hb ¹ , Hb ²)	Porfiroclástica, núcleo manto e milonítica	SGR	650 -700 (Passchier & Trouw, 2005) (baseado na microestrutura)
Pl			>500 (Passchier & Trouw, 2005)
Qz			>300 (Passchier & Trouw, 2005)
Anf (Hb ³ , Gru-Cum)	-	-	-
Biotita	Lepidoblástica	-	>250 (Passchier & Trouw, 2005)
Ttn	-	-	-
Zr	-	-	-
Paragênese metamórfica regressiva			
Chl	Reação, porfiroblástica	-	200 -550 (Bucher & Grapes, 2011)
Ep	-	-	200 -550 (Bucher & Grapes, 2011)
Mag	--	-	-
Hem		-	-

Ccp	-	-	-
Rochas metaultramáficas			
Mineral	Microestruturas	Mecanismos de deformação e recristalização	Temperatura (°C)
Paragênese metamórfica progressiva			
Ath	Decussada	-	550-650* (Bucher & Grapes, 2011)
Pl	Granoblástica	SGR	>500 (Passchier & Trouw, 2005)
Hb	Decussada	-	-
Qz	Granoblástica	SGR	>300 (Passchier & Trouw, 200)
Paragênese metamórfica regressiva			
Tlc	-	-	520-680 (Bucher & Grapes, 2011)

Nas rochas metamáficas, assim como nas metaultramáficas, é bastante comum a presença da microestrutura poiquiloblástica com inclusões de quartzo em grãos maiores e em porfiroblastos de anfibólio (Hb¹ e Hb², tabela 3) (Fig. 7D). Segundo Beach (1980), no metamorfismo de fácies anfibolito em zonas de cisalhamento que truncam rochas básicas, é esperada a ocorrência de quartzo excedente durante a transformação de piroxênio em hornblenda. A reação de transformação de piroxênio em anfibólio nessas condições pode ser assim explicitada pela equação A:



A presença de epidoto e clorita nessas rochas sugere uma faixa de temperatura entre 200-550°C (Bucher & Grapes, 2011), ou seja, em condições de fácies xisto verde para a paragênese regressiva. Entretanto, o fato de o plagioclásio não estar fraturado implica em condições que não foram inferiores a 450° C (Bucher & Grapes, 2011). Ou seja, a temperatura do metamorfismo regressivo para essas rochas teria variado entre 450-500°C. Para ambos os casos, as condições de pressão não foram estimadas. A eq. B pode ser sugerida para a formação de clorita e epidoto a partir de hornblenda:



Em rochas metaultramáficas, e em condições de 100 MPa, a Fe-antofilita ocorre em temperaturas variando entre 550-650° C (Bucher & Grapes, 2011). A temperatura estimada para a presença de talco nessas rochas varia entre 520-680°C.

Em síntese, considerando as paragêneses das rochas metamáficas e metaultramáficas e as microestruturas, a temperatura estimada para o metamorfismo progressivo no Complexo Serra das Éguas varia entre 650-700° C, ou seja, em grau médio a alto e em fácies anfibolito alto, e a regressiva entre 450-520° C, em grau médio e em fácies xisto verde.

Não há evidência de textura spinifex nem nas amostras estudadas, nem nas demais observadas em afloramento. Os porfiroblastos de antofilita, que ocorrem em domínio de desenvolvimento de flanco de dobras, foram interpretados como relacionados com o metamorfismo regional. Não há evidência de que esses grãos cresceram a partir de pseudomorfos pós-olivina. Bucher & Grapes (2011) citam, ainda, que rochas ultramáficas tendem a se reequilibrar completamente nas mesmas condições de temperatura e pressão em relação às rochas circundantes.

6.3 Variação da composição mineral em função da presença de xistosidade em sistema de cisalhamento transpressional dextral

Quando comparados anfibólitos de basaltos toleíticos, da Unidade Carbonática, com e sem xistosidade, nota-se uma diminuição da razão Fe^{+3}/Fe^{+2} , em grãos de rochas com xistosidade (Figs. 10A, C, D, E), sugerido condições menos oxidantes na sua formação e durante o desenvolvimento das zonas de cisalhamento. A presença de magnetita, tardia à xistosidade, somada ao crescimento de sulfetos nas bordas desse óxido e a pouca quantidade de hematita, pode corroborar essa hipótese. Por outro lado, há um aumento do teor de Mg e Ti em anfibólitos de rochas com xistosidade (Figs. 13B, E, F). Com relação ao Al (iv) (Figs. B, F), em geral, minerais de rochas com e sem xistosidade possuem distribuição de valores muito próximas, embora o maior valor desse elemento ocorra em grãos de rochas com xistosidade.

6.4 Geoquímica

Para as rochas de protólitos máficos e ultramáficos aflorantes no Complexo Serra das Éguas, os dados químicos (Tabela 5, apêndice C, Figs. 9-11) indicaram variações entre basaltos komatiíticos e toleíticos de alto Fe e Mg, sendo classificados como toleíticos, subalcalinos, de médio e baixo potássio e com composição variando entre basalto e basaltos andesítico. Algumas rochas foram classificadas como picritos (Fig. 10F). Observa-se, nos diagramas binários de

variação elementar, a formação de dois *trends* distintos, referentes a cada uma destas litologias, podendo representar dois eventos magmáticos na região.

Na porção Sul da Paleoplaca Gavião afloram sequências que foram agrupadas como do tipo *greenstone belt* por Silva & Cunha (1999), Cunha et al. (2012). O Complexo Serra das Éguas foi retirado dessa categoria por Pinho et al. (2013). Os dados obtidos neste artigo não sugerem a existência de rochas komatiíticas verdadeiras, embora não tenha sido realizada a análise química da amostra FSP-05-06, caracterizada, pela petrografia, como rocha metaultramáfica. A partir dos dados obtidos neste trabalho (Figs. 10 e 11), verifica-se a existência de dois conjuntos distintos, que são também observados nos diagramas de razões e proporções moleculares (Fig. 9). O primeiro, representado basaltos komatiíticos (Figs. 11I-P), cujos *trends* se aproximam aos obtidos por Teixeira (2012) no Complexo Serra das Éguas e no Greenstone Belt Brumado. Para as rochas da série toleítica (basaltos toleíticos de alto Fe e Mg) observa-se também um *trend* semelhante entre as rochas estudadas por Teixeira (2012), no complexo e na região do Greenstone Belt Brumado, e as obtidas neste artigo para o Complexo Serra das Éguas (Figs. 11Q-X). A presença desses dois magmatismos pode indicar contribuições de fontes distintas e que precisa ser melhor verificada com os estudos de elementos traços e isótopos. No Complexo Serra das Éguas, a figura 14A mostra que os metabasaltos komatiíticos distribuem-se tanto na Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada, quanto na Unidade Carbonática. A maioria dos metabasaltos toleíticos, entretanto, estão na Unidade Carbonática. Considerando a estratigrafia do Complexo Serra das Éguas e a distribuição dos basaltos toleíticos predominantemente na Unidade Carbonática, pode-se supor que esse magmatismo toleítico é relativamente mais jovem que o magmatismo komatiítico e de basaltos komatiíticos no Complexo Serra das Éguas, foco deste estudo.

As classificações dos dados obtidos neste trabalho e os por Teixeira (2012), Santos (2012), Menezes-Leal et al. (2015) foram especializados na figura 14. Dois conjuntos foram identificados: (i) rochas relacionadas com o magmatismo máfico-ultramáfico de *greenstone belt* com idade 3.186 ± 30 Ma (U-Pb, SHRIMP, zircão), estudadas por Teixeira (2012), Santos et al. (2012) e Menezes-Leal et al. (2015) e datada por Menezes-Leal et al. (2018). Nessas rochas, texturas spinifex foram encontradas por diversos autores (Cunha & Froes 1994; Santos 2012; Menezes-Leal et al. 2015); (ii) rochas relacionadas com o magmatismo máfico-ultramáfico de idade máxima ca. 2.6 Ga (U-Pb, LA-ICPMS, zircão) datadas por Cruz et al. (2019) e relacionada com o Complexo Serra das Éguas, que também foram estudadas por Teixeira (2012). A distribuição do magmatismo e suas díades sugere a existência de, nesse setor da Paleoplaca Gavião, ao menos dois eventos magmáticos, responsáveis pela produção de rochas

com protólitos máficos e ultramáficos. Os dados obtidos até o momento sugerem que os komatiitos verdadeiros estão restritos ao magmatismo mesoarqueano. Esse magmatismo possuem um zoneamento, com a presença de komatiitos no centro e bordejado por metabasaltos toleíticos. Por outro lado, o magmatismo com idade máxima neoarqueana concentra-se no Complexo Serra das Éguas, havendo amostras com semelhança química e obedecendo a um mesmo *trend*, em relação às rochas deste complexo, aflorando na região referente ao Greenstone Belt de Ubiraçaba e no Complexo Gavião.

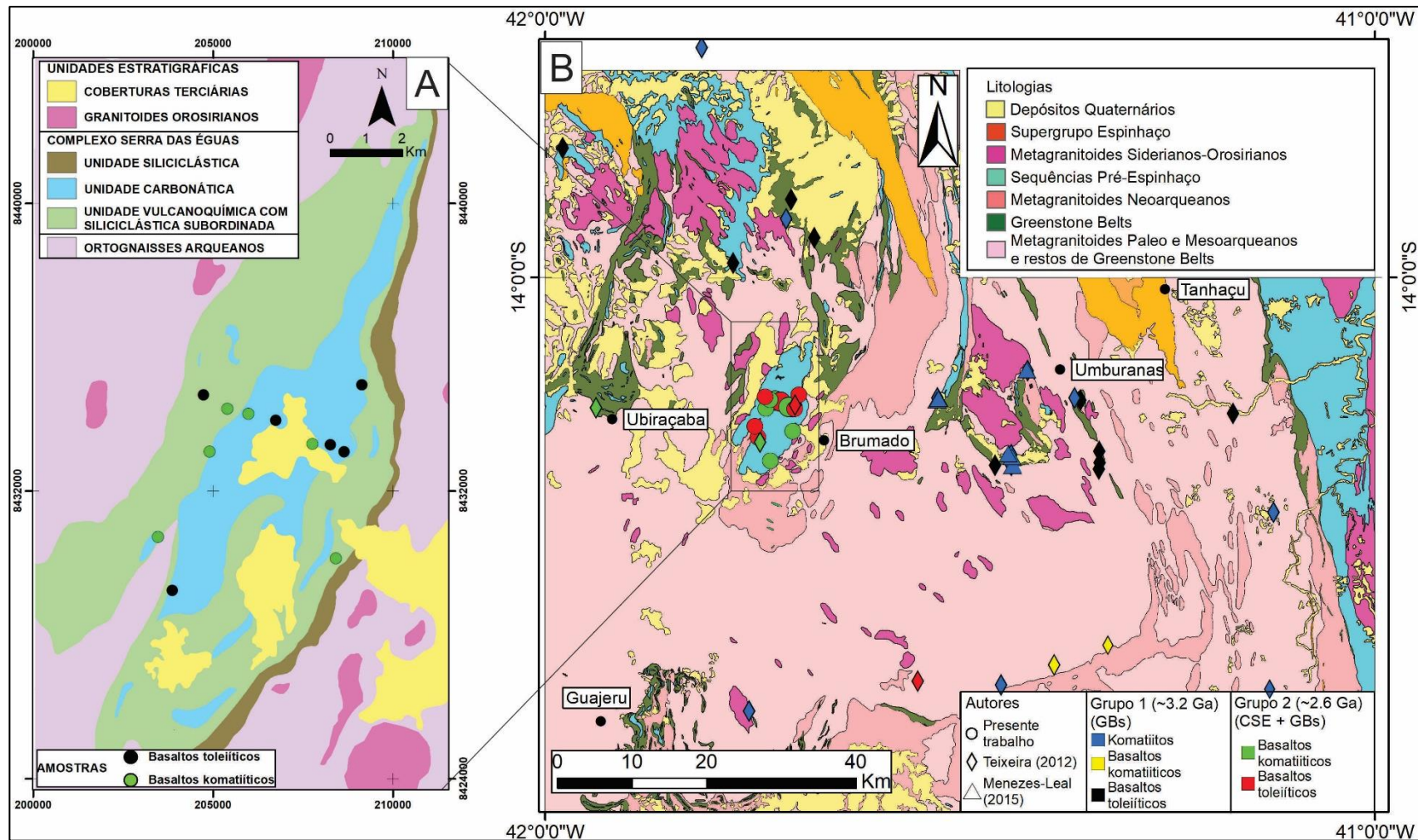


Figura 14: (A) Mapa do Complexo Serra das Éguas, separado por unidades do mesmo. (B) Mapa regional adaptado de CPRM (2019) com dados plotados de Teixeira (2012), Santos et al. (2012), Menezes-Leal et al. (2015) e do presente trabalho. GBs – Greenstone Belts diversos do setor sul da Paleoplaca Gavião, CSE – Complexo Serra das Éguas.

7 CONCLUSÕES

A partir do que foi apresentado e discutido, conclui-se que:

(i) No Complexo Serra das Éguas, existe uma predominância de rochas metamáficas sobre as metaultramáficas. Essas rochas ocorrem intercaladas e concordantes com quartzitos ferruginosos, mármore magnésíticos e dolomíticos brancos, talco xistos e filitos grafitosos, bem como com formações ferríferas bandadas metamorizadas da Unidade Vulcanoquímica com Siliciclástica Subordinada e com rochas da Unidade Carbonática. Os xistos são principalmente anisotrópicos e possuem orientação preferencial marcada, principalmente, por hornblendas, grunerita-cummingtonita e biotita. Rochas isotrópicas também estão presentes, sendo classificadas como *granofels*. Anfibólitos também foram encontrados. A hornblenda varia entre magnésio-hornblenda, pargasita e tschermakita. O plagioclásio tem uma composição bastante variada, desde termos albiticos até anortíticos. Essa variação pode estar relacionada com a presença de zonas de cisalhamento relacionado com o sistema transpressional dextral. Em anfibólitos de metabasaltos toleíticos, variações químicas ocorrem nas hornblendas em função da presença dessas estruturas deformacionais, especialmente o aumento no teor de Ti e a diminuição da razão Fe^{+3}/Fe^{+2} . As rochas metamáficas e metaultramáficas foram submetidas a deformação e metamorfismo progressivo com temperatura possivelmente variando entre 650-700°C. A temperatura do metamorfismo regressivo variou entre 450-500°C.

(iii) Os protólitos das rochas metamáficas foram classificados como basaltos komatiíticos e basaltos toleíticos de alto-Fe e Mg, subalcalinos, predominando basaltos e basalto andesíticos. Algumas amostras foram classificadas como picritos. Em diagramas de elementos maiores essas rochas distribuem-se em dois *trends* subparalelos, sugerindo tratar-se de dois magmas com fontes distintas. Nota-se um *trend* químico entre os basaltos komatiíticos encontrados no Complexo Serra das Éguas e os basaltos komatiíticos estudados por outros autores, bem como entre os basaltos toleíticos desse complexo com basaltos de mesmo tipo que afloram regionalmente.

(iv) A distribuição dos basaltos toleíticos, especialmente na Unidade Carbonática do Complexo Serra das Éguas sugere que esse magmatismo seja mais jovem que o komatiítico. A distribuição regional do magmatismo komatiítico/basáltico komatiítico mostra a existência de três *trends* com orientação NE-SW bordejados por metabasaltos toleíticos.

CAPÍTULO 4

RECOMENDAÇÕES

Considerando os resultados obtidos até então, observa-se que estes podem ser refinados a partir de estudos de microsonda eletrônica em anfibólios e plagioclásios. Além disso, são recomendadas análises geoquímicas de rocha total para elementos traço e de terras-raras, visando uma melhor caracterização dos tipos de magmatismo presentes, bem como a interpretação do seu ambiente tectônico.

Estudos isotópicos Sm-Nd e Lu-Hf são também necessárias visando a obtenção de idades modelo das rochas com protólitos máficos-ultramáficos da região, assim como para a obtenção de valores de idades-modelo TDM, além de ϵ_{Nd} e ϵ_{Hf} . Por fim, estudos isotópicos U-Pb em zircões são recomendados em rochas metamáficas com valores em Zr superiores a 100 ppm, para determinar a idade de cristalização dessas rochas. Estudos dessa mesma natureza em titanita ou monazita podem ajudar a interpretar a idade do metamorfismo. Estudos microquímicos em zircões, associado com os isotópicos, poderão auxiliar no estudo da fonte dessas rochas.

Por fim, recomenda-se o estudo de rochas de protólitos ultramáficos aflorantes em minas de talco, as quais não foram contempladas neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, T.I.R., 1989. Magnesita do depósito de Campo de Dentro, Serra das Éguas: Geoquímica e Gênese. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 188 p.
- Babinski, M., Pedreira, A., Brito-Neves, B.B., Van-Schmus, W.R., 1999. Contribuição à geocronologia da Chapada Diamantina. In: SBG, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 7, Anais, p. 118-121.
- Barbosa, J.S.F., Mascarenhas, J.F.M., Corrêa-Gomes, L.C., Domingues, J.M.L. (eds.), 2012. Geologia da Bahia. Pesquisa e Atualização de Dados. Salvador, Companhia Baiana de Pesquisa Mineral-CBPM, v. 1 e 2, 1208 p.
- Barbosa, N.S., Teixeira, W., Bastos-Leal, L.R., Menezes-Leal, A.B., 2013. Evolução crustal do setor ocidental do Bloco Arqueano Gavião, Cráton do São Francisco, com base em evidências U-Pb, Sm-Nd e Rb-Sr.
- Bastos-Leal, L.R., Cunha, J.C., Cordani, U.G., Teixeira, W., Nutman, A.P., Menezes-Leal, A.B., Macambira, M.J.B., 2003. SHRIMP U–Pb, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zircon dating, and Nd isotopic signature of the Umburanas greenstone belt, northern São Francisco craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **15**:775-785.
- Beach, A., 1980. Retrogressive metamorphic processes in shear zones with special reference to the Lewisian Complex. *Journal of Structural Geology*, **2**:257-263.
- Bellieni, G., Visentin, J.E., Le Maitre, R.W., Piccirillo, E.M., Zanettin, B., 1983. Proporsal for a Division of the basaltic,(B) field of the TAS diagram. IUGS Subcomission of Igneous Rocks, Circular n.38.
- Bodenlos, A. J., 1954. Magnesite deposits in the Serra das Éguas, Brumado, Bahia, Brazil. Geological Survey Bulletin 975-C, U.S. Government Printing Office, Washington, 63 p.
- Borges, O.B., Cruz, S.C.P., Barbosa, J.S.F., Santos, E.S., 2015. Structural framework of rocks of the Lagoa D'anta mine area, iron-manganese UrandiCaetitê-Licínio de Almeida District, Bahia, Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, **45**(2): 173-192.
- Brady, J., Perkins, D., 2019. Mineral Formulae Recalculation. Disponível em https://serc.carleton.edu/research_education/equilibria/mineralformulaerecalculation.html. Acesso em 15 de junho de 2019.
- Brinatti, A.M., Mascarenhas, Y.P., Pereira, V.P., Partiti, C.S.M., Macedo, A., 2010. Mineralogical characterization of a higly-wathered soil by the Rietveld Method. *Scientia Agricola*, **67**:454-464.
- Bucher, K., Grapes, R., 2011. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Berlin, Springer, 441 p.
- Chen L., Xu, J. Chen, J., 2015. Applications of scanning eléctron microscopy in Earth sciences. *Science China Earth Sciencies*, **58**:1768-1778.
- Condie, K.C., 1976. *Plate Tectonics and Crustal Evolution*. Elsevier Science, Oxford, 294 p.
- Cruz, S.C.P., 2004. A interação tectônica entre o Aulacógeno do Paramirim e o orógeno Araçuaí-Oeste Congo. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 503 p.
- Cruz, S.C.P., Peucat, J.J., Teixeira, L., Carneiro, M.A., Martins, A.A.M., Santana, J.S., Souza, J.S., Barbosa, J.S.F.B., Menezes-Leal, A.B., Dantas, E., Pimentel, M., 2012. The Caraguataí syenitic suíte, a ca. 2.7 Ga-old alkaline magmatismo (petrology, geochemistry and U-Pb zircon ages). Southern Gavião block (São Francisco Craton), Brazil.

- Cruz, S.C.P., Alkmim, F.F., Barbosa, J.S.F., Dussin, I., Gomes, L.C.C., 2015. Tectonic inversion of compressional structures in the Southern portion of the Paramirim Corridor, Bahia, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, **45**(4): 541-567.
- Cruz, S.C.P., Barbosa, J.S.F., Pinto, M.S., Peucat, J.J., Paquette, J.L., Carneiro, M.A., 2016. The Siderian-Orosirian magmatism in the Gavião Paleoplate, Brazil: U-Pb geochronology, geochemistry and tectonic implications. *Journal of South American Earth Sciences* **69**:43-79.
- Cruz, S.C.P., Barbosa, J.S.F., Marinho, M.M., Peucat, J.J., Paquette, J.L., 2017. Quantas sequências metavulcanossedimentares pré-estaterianas existem a Oeste do lineamento Contendas Mirante-Jacobina? Novos dados e correlações regionais. In: XVI Simposio Nacional de Estudos Tectônicos. Salvador.
- Cruz, S.C.P., Alkmim, F.F., 2017. The Paramirim Aulacongen. In: Helobron, M., Cordani, U.G., Alkmim, F.F. (eds.). São Francisco Craton, Eastern Brazil. Tectonic Genealogy of a Miniature Continent. *Regional Geology Reviews*, Springer, 326 p.
- Cruz, S.C.P., Paim, M.M., Vasconcelos, M.A.R., Sena, F.O., Rabelo, A.E., Rios, D.C., Rangel, E.G., Freire, M.M., Miranda, M.N.R., 2019. Relatório interno ainda não publicado.
- Cunha, J.C., Froes, R.J.B., 1994. Komatiítos com textura spinifex do Greenstone belt de Umburanas, Bahia. In: Serie Arquivos Abertos. Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM, Salvador, 29p.
- Cunha, J.C., Leal, L.R., Fróes, R.J.B., Teixeira, W., Macambira, M.J.B., 1996. Idade dos greenstone belts e dos terrenos TTG's associados da região de Brumado, centro oeste do Cráton do São Francisco (Bahia-Brasil). In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, **39**, Anais, p. 67-70.
- Cunha, J.C.C., Barbosa, J.S.F., Mascarenhas, J.F., 2012. Greenstone Belts e Sequências Similares. In: Barbosa, J.S.F., Mascarenhas, J.F.M., Corrêa-Gomes, L.C., Domingues, J.M.L. (eds.). Geologia da Bahia. Pesquisa e Atualização de Dados. Salvador, Companhia Baiana de Pesquisa Mineral-CBPM, v. 1, p. 203-326.
- Danderfer Filho, A., Dardenne, M.A., 2002. Tectonoestratigrafia da Bacia Espinhaço na porção centro-norte do Cráton do São Francisco: registro de uma evolução poliistórica descontínua. *Revista Brasileira de Geociências*, **4**:449-460
- Danderfer, A., DeWaele, B., Pedreira, A., Nalini, H.A. 2009. New geochronological constraints on the geological evolution of Espinhaço basin within the São Francisco Craton-Brazil. *Precambrian Research*, **170**:116-128.
- Danderfer Filho, A., Lana, C.C., Nalini Júnior, H.A., Costa, A.F.O., 2015. Constraints on the Statherian evolution of the intraplate rifting in a Paleo-Mesoproterozoic paleocontinent: new stratigraphic and geochronology record from the eastern São Francisco craton. *Gondwana Res.* **28**:668-688.
- Dedavid, B.A., Gomes, C.I., Machado, G., 2007. Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras. Porto Alegre, EDPUCRS, 60 p.
- Dardenne, M.A., Schobbenhaus, C., 2001. Metalogênese do Brasil. Universidade de Brasília, Brasília, 392 p.
- Duarte, L.C., Juchem, P.L., Pulz, G.M., Brum, T.M.M., Chodur, N., Liccardo, A., Fischer, A.C., Acauan, R.B., 2003. Aplicações de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Sistema de Energia Dispersiva (EDS) no estudo de gemas: exemplos brasileiros. *Pesquisas em Geociências*. **30**(2):3-15.
- Fettes, D., Demons, J., 2007. *Metamorphic Rocks: A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge, Cambridge University Press, 258 p.
- Figueiredo, B.S., Cruz, S.C.P., Ribeiro, P.A., Fleck, 2013. Geologia e arcabouço estrutural da Sequência Metavulcanossedimentar Urandi, Bahia. *Brazilian Journal of Geology*. **2**:355-372.

- Formoso, M.L.L., 1984. Difractometria de raios X. In: Gomes, C.B., Formoso, M. L. L., Trescases, J. J., Dutra, C. V., Gomes, C. B. Técnicas analíticas e instrumentais aplicadas à geologia. Edgar Bücher / Prominério, São Paulo, p. 1-43.
- Guadagnin, F., Chemale Jr., F., 2015. Detrital zircon record of the paleoproterozoic to Mesoproterozoic cratonic basins in the Sao Francisco craton. *Journal of South American Earth Sciences*, **60**:104-116.
- Guimarães, J.T., Alkmim, F.F., Cruz, S.C.P., 2012. Supergrupos Espinhaço e São Francisco. In: Barbosa, J.S.F., Mascarenhas, J.F.M., Corrêa-Gomes, L.C., Domingues, J.M.L. (eds.). *Geologia da Bahia. Pesquisa e Atualização de Dados*. Salvador, Companhia Baiana de Pesquisa Mineral-CBPM, v. 2, p. 33–86.
- Hawthorne, F.C., Oberti, R., Harlow, E.G., Maresch, W.V., Martin, R.F., Schumacher, J.C., Welch, M.D., 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, **97**:2031-2048
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A. (1971) A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Science*, **8**:523-548.
- Jensen, L.S., 1976. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. *Publications of the Ontario Division of Mines, Miscellaneous Paper 66*, 22 p.
- Klein, C., Dutrow, B., 2012. *Manual de Ciência dos Minerais*. Bookman, 724 p.
- Kerr, P.F., 1977. *Optical Mineralogy*. New York, London, McGraw-Hill, 492 p.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A.L., Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total álcali-silica diagram. *Journal of Petrology*, **27**:745-750.
- Le Bas, M.J., Streckeisen, A.L., 1991. The IUGS systematics of igneous rocks. *Journal of the Geological Society*, **148**:825-833.
- Le Bas, M.J., 2000. IUGS Reclassification of the High-Mg and Picritic Volcanic Rocks. *Journal of Petrology*, **41**:1467-1470.
- Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonnin, B., Bateman, P. Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Lameyre, J., Sabine P.A., Schmid, R., Sorensen, H., Wooley, A.R., 2002. *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge, Cambridge University Press, 254 p.
- Lima, R.C.C., 1986. Aspectos geológicos e mineralizações na área de Brumado: Magnesita na Serra das Éguas. *Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador*, 86 p.
- Locock, A.J., 2014. An Excel spreadsheet to classify chemical analyses of amphiboles following the IMA 2012 recommendations. *Computers & Geosciences*, **62**:1–11
- Loureiro, H.S.C., Lima, E.S., Macedo, E.P., Silveira, F.V., Bahiense, I.C., Arcaño, J.B.A., Moraes-Filho, J.C., Neves, J.P., Guimaraes, J.T., Rodrigues, L.T., Abram, M.B., Santos, R. A., Melo, R.C., 2010. *Geologia e Recursos Minerais da Parte norte do Corredor de Deformação do Paramirim: Projeto Barra-Oliveira dos Brejinhos, CBPM, Série Arquivos Abertos*, 33, Salvador, 118 p.
- Medeiros, E.L.M., Cruz, S.C.P., Barbosa, J.S.F., Paquette, J.L., Peucat, J.J., Jesus, S.S.G.P., Barbosa, R.G., Brito, R.S.C., Carneiro, M.A., 2017. The Santa Isabel Complex, Gavião Block, Brazil: componentes, geocronology, regional correlations and tectonic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, **80**:66-94.
- Menezes-Leal, A.B., Gomes, L.C.C., Barbosa, J.S.F., 2012. Corpos máficos-ultramáficos. In: Barbosa, J.S.F., Mascarenhas, J.F.M., Corrêa-Gomes, L.C., Domingues, J.M.L. (eds.). *Geologia da Bahia. Pesquisa e Atualização de Dados*. Salvador, Companhia Baiana de Pesquisa Mineral-CBPM, v. 1, p. 443-483.
- Menezes-Leal, A.B., Santos, A.L.D., Bastos-Leal, L.R., Cunha, J.C., 2015. Geochemistry of contaminated komatiites from the Umburanas greenstone belt, Bahia State, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **61**:1-13

- Menezes-Leal, A.B., Barbosa, N.S., Bastos-Leal, L.R., Cunha, J.C.C., 2018. Geocronologia U-Pb em zircão do greenstone belt Umburanas, Bloco Gavião, Cráton do São Francisco. 48º Congresso Brasileiro de Geologia, CD de Anais e Resumos.
- Nutman, A.P., Cordani, U.G., 1993. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of Archean granitoids from the Contendas-Mirante area of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil. *Precambrian Research* **63**:179–188.
- Nyman, M.W., Law, R.D., Smelik, E.A., 1992. Cataclastic deformation mechanism for the development of core-mantle structures in amphibole. *Geology*, **20**(5):455-458.
- Oliveira, V.P., Fragomeni, L.F.P.; Bandeira, C.A., 1997. Depósitos de magnesita de Serra das Éguas, Brumado, Bahia. In: Schobbenhaus, C.; Queiroz, E.T.; Coelho, C.E.S. (Coord.) Principais depósitos minerais do Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral, v. IV-C, Brasília, p. 219-234.
- Pearce, T.H., 1968. A Contribution to the Theory of Variation Diagrams. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **19**:142-157.
- Paim, M.M., 2017. Maciço de Cara Suja: expressão do magmatismo potássico pós-colisional no sudoeste da Bahia. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 258 p.
- Paim, M.M., Vasconcelos, M.A.R., Cruz, S.C.P., Sena, F.O., Rabelo, A.E., Rios, D.C., Rangel, E.G., Freire, M.M., Miranda, M.N.R., 2018. Mapa Geológico da Serra das Éguas – Projeto Atualização do Mapa Geológico da Serra das Éguas – Brumado, BA, escala 1:50.000. Texto explicativo, Salvador, Universidade Federal da Bahia, 16 p.
- Paiva, P.R.P., Ferreira, A.M., Silva, G.C., Ciminelli, V.S.T., Weidler, P.G., 2019. Evaluation of the Rietveld method for the mineralogical characterization of airborne dust in a mining área. *REM – International Engineering Journal*, **72**(2):329-334.
- Passchier, C.W., Trouw, R.A.J., 2005. *Microtectonics*. Berlin, Springer. 366 p.
- Pearce, T.H., 1970. Chemical Variations in the Palisades Sill. *Journal of Petrology*, **11**:15-23.
- Pinho, I.C.A., Martins, A.A., Filho, B.E.C., Macêdo, E.P., Wosniak, R., Oliveira, R.C.L.M., Neves, J.P., Macedo, L.L., 2013. Mapa Geológico da Folha Brumado, escala 1:100.000. CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
- Pohl, W.L., Siegl, W., 1986. Sediment-hosted magnesite deposits. In: Wolf, K.H. (ed.) *Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits, Part IV, Vol. 14*, Elsevier Science Publishers B.V., p. 223-310.
- Reed, S.J.B., 1996. *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron microscopy in Geology*. New York, Cambridge University Press, 201 p.
- Santana, A.V., 2016. Análise estratigráfica em alta resolução em rampa carbonática dominada por microbialitos, Formação Salitre, Bacia de Irecê, Bahia. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 150 p.
- Santos, A.L.D., 2012. Geologia, geoquímica e evolução metamórfica das rochas metakomatiíticas da unidade inferior do Greenstone Belt de Umburanas, Estado da Bahia. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 129 p.
- Santos-Pinto, M.A., Peucat, J.J., Martin, H., Sabaté, P., 1998. Recycling of the Archaean continental crust: the case study of the Gavião, state of Bahia, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* **11**:487–498.
- Silva, M.G.S., Cunha J.C., 1999. Greenstone belts and equivalent volcano-sedimentary sequences of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil – Geology and Mineral Potential In: Silva, M.G.S., Misi A. (eds.) *Base Metal Deposits of Brazil*. Belo Horizonte: MME/CPRM/DNPM, 108p.
- Streckeisen, A., 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews. International Magazine for Geo-Scientists*, **12**:1–33.

- Streckeisen, A., 1978. IUGS Subcomissin on the Systematics of Igneous Rocks. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilite rocks. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*. **143**:1–14.
- Teixeira, L. R., 2008. Magmatismo básico no centro-oeste do Estado da Bahia. Litogeoquímica das rochas intrusivas do norte do Espinhaço e da Chapada Diamantina. 44º Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba. Anais do 44º Congresso Brasileiro de Geologia.
- Teixeira, L.R., 2012. Projeto Brumado-Condeúba. Relatório Temático de Geoquímica. Programa Geologia do Brasil, CPRM, Salvador, 69 p.
- USGS, 2018. Mineral Commodity Summaries 2018: U.S. Geological Survey, 204 p.
- Vitória, R.S., 2018. Da transição Neoarqueano/Paleoproterozoico ao Estateriano: Superposição de bacias na região sudoestes do setor setentrional do Orógeno Araçuaí. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 103 p.

APÊNDICE A – DADOS DE AMOSTRAS COLETADAS (AFLORAMENTO E FUROS DE SONDAGEM)

Tabela A.1: Dados acerca das rochas coletadas e análises nestas realizadas. Fs* - Furo de sondagem. Abaixo, a localização de algumas amostras em furos de sondagem.

Ponto/Fs*	Amostra	Coordenadas		Petrografia	MEV	Geoquímica - elementos maiores	Geoquímica - elementos traço	Litotipo	Profundidade
		Lat.	Long.						
Amostras de afloramento									
MAG-02	MAG-02	209142	8434957	X	X	X	X	Metamáfica	N.a.
MAG-04	MAG-04	208651	8433088	X		X	X	Metamáfica	N.a.
MAG-12	MAG-12	208414	8430119	X	X	X	X	Metamáfica	N.a.
MAG-25	MAG-25.2	203871	8429241	X	X	X	X	Metamáfica	N.a.
MAG-29	MAG-29B	204457	8428377			X	X	Metamáfica	N.a.
MAG-36	MAG-36	204903	8433094			X	X	Metamáfica	N.a.
MAG-38	MAG-38.1	205401	8434284	X		X	X	Metamáfica	N.a.
MAG-39	MAG-39A	204740	8434672	X		X	X	Metamáfica	N.a.
MAG-73	MAG-73B	205534	8426119	X		X	X	Metamáfica	N.a.
MAG-28	MAG-28.2	204195	8428502	X				Metamáfica	N.a.
MAG-34	MAG-34.3	205238	8432861	X				Metaultramáfica	N.a.
MAG-46	MAG-46	206628	8434614	X				Metamáfica	N.a.
MAG-73	MAG-73A	205534	8426119	X	X			Metamáfica	N.a.
Amostras de furo de sondagem									
Fs. FG2	FG2-07	205989	8434141	X		X	X	Metaultramáfica	139,60-139,73
Fs. FG4	FG4-01	206749	8433966	X		X	X	Metamáfica	141,38-141,56
Fs. FSP-04	FSP-04-08	208266	8433290	X		X	X	Metamáfica	56,7-57,00
Fs. FSP-04	FSP-04-09	208266	8433290	X		X	X	Metamáfica	64,34-64,57
Fs. FSP-05	FSP-05-07	207766	8433302	X		X	X	Metaultramáfica	
Fs. FSP-05	FSP-05-08	207766	8433302	X		X	X	Metamáfica	189,46-189,74
Fs. SLO-08	SLO-08-01	203470	8430714	X	X	X	X	Metamáfica	19,99-20,29
Fs. SLO-08	SLO-08-02	203470	8430714	X		X	X	Metamáfica	19,61-19,80
Fs. FSP-05	FSP-05-06	207766	8433302	X				Metaultramáfica	153,79-154,22

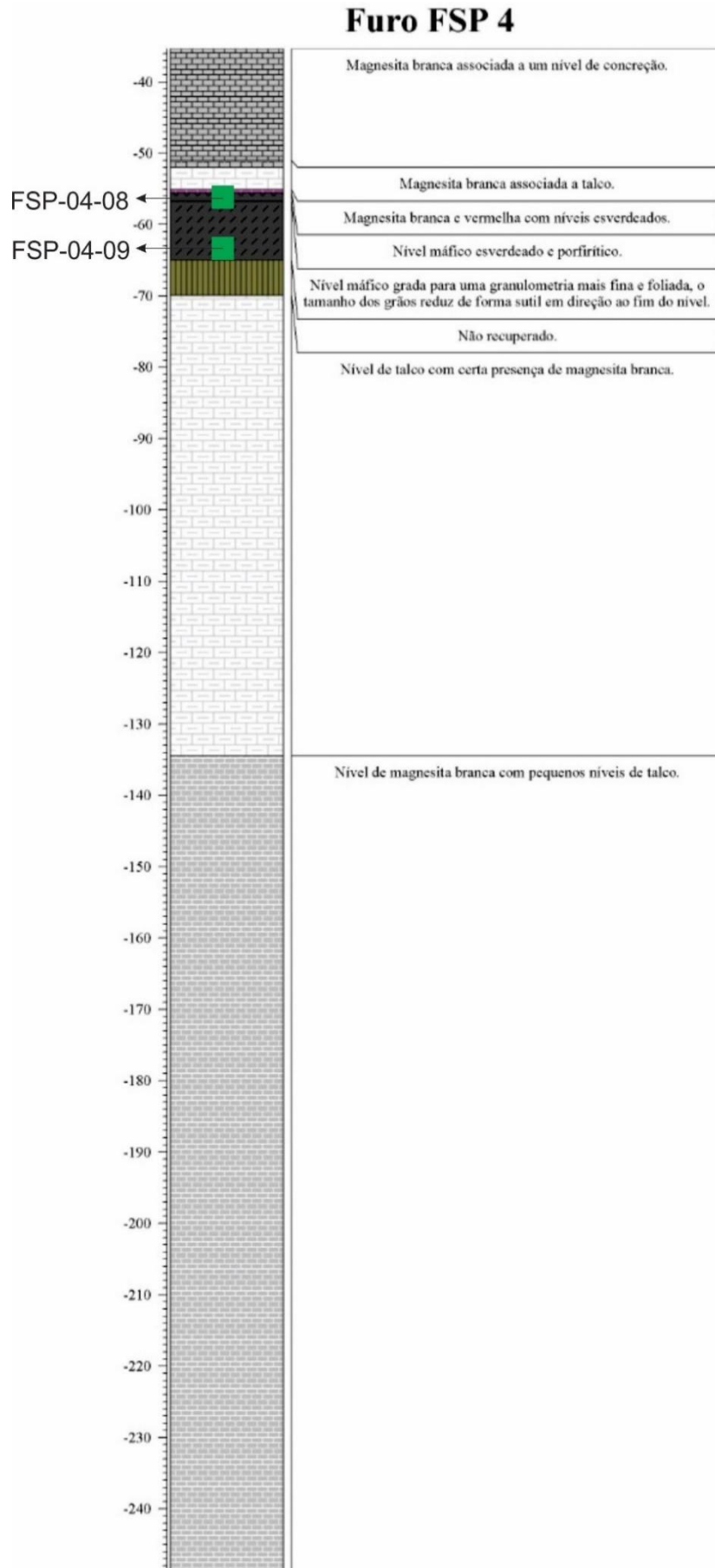


Figura A.1: Localização das amostras coletadas no furo de sondagem FSP4.

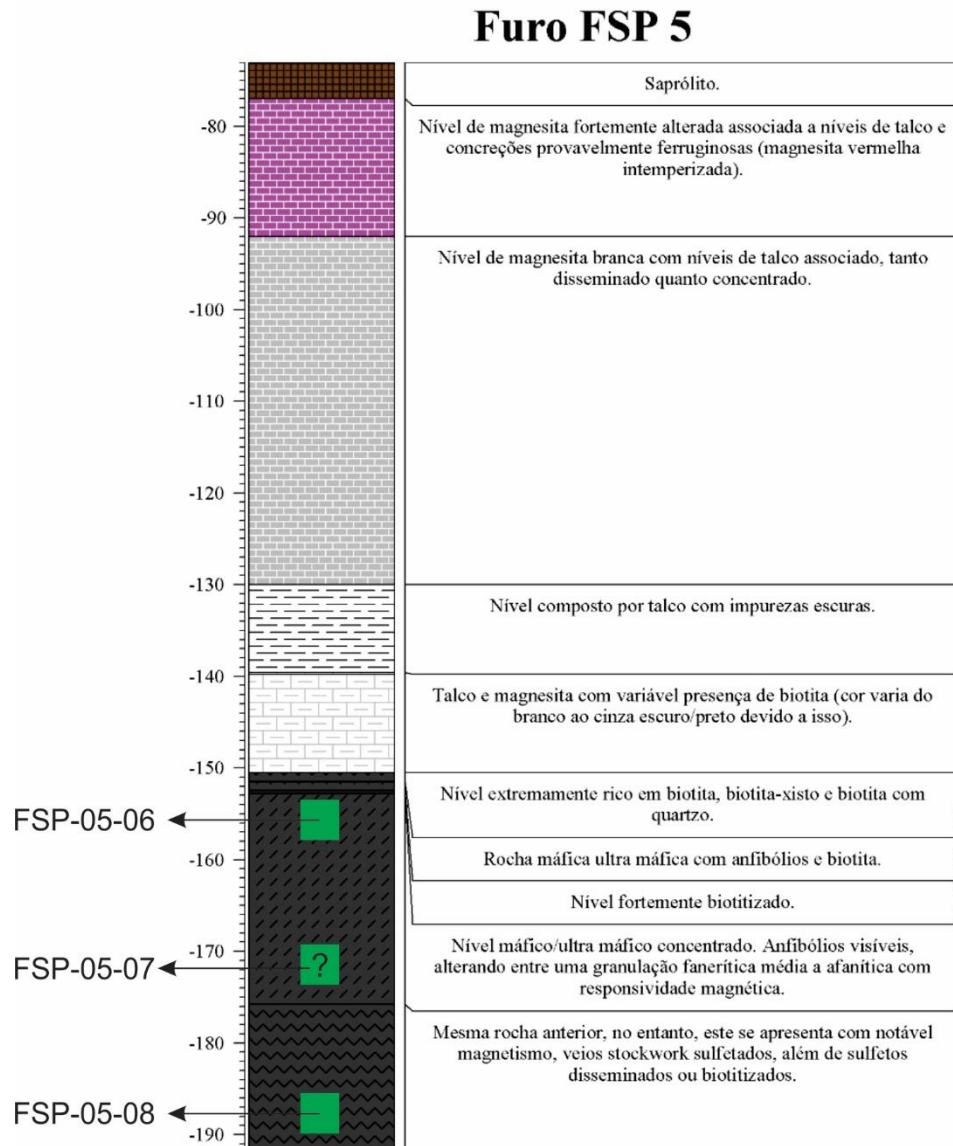


Figura A.2: Localização das amostras coletadas no furo de sondagem FSP5.

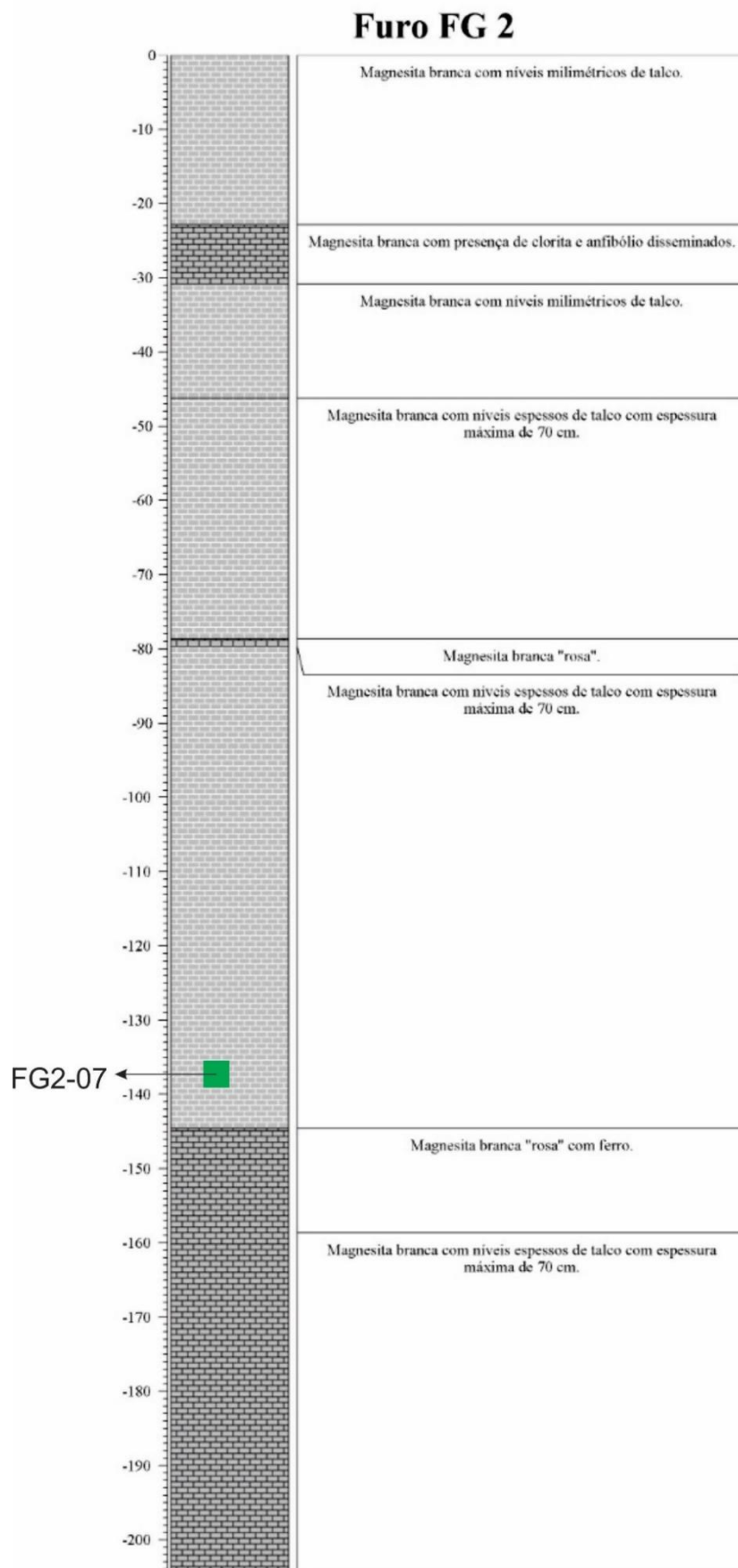


Figura A.3: Localização das amostras coletadas no furo de sondagem FSP2.

APÊNDICE B – LIMITES DE DETECÇÃO DAS ANÁLISES LITOGEOQUÍMICAS DE ROCHA TOTAL ATRAVÉS DE ICP- EAS – ALS GLOBAL

Tabela B.1: Dados acerca dos limites de detecção das análises de ICP-EAS segundo dados informados por ALS Global.

Código	Análises e limites (%)				Descrição
ME- ICP06 2g de amostra	Al ₂ O ₃	0,01-100	K ₂ O	0,01-100	Pastilha fundida, digestão em ácido e ICP-EAS. LOI em fornalha ou em analisador termogravimétrico
	BaO	0,01-100	MgO	0,01-100	
	CaO	0,01-100	MnO	0,01-100	
	Cr ₂ O ₃	0,002-100	TiO ₂	0,01-100	
	Fe ₂ O ₃	0,01-100	LOI	0,01-100	

APÊNDICE C – RESULTADOS GEOQUÍMICOS DE ELEMENTOS MAIORES E TRAÇO (ICP-EAS E MS)

Tabela C.1: Resultados para as análises químicas de rocha total. Unidades para óxidos de elementos maiores: wt%; para elementos traço: ppm.

Amostra	MAG-12	MAG-36	MAG38.1A	MAG-39A	FG2-07	FG4-01	FSP-04-08	FSP-04-09	FSP-05-07	MAG-02	MAG-04	MAG-25.2	SLO-008-01	SLO-008-02
SiO ₂	48,6	48,5	48	56,4	48,9	46,5	48,9	49	50	48,5	51,7	51,1	52,7	49,9
TiO ₂	1,11	1,58	0,75	0,82	1,3	4,11	3,33	3,34	1,27	3,79	3,34	2,83	1,38	1,21
Al ₂ O ₃	7,81	7,17	11,45	12,8	7,62	12,95	12,4	12,55	7,25	12,2	12,75	13,4	7,32	6,87
Fe ₂ O ₃	12	16,45	13,55	11,2	13,5	16,1	17,35	17,35	13,8	17,6	16,55	16,15	13,9	14,4
MnO	0,22	0,24	0,52	0,21	0,2	0,2	0,24	0,24	0,28	0,22	0,21	0,25	0,15	0,21
MgO	15,1	11,9	10,05	6,69	14	5,18	6,22	5,49	15,1	4,67	3,91	4,93	11,3	11,15
CaO	11,85	11,4	12,1	11,8	7,99	9,27	7,35	7,79	8,33	8,26	8	8,44	9,03	10,45
Na ₂ O	0,89	0,95	0,71	0,32	1,57	2,14	1,55	1,93	1,37	1,85	2,91	1,6	3,04	2,85
K ₂ O	0,21	0,18	0,3	0,33	1,08	0,63	1,74	1,04	0,12	0,64	0,51	0,45	0,28	0,36
P ₂ O ₅	0,03	0,12	0,11	0,13	0,14	0,96	0,39	0,37	0,13	0,54	0,7	0,32	0,12	0,13
Cr ₂ O ₃	0,108	0,241	0,017	0,021	0,139	0,007	0,003	0,002	0,156	0,003	0,002	0,009	0,078	0,092
LOI	2,02	0,84	1,18	0,57	1,48	2,4	0,16	2,41	1,35	1,46	2,89	1,23	1,52	2,96
Total	99,948	99,571	98,737	101,291	97,919	100,447	99,633	101,512	99,156	99,733	103,472	100,709	100,818	100,582
V	148	380	465	503	158	436	385	143	453	259	117	148	204	184
Rb	32,9	8,7	40,4	19,8	1,4	16,8	5,6	0,9	3	0,7	1,7	1,5	6,5	9,9
Sr	172,5	613	222	210	263	212	274	9,1	249	70,3	13,5	62,5	60,2	76,4
Ba	151,5	265	305	189,5	18,3	213	88,4	25,6	93,8	21,1	89,9	139,5	199	255
Ga	13	22,5	23	24,6	12,1	25,2	25,7	13,8	23,2	17	15,3	17,4	13,8	12,2
Cs	1,7	0,22	0,72	0,36	0,09	2,54	0,11	0,11	0,05	0,13	0,1	0,11	0,42	0,72
Nb	10,2	50,5	17,7	16,7	8,8	18,2	20,8	10	15,7	9,2	9,9	7,4	11,9	9,1
Y	15,1	37,1	43,3	42,2	15,5	45,3	52,1	28,9	49,2	23,9	36,1	22,9	19,9	17,1
Zr	114	386	219	213	110	223	274	97	193	125	111	105	115	104
Hf	3,1	8,6	5,9	6	2,8	6	7,5	2,8	5,4	3,3	3,3	3	3,1	3,2
Ta	0,5	2,9	1	0,9	0,5	1,1	1,3	0,5	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
Th	2,32	4,25	2,35	2,17	2,06	2,21	2,87	1,69	2,03	1,43	7,71	7,14	2,37	1,86
U	0,39	1,06	0,67	0,62	0,5	0,55	0,81	0,68	0,44	0,35	1,3	2,11	0,91	0,69
La	19,2	66,3	21,7	18,8	21,5	21,7	27,5	14,7	23,2	19,4	19,7	22,2	23,7	18,1
Ce	43,3	144	50,5	46,3	48	50,6	63,4	14,2	43,7	16,8	45,2	44,6	50,1	40,3
Nd	22,5	71,5	30,9	29,4	24,4	31,6	38,9	16,8	31,1	28,7	18,5	19	26,6	21,7
Sm	4,87	13,3	8	8,1	4,85	8,2	10,2	4,34	8,73	6,85	4,6	4,14	5,96	5,39
Eu	1,41	4,16	2,29	2,46	1,34	2,41	3,44	1,56	2,89	2,56	0,82	0,76	1,49	1,22
Gd	3,83	11,15	8,81	8,74	3,93	9,31	11,9	4,95	10,4	6,77	5,22	4,18	5,44	4,02
Tb	0,5	1,34	1,39	1,23	0,51	1,38	1,64	0,71	1,42	0,85	0,88	0,59	0,78	0,62
Dy	3,19	8,16	8,57	8,11	3,27	9,05	10,1	4,86	9,47	5,47	5,8	4,09	4,96	3,78
Ho	0,58	1,51	1,72	1,62	0,58	1,71	2,1	0,95	1,88	0,9	1,3	0,78	0,8	0,65
Er	1,83	4,01	4,51	4,38	1,62	4,92	6	2,64	5,17	2,3	3,83	2,09	1,94	1,64
Yb	1,49	3,12	3,81	4,15	1,45	4,42	4,93	2,34	4,96	1,69	3,79	2,2	1,71	1,52
Lu	0,23	0,47	0,55	0,56	0,17	0,65	0,72	0,32	0,72	0,25	0,55	0,34	0,23	0,19
Sn	2	2	3	3	2	2	3	3	3	1	6	3	3	3
W	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	4	2	2
Pr	5,39	18,3	7,02	6,34	5,93	7,12	8,71	3,55	7,03	6,22	4,97	4,92	6,53	5,27
Tm	0,25	0,54	0,66	0,65	0,25	0,7	0,81	0,4	0,71	0,38	0,56	0,36	0,33	0,26

APÊNDICE D – RESULTADOS DE MEV EM ANFIBÓLIOS

Tabela D.1: Resultados para análises de MEV em anfibólios, seguindo os parâmetros de Hawthorne et al. (2012) elaboradas nas planilhas de Locock (2014) com base em 23 oxigênios. As amostras M2 e M25 se encontram situadas na Unidade Carbonática, enquanto a amostra M12 se encontra na Unidade Vulcanoquímica.

Amostra/Espectro	M2E7	M2E08	M2E17	M2E22	M2E23	M2E24	M2E27	M2E28	M2E29	M2E31	M2E32	M2E42	M2E44	M2E47
Domínio	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD
SiO ₂	45,30	44,90	46,90	45,44	45,35	46,15	44,48	45,21	44,88	44,86	43,62	45,44	44,59	44,34
TiO ₂	0,81	0,56	0,64	0,00	0,69	0,79	0,63	0,69	0,42	0,61	0,71	0,79	0,89	0,81
Al ₂ O ₃	14,78	15,36	23,77	15,46	14,98	14,33	14,81	14,88	15,19	14,45	15,55	14,98	14,64	14,96
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	16,24	16,08	14,61	16,23	16,00	16,77	17,09	16,24	16,57	16,73	17,16	17,31	17,17	16,85
MgO	9,43	9,64	5,12	9,37	9,24	8,74	9,44	9,48	9,21	9,42	8,84	9,60	9,23	8,91
CaO	10,41	10,16	5,68	10,27	10,40	10,54	10,28	10,17	10,41	10,70	10,61	10,89	10,43	10,77
Na ₂ O	2,06	1,98	1,26	2,03	2,07	1,82	2,19	2,10	2,22	2,18	2,14	0,00	1,77	1,92
K ₂ O	0,96	0,93	1,65	0,84	0,93	0,84	0,83	0,92	0,77	0,81	1,01	0,98	0,93	1,09
Total	99,99	99,61	99,63	99,64	99,66	99,98	99,75	99,69	99,67	99,76	99,64	99,99	99,65	99,65
Fe ₃₊ /ΣFe used	0,117	0,119	0	0,154	0,098	0,069	0,114	0,096	0,087	0,076	0,085	0,008	0,162	0,063
Mn ³⁺ /ΣMn used	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	14,34	14,166	14,61	13,731	14,432	15,613	15,142	14,681	15,128	15,459	15,701	17,172	14,388	15,788
Fe ₂ O ₃	2,112	2,127	0	2,778	1,743	1,286	2,165	1,733	1,602	1,413	1,621	0,154	3,091	1,18
H ₂ O ⁺	2,04	2,04	2,11	2,05	2,04	2,04	2,03	2,04	2,04	2,03	2,02	2,04	2,03	2,03
Total	102,242	101,863	101,74	101,969	101,875	102,149	101,997	101,904	101,87	101,932	101,822	102,046	101,989	101,798
T (ideally 8 apfu)														
Si	6,506	6,462	6,538	6,52	6,528	6,636	6,437	6,513	6,483	6,496	6,349	6,545	6,443	6,444
Al	1,494	1,538	1,462	1,48	1,472	1,364	1,563	1,487	1,517	1,504	1,651	1,455	1,557	1,556

T subtotal	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
C (ideally 5 apfu)															
Ti	0,088	0,061	0,067		0,075	0,085	0,069	0,075	0,046	0,066	0,078	0,086	0,097	0,089	
Al	1,008	1,067	2,443	1,134	1,07	1,064	0,962	1,04	1,069	0,962	1,016	1,088	0,937	1,006	
Cr															
Fe3+	0,228	0,229		0,299	0,188	0,14	0,237	0,187	0,173	0,153	0,177	0,016	0,337	0,129	
Mn2+															
Fe2+	1,658	1,574	1,426	1,563	1,684	1,837	1,696	1,662	1,729	1,785	1,811	1,749	1,642	1,846	
Mg	2,019	2,068	1,064	2,004	1,983	1,873	2,036	2,036	1,983	2,033	1,918	2,061	1,988	1,93	
C subtotal	5,001	4,999	5	5	5	4,999	5	5	5	4,999	5	5	5,001	5	
B (ideally 2 apfu)															
Mn2+															
Fe2+	0,065	0,132	0,277	0,086	0,054	0,04	0,136	0,107	0,099	0,087	0,101	0,319	0,097	0,073	
Mg															
Ca	1,602	1,567	0,848	1,579	1,604	1,624	1,594	1,57	1,611	1,66	1,655	1,681	1,615	1,677	
Na	0,333	0,302	0,341	0,336	0,342	0,336	0,27	0,323	0,29	0,253	0,244		0,289	0,25	
B subtotal	2	2,001	1,466	2,001	2	2	2	2	2	2	2	2	2,001	2	
A (from 0 to 1 apfu)															
Ca															
Na	0,241	0,251		0,229	0,236	0,171	0,344	0,264	0,332	0,36	0,36		0,207	0,291	
K	0,176	0,171	0,293	0,154	0,171	0,154	0,153	0,169	0,142	0,15	0,188	0,18	0,171	0,202	
A subtotal	0,417	0,422	0,293	0,383	0,407	0,325	0,497	0,433	0,474	0,51	0,548	0,18	0,378	0,493	
O (non-W)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
W (ideally 2 apfu)															
OH	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
W subtotal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sum T,C,B,A	15,418	15,422	14,759	15,384	15,407	15,324	15,497	15,433	15,474	15,509	15,548	15,18	15,38	15,493	
Classificação	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Ferro-Tschermakita	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Pargasita	Pargasita	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda
Amostra/Espectro	M2E51	M2E52	M2E53	M2E59	M2E60	M25E144	M25E145	M25E146	M25E152	M25E153	M25E155	M25E157	M25E158	M25E160	
Domínio	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	
SiO ₂	44,55	44,76	44,07	38,70	44,60	43,64	43,38	43,75	44,40	44,74	45,32	43,73	42,33	43,16	
TiO ₂	0,86	0,53	0,78	0,62	0,81	0,60	0,62	0,44	0,45	0,00	0,47	0,71	0,71	0,00	

Ca	1,642	1,651	1,66	1,408	1,642	1,65	1,639	1,688	1,688	1,746	1,615	1,651	1,698	1,462
Na	0,307	0,285	0,25	0,347	0,265	0,17	0,211	0,221	0,168	0,194	0,257	0,201	0,153	0,347
B subtotal	2	2	2	2	2	1,999	2	1,999	2	2	2	2	1,999	2
A (from 0 to 1 apfu)														
Ca														
Na	0,19	0,365	0,352	0,083	0,313	0,31	0,319	0,249	0,285	0,246	0,169	0,279	0,368	0,137
K	0,182	0,183	0,17	0,149	0,181	0,112	0,149	0,123	0,135	0,121	0,102	0,145	0,141	0,128
A subtotal	0,372	0,548	0,522	0,232	0,494	0,422	0,468	0,372	0,42	0,367	0,271	0,424	0,509	0,265
O (non-W)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
W (ideally 2 apfu)														
OH	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
W subtotal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sum T,C,B,A	15,372	15,548	15,522	15,232	15,493	15,421	15,467	15,372	15,42	15,367	15,27	15,424	15,509	15,266
Classificação	Tschermakita	Pargasita	Pargasita	Tschermakita	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Tschermakita	Tschermakita	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Tschermakita	Magnésio-hornblenda	Pargasita	Tschermakita
Amostra/Espectro	M25E164	M25E167	M25E168	M25E169	M25E172	M25E175	M25E176	M25E178	M25E180	M25E185	M25E187	M25E188	M25E190	M25E191
Domínio	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD
SiO ₂	42,99	43,30	42,48	43,77	43,72	39,33	43,71	44,41	44,44	42,85	44,31	42,85	43,63	42,85
TiO ₂	0,41	0,66	0,76	0,60	0,41	0,76	0,64	0,00	0,47	0,52	0,42	0,75	0,00	0,64
Al ₂ O ₃	18,04	16,78	16,73	16,73	16,99	16,64	16,55	17,76	18,03	16,32	15,74	16,60	15,53	17,09
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	14,25	14,40	16,02	14,42	14,58	19,05	14,70	13,62	12,21	15,66	14,69	15,58	15,91	15,35
MgO	8,56	10,42	6,53	10,15	10,18	7,22	10,42	10,35	10,16	9,67	10,77	9,69	10,89	9,71
CaO	12,47	10,90	13,05	10,82	10,47	13,79	10,74	10,41	9,97	11,45	10,72	10,92	11,20	10,64
Na ₂ O	1,47	1,92	1,98	1,84	1,96	1,08	1,76	1,93	2,33	1,57	1,89	1,79	1,57	2,01
K ₂ O	0,59	0,67	1,29	0,75	0,75	1,03	0,76	0,69	0,85	0,81	0,65	0,88	0,64	0,82
Total	99,25	99,05	98,84	99,08	99,06	98,9	99,28	99,17	98,9	99,22	99,19	99,06	99,37	99,11
Fe ³⁺ /ΣFe used	0	0,135	0	0,119	0,145	0,307	0,148	0,222	0,165	0,116	0,148	0,121	0,308	0,132
Mn ³⁺ /ΣMn used	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MnO	0,47	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0,37	0	0	0	0
Mn ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	14,25	12,456	16,02	12,704	12,466	13,202	12,524	10,596	10,195	13,843	12,516	13,695	11,01	13,324

Fe2O3	0	2,16	0	1,907	2,349	6,5	2,418	3,36	2,239	2,019	2,416	2,095	5,446	2,252
H2O+	2,04	2,05	2,01	2,06	2,06	1,99	2,05	2,08	2,08	2,03	2,06	2,04	2,05	2,04
Total	101,29	101,316	100,85	101,331	101,355	101,542	101,572	101,586	101,204	101,452	101,492	101,31	101,966	101,376
T (ideally 8 apfu)														
Si	6,229	6,239	6,282	6,301	6,287	5,842	6,28	6,314	6,328	6,229	6,367	6,221	6,263	6,202
Al	1,771	1,761	1,718	1,699	1,713	2,158	1,72	1,686	1,672	1,771	1,633	1,779	1,737	1,798
T subtotal	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
C (ideally 5 apfu)														
Ti	0,045	0,072	0,085	0,065	0,044	0,085	0,069		0,05	0,057	0,045	0,082		0,07
Al	1,31	1,089	1,197	1,139	1,166	0,755	1,083	1,29	1,354	1,025	1,033	1,061	0,89	1,117
Cr														
Fe3+		0,234		0,206	0,255	0,727	0,261	0,36	0,24	0,22	0,262	0,229	0,588	0,244
Mn2+	0,058													
Fe2+	1,727	1,367	1,981	1,412	1,352	1,64	1,355	1,156	1,199	1,602	1,353	1,532	1,192	1,473
Mg	1,849	2,238	1,44	2,178	2,182	1,599	2,232	2,194	2,157	2,096	2,307	2,097	2,33	2,095
C subtotal	4,989	5	4,703	5	4,999	4,806	5	5	5	5	5	5,001	5	4,999
B (ideally 2 apfu)														
Mn2+									0,053	0,046				
Fe2+		0,134		0,118	0,146		0,15	0,103	0,015	0,081	0,151	0,131	0,13	0,14
Mg														
Ca	1,936	1,683	2	1,669	1,613	2	1,653	1,586	1,521	1,783	1,65	1,699	1,723	1,65
Na	0,064	0,183		0,213	0,24		0,196	0,311	0,41	0,09	0,199	0,17	0,147	0,209
B subtotal	2	2	2	2	1,999	2	1,999	2	1,999	2	2	2	2	1,999
A (from 0 to 1 apfu)														
Ca			0,068			0,195								
Na	0,349	0,354	0,568	0,3	0,306	0,311	0,294	0,221	0,233	0,352	0,328	0,334	0,29	0,355
K	0,109	0,123	0,243	0,138	0,138	0,195	0,139	0,125	0,154	0,15	0,119	0,163	0,117	0,151
A subtotal	0,458	0,477	0,879	0,438	0,444	0,701	0,433	0,346	0,387	0,502	0,447	0,497	0,407	0,506
O (non-W)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
W (ideally 2 apfu)														
OH	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
W subtotal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sum T,C,B,A	15,447	15,477	15,582	15,438	15,442	15,507	15,432	15,346	15,386	15,502	15,447	15,498	15,407	15,504

Fe2+	1,514	1,029	1,371	1,378	1,377	1,15	0,71	0,706	0,611	0,559	0,582	0,634	0,737	0,723
Mg	2,213	2,387	2,173	2,247	2,147	2,292	3,157	3,085	3,71	3,717	3,732	3,254	3,209	3,186
C subtotal	5	4,999	5,001	5	4,999	5,001	5	5,001	5	5,001	4,999	5,001	4,999	5,001
B (ideally 2 apfu)														
Mn2+														
Fe2+	0,127	0,136	0,167	0,154	0,15	0,114	0,091	0,115	0,139	0,207	0,161	0,121	0,085	0,133
Mg														
Ca	1,75	1,581	1,65	1,675	1,636	1,581	1,667	1,671	1,731	1,612	1,68	1,629	1,721	1,679
Na	0,123	0,283	0,183	0,171	0,215	0,304	0,241	0,214	0,131	0,181	0,159	0,25	0,194	0,188
B subtotal	2	2	2	2	2,001	1,999	1,999	2	2,001	2	2	2	2	2
A (from 0 to 1 apfu)														
Ca														
Na	0,348	0,245	0,315	0,329	0,277	0,226	0,147	0,228	0,09	0,038	0,066	0,129	0,182	0,132
K	0,12	0,085	0,127	0,143	0,143	0,122	0,053				0,042	0,061	0,06	0,058
A subtotal	0,468	0,33	0,442	0,472	0,42	0,348	0,2	0,228	0,09	0,038	0,108	0,19	0,242	0,19
O (non-W)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
W (ideally 2 apfu)														
OH														
OH	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
W subtotal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sum T,C,B,A	15,468	15,329	15,443	15,472	15,42	15,348	15,199	15,229	15,091	15,039	15,107	15,191	15,241	15,191
Classificação	Magnésio-hornblenda	Tschemakita	Tschemakita	Magnésio-hornblenda	Tschemakita	Tschemakita	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda
Amostra/Espectro	M12E88	M12E89	M12E91	M12E95	M12E96	M12E99	M12E100	M12E101	M12E102	M12E104	M12E105	M12E107	M12E108	M12E109
Domínio	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD
SiO ₂	48,43	51,82	48,42	47,18	48,48	48,93	52,42	51,18	52,26	51,03	50,26	42,81	49,93	46,24
TiO ₂	0,54	0,00	0,62	0,50	0,42	0,61	0,00	0,39	0,00	0,00	0,51	0,41	0,38	0,40
Al ₂ O ₃	13,05	9,51	13,43	14,01	12,65	15,45	8,97	9,84	8,11	10,02	8,75	21,61	13,89	17,34
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FeO	10,10	9,07	9,97	11,04	10,27	9,94	8,69	9,46	10,00	9,40	11,71	8,72	10,02	9,13
MgO	15,00	17,79	14,48	13,90	14,25	12,61	16,99	16,25	15,68	16,87	14,81	13,69	13,77	13,63
CaO	10,60	10,57	11,02	11,19	11,87	9,47	10,96	10,87	11,99	10,98	12,65	10,01	9,76	10,61
Na ₂ O	1,79	1,23	1,49	1,65	1,38	1,64	1,37	1,37	1,27	1,28	1,11	1,90	1,39	1,73

K ₂ O	0,32	0,00	0,33	0,31	0,39	0,85	0,38	0,36	0,00	0,23	0,00	0,44	0,47	0,56
Total	99,83	99,99	99,76	99,78	99,71	99,5	99,78	99,72	99,31	99,81	99,8	99,59	99,61	99,64
Fe3+/ΣFe used	0,384	0,377	0,302	0,293	0,162	0,021	0,279	0,28	0,101	0,363	0,099	0,495	0,07	0,372
Mn3+/ΣMn used	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn2O3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO	6,222	5,651	6,959	7,805	8,606	9,731	6,265	6,811	8,99	5,988	10,551	4,404	9,319	5,734
Fe2O3	4,31	3,8	3,346	3,595	1,849	0,232	2,694	2,944	1,122	3,792	1,288	4,797	0,779	3,775
H2O+	2,12	2,14	2,12	2,1	2,11	2,12	2,14	2,13	2,12	2,13	2,09	2,13	2,13	2,12
Total	102,382	102,511	102,215	102,24	102,005	101,643	102,189	102,145	101,542	102,32	102,019	102,201	101,818	102,139
T (ideally 8 apfu)														
Si	6,691	7,073	6,702	6,578	6,767	6,797	7,193	7,058	7,28	7,013	7,06	5,903	6,906	6,387
Al	1,309	0,927	1,298	1,422	1,233	1,203	0,807	0,942	0,72	0,987	0,94	2,097	1,094	1,613
T subtotal	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
C (ideally 5 apfu)														
Ti	0,056		0,065	0,052	0,044	0,064		0,04			0,054	0,043	0,04	0,042
Al	0,816	0,603	0,893	0,88	0,847	1,327	0,643	0,657	0,612	0,636	0,508	1,415	1,17	1,21
Cr														
Fe3+	0,448	0,39	0,348	0,377	0,194	0,024	0,278	0,306	0,118	0,392	0,137	0,497	0,082	0,392
Mn2+														
Fe2+	0,59	0,387	0,706	0,802	0,949	0,974	0,603	0,657	1,014	0,516	1,2	0,231	0,87	0,55
Mg	3,09	3,62	2,988	2,889	2,965	2,611	3,475	3,341	3,256	3,456	3,101	2,814	2,839	2,807
C subtotal	5	5	5	5	4,999	5	4,999	5,001	5	5	5	5	5,001	5,001
B (ideally 2 apfu)														
Mn2+														
Fe2+	0,129	0,258	0,1	0,108	0,055	0,157	0,116	0,129	0,034	0,172	0,039	0,278	0,208	0,113
Mg														
Ca	1,569	1,546	1,634	1,672	1,775	1,41	1,611	1,606	1,79	1,617	1,904	1,479	1,446	1,57
Na	0,302	0,196	0,266	0,22	0,17	0,434	0,273	0,265	0,177	0,211	0,057	0,243	0,346	0,317
B subtotal	2	2	2	2	2	2,001	2	2	2,001	2	2	2	2	2
A (from 0 to 1 apfu)														
Ca														
Na	0,178	0,13	0,134	0,226	0,204	0,008	0,092	0,101	0,166	0,13	0,245	0,265	0,027	0,146

K	0,056		0,058	0,055	0,069	0,151	0,067	0,063		0,04		0,077	0,083	0,099
A subtotal	0,234	0,13	0,192	0,281	0,273	0,159	0,159	0,164	0,166	0,17	0,245	0,342	0,11	0,245
O (non-W)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
W (ideally 2 apfu)														
OH	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
W subtotal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sum T,C,B,A	15,234	15,13	15,192	15,281	15,272	15,16	15,158	15,165	15,167	15,17	15,245	15,342	15,111	15,246
Classificação	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Magnésio-hornblenda	Tschemakita	Magnésio-hornblenda	Tschemakita
Amostra/Espectro	M12E110	M12E113	M12E114	M12E121	M12E123	M12E124	M12E128	M12E129						
Domínio	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD						
SiO ₂	42,56	47,72	46,96	45,97	47,37	49,30	56,25	53,65						
TiO ₂	0,00	0,53	0,60	0,55	0,55	0,00	0,00	0,00						
Al ₂ O ₃	23,78	12,45	13,61	13,51	14,08	11,17	9,98	7,97						
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
FeO	8,66	11,08	11,18	12,18	10,73	10,71	3,22	7,17						
MgO	11,63	15,00	13,67	13,41	13,74	15,02	20,22	19,69						
CaO	10,87	11,26	11,36	11,98	11,14	11,71	8,25	9,96						
Na ₂ O	1,84	1,54	1,77	1,79	1,61	1,57	1,65	1,37						
K ₂ O	0,39	0,41	0,59	0,43	0,56	0,27	0,00	0,00						
Total	99,73	99,99	99,74	99,82	99,78	99,75	99,57	99,81						
Fe ³⁺ /ΣFe used	0,404	0,359	0,211	0,127	0,249	0,226	0	0,425						
Mn ³⁺ /ΣMn used	0	0	0	0	0	0	0	0						
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0						
Mn ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0						
FeO	5,161	7,102	8,821	10,633	8,058	8,29	3,22	4,123						
Fe ₂ O ₃	3,888	4,421	2,622	1,719	2,969	2,69	0	3,387						
H ₂ O+	2,13	2,1	2,09	2,07	2,1	2,1	2,22	2,17						
Total	102,249	102,533	102,093	102,062	102,177	102,12	101,79	102,32						
T (ideally 8 apfu)														
Si	5,866	6,638	6,591	6,514	6,608	6,874	7,46	7,258						
Al	2,134	1,362	1,409	1,486	1,392	1,126	0,54	0,742						
T subtotal	8	8	8	8	8	8	8	8						

APÊNDICE E – RESULTADOS DE MEV EM PLAGIOCLÁSIOS

Tabela E.1: Resultados de análises de MEV em plagioclásios segundo as tabelas de Brady & Perkins (2019). Calculados para 8 oxigênios.

Amostra/Espectro	M73AE356	M73AE357	M73AE372	M73AE374	M73AE375	M73AE376	SLO81E318	SLO81E324	SLO81E333	SLO81E334	M2E20	M2E58	M25E149	M25E183
Domínio	FD	FD	FD	FD	FD	FD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD	SCTD
SiO ₂	46,85	46,04	45,79	46,58	46,24	45,94	63,94	63,82	66,42	61,17	61,29	62,19	56,06	52,8
Al ₂ O ₃	36,12	36,74	37,14	36,39	37,12	37,18	20,32	20,47	19,92	25,26	24,27	23,81	28,54	31,21
CaO	15,64	16,1	16,29	15,68	15,91	16,01	0,00	0,00	0,43	0,00	3,83	3,21	7,86	10,5
Na ₂ O	1,38	1,12	0,78	1,35	0,74	0,86	15,74	15,71	13,23	13,57	10,61	10,78	7,54	5,49
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,99	100	100	100	100,01	99,99	100	100	100	100	100	99,99	100	100
cations	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms	atoms
Si	2,1519939	2,1170782	2,109598	2,1389452	2,1314744	2,1154901	2,7000265	2,6949906	2,8627093	2,6085053	2,67481295	2,7135415	2,486323167	2,368192899
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al	1,9553968	1,990251	2,0166322	1,9694182	2,0166288	2,0178325	1,0112879	1,018765	1,011867	1,2695281	1,248329676	1,224421732	1,491812269	1,649805106
Ca	0,7697077	0,79286	0,8040958	0,7714431	0,7857604	0,7898943	0	0	0,0198566	0	0,179085415	0,150064716	0,373494901	0,504580077
Ba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na	0,1229016	0,0998109	0,069674	0,1201935	0,0661364	0,076783	1,2886856	1,2862444	1,105567	1,1219666	0,89777196	0,911972052	0,648369663	0,477421918
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
tot. cat.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
tot. oxy.	8,0682415	8,0622982	8,0830771	8,0635576	8,1067206	8,0860149	7,5613276	7,5612509	7,8158593	7,682286	7,850091808	7,86976634	7,90804447	7,954384493
Si+Ti+Al+Fe3=	4,1073907	4,1073292	4,1262302	4,1083635	4,1481032	4,1333226	3,7113144	3,7137556	3,8745764	3,8780334	3,923142626	3,937963232	3,978135436	4,017998005
Ca+Na+K=	0,8926093	0,8926708	0,8737698	0,8916365	0,8518968	0,8666774	1,2886856	1,2862444	1,1254236	1,1219666	1,076857374	1,062036768	1,021864564	0,982001995
Teores	An86,26 Ab13,77	An88,82 Ab11,18	An92,03 Ab7,97	An86,52 Ab13,48	An92,24 Ab7,76	An91,14 Ab8,86	Ab100,00	Ab100,00	An1,76 Ab98,24	Ab100,00	An16,63 Ab83,37	An14,13 Ab85,87	An36,55 Ab64,45	An51,38 Ab48,62
Classificação	Bytownita	Bytownita	Anortita	Bytownita	Anortita	Anortita	Albita	Albita	Albita	Albita	Oligoclásio	Oligoclásio	Andesina	Labradorita

ANEXO A – REGAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA BRAZILIAN JOURNAL OF GEOLOGY

Form and preparation of manuscripts

Use of word processing software Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts.

To avoid errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure There are no strict formatting requirements, but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example, Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, References, Artwork and Tables with Captions.

Divide the article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference. Only relevant modifications should be described.

Theory/calculation A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results Results should be clear and concise.

Discussion This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. This also applies to tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

Title. Concise, informative, and interesting. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

Author names and affiliations. Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript number immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing, publication, and post-publication. Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.

Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Keywords Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of '). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.), as well as institutions and funding agencies.

Units Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Math formulae Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- For Word submissions only, you may provide figures, their captions, and tables within a single file at the revision stage.

Formats Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

- EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.
- TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (half-tones): always use a minimum of 300 dpi.
- TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.
- TIFF (or JPG): Combined bitmapped line/half-tone (color or grayscale) images: a minimum of 500 dpi is required. **Please do not:**
- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork Please make sure that artwork files are in an acceptable format — TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files — and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures, these will appear in color online.

Figure captions Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations to a minimum, but be sure to explain all symbols and abbreviations used.

Tables Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

Citation in text Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Web references As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Reference formatting There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, name(s) of author(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by SCIELO at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Reference style All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. In the text refer to the author's name (without initials) and year of publication (e.g. "Since Almeida (1986) has shown that..." or "This is in agreement with results obtained later (Trompette 1994; Heilbron and Machado 2003)."

For three or more authors use the first author followed by "et al.", in the text. The list of references should be arranged alphabetically by authors' names. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of authors' names and dates are exactly the same in the text as in the reference list. References should be given in the following form:

Papers in scientific journals

Almeida F.F.M. 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **16**:325-349.

Costa I.P., Bueno G.V., Milhomem P.S., Silva H.S.R.L., Kosin M.D. 2007. Sub-bacia de Tucano Norte e Bacia de Jatobá. *Boletim de Geociências da Petrobras*, **15**:445-453.

Escayola M.P., Pimentel M.M., Armstrong R. 2007. Neoproterozoic backarc basin: sensitive high-resolution ion microprobe U-Pb and Sm-Nd isotopic evidence from the eastern Pampean Ranges, Argentina. *Geology*, **35**:495-498.

Heilbron, M. and Machado, N. 2003, Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). *Precambrian Research*, **125**:87-112.

Books and book chapters

Bedell R., Crósta A.P., Grunsky E. (eds.). 2009. *Remote Sensing and Spectral Geology*. Littleton, Society of Economic Geologists, 270 p.

Kaufman A.J., Sial A.N., Frimmel H.E., Misi A. 2009. Neoproterozoic to Cambrian palaeoclimatic events in southwestern Gondwana In: Gaucher C., Sial A.N., Frimmel H.E., Helverson G.P. (eds.). Neoproterozoic- Cambrian tectonics, global change and evolution: a focus on southwestern Gondwana. *Developments in Precambrian Geology*, 16, Amsterdam, Elsevier, p. 369-388.

Pankhurst R.J. & Rapela C.W. (eds.). 1998. *The Proto- Andean margin of Gondwana*. London, Geological Society of London Special Publication, **142**, 382 p.

Trompette R. 1994. *Geology of western Gondwana (2000–500 Ma)*. Rotterdam, Balkema, 350 p.

Papers in scientific meetings

Astini R., Ramos V.A., Benedetto J.L., Vaccari N.E., Cañas F.L. 1996. La Precordillera: un terreno exótico a Gondwana. In: 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso Exploración de Hidrocarburos. Buenos Aires, *Actas*, v. 5, p. 293-324.

Leite-Junior W.B, Bettencourt J.S., Payolla B.L. 2003. Evidence for multiple sources inferred from Sr and Nd isotopic data from felsic rocks in the Santa Clara Intrusive Suite, Rondonia, Brazil. In: SSAGI, South American Symposium on Isotope Geology. Salvador, *Short Papers*, p. 583-585.

Milani E.J. & Thomaz-Filho A. 2000. Sedimentary basins of South América. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz-Filho A., Campos D.A. (eds.). Tectonic evolution of South America. *31st International Geological Congress*. Rio de Janeiro, p. 389-452.

Thesis and dissertations

Paes V.J.C. 1999. *Geologia da quadrícula Alvarenga, MG, e a geoquímica: implicações geotectônicas e metalogenéticas*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 144 p.

Ávila C.A. 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais*. PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 401 p.

Printed maps

Inda H.A.V. & Barbosa J.F. 1978. *Mapa geológico do Estado da Bahia, escala 1:1.000.000*. Salvador, Secretaria das Minas e Energia, Coordenação da Produção Mineral. Mascarenhas J.F. & Garcia T.M. 1989. *Mapa geocronológico do Estado da Bahia, escala 1:1.000.000*. Texto explicativo. Salvador, Secretaria das Minas e Energia, Coordenação da Produção Mineral, 186 p.

Schobbenhaus C. (coord.). 1975. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo – Folha Goiás (SD 22)*. Texto explicativo. Brasília, Departamento Nacional da Produção Mineral, 114 p.

Internal reports

Internal reports will not be accepted, unless of open access for the scientific community and authorized by ad hoc consultants.