

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE GNAISSES E GRANITOIDES ASSOCIADOS AO SISTEMA OROGÊNICO ARAÇUAÍ-RIBEIRA, ESPÍRITO SANTO

Davi Cevolani Busato¹, Marilane Gonzaga de Melo²

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Brasil (davi.busato@edu.ufes.br)

²Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Brasil

Resumo: Os afloramentos estudados registram a evolução tectono-magmática do Sistema Orogênico Araçuaí-Ribeira. O Ortognaisse Muniz Freire representa o magmatismo pré-colisional associado ao desenvolvimento do arco magmático. A presença de Migmatitos indica fusão parcial e metamorfismo de alto grau durante o espessamento crustal do orógeno. O Maciço Alto Chapéu não apresenta evidências de metamorfismo ou deformação, caracterizando essa unidade como um representante do magmatismo pós-colisional.

Palavras-chave: Petrografia; Ortognaisse Muniz Freire; Migmatitos de Borda; Maciço Intrusivo do Alto Chapéu; Sistema Orogênico Araçuaí-Ribeira

INTRODUÇÃO

A Província Mantiqueira caracteriza-se como um sistema orogênico que se formou durante a Orogenia Neoproterozoica Brasileiro-Pan Africana com o fechamento do Paleoceano Adamastor, compreendendo idades aproximadas de 790 Ma a 480 Ma (Heilbron et al., 2004, 2017). Essa província é um resultado direto da amalgamação do Paleocontinente Gondwana Ocidental e se estende, em aspectos geográficos, do Uruguai até o sul da Bahia, sendo composto, bem como segmentado pelos Orógenos Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano e São Gabriel (Heilbron et al., 2004).

O Sistema Orogênico Brasileiro-Panafricano é constituído por múltiplos orógenos de idade Neoproterozoica, contemplando de 1000 Ma a 538,8 Ma. A área de estudo encontra-se inserida na faixa transitória entre o Orógeno Araçuaí e o Orógeno Ribeira, que se apresentam como os segmentos centrais e setentrionais da Província Mantiqueira (Heilbron et al., 2004, 2025).

A área de estudo contempla litologias gnáissicas paraderivadas e ortoderivadas que foram formadas durante os estágios tectônicos pré-colisional e sin-colisional da orogenia, além de rochas formadas durante o estágio tectônico pós-colisional da orogenia. Esses litotipos são descritos na Folha Geológica de Cachoeiro de Itapemirim (Silva, 1993) e inseridos nas seguintes unidades: Migmatitos de Borda; Ortognaisse Muniz Freire; Maciço Intrusivo do Alto Chapéu; Diques Graníticos; e as Rochas Intrusivas Básicas.

Os **Migmatitos de Borda** são heterogêneos com orientação geralmente difusa e apresentam estruturas típicas de migmatitos (estromática, agmática, dobrada, *schlieren* e *schollen*). Exibem corpos lenticulares ou irregulares centimétricos a decimétricos de rochas calcissilicatadas, anfíbolíticas e veios pegmatóides, ainda exibe gnaisses bandados localmente enriquecidos em granada e sillimanita, bem como níveis quartzosos. É evidente a alternância de faixas leucocráticas e melanocráticas que geram um bandamento as vezes dobrado. Em dobramentos mais fechados pode-se ocorrer *boudins* de material máfico nas charneiras das dobras. Os gnaisses são de granulação média a grossa, de textura granonematoblástica, podendo exibir porfiroblastos feldspáticos oclares ou tabulares com tamanhos de até 4 cm e sua mineralogia é composta por quartzo, plagioclásio (andesina), K-feldspato (microclina), biotita, anfíbólio, granada e sillimanita (Silva, 1993).

O **Ortognaisse Muniz Freire** exibe rochas de aspecto granítico, leucocrático a mesocrático, de tonalidades cinza clara a cinza escura e granulação média a grosseira. Algumas vezes apresenta porfiroblastos, com foliação pouco desenvolvida proporcionada pela disposição planar de biotita e anfíbólio. Em áreas onde o ortognaisse se encontra mais tectonizado pode desenvolver uma foliação regular de espessura centimétrica, de bandas predominantemente biotíticas. A composição mineralógica da rocha é composta por quartzo, microclina, plagioclásio, biotita, anfíbólio, e raramente granada como mineral varietal. Localmente pode ser encontrado material granítico



injetado, assim como veios pegmatóides (Silva, 1993).

O **Maciço Intrusivo do Alto Chapéu** é caracterizado pela presença de dois litotipos principais. O primeiro litotipo configura-se como a porção granítica do corpo pós-colisional e apresenta textura porfirítica com pórfiros de K-feldspato de cor avermelhada, cinza e esbranquiçada que quando intemperizados assumem uma coloração amarelada. O tamanho dos pórfiros chega a atingir 5cm, a matriz é constituída de biotita, quartzo e plagioclásio. O segundo litotipo constitui a parte gabróica do corpo intrusivo, sendo marcado pela granulação fina, tonalidade cinza, equigranular, cujos minerais constituintes são quartzo, plagioclásio e minerais máficos (Silva, 1993).

Os **Diques Graníticos** cortam as rochas gnáissicas ortoderivadas, paraderivadas e os maciços intrusivos com os contatos com as litologias encaixantes se configurando como bruscos. Macroscopicamente tais intrusões tardias são mesocráticas, de tonalidade cinza, granulação grosseira, isotrópicas, e geralmente inequigranulares. Sua mineralogia apresenta quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita, titanita e magnetita, observando que quando intemperizados assumem uma coloração amarelada (Silva, 1993).

As **Rochas Intrusivas Básicas** compreendem diques básicos, geralmente de Diabásio, não deformados, de espessura centimétrica a métrica, estruturados geralmente na direção N-NW, observando-se que outros corpos menores, não mapeados, são encontrados cortando as rochas regionais. Tais litologias ocorrem preenchendo juntas ou falhas, geralmente afloram em blocos bastante resistentes normalmente com esfoliação esferoidal. Macroscopicamente possuem uma cor verde escura, uma granulação fina e são isotrópicas. As Rochas Intrusivas Básicas representam o último evento magmático da região, e sua mineralogia é composta por plagioclásio, minerais máficos e subordinadamente quartzo (Silva, 1993).

O estudo petrográfico dessas rochas é fundamental para estabelecer o contexto geotectônico de formação das mesmas durante a edificação orogênica. As Rodovias Estaduais ES-165 e ES-379 que conectam as sedes do Município de Castelo e do Município de Muniz Freire (Estado do Espírito Santo) apresentam excelentes afloramentos para estudos petrológicos, permitindo as observações e descrições das estruturas, texturas e composições mineralógicas presentes nos litotipos. Nessa região há uma escassez de dados bibliográficos sobre a petrografia das rochas e essa carência motiva o desenvolvimento dessa pesquisa e busca a compreensão da história evolutiva dessas rochas e o posicionamento das mesmas no quadro litoestratigráfico do Sistema Orogrênico

Araçuaí-Ribeira, conforme apresentado por Heilbron et al. (2025).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os afloramentos analisados constituem taludes artificiais cortados a fio diamantado durante o processo de construção das Rodovias Estaduais ES-165 e ES-379 que conectam as sedes do Município de Castelo (ES) e do Município de Muniz Freire (ES), bem como o leito do Ribeirão São João. Foram feitos registros fotográficos dos afloramentos e das amostras de mão coletadas usando a câmera do Celular Modelo Moto G-84 (Marca Motorola). O processo de coleta das amostras de mão foi realizado por meio da desagregação mecânica das litologias estudadas por meio de martelos manuais, com o seu armazenamento e identificação pós-análise macroscópica sendo realizado por meio de sacos plásticos, fita crepe e caneta de retroprojeto. Por conseguinte, a descrição macroscópica das amostras de mão extraídas dos afloramentos é realizada utilizando-se canivete, lupa de bolso do Tipo Bausch Lomb e imãs de bolso. Para cada afloramento foram descritas as coordenadas, toponímia, cor (vista aos olhos), índice de cor, estruturas, texturas, coesão da rocha, dimensões do afloramento, relações de corte e minerais presentes em cada rocha em porcentagem (%). Os litotipos estudados foram descritos e classificados de acordo com Streckeisen (1976), Sgarbi (2008) e Fettes e Desmons (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram descritos 6 pontos na área de estudo (Tabela 1) que englobam litologias ígneas e metamórficas. Os dados de campo e petrográficos dessas litologias permitiram enquadrá-las no contexto litoestratigráfico regional.

Tabela 1. Coordenadas dos pontos visitados na área de estudo.

Ponto	Coordenadas
1	24KS / 267305E, 7722463N
2	24KS / 267007E, 7723434N
3	24KS / 255571E, 7725218N
4	24KS / 261643E, 7726898N
5	24KS / 251920E, 7732397N
6	24KS / 247500E, 7732094N

Ponto 1

O afloramento rochoso possui cerca de 25 metros de largura por 7 metros de altura e as suas relações de corte atestam um litotipo de composição granítica intrudido por litologias tardias (pegmatitos e aplitos) de distintas orientações. A rocha apresenta cor branca

avermelhado e seu índice de cor é leucocrático com 10% a 35% de minerais máficos (Figura 1).

A litologia analisada é maciça/homogênea, com texturas que evidenciam o grau de cristalinidade holocristalino. Os tamanhos absolutos dos cristais são faneríticos de granulação média e os tamanhos relativos dos cristais são equigranulares. As formas geométricas dos cristais são predominantemente xenomórficas e subordinadamente hipidiomórficas.

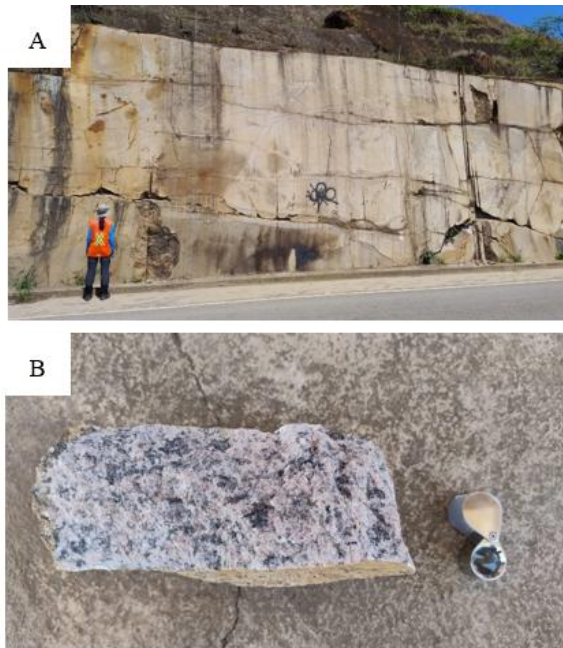


Figura 1. Feições de campo do afloramento (A) e da amostra de mão (B) do Monzogranito (Ponto 1).

Os minerais presentes no granitoide são quartzo com 35%, K-feldspato com 26%, plagioclásio com 22%, biotita com 11% e minerais máficos, magnetita por exemplo, com 6%. O recálculo das porcentagens desconsiderando a biotita e os minerais máficos resultou em 42% de quartzo, 31% de K-feldspato e 27% de plagioclásio cuja soma resulta em 100%. Tais valores quantitativos possibilitam a triangulação no Diagrama QAP para rochas plutônicas desenvolvido por Streckeisen (1976), classificando a litologia analisada como um Monzogranito (Figura 2). As evidências de campo e os dados petrográficos atestam que o local analisado consiste na borda do Maciço Intrusivo do Alto Chapéu.

Ponto 2

O afloramento possui aproximadamente 10 metros de largura por 8 metros de altura e apresenta gnaisses ortoderivados intrudidos por corpos pegmatíticos. O perfil aflorante é predominantemente coeso e maciço, exibido fraturas em pontos específicos. O ortogneisse exibe cores em tons de branco acinzentado, possui bandamento gnáissico e se encontra migmatizado exibindo estruturas dobrada e *schlieren* (Figura 3).

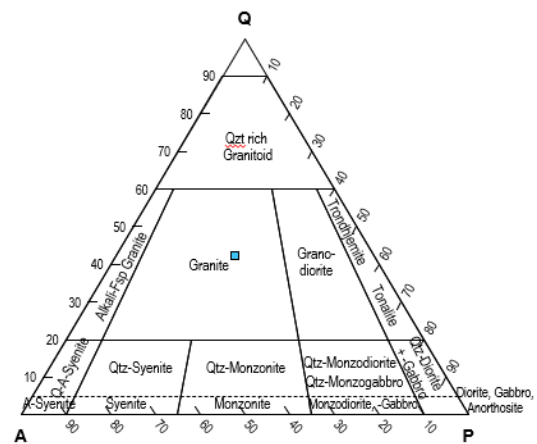


Figura 2. Diagrama QAP (Quartzo-Álcis Feldspato-Plagioclásio) para rochas plutônicas de Streckeisen (1976).

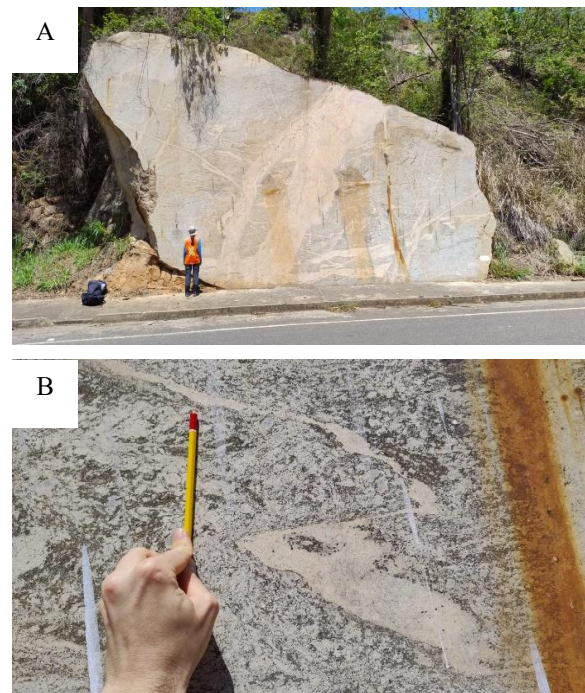


Figura 3. Fotografias do afloramento do Ponto 2 mostrando feições de migmatização.

As texturas são inequigranular porfiroblástica, granolepidoblástica, com granulação predominantemente média (1mm-5mm) e subordinadamente fina (<1mm) e grossa (>5mm). A mineralogia presente no ortogneisse é composta por quartzo com 32%, K-feldspato com 18%, plagioclásio com 34%, biotita com 13% e minerais máficos, magnetita por exemplo, com 3%. Tais valores quantitativos somados à descrição qualitativa da rocha permitem classificá-la segundo Fettes e Desmons (2014) em Biotita Ortogneisse Migmatizado. Essa litologia apresenta feições de

campo compatíveis com os Migmatitos de Borda descritos por Silva (1993).

Os minerais presentes nos pegmatitos são quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita, allanita e magnetita (Figura 4), fato este que atesta a sua composição sienogranítica a monzogranítica. Com base nos dados petrográficos e de campo interpreta-se que o local analisado consiste em um Migmatito de Borda formado nas fácies metamórficas anfibolito superior a granulito inferior, que foi posteriormente intrudido por múltiplos pegmatitos com distintas orientações.



Figura 4. Pegmatito com magnetita do Ponto 2.

Ponto 3

O afloramento descrito engloba predominantemente rochas gnáissicas ortoderivadas intrudidas por corpos de caráter pegmatítico e por rochas máficas (Figura 5). O gnaiss apresenta bandamento gnáissico orientado no sentido NE-SW. Essa rocha também se encontra migmatizada, cujas estruturas migmatíticas observadas em campo são *schlieren*, *schollen*, dobrada e ptigmática. As intrusões ígneas tardias são os pegmatitos com estrutura interna pegmatítica indicada pela estratificação mineral núcleo-porção intermediária-borda e o corpo intrusivo máfico tido como internamente maciço/homogêneo e externamente portador de disjunções colunares.

As texturas evidenciadas para o litotipo ortoderivado são inequigranular porfiroblástica com matriz de granulação predominantemente fina (<1mm) e subordinadamente média (1mm-5mm), e textura granolepidoblástica. A forma geométrica dos cristais se apresenta como predominantemente xenoblásticos e subordinadamente subidioblásticos. A mineralogia presente na rocha encaixante é composta por quartzo com 34%, plagioclásio com 27%, biotita com 25%, anfibólio com 8%, caulinita com 4% e magnetita com 2%. Tais valores quantitativos somados à descrição qualitativa da rocha permitem classificá-la em Anfibólio-Biotita Ortognaiss Migmatizado. Com base nas estruturas e texturas, pode-se interpretar esse litotipo como pertencente aos Migmatitos de Borda descritos por Silva (1993).

Os minerais presentes nos pegmatitos são quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita e muscovita que

atestam a sua composição de afinidade granítica. A mineralogia visível na intrusão máfica compreende majoritariamente de plagioclásio e minerais máficos e subordinadamente de quartzo, que indicam o seu caráter gabróico.

O local analisado consiste em um Migmatito de Borda formado nas fácies metamórficas anfibolito superior a granulito inferior de composição granodiorítica a tonalítica. Neste afloramento há intrusões ígneas tardias que são os pegmatitos homogêneos colocados de maneira concordante com a foliação penetrativa e o bandamento gnáissico ortoderivado, além de um corpo intrusivo de caráter máfico (Diabásio) que intrude de modo discordante a orientação da rocha encaixante.

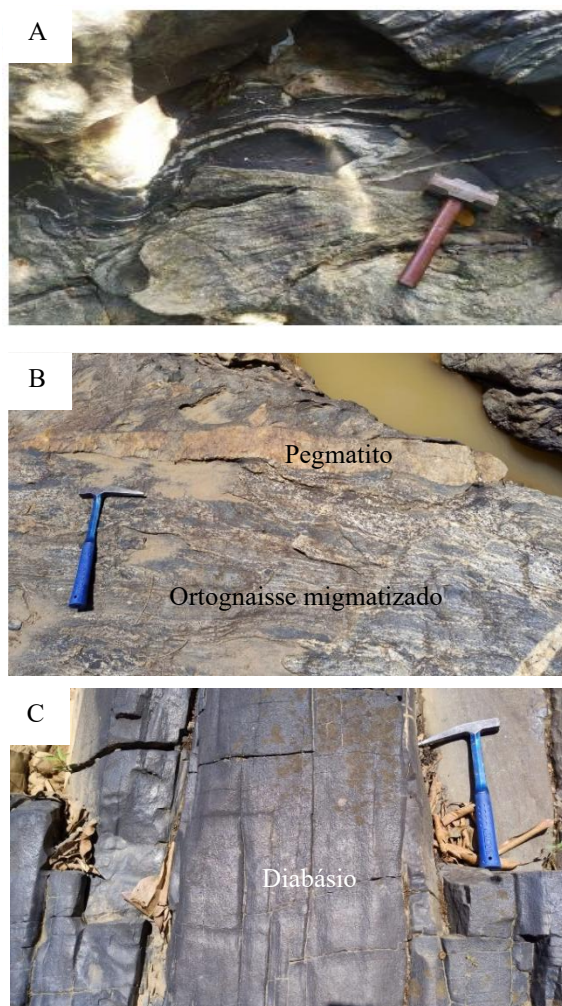


Figura 5. Fotografias do afloramento do Ponto 3 mostrando o Ortognaiss Migmatizado (A), o pegmatito (B) e a intrusão máfica (C).

Ponto 4

O perfil aflorante mostra a interação mecânica de dois tipos litológicos, sendo um de caráter gabróico e

outro granítico (Figura 6). A fração máfica do afloramento exibe índice de cor mesocrático (35%-65% de minerais máficos). A estrutura da rocha analisada se configura como maciça/homogênea. As texturas constatadas em campo são que o grau de cristalinidade é holocristalina, os tamanhos absolutos dos cristais são faneríticos de granulação fina, os tamanhos relativos dos cristais são equigranulares e as formas geométricas dos cristais são resumidamente xenomórficos. Os minerais presentes no litotipo são anfibólio/piroxênio com 65%, plagioclásio com 20%, biotita com 10%, quartzo com 3% e magnetita com 2%. Com base na mineralogia, a rocha é classificada no diagrama QAP para rochas plutônicas de Streckeisen (1976) como um Quartzogabro (Figura 7).

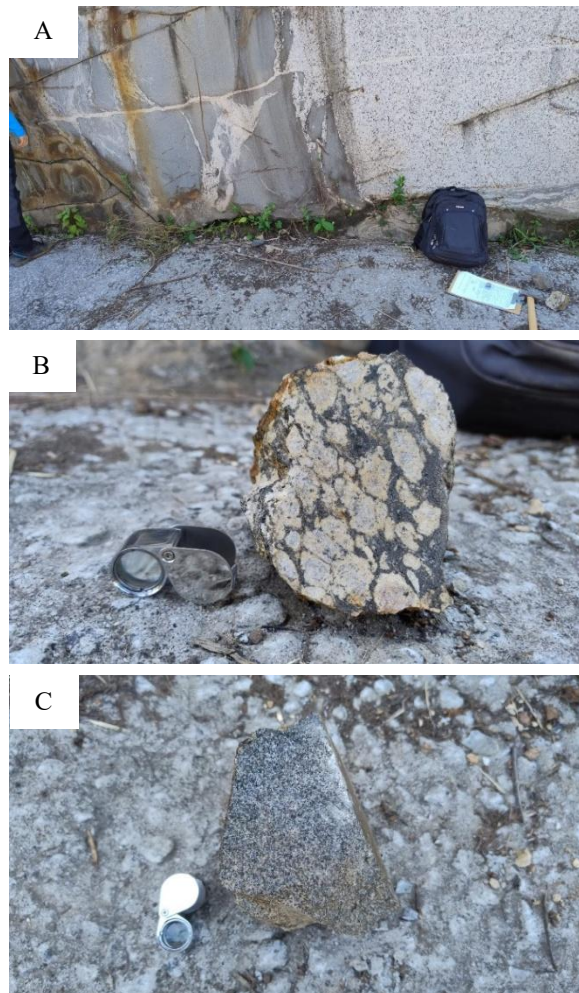


Figura 6. Fotografias do afloramento do Ponto 4 mostrando o contato entre a rocha máfica e a rocha fêlsica (A), amostra de mão do Monzogranito (B) e amostra de mão do Quartzogabro (C).

A porção formada pelo granitoide no afloramento exibe índice de cor leucocrático (10%-35% de minerais máficos). A rocha apresenta textura holocristalina e os tamanhos absolutos dos cristais

são faneríticos de granulação fina para a matriz e fanerítica de granulação grossa para os fenocristais. Os tamanhos relativos dos cristais são inequigranulares porfíricos e outras texturas observadas são a rapakivi. As formas geométricas dos cristais são, em uma concepção genérica, idiomórficas, hipidiomórficas e xenomórficas. A descrição do afloramento evidencia que a rocha é muito coesa e maciça, bem como se encontra fraturada em pontos isolados. Os minerais presentes no litotipo são quartzo com 23%, K-feldspato com 36%, plagioclásio com 25%, biotita com 9% e minerais máficos, magnetita e anfibólio por exemplo, com 7%. A rocha é classificada como um Monzogranito (Figura 7) no diagrama QAP de Streckeisen (1976).

Os litotipos observados no Ponto 4 exibem feições petrográficas típicas de rochas de origem magmática, tais como textura holocristalina e ausência de estruturas deformacionais penetrativas. Essas características sugerem que tais litotipos são correlacionáveis ao Maciço Intrusivo Alto Chapéu, conforme descrito por Silva (1993).

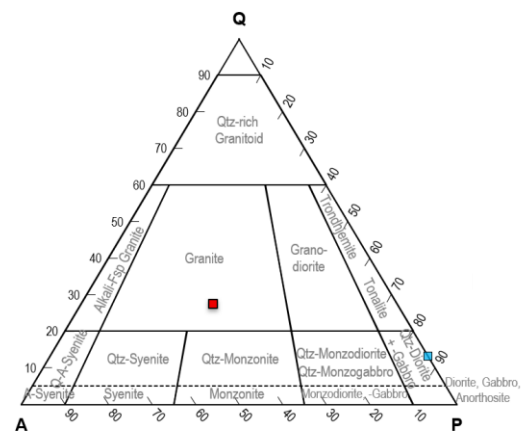


Figura 7. Diagrama QAP (Quartzo-Álcalis Feldspato-Plagioclásio) para rochas plutônicas de Streckeisen (1976).

Ponto 5

Neste ponto ocorre predominantemente uma rocha gnaíssica ortoderivada, que exibe localmente enclaves máficos. Corpos pegmatíticos intrudem o gnaíse de forma subordinada (Figura 8).

O gnaíse apresenta bandamento gnaíssico e texturas granolepidoblástica, equigranular de granulação média (1mm-5mm) e subordinadamente fina (<1mm), bem como grossa (>5mm). A forma geométrica dos cristais se apresenta como predominantemente xenoblásticos e subordinadamente subidioblásticos. A mineralogia presente na rocha é composta por plagioclásio com 31%, biotita com 25%, quartzo com 23%, anfibólio com 17% e magnetita com 4%. Essa rocha é

classificada como Anfibólio-Biotita Ortognaisse, evidenciando-se uma clara tendência a uma composição tonalítica.

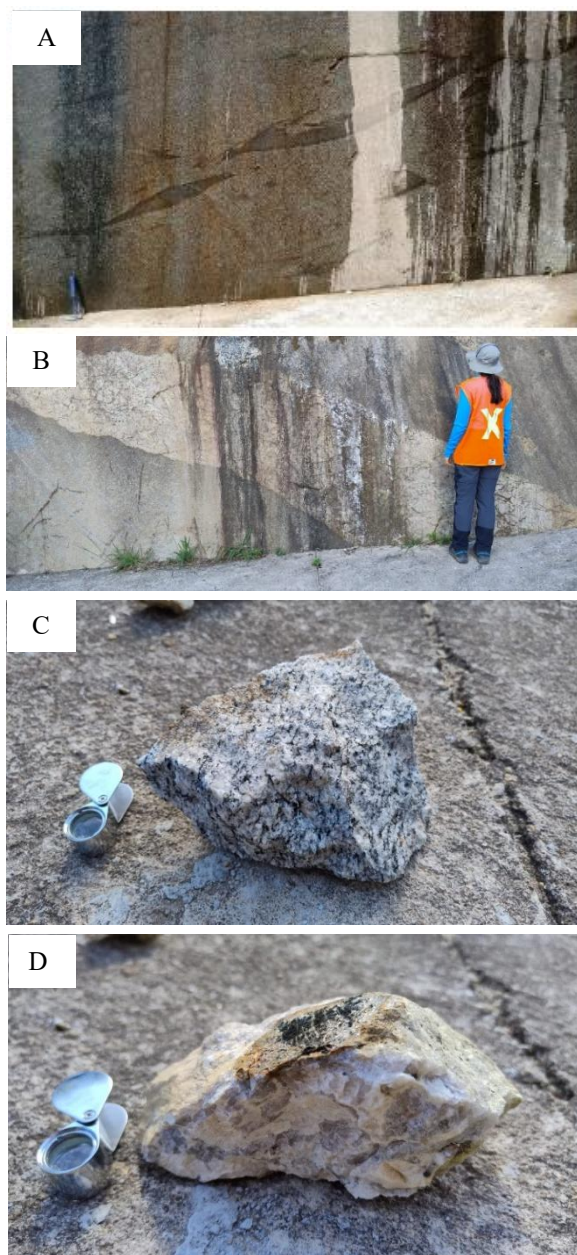


Figura 8. Fotografias do afloramento do Ponto 5 mostrando enclaves máficos no Anfibólio-Biotita Ortognaisse Tonalítico (A), intrusão do pegmatito (B), amostra de mão do Ortognaisse (C) e amostra de mão do pegmatito (D).

Texturalmente, os enclaves máficos são granolepidoblásticos, equigranulares de granulação fina (<1mm), e a forma geométrica dos cristais é xenoblástica. Os minerais presentes nos enclaves máficos são biotita, piroxênio/anfibólio e magnetita predominantemente, bem como quartzo e plagioclásio em quantias muito reduzidas. Em contrapartida, os pegmatitos são formados por

quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita, muscovita e magnetita, fato este que atesta a sua composição sienogranítica a monzogranítica.

O Ortognaisse que é predominante no afloramento apresenta feições petrográficas e estruturais condizentes com a formação no estágio pré-colisional do processo orogênico. Todas essas características permitem enquadrar o litotipo estudo como sendo parte do Ortognaisse Muniz Freire, conforme descrito por Silva (1993). Os corpos pegmatíticos representam um magmatismo tardi a pós-colisionais.

Ponto 6

O afloramento apresenta-se maciço com índice de cor leucocrático (10%-35% de minerais máficos). As texturas constatadas em campo são que o grau de cristalinidade é holocristalino, os tamanhos absolutos dos cristais são faneríticos de granulação média e os tamanhos relativos dos cristais são equigranulares (Figura 9). As formas geométricas dos cristais são predominantemente xenomórficas e subordinadamente hipidiomórficas.

A composição mineralógica da rocha é constituída por plagioclásio com 42%, quartzo com 37%, biotita com 15% e minerais máficos (anfibólio e magnetita) com 6%. Usando o diagrama QAP para rochas plutônicas de Streckeisen (1976), classifica-se a litologia analisada como um Tonalito (Figura 10). Essa rocha faz parte do magmatismo pré-colisional, que na área de estudo é representado pelo Ortognaisse Muniz Freire, conforme descrito por Silva (1993).

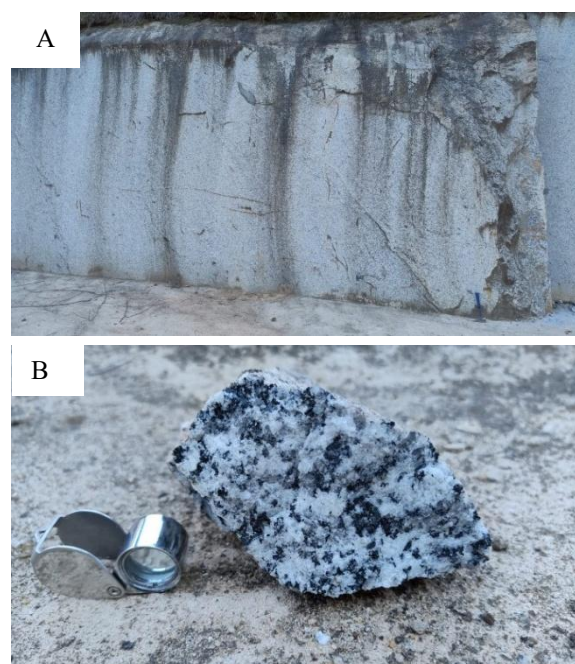


Figura 9. Fotografias do afloramento do Ponto 6 mostrando o Tonalito.

Na área de estudo, o Ortognaisse Muniz Freire (Pontos 5 e 6) ocorre comumente deformado, mas também apresenta feições sem desenvolvimento de foliação, sendo um representante do magmatismo pré-colisional associado ao desenvolvimento do arco magmático (Heilbron et al., 2025).

O Migmatito de Borda (Pontos 2 e 3) engloba rochas com evidências de fusão parcial, indicando que sofreram metamorfismo de alto grau durante o espessamento crustal do orógeno. O Maciço Intrusivo do Alto Chapéu (Pontos 1 e 4) é constituído por rochas ígneas félsicas e máficas com feições tipicamente magmáticas, sem evidências de metamorfismo e deformação. Isso indica se tratar de um magmatismo pós-colisional, conforme descrito por Silva (1993) e Heilbron et al. (2025).

As intrusões graníticas tardias são materializadas na área de estudo por pegmatitos e aplitos. No Ponto 3 foram observadas intrusões básicas que estão associadas a abertura do Oceano Atlântico Sul (Santiago et al., 2020). Assim, o conjunto de unidades identificadas neste estudo é plenamente compatível com o arcabouço evolutivo apresentado por Heilbron et al. (2025), que reconhece na região registros do magmatismo pré-colisional, de migmatização colisional e do magmatismo pós-colisional.

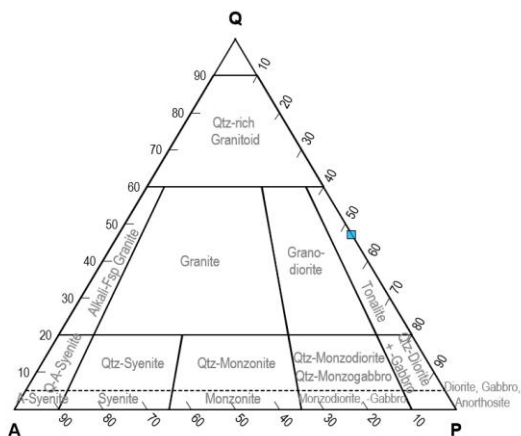


Figura 10. Diagrama QAP (Quartzo-Álcalis Feldspato-Plagioclásio) para rochas plutônicas de Streckeisen (1976).

CONCLUSÃO

Os afloramentos analisados neste trabalho evidenciam um conjunto de litologias representativas da evolução tectono-magmática do Sistema Orogênico Araçuai-Ribeira. Na área estudada, o Ortognaisse Muniz Freire corresponde ao magmatismo pré-colisional vinculado ao arco magmático. O Migmatito de Borda reúne rochas com claras evidências de fusão parcial, indicando metamorfismo de alto grau associado ao espessamento crustal durante o estágio colisional do

orógeno. Em contraste, o Maciço Intrusivo do Alto Chapéu é composto por rochas félsicas e máficas com texturas essencialmente magmáticas, sem registro de metamorfismo ou deformação penetrativa, caracterizando um magmatismo pós-colisional.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa Institucional de Iniciação Científica (PIIC) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo apoio concedido ao desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- FETTES, D.; DESMONS, J.; NETO, J. M. R. Rochas metamórficas: classificação e glossário. Oficina de textos: São Paulo. 313p, 2014.
- HEILBRON, M. et al. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V. et al. (org.). Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, p. 203- 235, 2004.
- HEILBRON, M. et al. The Ribeira Belt. In: HEILBRON, M.; CORDANI, U.G.; ALKMIN, F.F. (ed.) São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent. Nova York: Springer, 2017. p 277–302.
- HEILBRON, M. et al. Neoproterozoic magmatic arcs of the Araçuai-Ribeira Orogenic system (AROS), Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v. 155, p. 105400, 2025.
- SANTIAGO, Raissa et al. Two generations of mafic dyke swarms in the Southeastern Brazilian coast: reactivation of structural lineaments during the gravitational collapse of the Araçuai-Ribeira Orogen (500-Ma) and West Gondwana breakup (140-Ma). Precambrian Research, v. 340, p. 105344, 2020.
- SGARBI, Geraldo Norberto Chaves. Petrografia Macroscópica das Rochas Ígneas, Sedimentares e Metamórficas. 2008. Editora: UFMG (Minas Gerais). 559p.
- SILVA, Jodauro Nery da. Cachoeiro de Itapemirim: folha SF. 24-V-A-V, escala 1:100.000: texto explicativo. Espírito Santo: DNPM: CPRM, 1993.
- STRECKEISEN, A. L. Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. N. Jahrb. Miner. Abh, 1976.