



UFRJ

RODRIGO COSTA SOARES

**LITOGEOQUÍMICA DE ROCHAS DO GRANITO JAGUARA,
PORÇÃO SUL DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO,
MINAS GERAIS, BRASIL.**

**Trabalho Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
Dezembro 2018



UFRJ

Rodrigo Costa Soares

**LITOGEOQUÍMICA DE ROCHAS DO GRANITO JAGUARA,
PORÇÃO SUL DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO,
MINAS GERAIS, BRASIL, MG**

Trabalho Final de Curso de
Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como
requisito necessário para obtenção do grau
de Geólogo.

Orientador:

Atlas Vasconcelos Corrêa Neto

Rio de Janeiro
Dezembro 2018

Costa Soares, Rodrigo

**LITOGEOQUÍMICA DE ROCHAS DO GRANITO
JAGUARA, PORÇÃO SUL DO CRÁTON DO SÃO
FRANCISCO, MINAS GERAIS, BRASIL.** / Rodrigo
Costa Soares - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2018.

104 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) –
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de
Geociências, Departamento de Geologia, 2018.

Orientador: Atlas Vasconcelos Corrêa Neto

1. Geologia. 2. Setor da Graduação – Trabalho de
Conclusão de Curso. I. Atlas Vasconcelos Corrêa
Neto. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Geociências, Departamento de Geologia.
III. Título.

Rodrigo Costa Soares

**LITOGEOQUÍMICA DE ROCHAS DO GRANITO JAGUARA,
PORÇÃO SUL DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO,
MINAS GERAIS, BRASIL, MG**

Trabalho Final de Curso de Graduação
em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do
Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado
como requisito necessário para
obtenção do grau de Geólogo.

Orientador:

Atlas Vasconcelos Corrêa Neto

Aprovada em: 14.12.2018

Por:

Orientador: Atlas Vasconcelos Corrêa Neto (UFRJ)

Cícera Neysi de Almeida (UFRJ)

Julio Cezar Mendes (UFRJ)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao meu orientador Prof. Dr Atlas Vasconcelos Corrêa Neto por todo apoio científico e pessoal durante toda a produção deste presente trabalho. O suporte em maneira integral foi imprescindível para a realização desse estudo e sou grato por isso.

Faço menção de agradecimento também a empresa Mineração IAMGOLD Brasil Ltd pela permissão de acesso aos dados utilizados neste trabalho, o quão são a chave para a pesquisa realizada.

Resumo

COSTA SOARES, RODRIGO. LITOGEOQUÍMICA DE ROCHAS DO GRANITO JAGUARA, PORÇÃO SUL DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, MINAS GERAIS, BRASIL, MG. 2018. 104 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O Granito Jaguará é intrusivo no *Greenstone Belt* Pitangui, localizado na parte sul do Cráton do São Francisco, Minas Gerais. O Granito Jaguará é tido como pertencente ao Evento Mamona, magmatismo o qual tem características potássicas que marcariam a cratonização do Sul do Cráton São Francisco no Neoarqueano, nos estágios finais da Orogenia Rio das Velhas. Não existem, entretanto, até o momento, estudos litogeoquímicos ou geocronológicos que comprovem ou não tal afiliação do Granito Jaguará a esse evento magmático. O presente estudo, realizado a partir de amostras coletadas de testemunhos de sondagem, visa preencher essa lacuna ao caracterizar sua petrografia e litogeoquímica, comparando-as com dados de outros corpos intrusivos arqueanos. O Granito Jaguará apresenta uma assinatura de rocha cálcio-alcalina, com baixo conteúdo de K e FeO_t. Seu diagrama normalizado para condrito possui razões elementares mais baixas que as das rochas do Evento Mamona e sua litogeoquímica se aproxima à de um TTG/Adakito. É possível se concluir portanto que o Granito Jaguará é relacionado aos TTGs neorqueanos da região sul do Cráton do São Francisco, sendo assim mais relacionado com ambientes sin-orogênicos.

Palavras-chave: Cráton São Francisco, Granito Jaguará, Evento Mamona, Litogeoquímica, Neoarqueano, TTG, *Greenstone Belt* Pitangui.

Abstract

COSTA SOARES, RODRIGO. LITOGEOCHEMISTRY OF GRANITE JAGUARA ROCKS, SOUTHERN PORTION OF THE SÃO FRANCISCO CRATON, MINAS GERAIS, BRAZIL. 2018. 104 p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Jaguara Granite is intrusive in the Greenstone Belt Pitangui, located in the southern portion of the São Francisco Craton, Minas Gerais. The Jaguara Granite is considered to belong to the Mamona Event, magmatism which display potassic characteristics that would mark the cratonization of the South of the São Francisco Craton in the Neoproterozoic, in the final stages of the Rio das Velhas Orogeny. However, there are not geochemical or geo-geological studies that prove or not such affiliation of the Jaguara Granite to this magmatic event. The present study, carried out from samples collected from sounding samples, aims to fill this gap by characterizing its petrography and lithogeochemistry, comparing them with data from other intrusive Archean bodies. The Jaguara Granite features a signature of calcium-alkaline rock, with low content of K and FeO. The normalized chondrite diagram has lower elementary ratios than the Rocks of the Mamona Event and its lithogeochemistry approaches that of a TTG/Adakite. It is possible to conclude that the Jaguara Granite as it is related to the Neoproterozoic TTGs of the southern portion of the São Francisco Craton, and thus is more related to orogenic environments.

Key words: São Francisco Craton, Jaguara Granite, Mamona Event, Lithogeochemistry, Neoproterozoic, TTG, Greenstone Belt Pitangui

Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa de localização e acesso da área de estudo..	6
Figura 2 – Mapa geológico do <i>greenstone belt</i> Pitangui e coluna estratigráfica do depósito São Sebastião.	14
Figura 3 – Diagrama de Bau (1996) com dados de amostras obtidas a partir da literatura.	20
Figura 4 – Exemplo gráfico de amostras sem e com controle de qualidade dos dados	21
Figura 5 – Fotomicrografia do Granito Jaguara mostrando feições típicas (textura e mineralogia).	25
Figura 6 – Fotomicrografia do Granito Jaguara mostrando cristal de feldspato zonado composicionalmente e sericitizado.	25
Figura 7 – Fotomicrografia do Granito Jaguara mostrando cristais de plagioclásio inseridos em um cristal de microclina.	26
Figura 8 – Fotomicrografia do Granito Jaguara ilustrando textura mimerquítica.	26
Figura 9 – Fotomicrografia do Granito Jaguara, mostrando clorita formada a partir de alteração de biotita.	27
Figura 10 – Fotomicrografia do Granito Jaguara mostrando cristais de pirita com hábito cúbico.	28

Figura 11 – Classificação e nomenclatura do Granito Jaguará segundo o Diagrama de Streckeisen	28
Figura 12 – Classificação do Granito Jaguará como um granito de acordo com o diagrama de Middlemost (1994).	31
Figura 13 – Diagramas selecionados de Harker para os elementos maiores..	32
Figura 14 – Diagramas selecionados bivalente de Zr para os elementos maiores.	33
Figura 15 – Diagrama selecionados de Harker para os elementos traços... ..	34
Figura 16 – Diagrama bivalente selecionados de Zr para os elementos traços.	35
Figura 17 – Diagrama bivalente selecionados de Ce para os elementos traços.	36
Figura 18 – Classificação do Granito Jaguará de acordo com o diagrama de Sylvester (1989).....	38
Figura 19 – Classificação do Granito Jaguará segundo o diagrama de <i>Frost et al.</i> (2001).....	39
Figura 20 – Diagrama multielementar de elementos terras-raras normalizado ao condrito segundo Anders & Grevesse (1989).	40
Figura 21 – Diagrama multielementar normalizado à crosta continental superior segundo Taylor & McLennan (1995).....	41
Figura 22 – Classificação das rochas de acordo com o diagrama de Middlemost (1994).	43

Figura 23 – Classificação das rochas de acordo com o diagrama de Sylvester (1989).	45
Figura 24 – Classificação das rochas de acordo com os diagramas de Frost <i>et al.</i> (2001).....	48
Figura 25 – Diagramas multielementares de elementos terras-raras normalizado ao condrito segundo Anders & Grevesse (1989), comparando as amostras estudadas com diversos complexos granito-gnáissicos e intrusões granitoides neoarqueanas da parte sul do Cráton de São Francisco.	53
Figura 26 – Classificação do ambiente tectônico de formação do granito Jaguara e de diversos complexos granito-gnáissicos e plútons do sul do Cráton de São Francisco das rochas de acordo com os diagramas de Pearce <i>et al.</i> (1984).	55
Figura 27 – Diagrama de Martin (1984), para identificação de TTGs/adakitos, com as rochas do Granito Jaguara e outras unidades.	57

Lista de Anexos

Anexo A – Resultado das análises químicas.....	69
Anexo B – Descrição microscópicas das lâminas delgadas.....	76

Sumário

Resumo	vi
Abstract	vi
Lista de Figuras	viii
Lista de Anexos	xi
APRESENTAÇÃO	1
1 INTRODUÇÃO	2
1.1 Objetivo	5
1.2 Localização e acesso	6
1.3 Aspectos fisiográficos	7
2 CONTEXTO GEOLÓGICO	8
2.1 <i>Greenstone Belt</i> Pitangui	12
2.2 Granitóides sin a tadi tectônicos	13
2.3 Eventos Magmáticos	15
3 METODOLOGIA	18
4 RESULTADOS	22
4.1 Granito Jaguará - Descrição Macroscópica	22
4.2 Descrição Microscópica das rochas	22
4.3 Litogeoquímica	29
5 Discussão	42
5.1 Comparações com outras rochas granitóides	42
5.2 Granito Jaguará, um TTG?	56
6 CONCLUSÃO	58
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
8 ANEXOS	69

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é a Monografia do Trabalho Final de Curso de Rodrigo Costa Soares, orientada pelo Prof. Dr. A. V. Corrêa Neto. Trata-se de requisito obrigatório para a obtenção do grau de Geólogo pelo Departamento de Geologia (IGeo/CCMN) da UFRJ. O foco desta Monografia são as rochas graníticas intrusivas no *Greenstone Belt* Pitangui, mais especificamente o *stock* do Granito Jaguará. Ela é parte de um projeto de pesquisa do *Greenstone Belt* Pitangui, coordenado pelo Prof. Dr. A.V. Corrêa Neto. Trabalhos anteriores relacionados à esse projeto versaram sobre a petrografia do Depósito São Sebastião (Caputo Neto, 2014), minerais de Bi e Te do Depósito São Sebastião (Cabral & Corrêa Neto, 2014), litoestratigrafia do *greenstone* e litogeoquímica de seus BIFs (Brando Soares *et al.*, 2017), litogeoquímica e estratigrafia de rochas metavulcânicas máficas e ultramáficas (Santos, 2017), rochas metavulcânicas intermediárias (Faria, 2018) e mineralização aurífera do Depósito São Sebastião (Brando Soares *et al.*, 2018).

1 INTRODUÇÃO

As rochas graníticas compõem a maior parte da crosta continental. Determinar as suas origens é um dos tópicos mais importantes da petrologia ígnea (Kemp e Hawkesworth, 2003; Castro, 2014). Grande parte da crosta continental foi formada durante o Arqueano, de modo mais significativo durante o final. Somente 10% da crosta formada durante este período ainda está preservada (Hawkesworth *et al.*, 2010, 2013).

Durante este período de maior formação de crosta na Terra, a crosta continental sofreu severas mudanças composicionais. Uma dessas mudanças foi a transição dos granitoides sódicos arqueanos (rochas da série tonalito-trondhjemitó-granodiorito; TTG; Jahn *et al.*, 1981) para rochas granitoides de composição potássica mais elevada. O período compreendido no fim do Arqueano é predominado por rochas da série granito-granodiorito (Martin *et al.*, 2005).

Os crátons arqueanos podem ser geralmente subdivididos em 3 unidades litológicas: (i) Embasamento gnáissico deformado e migmatitos gerados em grande parte por granitoides de baixo K e de TTGs, (ii) *greenstone belts*, formados por rochas metavulcânicas e metassedimentares normalmente metamorfisadas em facies xisto verde e anfíbolito e (iii) granitoides de médio e alto K. Apesar das suítes de TTG serem volumetricamente dominantes, os granitoides de alto K podem representar 20% das rochas arqueanas expostas (Condie, 1993; Sylvester, 1994).

TTGs são majoritariamente representados por complexos de “gnaiesses cinzas” do Paleo e Mesoarqueano (Moyen, 2011). Estes são ricos em sílica

(geralmente com valores de SiO₂ maiores que 70 wt.%), e em Na₂O ao mesmo tempo que as razões de K₂O/Na₂O e CaO/Na₂O são menores que as dos granitoides pós-Arqueano (Laurent *et al.*, 2014a). Os TTGs também exibem características específicas em elementos traços, como altas razões de terras raras leves para terras raras pesados e a significativa falta de anomalias de Eu e Sr. Essas características químicas do TTG sugerem que sua formação pode ser explicada através de fusão de rochas ígneas metamáficas (Martin *et al.*, 2014).

O magmatismo arqueano de alto K é representado por diferentes tipos de granitoides, como por exemplo sakunitoides, biotita granitos, granitos peralcalinos e sienitos, os quais são, em sua maioria, de origem crustal. (Moyen *et al.*, 2003 e Laurent *et al.*, 2014a). Apesar de grande parte das rochas possuírem uma origem puramente mantélica ou de interação entre crosta e mantos evoluídos, também são atribuídos, em menor proporção, como fonte do magmatismo ambientes ligados a subducção, colisão, pós-colisional e sistemas intraplaca (Laurent *et al.*, 2014b; Mikkola *et al.*, 2011; Smithies e Champion, 1999, 2000; Semprich *et al.*, 2015).

O processo que controla a transição do fim do arqueano entre TTGs e rochas de alto e médio K ainda é um objeto de muito debate (Champion e Sheraton, 1997; Moyen *et al.*, 2003; Frost *et al.*, 2006; Mikkola *et al.*, 2011; Almeida *et al.*, 2013). Estes autores pontuam que esta variação no arqueano seria demarcada por 2 estágios evolutivos. O primeiro seria marcado por uma evolução magmática arqueana geralmente mais longa (0,2 à 0,5 Ga), caracterizada por uma formação de TTGs. O segundo seria composto por um breve período (0,02 à 0,15 Ga) em que os TTGs são associados com granitoides

formados tanto por interação entre manto e uma fonte enriquecida em elementos compatíveis quanto por fusão parcial de crosta continental antiga (Martin *et al.*, 2009; Feng e Kerrich, 1992).

Os granitoides do Arqueano são amplamente presentes no sul do cráton São Francisco no Brasil e estão entre os maiores e mais antigos registros de áreas continentais estáveis na América do Sul (Campos *et al.*, 2003; Lana *et al.*, 2013; Romano *et al.*, 2013; Teixeira *et al.*, 1996, 1998).

O granito Jaguará é descrito como um leucogranito a biotita cloritizada, com granulação grossa a média. Possui uma orientação de fluxo magmático incipiente e não apresenta foliação. O corpo do granito Jaguará é intrusivo no *Greenstone Belt* Pitangui, sendo inteiramente envolvido por estas rochas pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas (Romano, 2007).

Por correlação de características petrográficas e pela proximidade com os granitos da Serra dos Tavares, o granito Jaguará então inicialmente teve como idade atribuída a mesma das rochas da Serra dos Tavares, em torno de 2,45 Ga, idade a qual foi estabelecida por isócrona de Rb-Sr (Besang *et al.*, 1977; Teixeira, 1985). Nos trabalhos mais recentes publicados, como por Farina *et al.* (2015), são atribuídas idades para estes granitoides sendo entre 2,70 e 2,75 Ga usando o método de idade por U-Pb.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é contribuir para um melhor entendimento da assinatura litogeoquímica das rochas do Granito Jaguará. Procura-se desse modo inferir seu possível contexto geotectônico e ao qual evento magmático essas rochas remetem.

Os trabalhos mais recentes sobre os eventos magmáticos do fim do Arqueano no sul do cráton São Francisco consideram a unidade como pertencente a mesma evolução das rochas da Serra dos Tavares, o qual é descrito como alusivo ao evento Mamona. O presente trabalho visa estabelecer uma melhor delimitação do contexto destas rochas com os eventos descritos no setor durante o Arqueano através de estudos litogeoquímicos.

O depósito São Sebastião, juntamente com os depósitos Onça-Penha e Aparição, são importantes locais de mineralização de ouro. O depósito São Sebastião possui características similares a Au orogênicos epigenéticos do Arqueano e se localiza próximo ao Granito Jaguará, sendo situado sobre o *greenstone belt* Pitangui. A pesquisa propõe-se a contribuir para eventuais investigações sobre possíveis papéis do Granito Jaguará na gênese da mineralização de Au no depósito.

1.2 Localização e acesso

O local de estudos fica localizado entre os municípios de Onça de Pitangui e Pequi, no estado de Minas Gerais. A região fica a aproximadamente 80 km da capital Belo Horizonte (**Fig. 1**). A localidade tem como correspondente a folha topográfica 1:100.000 Pará de Minas (SE-23-Z-C-IV) pertencente ao IBGE.

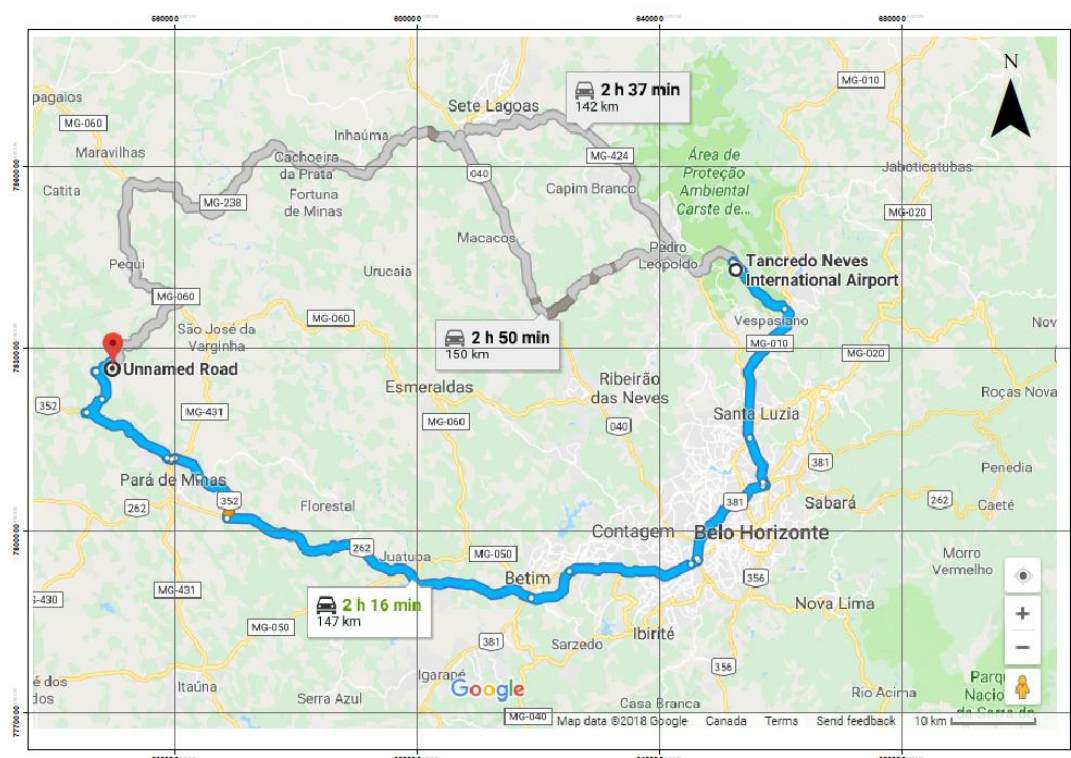


Figura 1 – Mapa de localização e acesso da área de estudo. (Fonte de dados: Google Maps acessado em 2018).

O acesso mais simples à área se dá a partir do aeroporto de Confins. É possível acessar a área usando como percurso a MG-010 até Belo Horizonte, fazer uso da BR-381 e BR-262 até o município de Florestal, em seguida seguir pela BR-362. A partir destas utilizar estradas não pavimentadas até a localidade do furo de sondagem da IAMGOLD. É possível alternativamente fazer uso da BR-040 e MG-238 e MG-060 para chegar até o destino.

1.3 Aspectos fisiográficos

A área no entorno do local de retirada dos testemunhos possui como feição fisiográfica mais proeminente o Platô de Pitangui, o qual é formado pela erosão de rochas metavulcânicas e metassedimentares do Supergrupo Rio das Velhas. Este Platô possui uma declividade acentuada com direção noroeste, a qual é truncada a norte de Pitangui por um relevo contrastante tabular (Romano, 2007).

A localidade do estudo se encontra na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, na sub-bacia do Rio Paraopeba. Todos os afluentes do rio Paraopeba são de pequeno caudal e o seu principal divisor de águas é o Platô de Pitangui. O tipo de vegetação que predomina na região é o Cerrado, sob as rochas do Supergrupo Rio das Velhas e terrenos granito-gnáissicos mais úmidos. Esta vegetação se apresenta sob forma de matas ciliares e residuais (Romano, 2007). O clima apresentado na região é mesotérmico do tipo tropical de altitude, com invernos secos e verões brandos, variando as temperaturas entre 21°C e 32°C no auge de cada estação.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

O Cráton São Francisco está localizado na parte sudeste do Brasil e é cercado por cinturões Neoproterozoicos desenvolvidos durante a colagem Brasileira/Pan Africana (630 a 490 Ma), responsável pela amalgamação da porção oeste do megacontinente Gondwana. Internamente o cráton é composto por blocos Arqueanos e cinturões móveis Paleoproterozoicos limitados por zonas de sutura de 2,1 Ga (Almeida *et al.*, 1981; Teixeira e Figueiredo, 1991; Barbosa e Sabaté, 2004; Alkmin e Martins-Neto, 2012).

Os registros mais antigos da parte sul do setor ocidental do Cráton do São Francisco datam do Paleoarqueano, sendo de caráter esparso e mal conhecidos. O limite Meso-Paleoarqueano é caracterizado pelo Evento Santa Bárbara, ao qual se seguem registros geocronológicos ao redor de 3,2 Ga (Aguilar *et al.*, 2017). A evolução tectônica posterior é resultado de 3 eventos orogênicos: Orogenia Rio das Velhas, que ocorreu entre 2,8 e 2,67 Ga (Baltazar e Zucchetti, 2007; Teixeira *et al.*, 2015), Orogenia Minas de idade aproximada de 2,1 Ga (Teixeira *et al.*, 2015) e o evento Brasileiro entre 0,65 e 0,50 Ga (Chemale *et al.*, 1994; Alkmim e Marshak, 1998; Lobato *et al.*, 2001; Noce *et al.*, 2007).

O setor sul do cráton é formado por terrenos trondjemito-tonalito-granodioritos (TTGs), complexos graníticos-gnáissicos de idade arqueana a paleoproterozoica, *greenstone belts* formados por associação de rochas metavulcanossedimentares e metamáfica-ultramáficas arqueanas e unidades supracrustais proterozoicas constituídas por conjuntos de rochas metavulcanossedimentares e metassedimentares (Dorr, 1969; Renger *et al.*, 1994; Alkmim e Marshak, 1998; Baltazar e Zucchetti, 2007).

O registro arqueano da porção sul do Cráton São Francisco foi formado durante variados estágios de magmatismos geradores de rochas de alto K, TTGs e por *greenstone belts* de idade entre 3,2 e 2,6 Ga (Teixeira *et al.*, 1996; Machado *et al.*, 1996; Lana *et al.*, 2013). Estudos recentes na região do Quadrilátero Ferrífero e arredores, no domínio sul do cráton São Francisco, estabelecem 4 principais eventos magmáticos, Santa Barbara (3,5 a 3,2 Ga), Rio das Velhas I (2,92 a 2,85 Ga), Rio das Velhas II (2,8 a 2,76 Ga) e Mamona (2,76 a 2,68 Ga) (Farina *et al.*, 2015a,b; Lana *et al.*, 2013; Romano *et al.*, 2013).

O embasamento arqueano da região é formado predominantemente por domos de escala quilométrica como por exemplo os complexos Bação, Belo Horizonte, Bonfim, Caeté Divinópolis e Santa Barbara. Devido a basicamente suas diferenças litológicas, as assembléias de rochas que compõem os vários domos da localidade são classificadas como complexos próprios e nomeadas de acordo com sua estruturação na região (Machado *et al.*, 1992; Machado e Carneiro, 1992; Noce, 1995; Teixeira *et al.*, 2000; Lana *et al.*, 2013; Romano *et al.*, 2013; Farina *et al.*, 2015a,b).

As rochas do complexo Divinópolis foram inicialmente descritas por Machado Filho *et al.* (1983) como sendo pertencentes a um complexo distinto ao Complexo Barbacena (Barbosa, 1954). Posteriormente foram agrupados ambos os complexos por Teixeira *et al.* (1996) formando o Complexo Metamórfico Campo Belo. Este complexo é constituído predominantemente por gnaisses, rochas granitóides, anfibolitos, rochas metamáficas, metaultramáficas e charnockitos, segundo Carneiro & Barbosa (2008). A unidade mais antiga e que aflora de forma mais abundante no Complexo Metamórfico Campo Belo é o ortogneisse Fernão Dias, que é composto majoritariamente por tonalitos e

granodioritos (Carneiro *et al.* 2007). Foram descritos zircões com idades de 3200 a 3050 Ma por Teixeira *et al.* (1998) no ortognaisse Fernão Dias. O ortognaisse Fernão Dias é intrudido por três plútons graníticos nomeados como Rio do Amparo, Bom Sucesso e granitoide Lavras.

O plúton Rio do Amparo consiste em biotita monzogranitos a sienogranitos isotrópicos leucocráticos a mesocráticos com granulação média, entre as cidades Santana do Jacaré, Perdões e Santo Antonio do Amparo (Carneiro *et al.* 2007). O granito Bom Sucesso consiste em biotita sienogranitos e biotita monzogranitos com granulação média. A exposição de suas rochas está localizada a nordeste da cidade de Bom Sucesso (Quéméneur, 1996). O plúton do granitoide Lavras é composto por hornblenda biotita granodioritos de granulação grossa e monzogranitos, apresentam localmente foliações miloníticas. O corpo do pluton fica localizado entre as cidades de Lavras e Nepomuceno (Quéméneur, 1996). As unidades Rio do Amparo e Bom Sucesso possuem uma idade média de 2730 Ma, enquanto as rochas do granitóide Lavras possui uma idade média de 2646 Ma (Moreno *et al.* 2017).

O complexo Bação se apresenta em forma de domo na parte central do Quadrilátero Ferrífero. É composto por gnaisses TTGs, que correspondem ao embasamento do *greenstone belt* Rio das Velhas e subordinadamente por granitoides potássico intrusivo. Os TTGs são classificados como ortognaisses intrudidos por granitos, leucogranitos e diques pegmatíticos (Gomes, 1985; Figueiredo e Barbosa, 1993 e Lana *et al.*, 2013). Os TTGs do complexo Bação apresentam evidências das ocorrências dos eventos magmáticos Rio das Velha I e Rio das Velha II. (Farina *et al.*, 2015a; Lana *et al.*, 2013;)

O complexo Belo Horizonte pode ser dividido em 4 principais grupos de rochas (Farina *et al.*, 2015):

- (i) gnaisses bandados de granulação fina intrudidos por (ii) e (iv)
- (ii) granitos de granulação média a grossa de foliação predominantemente fraca
- (iii) gnaisses migmatíticos bandados intrudidos por (iv)
- (iv) leucogranitos, veios pegmatíticos e diques

As rochas mais antigas da região mais próxima ao Quadrilátero Ferrífero são pertencentes ao Complexo Santa Bárbara, que são gnaisses bandados datados em aproximadamente 3,2 Ga (Lana *et al.*, 2013). Dados geocronológicos e isotópicos sugerem a existência de uma grande massa de crosta continental no Quadrilátero Ferrífero durante o Paleoarqueano, a qual foi retrabalhada em sucessivos pulsos tectônicos (Teixeira *et al.*, 1996; Lana *et al.*, 2013; Koglin *et al.*, 2014; Martínez Dopico *et al.*, 2015; Albert *et al.*, 2015; Moreira e Lana, 2015).

2.1 *Greenstone Belt* Pitangui

Pitangui é um estreito *greenstone belt* localizado a cerca de 100km a noroeste do *Greenstone Belt* Rio das Velhas, estando posicionado entre as cidades de Pará de Minas e Pitangui. Estas rochas são sucessões metavulcano-sedimentares amalgamadas tectonicamente em diferentes ambientes tectônicos (Noce *et al.* 2002).

O *Greenstone Belt* Pitangui é composto por rochas metavulcânicas ultramáficas (talco xisto) e por rochas vulcânicas máficas a intermediárias (clorita xisto) intercaladas por BIFs, filitos carbonosos, metarenitos e metapelitos. Este cinturão, que possui uma idade estimada entre 2860 e 2780 Ma, é completamente rodeado por domos de TTGs e é intrudido por granitoides do fim do Arqueano. (Brando *et al.* 2017).

O *Greenstone Belt* Pitangui teve sua divisão litoestratigráfica estabelecida por Romano (2007) como sendo a mesma do *Greenstone Belt* Rio das Velhas, sendo então composto pelos Grupos Nova Lima e Maquiné.

Uma divisão diferente é proposta por Brando Soares *et al.* (2017) separando o *greenstone belt* Pitangui em 3 unidades informais. A Unidade Inferior é composta por rochas metavulcânicas máficas e ultramáficas intercaladas por quartzo-xistos, BIFs e filitos carbonosos, ocorrendo rochas andesíticas e dacíticas mais para o seu topo, registrando a evolução de uma bacia oceânica. A Unidade Intermediária, caracterizada por dominância de rochas metassedimentares clásticas metamorfizadas (quartzo-xistos, filitos carbonosos). A Unidade Superior é formada por rochas metassedimentares clásticas imaturas, quartzo-xistos e metaconglomerados polimiticos. As Unidades Inferior e

Intermediária seriam equivalentes ao Grupo Nova Lima e a Unidade Superior ao Grupo Maquiné.

2.2 Granitóides sin a tadi tectônicos

O local de estudo possui 3 intrusões ígneas que se sobressaem. Estes são o granito Jaguará, foco do presente estudo, e os Batólitos Pequeno e Florestal. O Batólito Pequeno é uma fácies do Maciço Granitóide de Maravilhas-Cachoeira da Prata constituída de leucogranitos de granulação grossa a média, composição de granodiorítica a tonalítica (Oliveira, 1999). O Batólito Florestal possui uma forma amendoada com o eixo maior com a direção das estruturas do Supergrupo Rio das Velhas. Este maciço foi dividido por Romano *et al.* (1995) e Perillo (1998) em 5 fácies petrográficas: Caio Martins, Padre João, Lagoinha, Serra dos Tavares e o Granito Jaguará. Na região de estudo afloram as fácies Serra dos Tavares, Lagoinha e Granito Jaguará. A fácies Serra dos Tavares é uma rocha leucocrática, granulação média e foliada. A fácies Lagoinha é formada por um granito leucocrático a mesocrático com granulação fina e não foliado.

O granito Jaguará, é composto por granitos leucocráticos não foliados de granulação média a grossa. Mostra em sua estrutura orientação de fluxo magmático incipiente e aflora em várias pedreiras abandonadas na localidade Limas, a noroeste da cidade de Pará de Minas (**Fig 2**). O granito Jaguará é inteiramente envolvido pelo *greenstone belt* Pitangui e possui uma relação intrusiva com o mesmo (Romano, 2007).

Produzindo uma comparação entre os TTGs da região com os de outros crátons, Farina *et al.* (2015a) conclui que estas rochas são mais ricas em sílica e K₂O e menos ricas em Na₂O e Al₂O que os TTGs típicos. Baseado em dados

geoquímicos, Farina *et al.* (2015a) sugere que os magmas formadores desses ortognaisses e rochas granitóides seriam provenientes de uma mistura de magmas oriundos de fusão parcial de crosta oceânica basáltica e fusão parcial derivada de retrabalhamento da crosta continental.

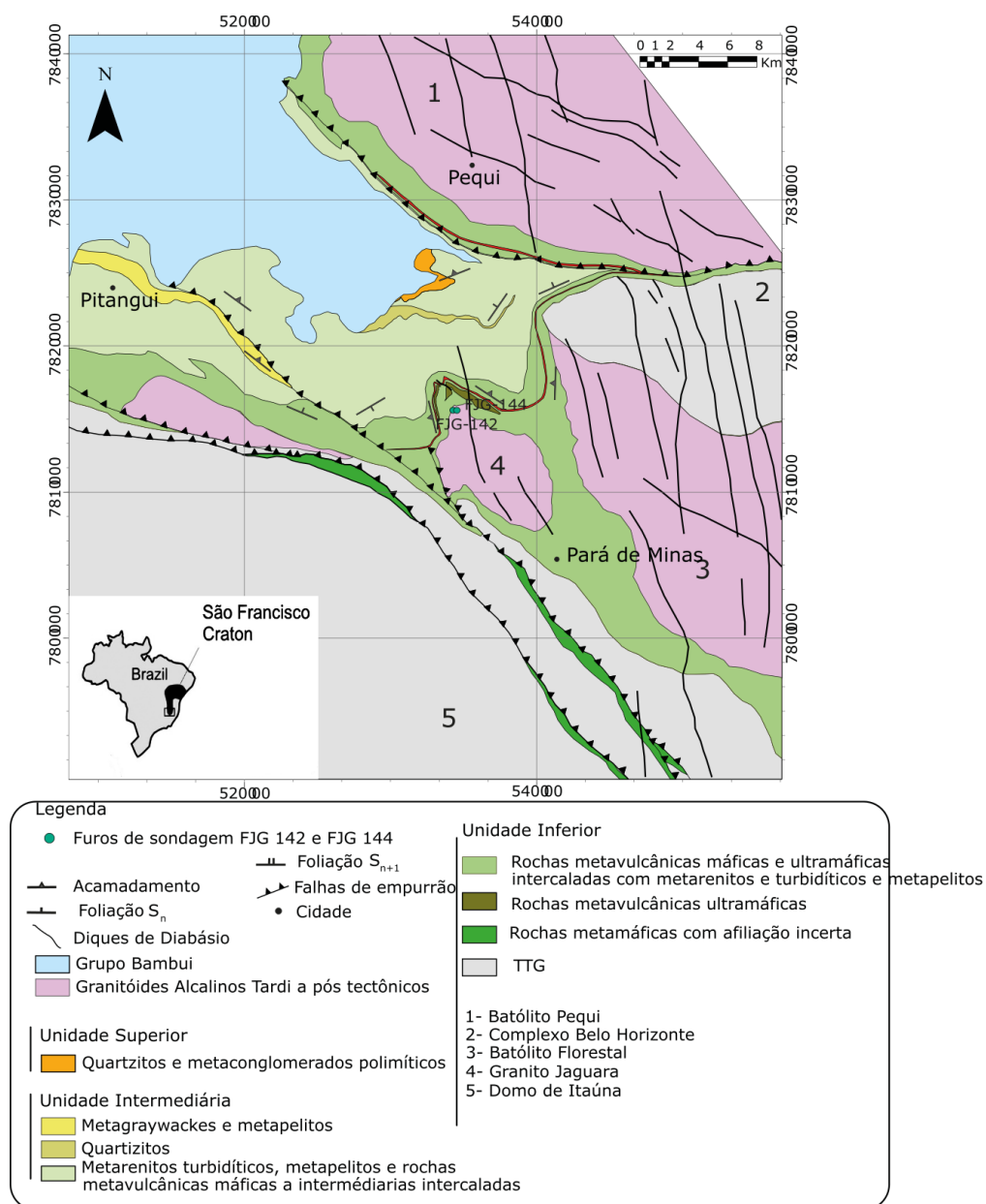


Figura 2 – Mapa geológico do *greenstone belt* Pitangui e área adjacente (a) e coluna estratigráfica do depósito São Sebastião (b,c); adaptado de Brando Soares *et al.* (2018).

2.3 Eventos Magmáticos

Um dos primeiros autores a tentar estabelecer a relação das idades e evolução dos complexos granito-gnáissicos Arqueanos do sul do Cráton São Francisco foi Teixeira *et al.* (1996). Utilizando-se de dados isotópicos de Nd, Sr e Pb das rochas graníticas arqueanas dos complexos Bonfim, Belo Horizonte e Campo Belo por métodos U-Pb e Sm-Nd, Rb-Sr e Pb-Pb, foram definidos pelo menos três eventos magmáticos e tectono termiais relacionáveis nos períodos compreendidos em 3380 a 2900 Ma, 2860 a 2800 Ma e 2780 a 2700 Ma (Teixeira *et al.*, 1996). De maneira inicial, o trabalho de Teixeira *et al.* (1996) pontuava, baseado nos dados litoestratigráficos de Carneiro (1992), que no Complexo Metamórfico Bonfim, as rochas pertencentes ao último evento magmático dos três descrito por Teixeira *et al.* (1996) possuíam uma geoquímica de alto K que poderia ser relacionado ao retrabalhamento das rochas do embasamento na evolução final de uma margem continental ativa, marcada por um início de estabilização da crosta arqueana.

Lana *et al.* (2013) retoma o estudo da evolução magmática no Arqueano nos terrenos TTGs do Quadrilátero Ferrífero através de LA-ICP-MS e SHRIMP U-Pb e identificou três principais períodos de magmatismos do tipo TTG no sul do Cráton São Francisco: Santa Bárbara (3220 a 3200 Ma), Rio das Velhas I (2930 a 2900 Ma) e Rio das Velhas II (2800 a 2770 Ma) . Foi também definido um magmatismo de assinatura potássica ocorrendo entre 2750 e 2700 Ma (Lana *et al.*, 2013), descrito anteriormente por Romano *et al.* (2013) como evento Mamona, com idade de 2760 a 2700 Ma. Esses granitoides potássicos marcariam a cratonização do sul do Craton São Francisco no Neoarqueano, após a Orogenia Rio das Velhas.

Farina *et al.* (2015) combinou dados geocronológicos com novas observações em campo e litogeoquímica das rochas para estabelecer uma melhor correlação e evolução do magmatismo presente nos complexos metamórficos do sul do cráton São Francisco. Estabeleceu então novos limites de idades para os eventos Rio das Velhas I (2920 a 2850 Ma), Rio das Velhas II (2800 a 2760 Ma) e Mamona (2750 a 2700 Ma), concluindo que o sul do cráton São Francisco possui uma evolução bem marcada de seu magmatismo de assinatura geoquímica de TTGs e arcos magmáticos para um magmatismo de alto K (Evento Mamona). Porém, constata-se que os granitoides estudados da região do complexo Belo Horizonte não possuem marcados em sua geoquímica uma evolução para magmatismo de alto K (Farina *et al.*, 2015).

Moreno *et al.* (2017) analisa os dados obtidos para os três granitoides de alto K neoarqueanos do Complexo Campo Belo que intrudem o gnaiss Fernão Dias entre 2750 Ma e 2630 Ma, e um enclave de ortognaiss presente na unidade Rio do Amparo. É estabelecida a possível correlação com o evento Mamona pelas características geoquímicas semelhantes e pela proximidade com a idade do evento descrito. A Tabela 1 sintetiza as propostas acima expostas.

Tabela 1 – Síntese de idade por autor dos eventos magmáticos arqueanos presentes no sul do cráton São Francisco.

Autor	Santa Barbara	RVI	RVII	Mamona
Teixeira <i>et al</i> 1996	3380-2900 Ma*	2860-2800 Ma*		2780-2700 Ma*
Lana <i>et al</i> 2013	3220-3200 Ma	2930- 2900 Ma	2800- 2770 Ma	2750-2700 Ma*
Romano <i>et al</i> 2013	3220-3200 Ma	2930- 2900 Ma	2800- 2770 Ma	2760-2700 Ma
Farina <i>et al</i> 2015	3220-3200 Ma	2920- 2850 Ma	2800- 2760 Ma	2760-2680 Ma

*=Nome do evento não estabelecido pelo autor na publicação do artigo

3 METODOLOGIA

O presente trabalho teve como arcabouço metodológico o uso de etapas de escritório e laboratório. Foram feitas análises descritivas de lâminas petrográficas, descrição dos materiais do testemunho de furos de sondagem, interpretação e correlação dos dados geoquímicos com a bibliografia pertinente ao deste estudo. Os testemunhos foram descritos e as amostras coletadas pela equipe da IAMGOLD e pelo prof. Atlas Corrêa Neto.

As lâminas delgadas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação M3GL, na cidade de Mariana, Minas Gerais. Foram descritos e analisados seis lâminas e materiais de amostras de quatro furos de sondagem (FJG 140, FJG 142 e FJG 144). Os materiais foram descritos de forma macroscópica com lupa de mão (Aumento de 10x e 20x). A descrição das lâminas delgadas foi feita no microscópio Carl Zeiss® Axioplan, em luz transmitida e refletida, e suas imagens foram capturadas na câmera AxioCam ICc 3 com o programa AxioVision 4.8, ambos realizados no LABSONDA do Departamento de Geologia da UFRJ. As abreviações indicativas dos minerais foram feitas a partir da publicação de Siivola & Schmid (2007), seguindo recomendação da USGS. Para a determinação da composição dos plagioclásios foi utilizado o método de Michel-Levy.

Foram realizadas 10 análises químicas de rocha total nos intervalos de rochas graníticas presentes no furo. A coleta de amostras foi feita de modo a evitar intervalos com sinais macroscópicos de alteração hidrotermal. O volume amostral foi definido com base na granulometria e textura, de modo a não causar problemas de representatividade devido à presença de fenocristais, por exemplo. As amostras foram submetidas ao laboratório ALS, no qual foram feitas análises

ICPME para quantificação de elementos maiores e análises ICPMS para elementos traço e ETR+Y. Maiores detalhes sobre os métodos de análises podem ser consultados em alsglobal.com/services (código da análise: ME-XRF26). Os dados geoquímicos obtidos foram manuseados com a utilização das ferramentas Microsoft Office Excel 2013 e GCDkit (GeoChemical Data ToolKIT 5.0; Janousek, *et al.*, 2006).

Como controle dos dados geoquímicos para minimizar utilização de dados de amostras afetadas por hidrotermalismo e metamorfismo, foram descartadas análises que possuíam perda ao fogo maior que 5%, casos onde elementos necessários para todos os diagramas apresentaram valores abaixo do limite de detecção ou não foram analisados. Finalmente, análises que apresentaram a razão condrítica alterada de acordo com o gráfico de Bau (1996) foram descartadas (**Fig 3**). Esse A **Fig 4** mostra um exemplo do refinamento de coerência dos dados após aplicar os 2 critérios de utilização.

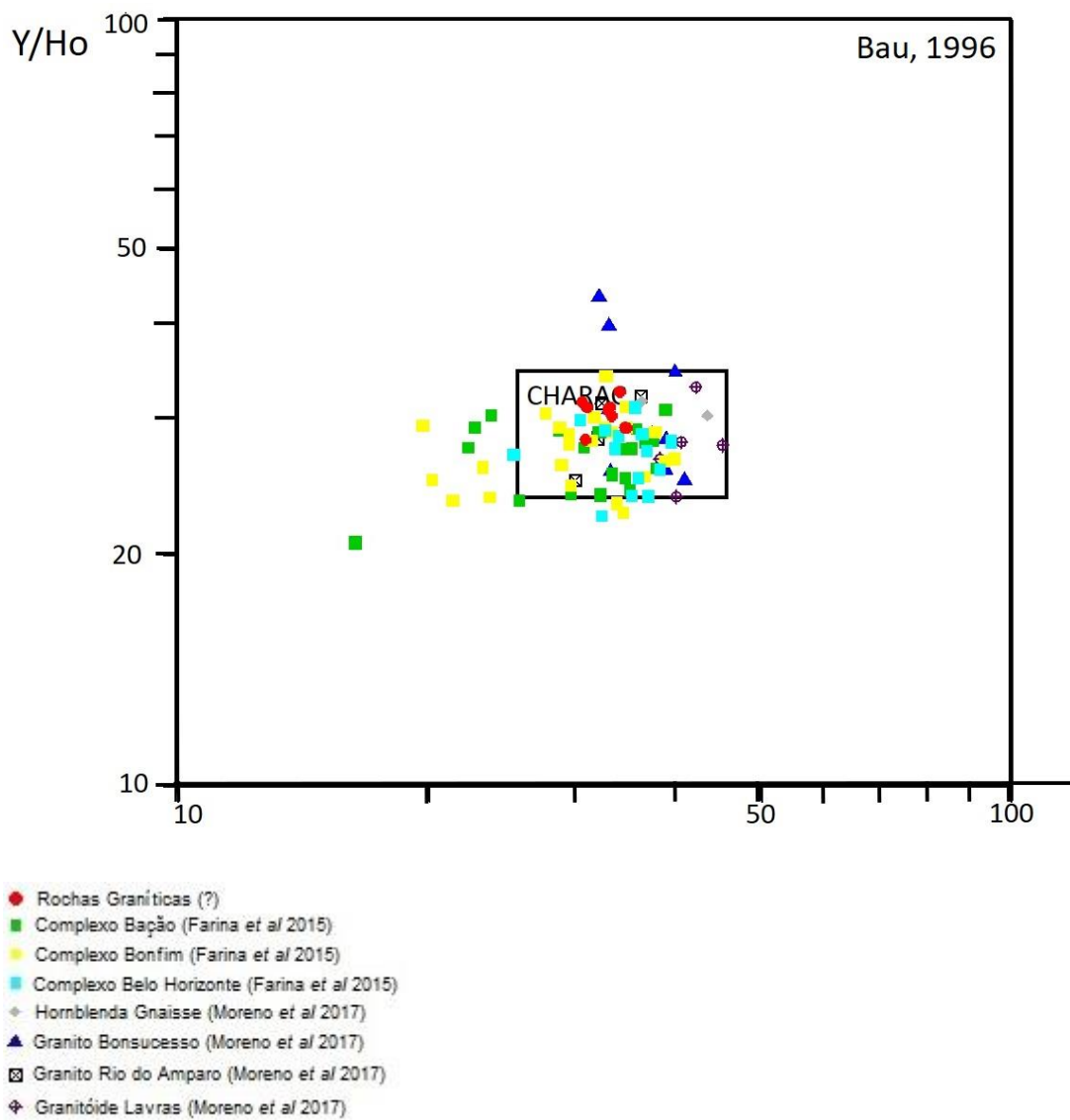


Figura 3 – Diagrama de Bau (1996) com dados de amostras obtidas a partir da literatura. Amostras fora do campo CHARAC não foram utilizadas no presente estudo.

¹CHARAC – Charge and radius controlled.

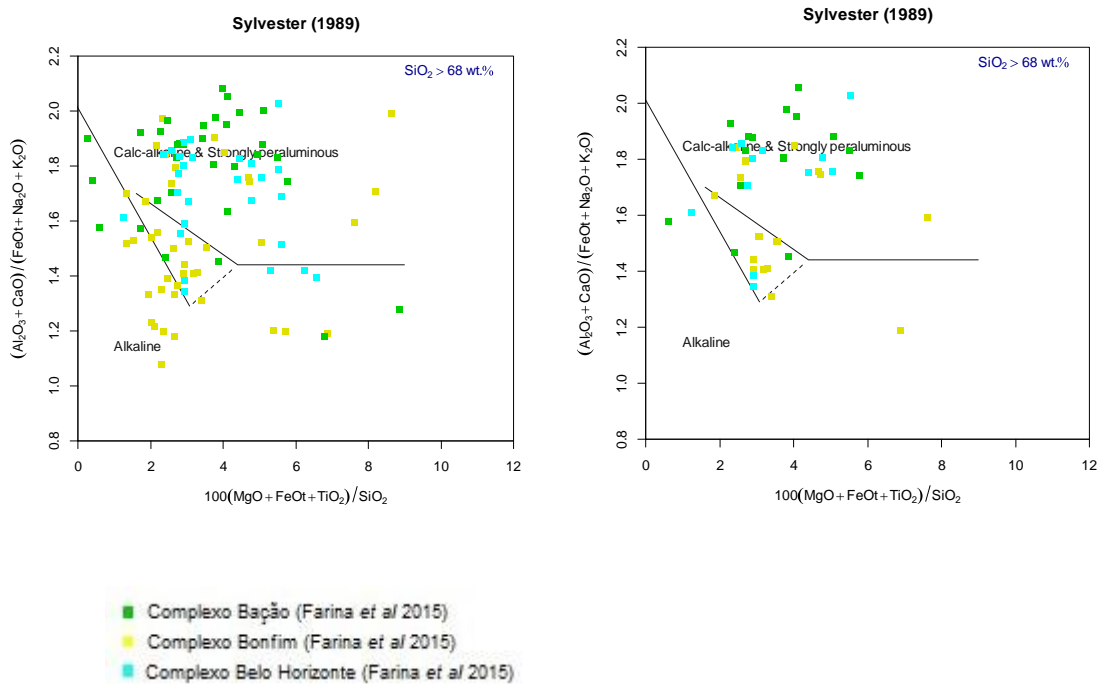


Figura 4 – Exemplo gráfico de amostras sem controle de dados (à esquerda) e com controle de dados (à direita) da publicação de Farina *et al* 2015.

4 RESULTADOS

4.1 Granito Jaguará - Descrição Macroscópica

As rochas são holocristalinas, em média possuem uma cor natural clara, com índice de cor variando entre 15-25%, sendo estas então rochas leucocráticas. A granulometria visível média varia entre 1 e 2cm. Classifica-se a rocha quanto a textura como fanerítica granular hipidiomórfica. As amostras possuem uma fraca orientação magmática dos minerais máficos e possui alguns planos de fratura preenchidos por sulfeto (pirita) e quartzo. Foi usado o equipamento *mineralight* portátil para identificar minerais que poderiam ter um estado de excitação expostos a luz UV de baixo comprimento de onda. Em 2 amostras foram identificados pequenos minerais de dimensões submilimétricas que reagiram à exposição aos raios apresentando uma coloração branco para azul brilhante, provavelmente scheelita.

4.2 Descrição Microscópica das rochas

O estudo microscópico das rochas via lâminas delgadas evidenciou que a rocha é composta essencialmente por quartzo, plagioclásio e microclina. (**Fig. 5**). Os minerais acessórios das rochas são compostos por biotita, titanita, zircão, apatita e minerais opacos (pirita, hematita, ilmenita e magnetita). Os minerais secundários são compostos por clorita e carbonato. A granulação da rocha é de fina a média, variando entre 0,1 e 8mm, com o intervalo mais frequente de tamanho dos cristais sendo entre 2 e 3mm. O contato entre os grãos varia de interlobado a poligonal. As descrições individuais das lâminas petrográficas podem ser encontradas no **Anexo B**.

Os cristais de plagioclásio em geral possuem geminação polissintética, são zonados composicionalmente e em grande parte sofreram sericitização, carbonatação e rara formação de epidoto (**Fig. 6**). O ângulo de extinção de 26° das lamelas da geminação polisintética indica composição na faixa da andesina. As medidas dos ângulos foram obtidas somente na borda dos plagioclásios. Os núcleos não possuíam boas seções para a determinação do ângulo de extinção. É possível ainda encontrar cristais de plagioclásio inclusos em microclina (**Fig. 7**).

Os cristais de quartzo são em sua maioria de granulação média e apresentam por vezes fraca extinção ondulante e recristalização incipiente, gerando subgrãos. É possível se observar outras texturas com o quartzo na rocha, como a mirmerquita (**Fig. 8**). Há alterações do plagioclásio para carbonato e sericita, a biotita se alterando para clorita e presença de pirita em algumas seções delgadas (**Figs. 5, 9 e 10**).

A microclina presente nas amostras é caracterizada por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza e geminação *tartan*. São cristais prismáticos hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,5 e 8mm. Possui alteração e substituição para sericita, muscovita e carbonato.

Os cristais de biotita possuem uma cor amarronzada, pleocroísmo de marrom avermelhado a verde amarronzado, uma direção de clivagem, extinção reta, exibindo por vezes *bird's eyes*. Ocorre sob hábito lamelar, e eventualmente, exhibe seção basais. Geralmente os cristais de biotita, nas amostras estudadas encontram-se alterados para clorita. Seu tamanho varia entre 0,3 e 1mm.

A clorita, como dito acima, é formada a partir da biotita, possuindo o hábito lamelar, pleocroísmo de verde claro a verde escuro e cor de interferência alta. Seu tamanho varia entre 0,2 e 1mm.

O carbonato é encontrado substituindo feldspatos, é incolor, relevo baixo e possui uma cor de interferência alta. É encontrado por vezes em fraturas.

A titanita é caracterizada pelo pleocroísmo amarelo claro a levemente rosado, relevo muito alto e fraturas típicas. O zircão é caracterizado por possuir um relevo e birrefringência alta. A apatita, se apresentando como pequenos cristais idiomórficos e aproximadamente hexagonais nas seções basais observadas. A pirita que em luz refletida possui uma coloração de creme a branca, com hábito por vezes cúbico, ocorre de modo disseminado e por vezes ao longo de fraturas. A magnetita possui coloração cinza rosada, estando geralmente em cristais com hábito euédrico. A hematita possui uma coloração cinza claro azulado a coloração avermelhada e hábito euédrico. A ilmenita possui coloração cinza amarronzada.

No gráfico QAPF com a média das visadas obtidas é possível classificar a rocha como um monzogranito/granodiorito (**Fig. 11**).

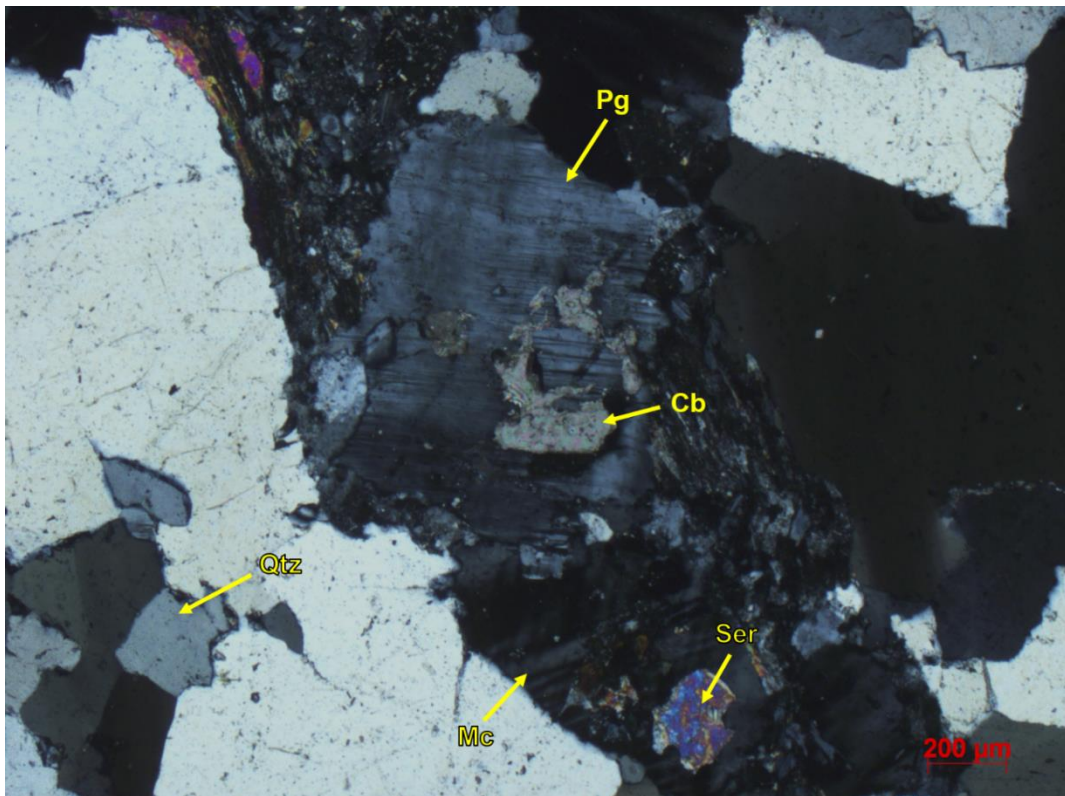


Figura 5 – Fotomicrografia de rocha granítica obtida com luz transmitida sob nicóis cruzados. Granito Jaguará, lâmina FJG 142 -255,67m: rocha ígnea granítica média composta essencialmente por quartzo, microclina e plagioclásio, apresentando carbonato e sericita por alteração. Lista de abreviações minerais segundo a USGS.

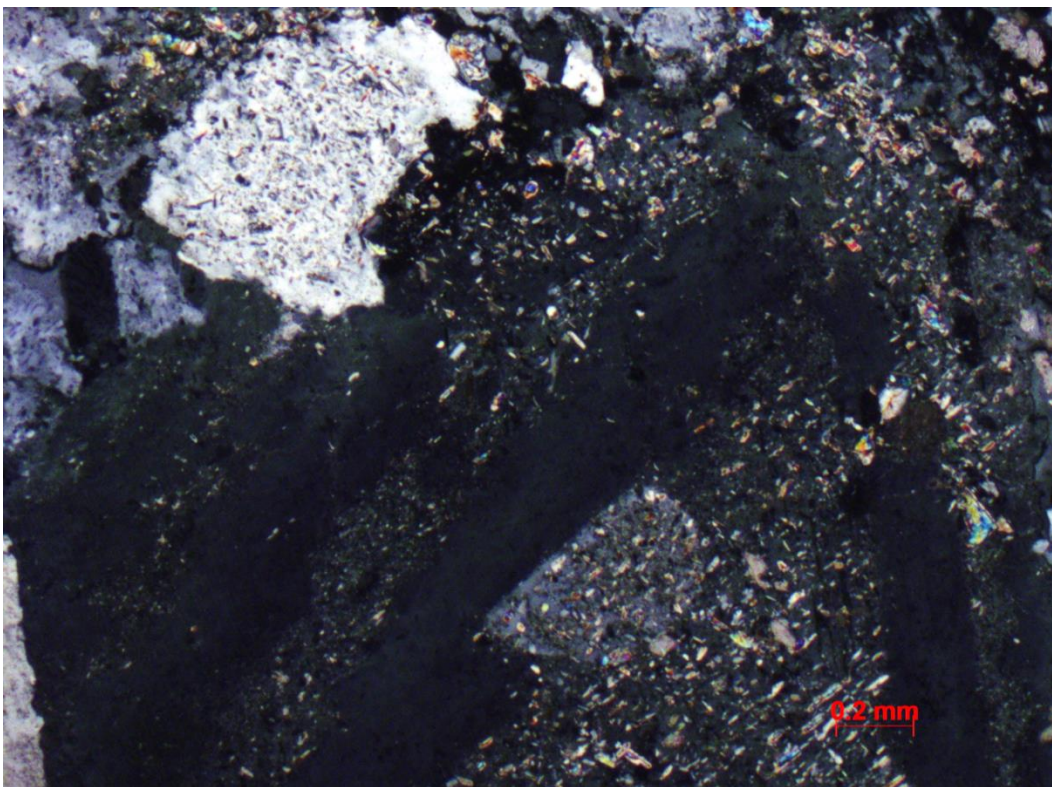


Figura 6 – Fotomicrografia de seção delgada obtida com luz transmitida sob nicóis cruzados. Granito Jaguará, lâmina FJG 142/066 -284,55m: cristal de feldspato zonado composicionalmente e sericitizado.

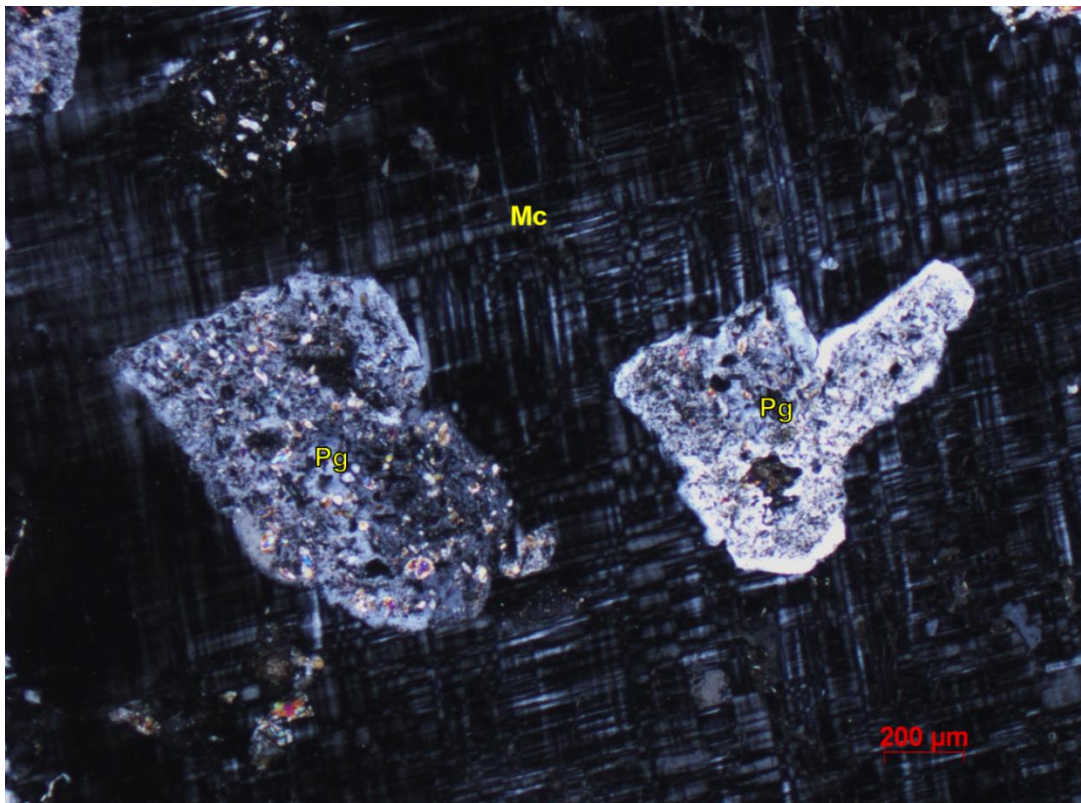


Figura 7 – Fotomicrografia de seção delgada obtida com luz transmitida sob nicóis cruzados. Granito Jaguará, lâmina FJG 142/058 263,50m: cristais de plagioclásio inseridos em um cristal de microclina. Lista de abreviações minerais segundo a USGS.

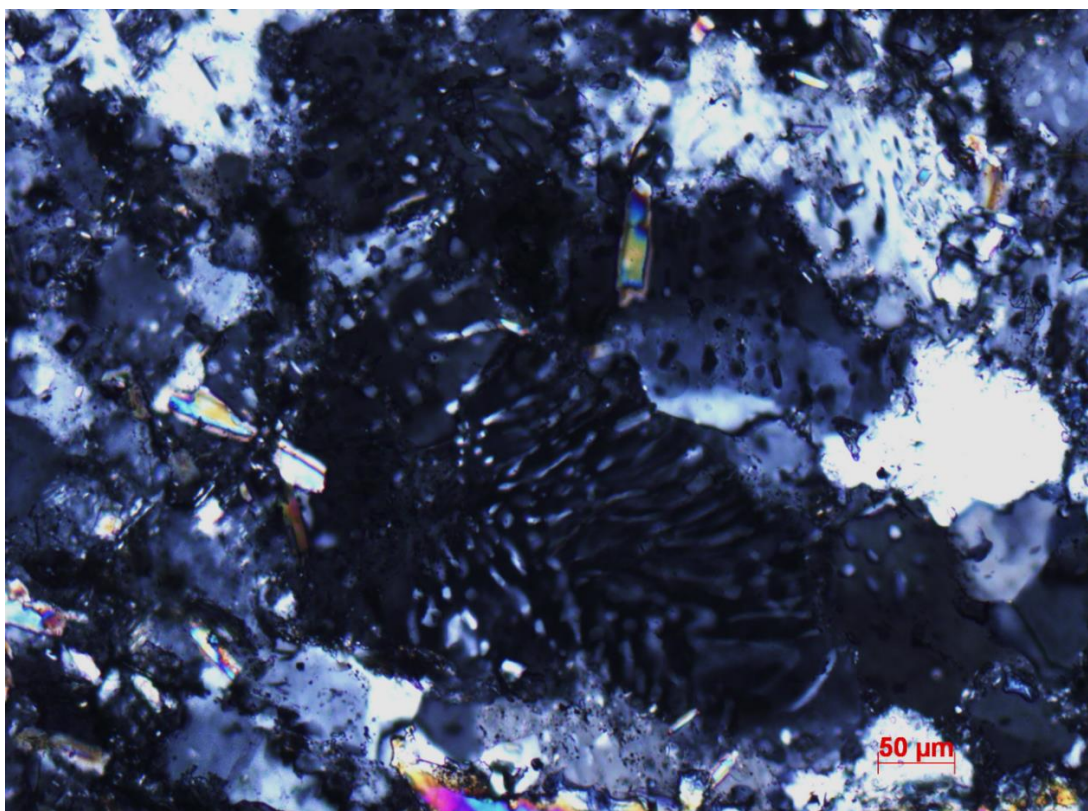


Figura 8 – Fotomicrografia de seção delgada obtida com luz transmitida sob nicóis cruzados. Granito Jaguará, lâmina FJG 142 -255,67m: textura mimerquítica.

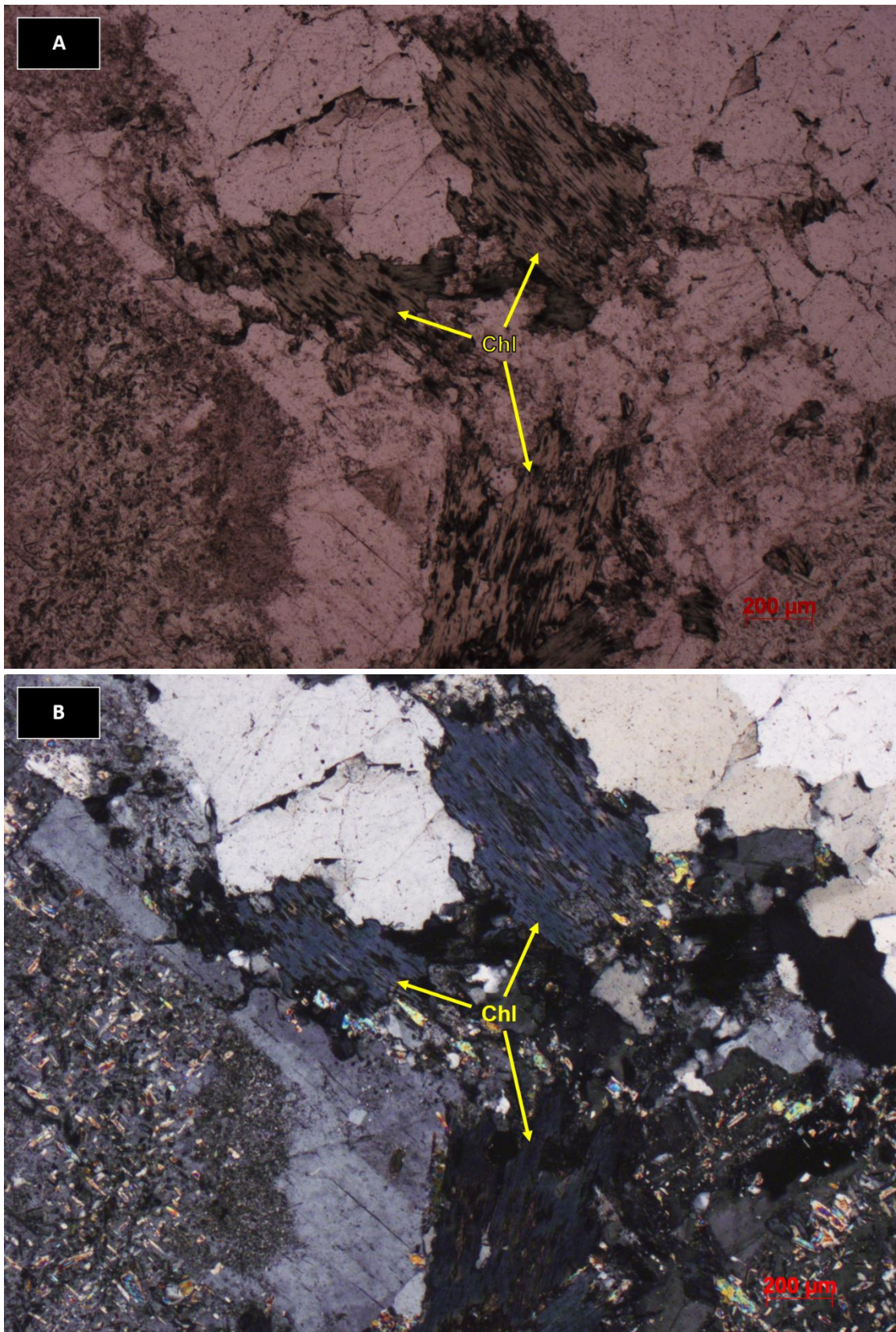


Figura 9 – Fotomicrografia de seção delgada obtida com luz transmitida sob nicóis descruzados (A) e cruzados (B). Granito Jaguará, lâmina FJG 142 -255,67m: clorita formada a partir de alteração de biotita.

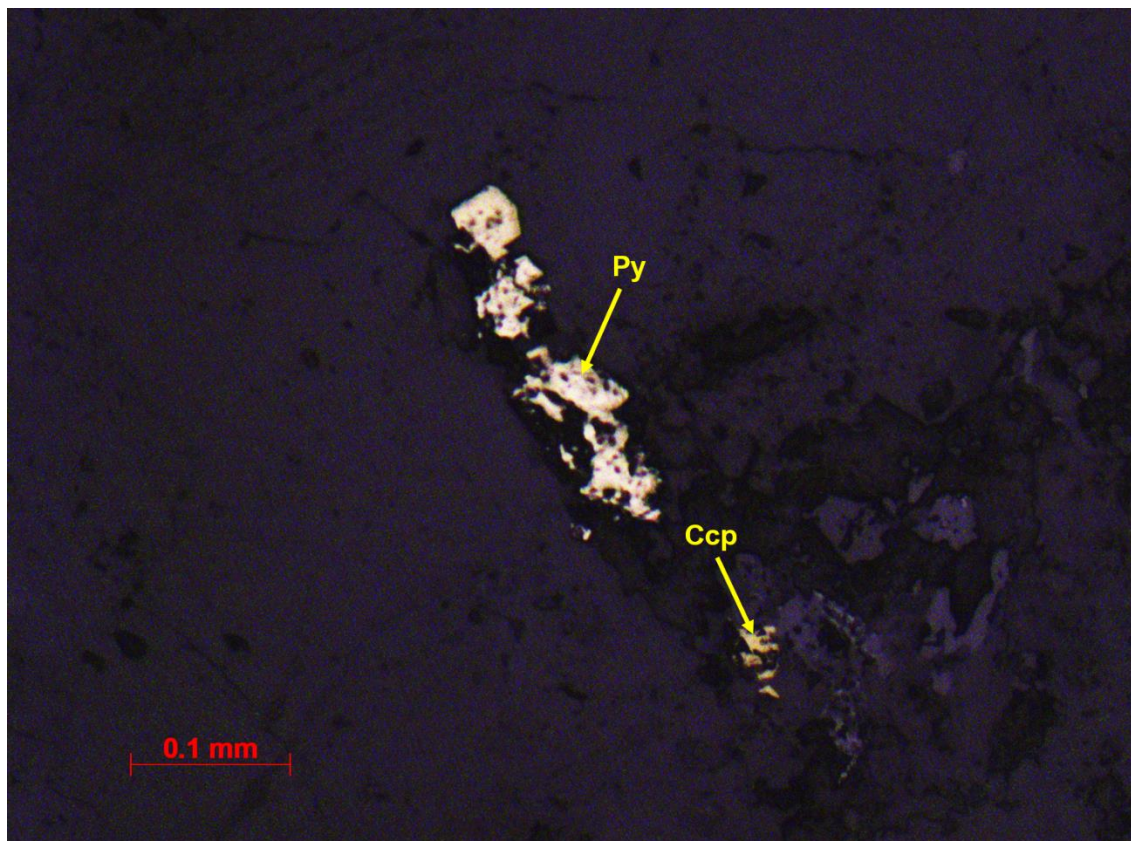


Figura 10 – Fotomicrografia de seção delgada obtida com luz refletida sob nicóis descruzados. Granito Jaguará, lâmina FJG 144/289 439,12m: presença de pirita com forma cúbica. Lista de abreviações minerais segundo a USGS.

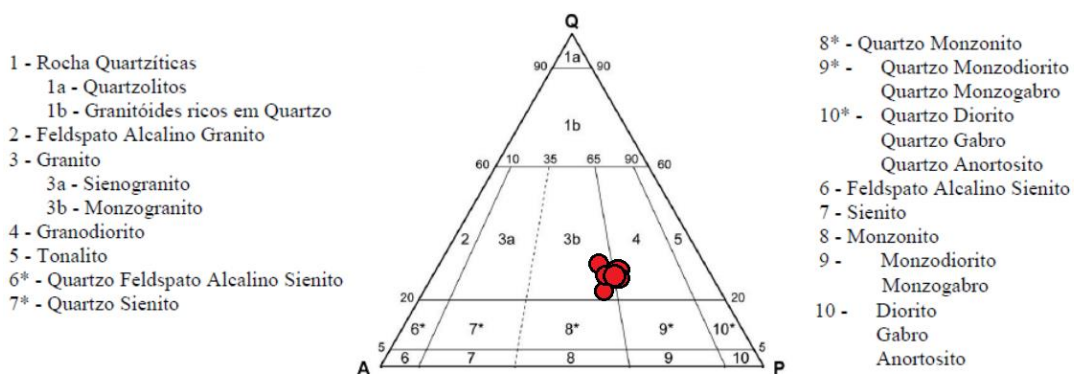


Figura 11 – Classificação e nomenclatura do Granito Jaguará segundo o Diagrama de Streckeisen (Streckeisen, 1967 e 1976, traduzido por Wernick, 2003.)

4.3 Litogeoquímica

A tabela presente no **Anexo A** apresenta os dados analíticos de elementos maiores (%em peso), traços e terras-raras (ppm) de 10 amostras do Granito Jaguará.

Os dados (% em peso) dos elementos maiores mostram que as rochas analisadas possuem em média 72% de SiO₂, variando entre 71 e 74%, cerca de 14% de Al₂O₃, FeO_T menor que 2,5%, com uma média de 2%, MgO menor que 1%, possuindo uma média de 0,5%, CaO menor que 2%, tendo uma média aproximada de 1,4%, K₂O menor que 3,5%, em posse de valores médios de 3% e Na₂O menor que 5%, apresentando uma média de 4,5%.

De acordo com o diagrama de Middlemost (1994) (**Fig. 12**), usando a relação SiO₂ e Na₂O+K₂O, de classificação de rochas, as amostras analisadas da rocha são classificadas como granitos.

Os diagramas Harker para os elementos maiores apresentam uma relação de *trend* positivo com o SiO₂ nos elementos K₂O, MgO e Fe (total). Os elementos Al₂O₃, CaO, Na₂O, P₂O₅ e TiO₂ presentes não apresentam distinções claras de sua variação ligada aos valores de SiO₂, se apresentando por vezes como *clusters* ou de modo espalhado nos diagramas (**Fig. 13**). Nos diagramas bivariantes de Zr para os elementos maiores apresentam *trends* positivos com o Zr nos elementos TiO₂ e CaO e *um* *trend* negativo para K₂O. Os elementos Al₂O₃, Na₂O, MgO, P₂O₅, e Fe (total) presentes não apresentam distinções claras de sua variação ligada aos valores de Zr, se apresentando por vezes como *clusters* ou de modo espalhado nos diagramas (**Fig. 14**).

Os diagramas Harker para os elementos traços apresentam *trend* positivo com relação à SiO_2 para os elementos Ce e La. As relações Cr, La, Rb, Sr, Y, Ba, Ni mg#, A/CNK e $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ nos diagramas Harker não apresentam correlação conclusiva com a SiO_2 (**Fig. 15**). Já nos diagramas bivariantes de Zr para os elementos traços há *trend* correlação positiva com o Zr para os elementos Ce e La. Demonstram ainda uma correlação negativa as razões #mg, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, A/CNK com o Zr. Os elementos Rb, Sr, Y, Ba, Cr, e Ni nos diagramas bivariantes de Zr não apresentam correlação clara com o Zr (**Fig. 16**).

A geração dos diagramas bivariantes de Ce para os elementos traços demonstram um *trend* positivo para os elementos La, Y e Zr e um *trend* negativo para a relação A/CNK (**Fig. 17**).

Middlemost (1994)

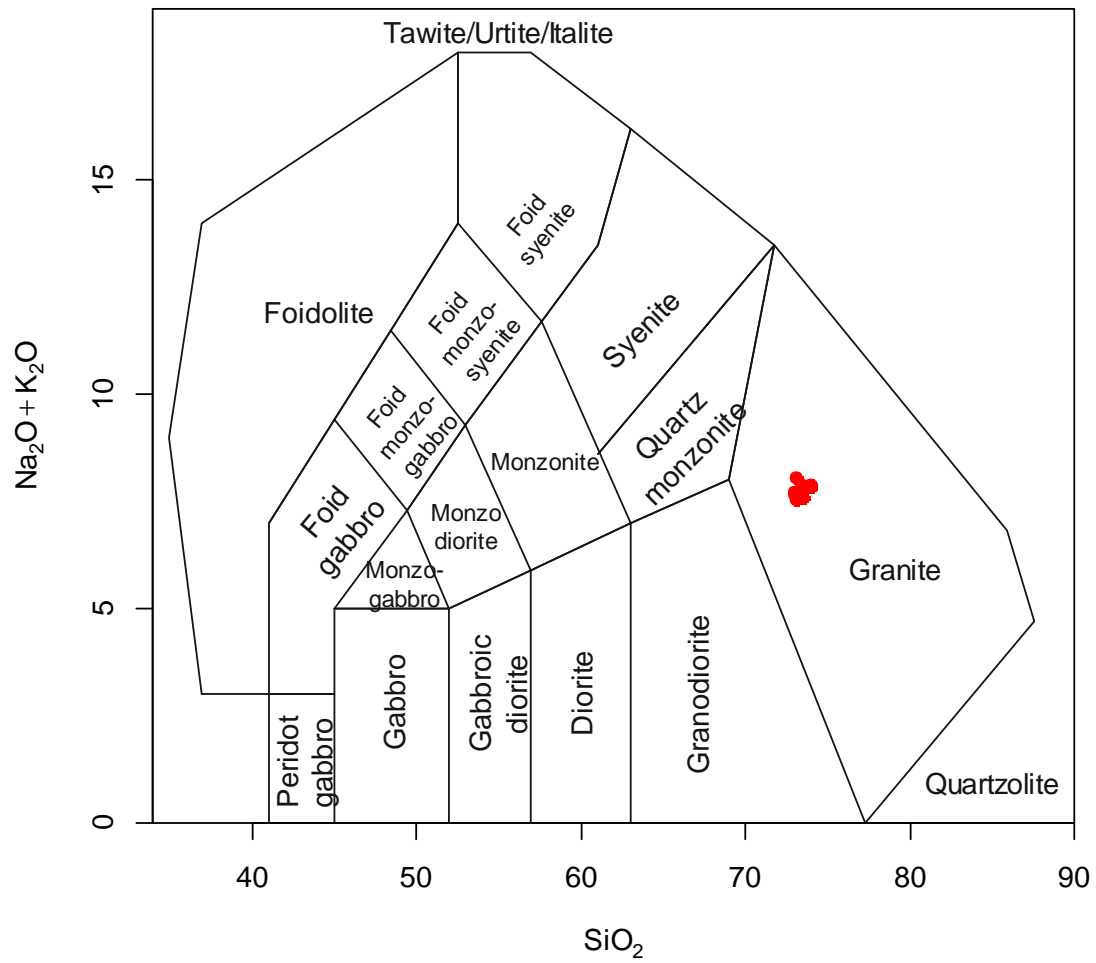
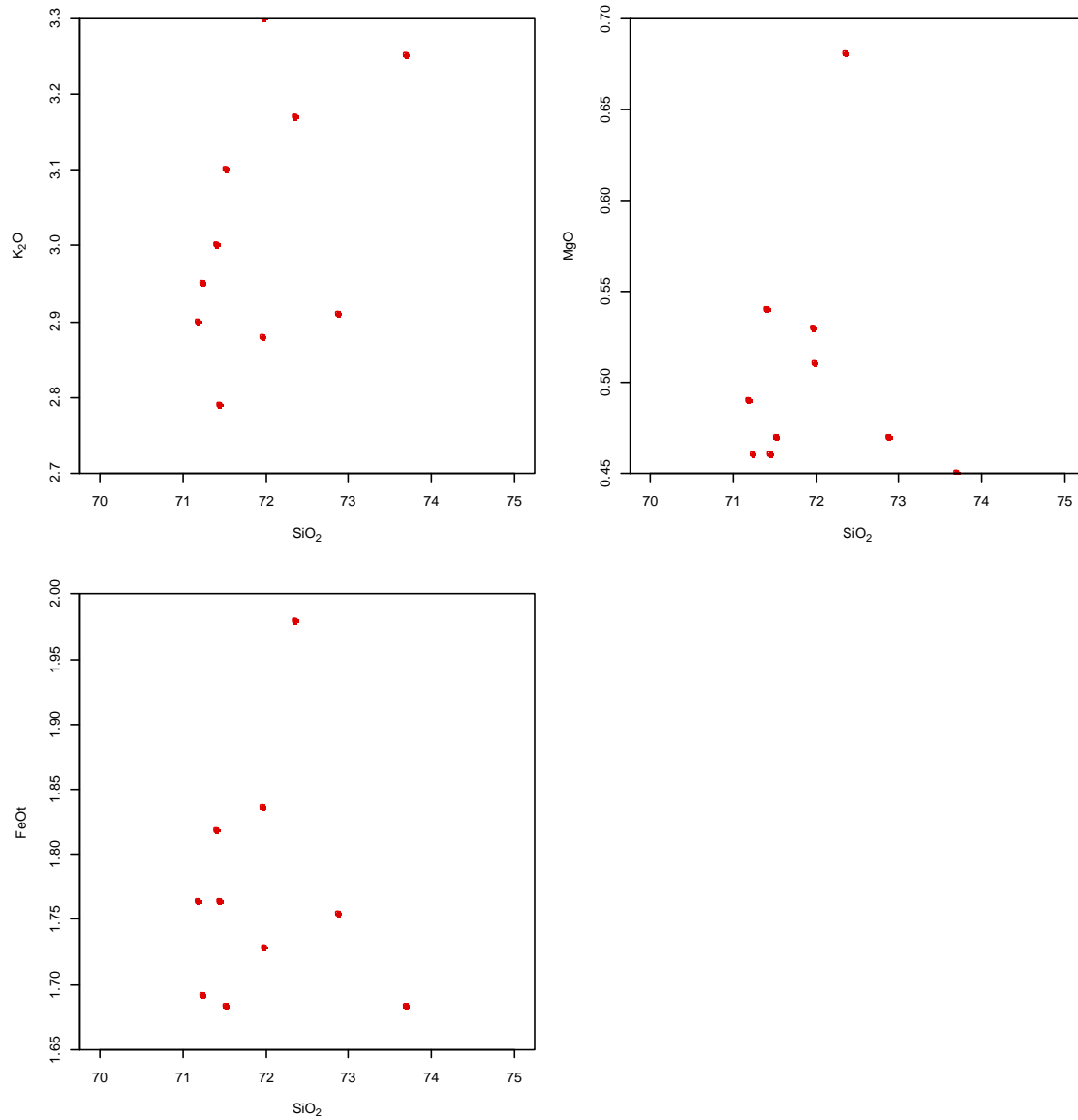


Figura 12 – Classificação do Granito Jaguará como um granito de acordo com o diagrama de Middlemost (1994).

Multiple plot of SiO_2 vs. K_2O , MgO , FeOt **Figura 13** – Diagramas selecionados de Harker para os elementos maiores. Todos os elementos em wt(%).

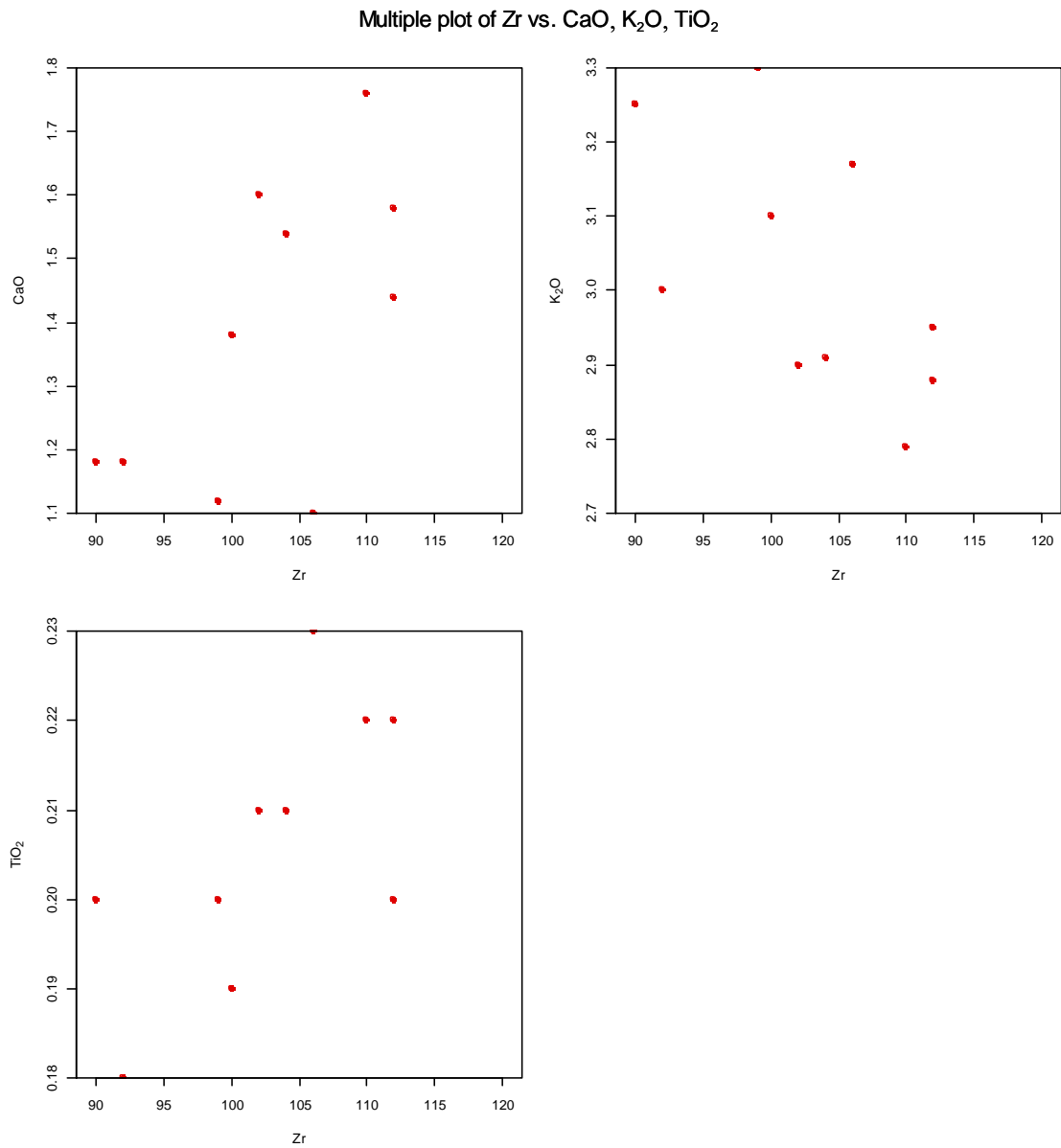


Figura 14 – Diagramas selecionados bivalente de Zr para os elementos maiores. Os elementos maiores em wt (%) e Zr em ppm.

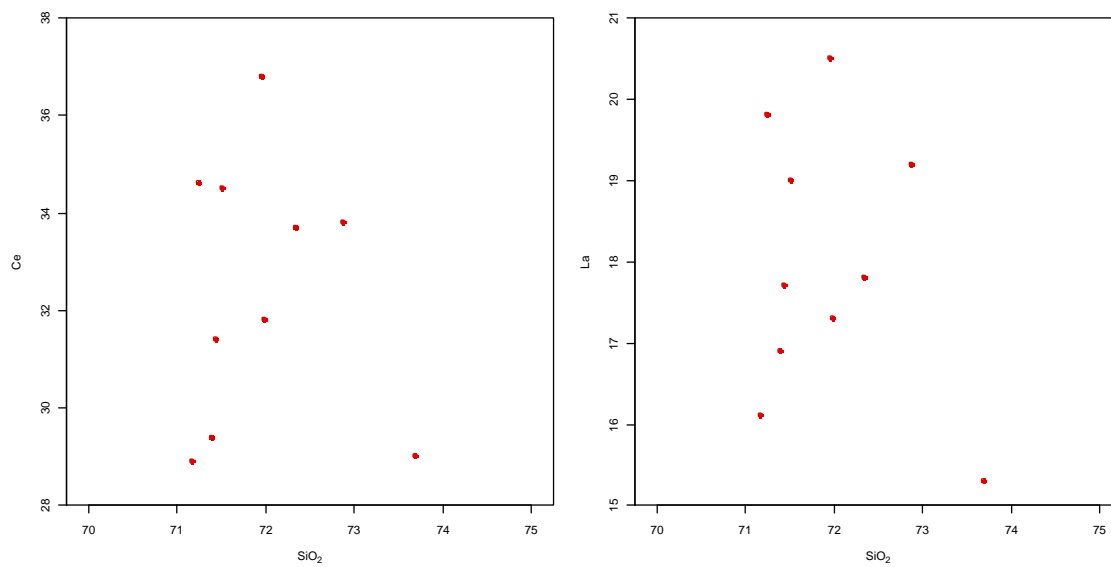
Multiple plot of SiO_2 vs. Ce, La

Figura 15 – Diagramas selecionados de Harker para os elementos traços. Os elementos traços em ppm e SiO_2 em wt(%).

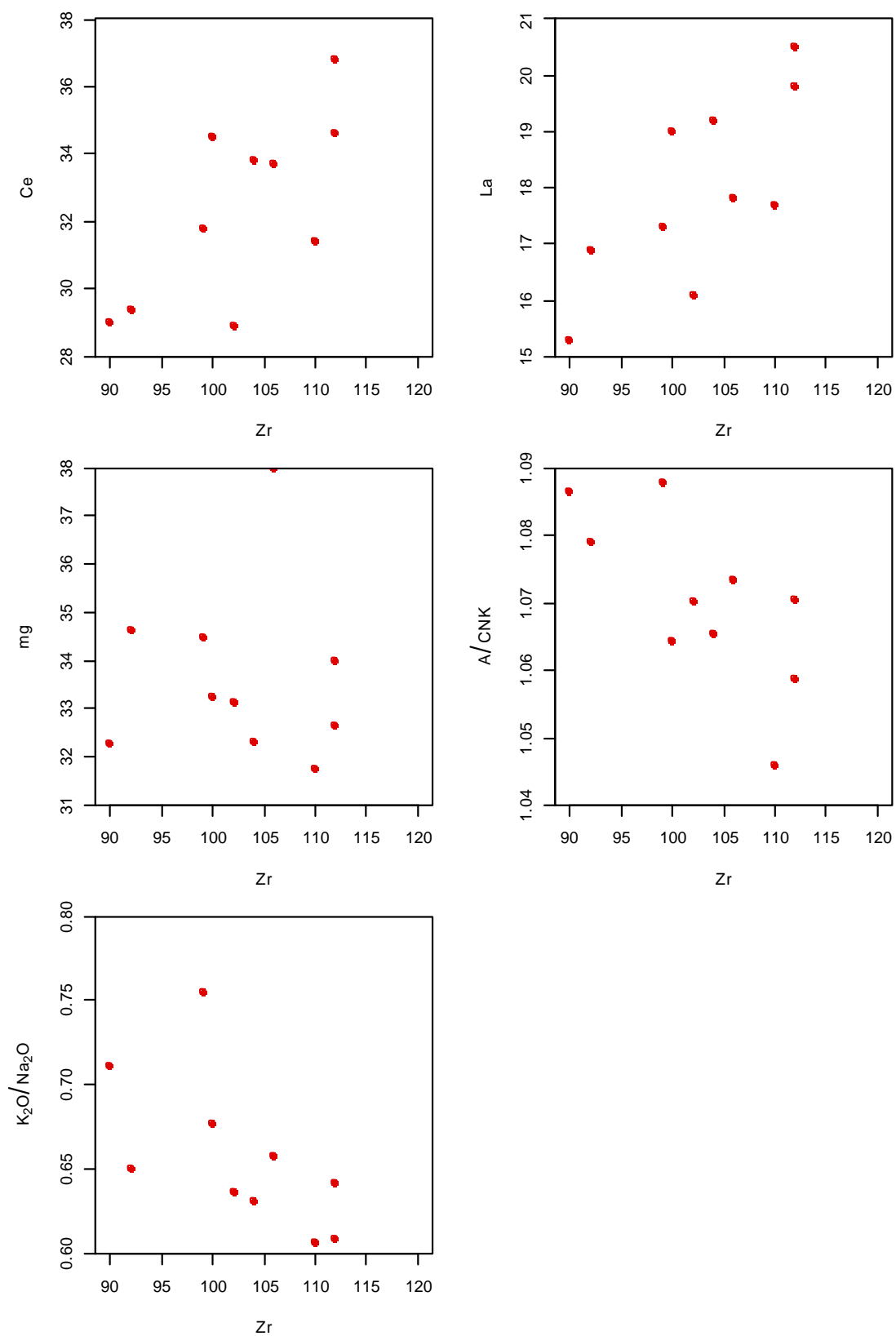
Multiple plot of Zr vs. Ce, La, mg, A/CNK, K₂O/Na₂O

Figura 16 – Diagramas bivariate selecionados de Zr para os elementos traços. Os elementos traços e Zr em ppm.

Multiple plot of Ce vs. La, Y, Zr, A/CNK

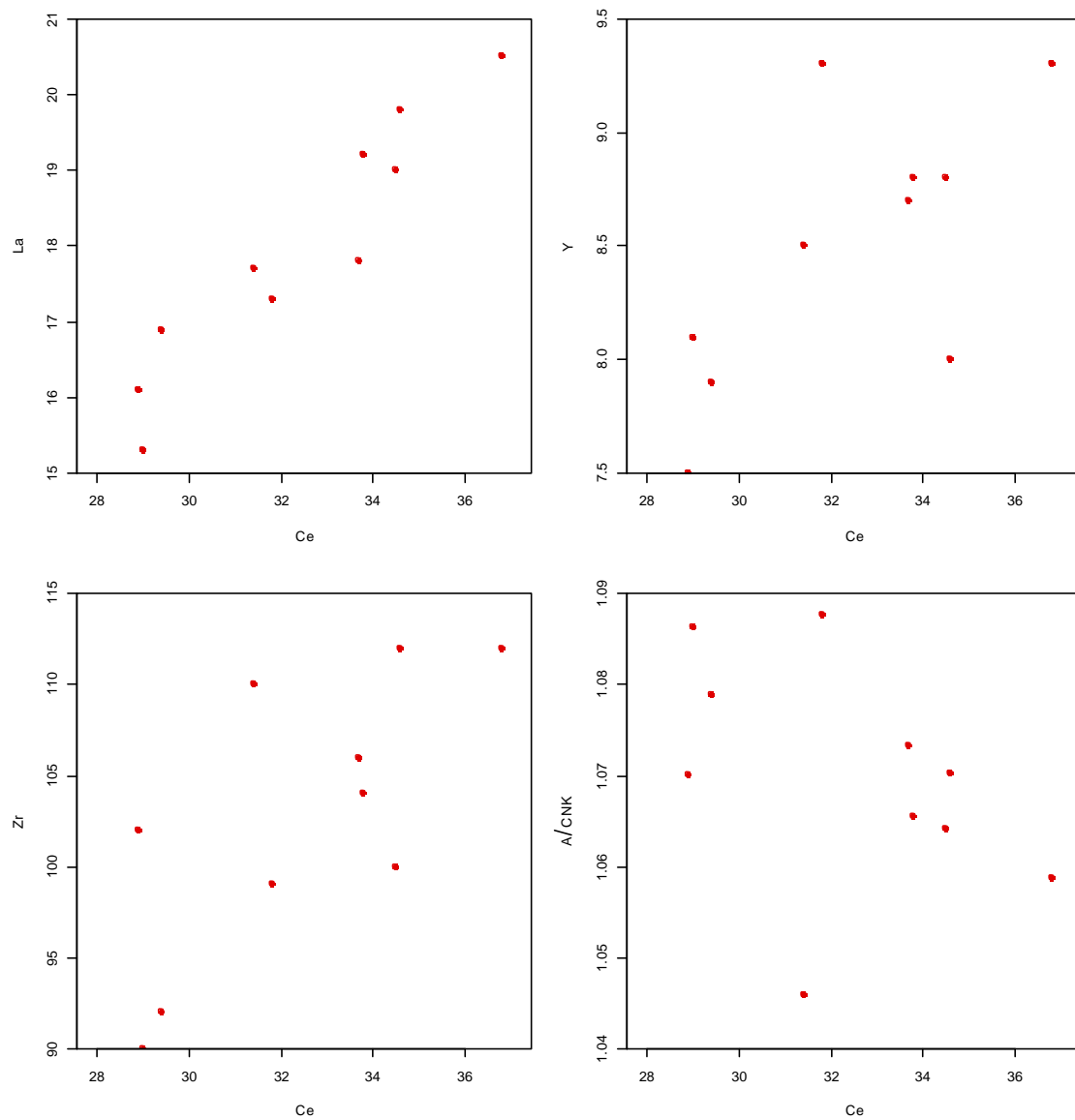


Figura 17 – Diagramas bivariate selecionados de Ce para os elementos traços. Os elementos traços e Ce em ppm

As rochas analisadas pertencem à série cálcio-alcálica peraluminosa, segundo o diagrama de Sylvester (1989) (**Fig. 18**).

Os diagramas discriminativos para rochas granitóides de Frost *et al.* (2001) classifica as amostras do Granito Jaguará como peraluminosas **Fig. 19C**, corrobora a classificação como da série cálcio-alcálica (**Fig. 19B**) e demonstra que o material analisado possui uma assinatura geoquímica mais próxima de magnésiana (**Fig. 19A**).

O diagrama multielementar normalizado ao condrito mostra enriquecimento em terras raras em relação ao padrão. Os padrões de todas as amostras são bem fracionados, mostrando enriquecimento em terras raras leves de duas ordens de grandeza e, de terras raras pesadas, uma ordem de grandeza. Há anomalia negativa de Eu e uma pequena anomalia positiva de Tm (**Fig. 20**).

O diagrama multielementar normalizado para a crosta continental superior demonstra um empobrecimento em uma ordem de grandeza em relação às concentrações médias. As exceções são os elementos Ba, U e K, onde a maior parte das amostras estão próximos ao valor normalizado. As anomalias negativas mais proeminentes do diagrama são de Nb e Ta (**Fig. 21**). Excluindo-se as anomalias, observa-se uma tendência de leve enriquecimento de terras raras leves em relação às pesadas.

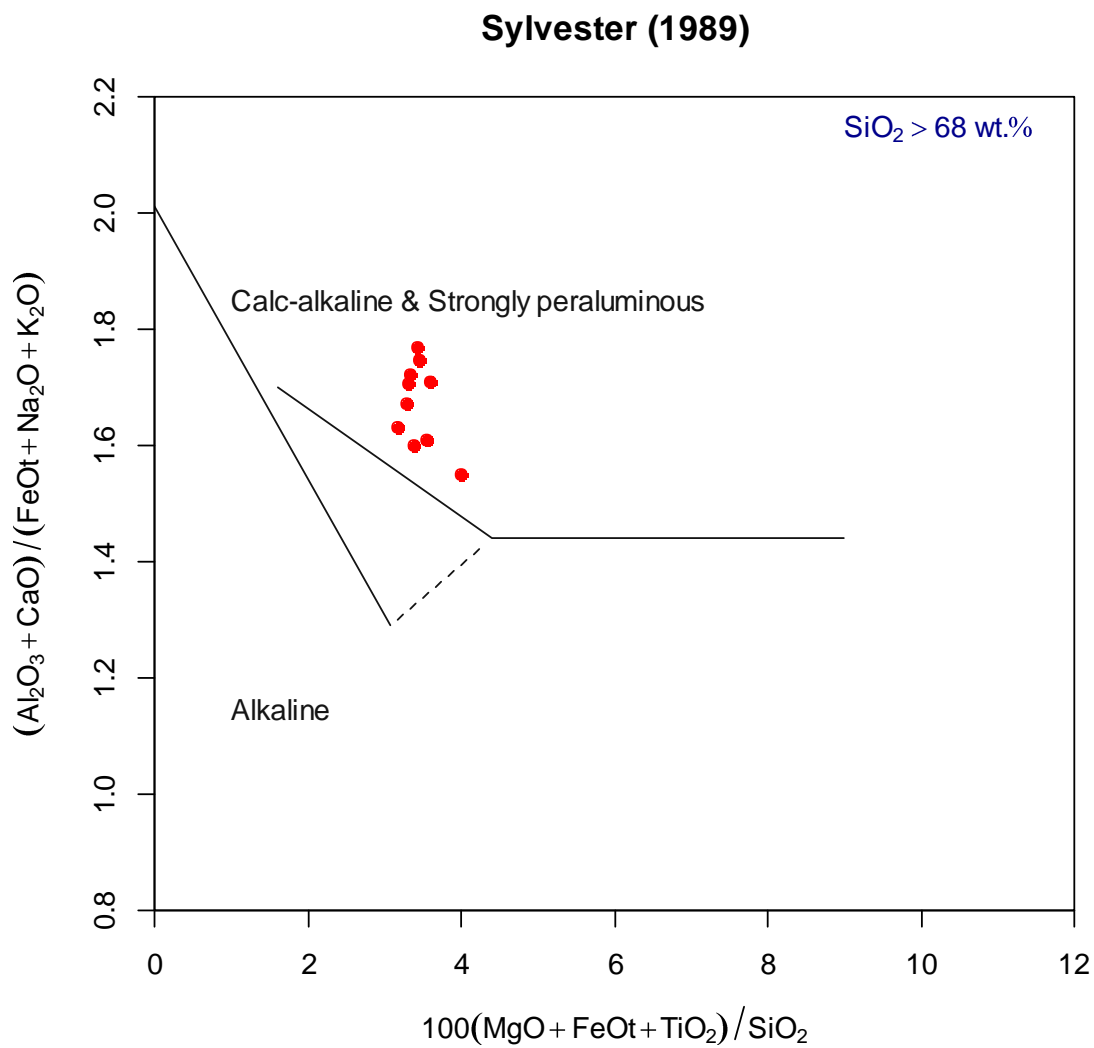


Figura 18 – Classificação do Granito Jaguará como da série Cálcio-alcálica e fortemente peraluminosa de acordo com o diagrama de Sylvester (1989).

Granite tectonic discrimination – Frost et al. (2001)

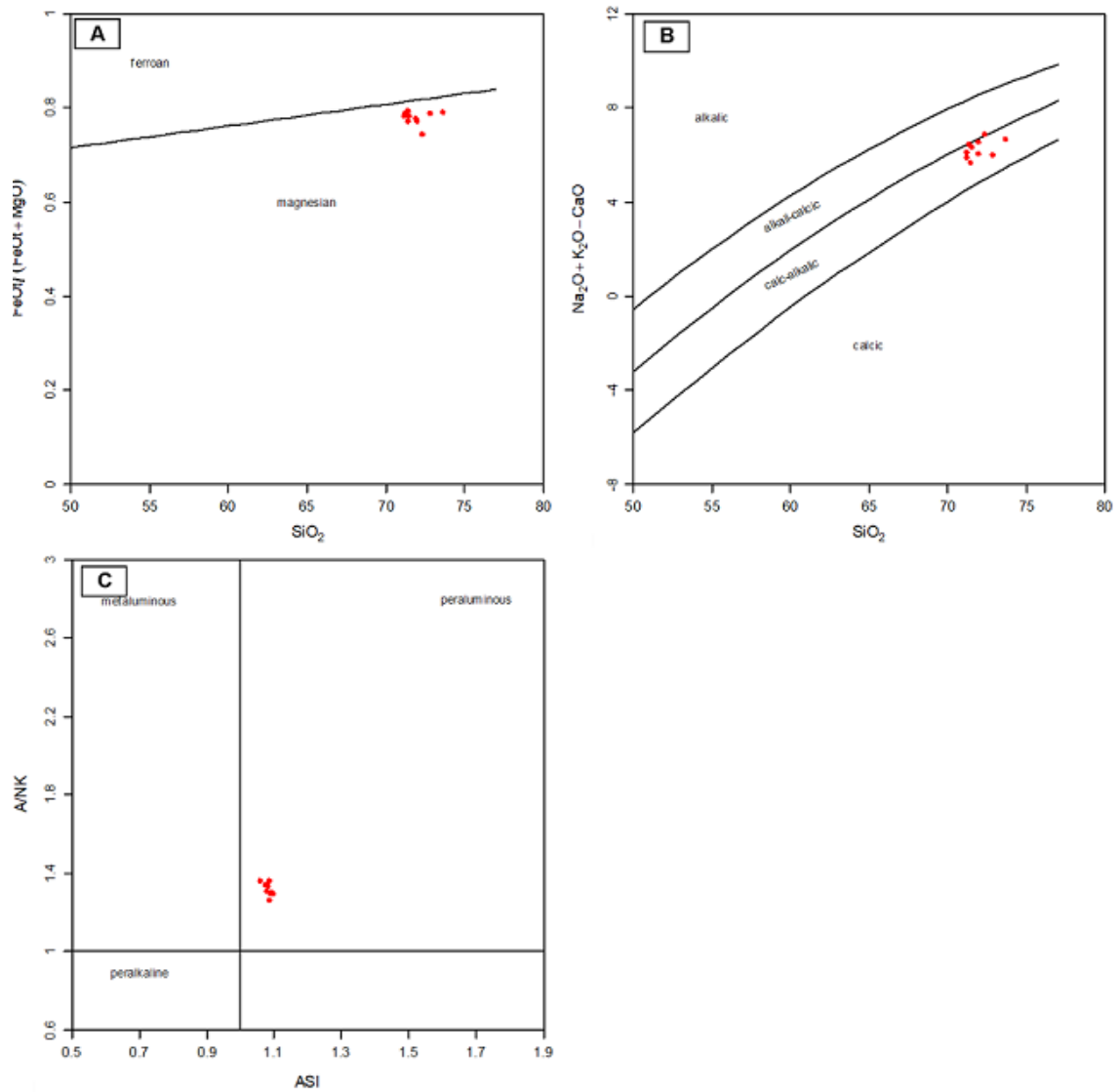


Figura 19 – Classificação do Granito Jaguará como da série Cálcio-alcálica (B), peraluminosa (C) e assinatura geoquímica magnésiana (C) segundo o diagrama de *Frost et al.* (2001).

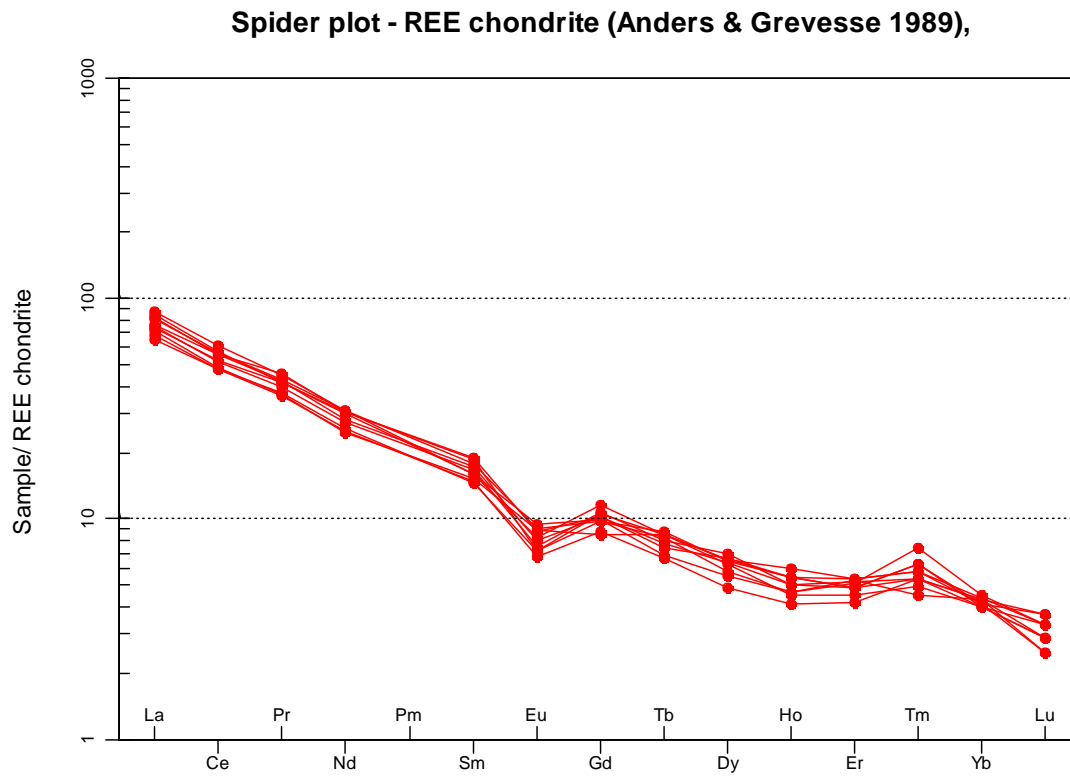


Figura 20 – Diagrama multielementar de elementos terras-raras normalizado ao condrito segundo Anders & Grevesse (1989).

Spider plot – Upper Continental Crust (Taylor and McLennan 1995)

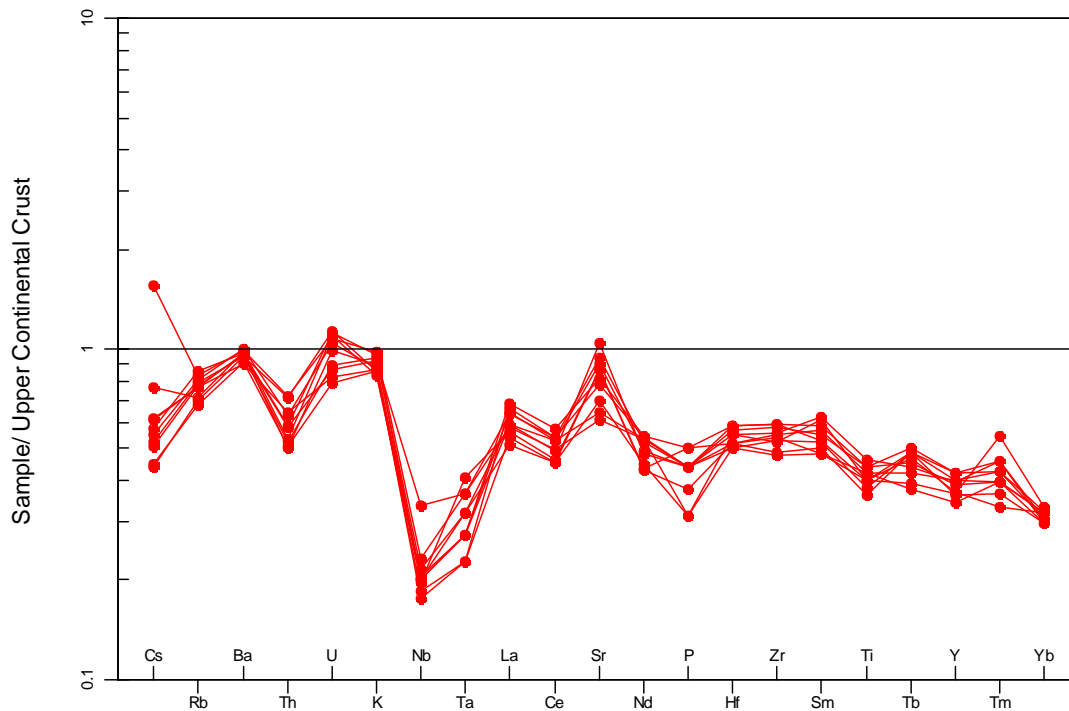


Figura 21 – Diagrama multielementar normalizado para a crosta continental superior segundo Taylor & McLennan (1995).

4.4 Características Litogeoquímicas do Granito Jaguará:

Com base nos dados litogeoquímicos apresentados, é possível apresentar uma síntese das características litogeoquímicas do Granito Jaguará. O Granito Jaguará é classificado como um granito peraluminoso e magnésiano, pertencente a série das rochas cálcio-alcálinas.

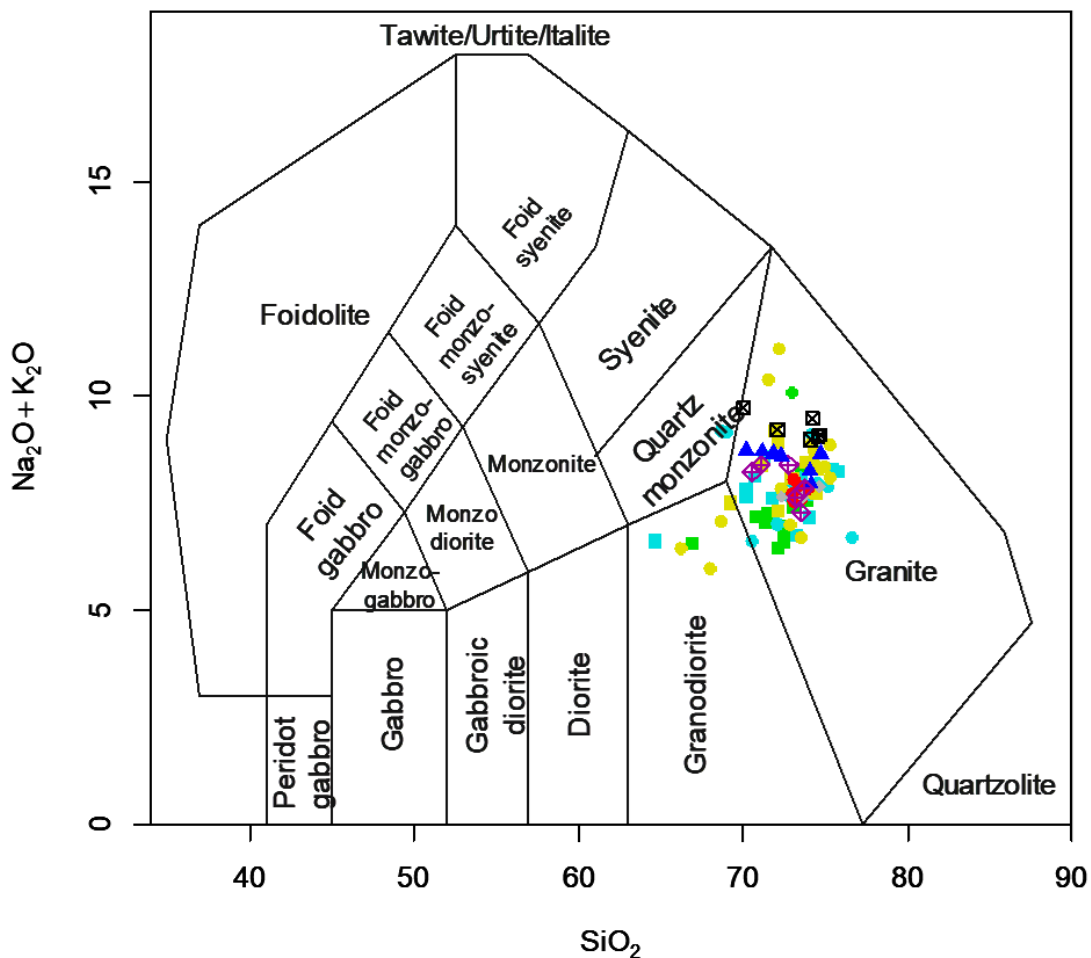
5 Discussão

5.1 Comparações com outras rochas granitóides

Os dados do Granito Jaguará obtidos no presente trabalho, foram comparados com a litogeoquímica de granitóides e ortognaisses arqueanos do setor sul do cráton do São Francisco pertencentes aos domos granito-gnáissicos (TTGs) e rochas granitoides de alto potássio tidas como correlatas ou não ao Evento Mamona. Como fontes foram utilizados os trabalhos de Farina *et al.* (2015), para a porção superior do setor sul do cráton do São Francisco, e de Moreno *et al.* (2017), para a porção inferior do sul do cráton do São Francisco. As rochas dos complexos estudados por Farina *et al.* (2015) são separadas em granito e ortognaisses, o qual somente os granitos estão relacionados ao evento Mamona. Os dados utilizados do trabalho de Moreno *et al.* (2017) são todos de rochas referentes ao evento Mamona.

A maioria das amostras, utilizando-se o diagrama de Middlemost (1994), é classificada como granito (**Fig. 22**). As exceções desta tendência estão presentes nos complexos estudados por Farina *et al.* (2015).

Middlemost (1994)



- | | |
|--|--|
| ● Granito Jaguará | ◆ Hornblenda Gnaiss (Moreno <i>et al</i> 2017) |
| ■ Complexo Bação (Farina <i>et al</i> 2015) [Ortognaisse] | ▲ Granito Bonsucesso (Moreno <i>et al</i> 2017) |
| ● Complexo Bação (Farina <i>et al</i> 2015) [Granito] | ⊠ Granito Rio do Amparo (Moreno <i>et al</i> 2017) |
| ● Complexo Bonfim (Farina <i>et al</i> 2015) [Ortognaisse] | ◆ Granitóide Lavras (Moreno <i>et al</i> 2017) |
| ● Complexo Bonfim (Farina <i>et al</i> 2015) [Granito] | |
| ■ Complexo Belo Horizonte (Farina <i>et al</i> 2015) [Ortognaisse] | |
| ● Complexo Belo Horizonte (Farina <i>et al</i> 2015) [Granito] | |

Figura 22 – Classificação das rochas de acordo com o diagrama de Middlemost (1994).

No diagrama de Sylvester (1989) para a determinação do caráter cálcio alcalino ou alcalino das amostras (**Fig. 23**), é possível estabelecer características geoquímicas distintas para as litologias analisadas.

Todas as amostras do Granito Jaguará localizam-se no campo cálcio-alcalino. As amostras dos complexos Bonfim, Belo Horizonte e Bação se apresentam de modo espalhado, mas localizam-se predominantemente no campo cálcio-alcalino e fortemente peraluminoso. Os gnaisses do Complexo Bação se concentram majoritariamente no campo cálcio-alcalino; as poucas amostras de granito desse complexo porém estão no campo alcalino. Estas características se repetem nos granitos e gnaisses do complexo Bonfim. Os granitos do Complexo Belo Horizonte, de modo oposto, são em sua maioria de química cálcio-alcalina. Os gnaisses do Complexo Belo Horizonte estão presentes nos dois campos de classificação (**Fig. 23**).

Os dados geoquímicos dos granitos Bonsucesso e Rio do Amparo, do Hornblenda gnaiss e do Granitóide Lavras situam-se predominantemente no campo alcalino. Se evidencia que nenhuma das amostras dessas unidades possui uma semelhança clara com a geoquímica das rochas do granito Jaguará no diagrama em questão.

A maioria dos ortognaisses dos Complexos Belo Horizonte, Bonfim e Bação, bem como alguns granitos dos Complexo Belo Horizonte e Bação possuem a mesma afiliação cálcio-alcalina das rochas do Granito Jaguará. O Granito Jaguará, entretanto, se caracteriza por menor variação na razão $100(\text{MgO}+\text{FeO}+\text{TiO}_2)/\text{SiO}_2$.

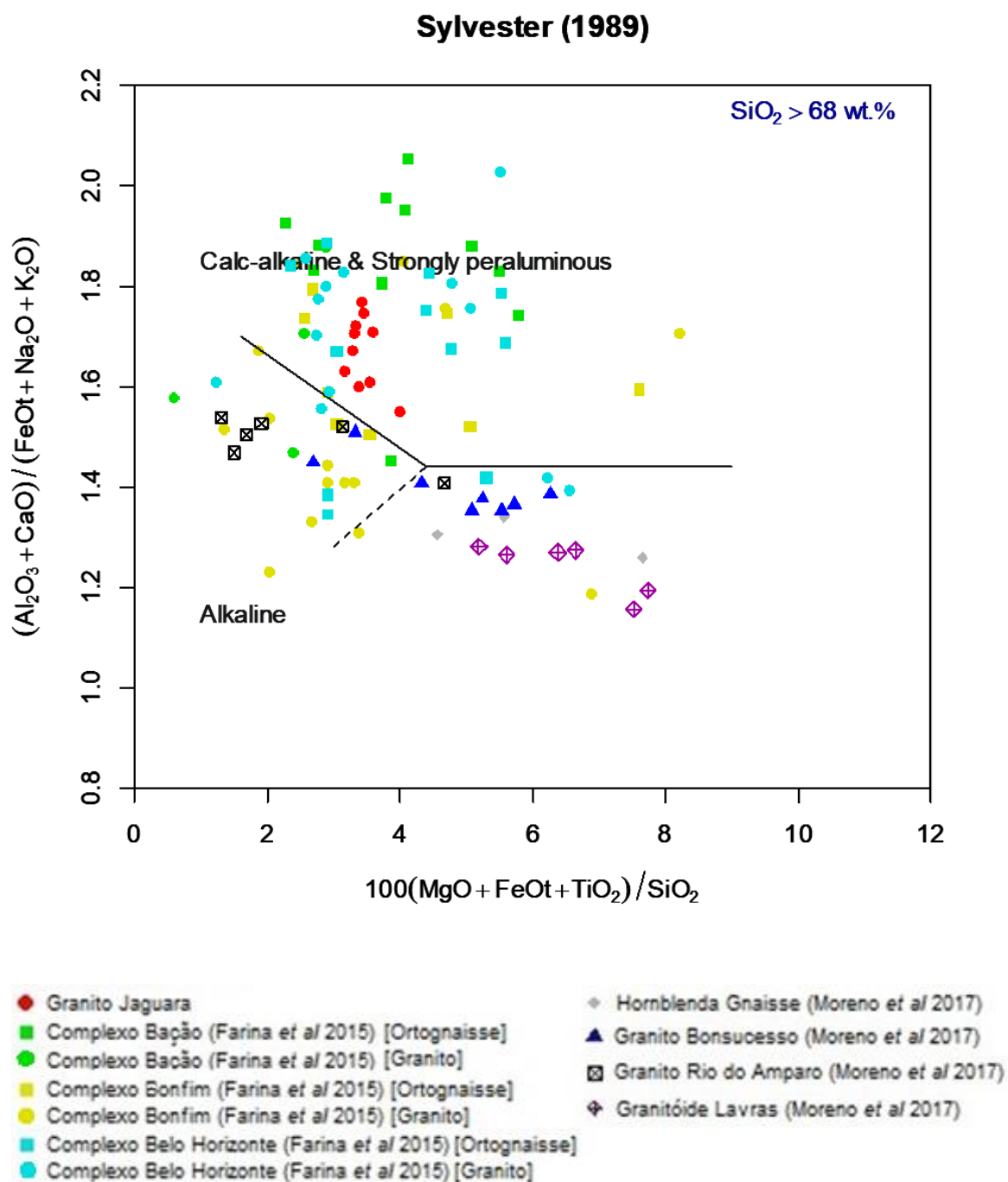


Figura 23 – Classificação das rochas de acordo com o diagrama de Sylvester (1989).

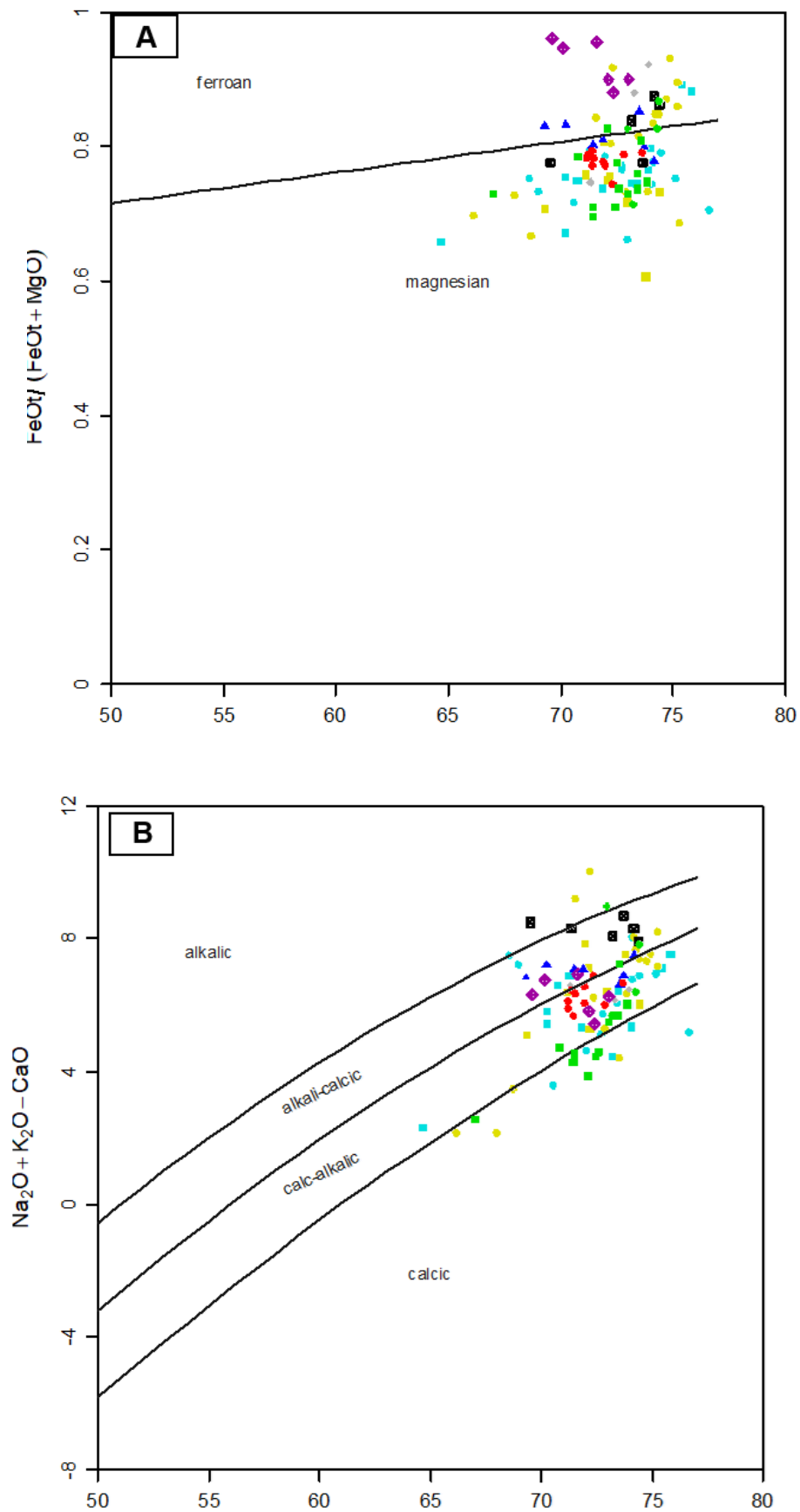
A **Fig 24.A** que apresenta a relação SiO_2 e $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ demonstra que os granitos e gnaisses dos complexos Bação, Bonfim e Belo Horizonte possuem em grande parte sua assinatura geoquímica ligada a características de uma rocha mais magnésiana. O granitóide Lavras possui sua classificação bem

definida, sendo estabelecido como uma química mais ferrosa. Já as amostras dos granitos Rio do Amparo e Bonsucesso, além do Hornblenda Gnaiss, estão presentes em ambos os campos. Como há um baixo número de amostras para essas unidades, não é possível estabelecer uma tendência.

O diagrama SiO_2 e $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO})$ de Frost *et al.* (2001) presente na **Fig 24.B** confirma algumas tendências de classificação. As rochas dos granitos Bonsucesso e Rio do Amparo, Hornblenda Gnaiss e Granitóide Lavras possuem uma assinatura geoquímica mais próxima ao álcali-cálcico, mas com algumas poucas amostras pertencentes aos campos dos alcalinos e cálcio-alcalinos. No mesmo diagrama podemos observar ainda o grande espalhamento dos dados dos granitos e gnaisses dos complexos Bonfim, Belo Horizonte e Bação. Suas amostras porém tendem a se concentrar no campo das cálcio-alcalinas, principalmente os granitos do Complexo Belo Horizonte que guardam uma maior semelhança com a geoquímica das rochas do granito Jaguará neste caso.

O gráfico A/NK $[\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})]$ e ASI {Índice de saturação do Alumínio dado por: $[\text{Al}/(\text{Ca} - 1.67\text{P} + \text{Na} + \text{K})]}$ de Frost *et al.* (2001) representado pela **Fig 24.C** demonstra que maior parte das amostras de todas as unidades são classificadas no campos das rochas peraluminosas. A exceção fica por parte do granitoide Lavras, cujas amostras estão no limite dos campos peraluminosos e metaluminosos.

Granite tectonic discrimination – Frost et al. (2001)



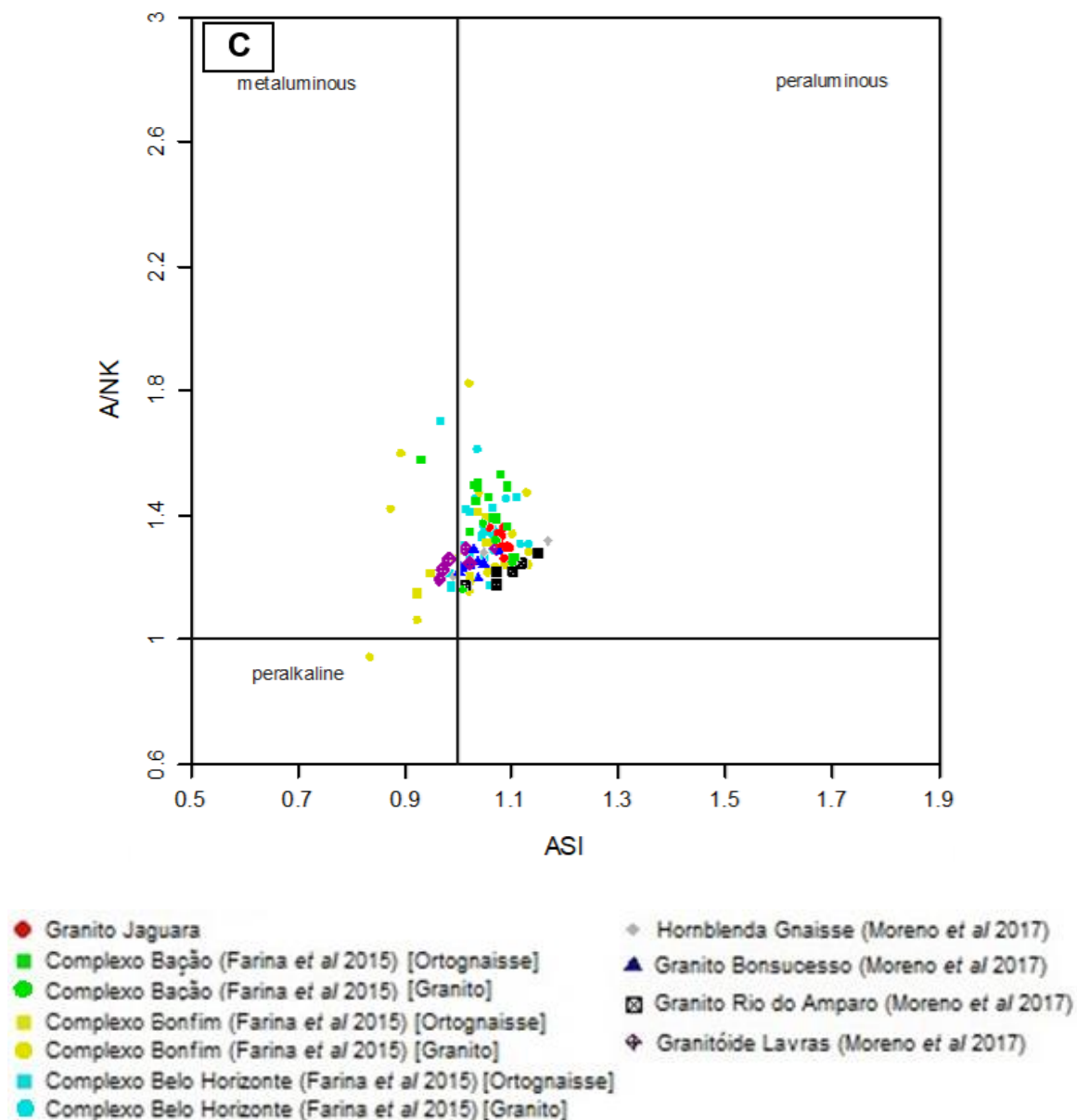


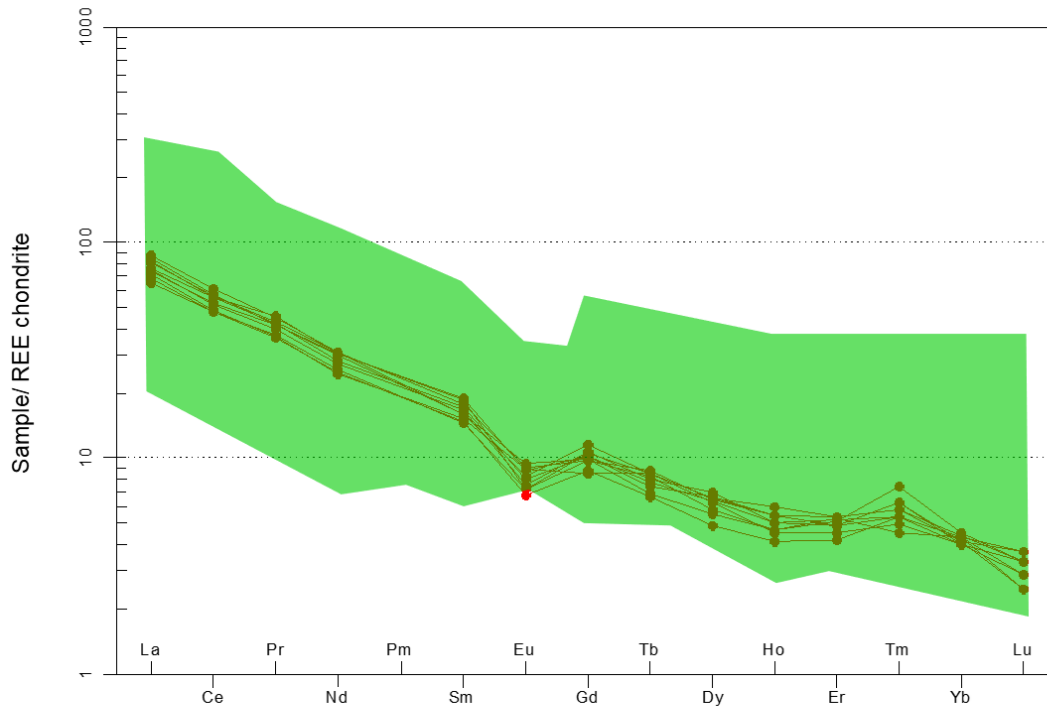
Figura 24 – Classificação das rochas de acordo com os diagramas de Frost *et al.* (2001).

Os diagramas multielementares de elementos terras-raras normalizados para o condrito estão dispostos na **Fig. 25**. Os diagramas multielementares dos Complexos Bação, Bonfim e Belo Horizonte e do Granito Bonsucesso possuem uma boa quantidade de análises, o qual demonstra em média um padrão semelhante às análises das rochas do Granito Jaguará. Os complexos possuem um fracionamento de terras-raras leves (ETRL) em relação aos terras-raras pesados (ETRP) semelhante, porém seus valores são ligeiramente maiores para

a maioria dos intervalos. Possui uma anomalia de Eu de maior amplitude e não possui de modo característico alguma anomalia em Tm.

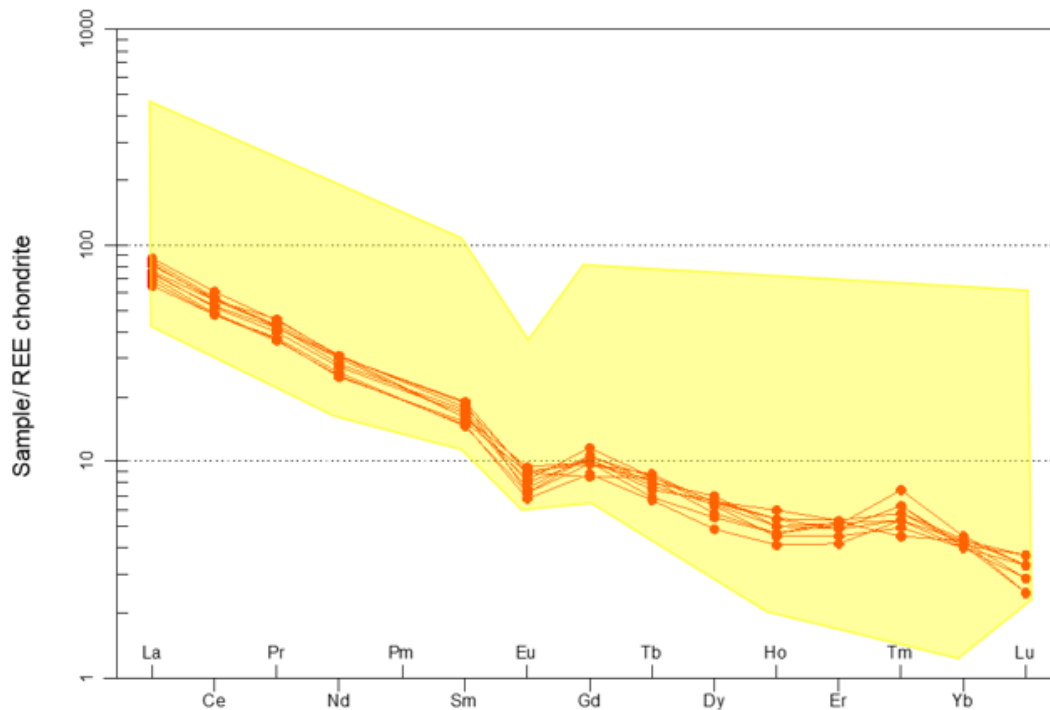
O Hornblenda Gnaiss apesar de possuir poucas amostras, demonstra um *trend* semelhante ao das rochas do Granito Jaguará, mas com teores maiores em todos os elementos terras raras. As rochas do granito Rio do Amparo e granitoide Lavras possuem padrões semelhantes aos das outras unidades citadas, mas possuem uma anomalia de Eu menor e o fracionamento de terras-raras leves (ETRL) em relação aos terras-raras pesados (ETRP) do granitoide Lavras possui um contraste menor.

Spider plot - REE chondrite (Anders & Grevesse 1989),



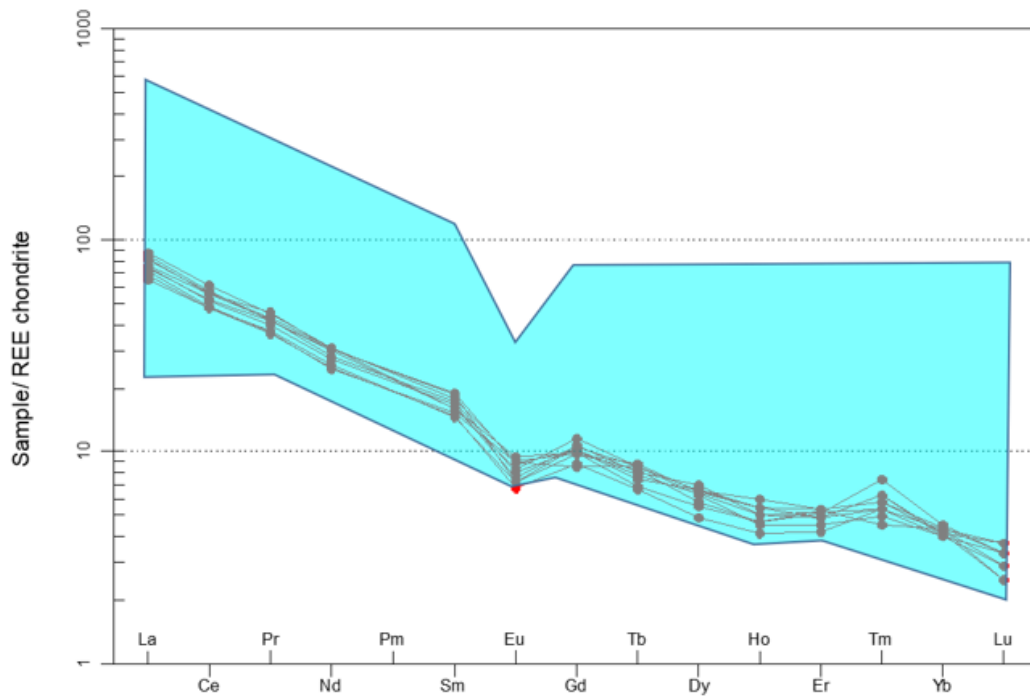
Granito Jaguará x Complexo Bação

Spider plot - REE chondrite (Anders & Grevesse 1989),



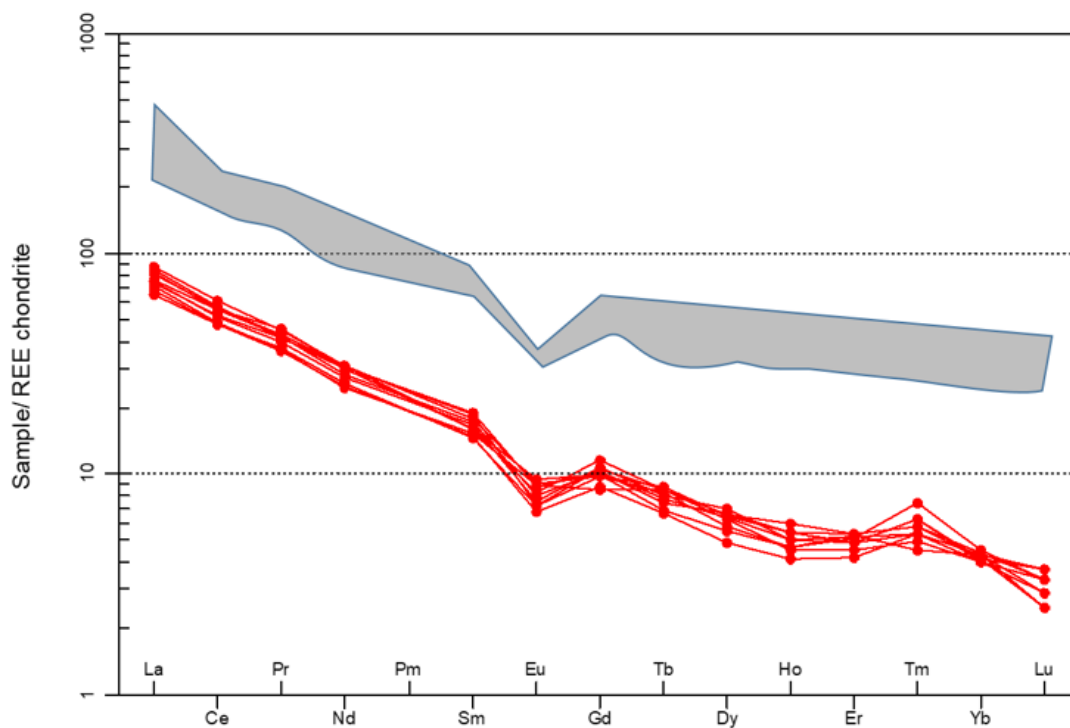
Granito Jaguará x Complexo Bonfim

Spider plot - REE chondrite (Anders & Grevesse 1989),

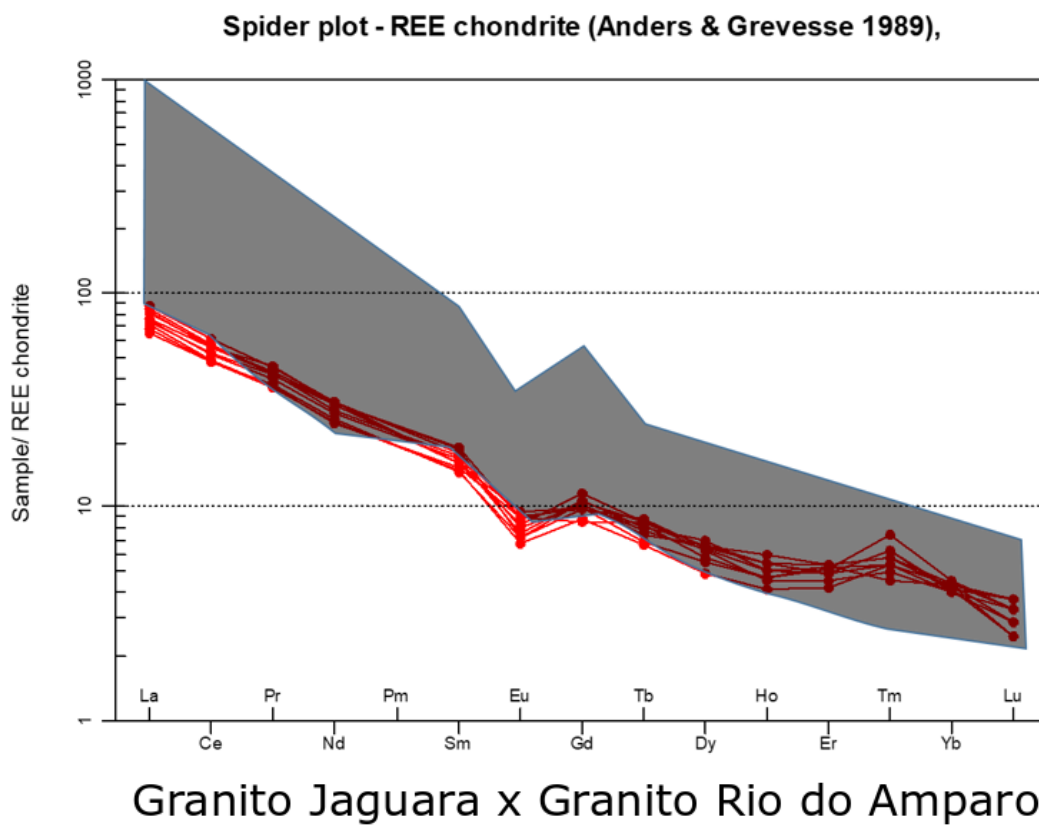
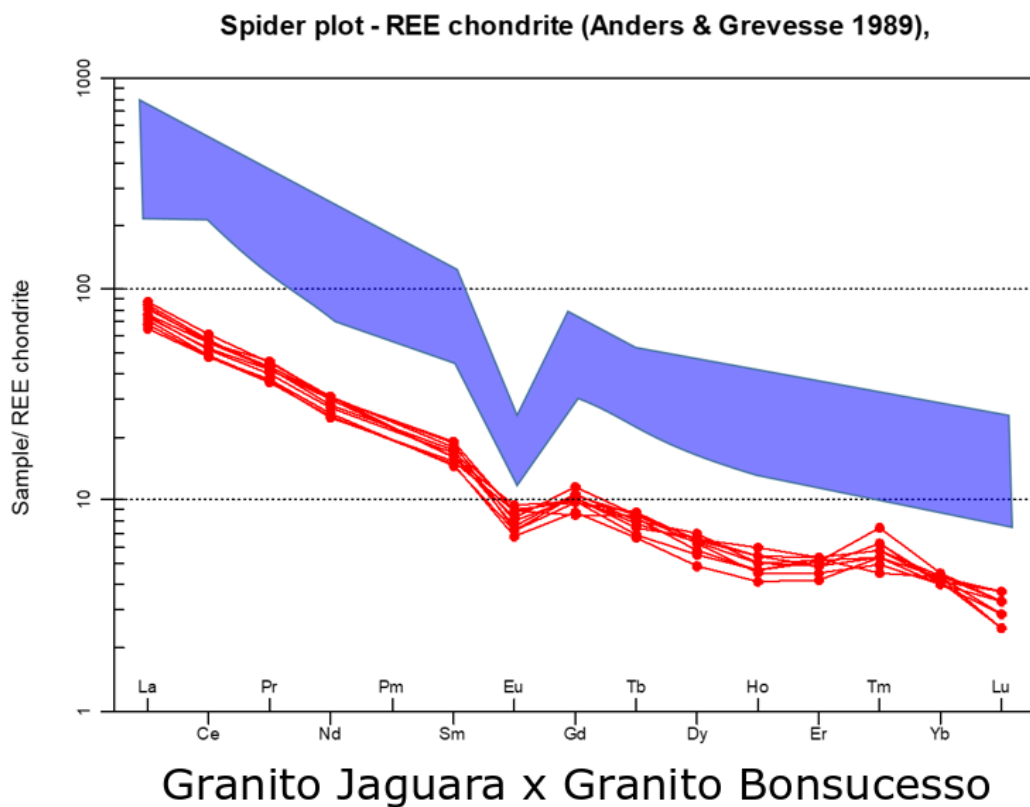


Granito Jaguará x Complexo Belo Horizonte

Spider plot - REE chondrite (Anders & Grevesse 1989),



Granito Jaguará x Hornblenda Gnaiss



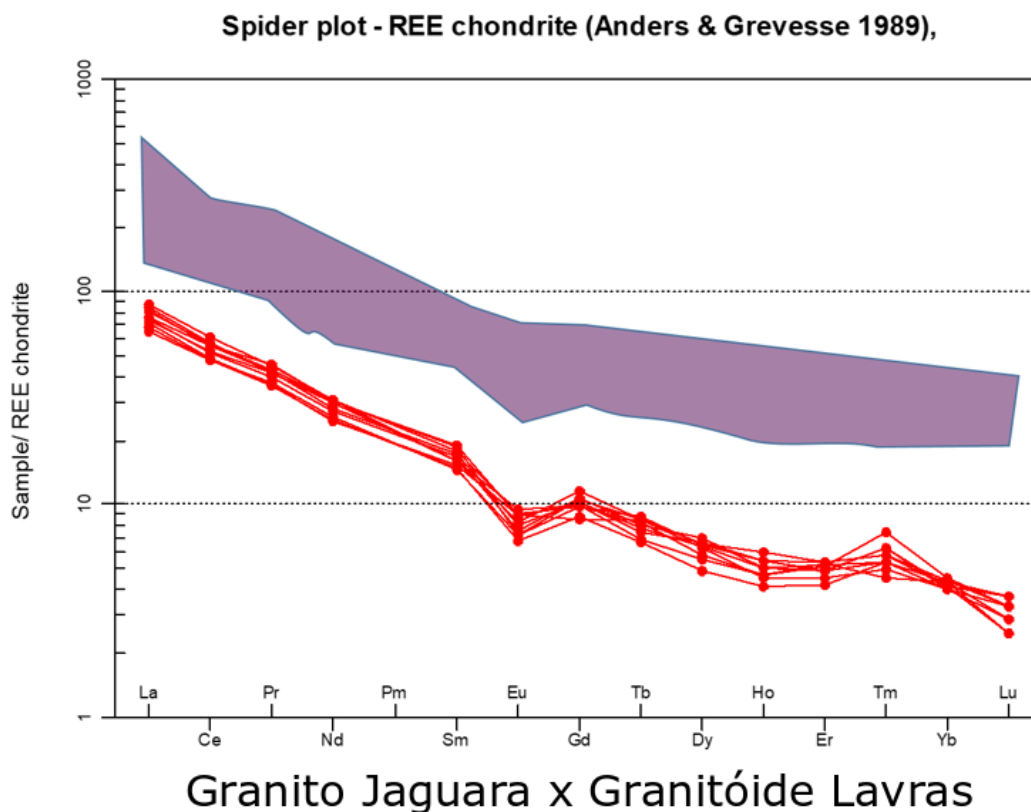


Figura 25 – Diagramas multielementares de elementos terras-raras normalizado ao condrito segundo Anders & Grevesse (1989), comparando as amostras estudadas com diversos complexos granito-gnáissicos e intrusões granitoides neoarqueanas da parte sul do Cráton de São Francisco.

Para estabelecer o ambiente geotectônico foram utilizados os diagramas de Pearce *et al.* (1984), pois os mesmos utilizam elementos imóveis (**Fig. 26**). As amostras do Granito Jaguará são classificadas como granitos de arco vulcânico. As rochas analisadas dos complexos Bação, Bonfim e Belo Horizonte novamente possuem um espalhamento muito grande nos diagramas quando analisadas como unidades, mas com diferenças na separação entre granitos e gnaisses.

Os granitos do complexo Bação estão concentrados no campo de rochas graníticas sincolisionais, enquanto os gnaisses do mesmo complexo estão em sua maioria no campo dos granitos de arco vulcânico. Os granitos do Complexo

Bonfim são classificados como granitos intraplaca. De forma semelhante aos gnaisses do Complexo Bação, os gnaisses do Complexo Bonfim são classificados como granitos de arco vulcânico. O complexo Belo Horizonte possui uma classificação de arco vulcânico para os granitos e de granitos intraplaca para os gnaisses.

O granitóide Lavras possui como classificação tanto granito de arco vulcânico como granitos intraplaca. Quanto ao hornblenda gnaiss, seus poucos dados se dividem nos campos de granitos de dorsal oceânica e granitos intraplaca, sendo estes próximos aos contatos entre os campos. Os granitos Bonsucesso e Rio do Amparo são classificados de forma majoritária como sincollisionais e de arco vulcânico.

Com a utilização dos diagramas anteriores é possível inferir que o Granito Jaguará possui uma afinidade geoquímica mais semelhante com os TTGs presentes nos Complexos Bonfim, Belo Horizonte e Bação, na qual todos possuem uma tendência de classificação semelhante, inclusive o ambiente geotectônico de arco vulcânico.

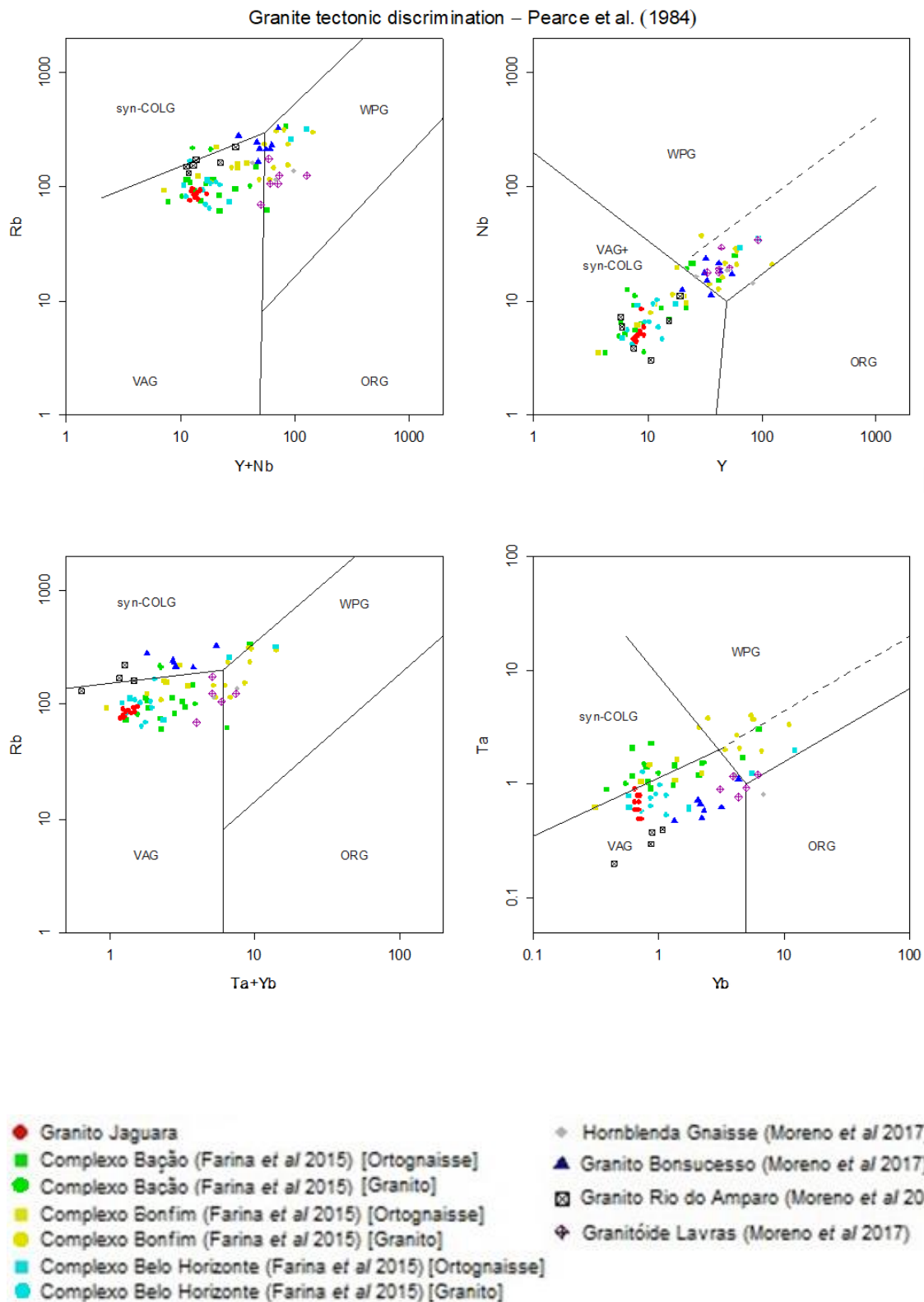
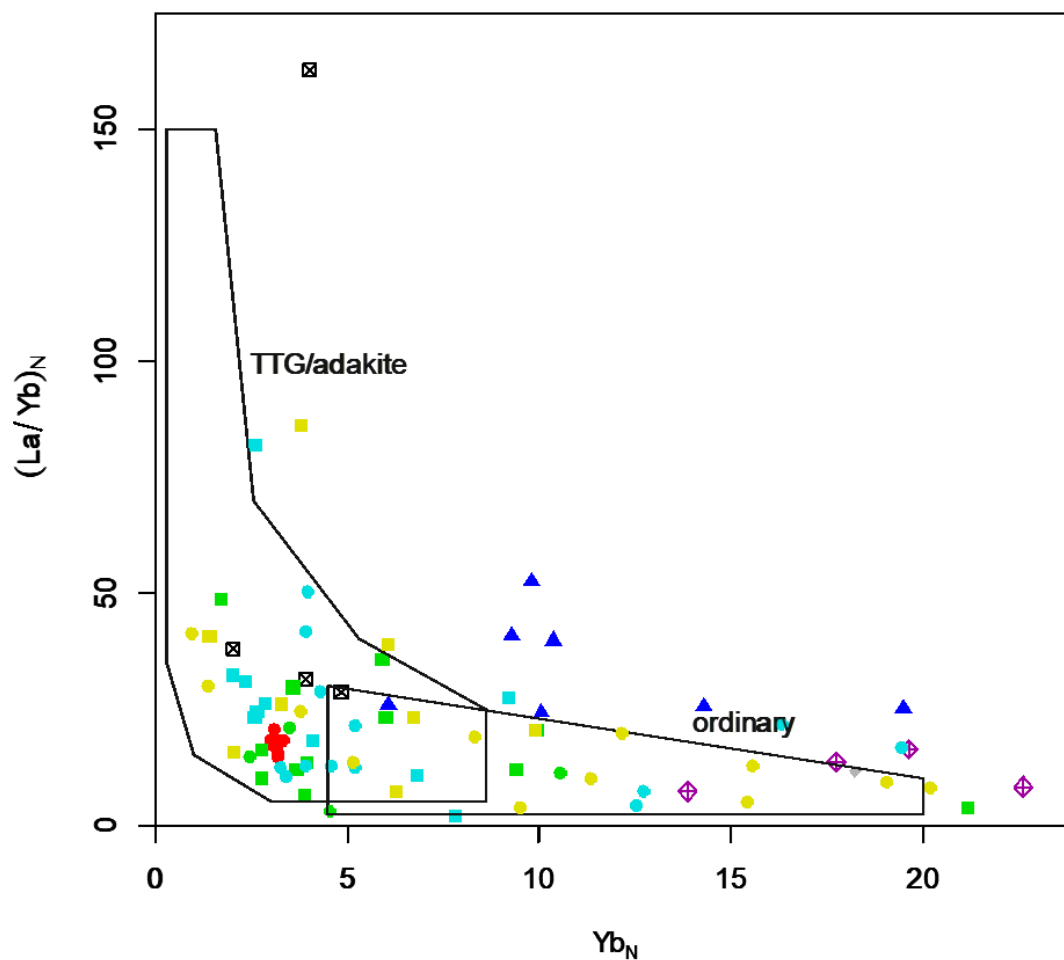


Figura 26 – Classificação do ambiente tectônico de formação do granito Jaguará e de diversos complexos granito-gnáissicos e plútons do sul do Cráton de São Francisco das rochas de acordo com os diagramas de Pearce *et al.* (1984). ORG – Granitos de dorsal oceânica | VAG – Granitos de arco vulcânico| WPG – Granitos intra placa | syn-COLG – Granitos sincolisionais

5.2 Granito Jaguará, um TTG?

Um diagrama foi proposto por Martin (1986) a fim de determinar através dos elementos La e Yb quais rochas teriam uma afinidade química com TTGs e adakitos (**Fig. 27**). De forma nítida, as rochas do Granito Jaguará são classificadas como TTG/adakito. As amostras das outras unidades possuem um espalhamento no gráfico muito grande, porém, os ortognaisses e granitos dos complexos Bação e Belo Horizonte além do granito Rio do Amparo possuem maior concentração nos campos dos TTG/adakito de forma semelhante as rochas do Granito Jaguará. Desta forma, se estabelece que o Granito Jaguará possui mais semelhanças e familiaridades com TTGs do que granitos de alto K.

Y_N vs. La_N/Yb_N (Martin 1986)


- | | |
|--|--|
| ● Granito Jaguará | ◇ Hornblenda Gnaiss (Moreno <i>et al</i> 2017) |
| ■ Complexo Bação (Farina <i>et al</i> 2015) [Ortognaisse] | ▲ Granito Bonsucesso (Moreno <i>et al</i> 2017) |
| ● Complexo Bação (Farina <i>et al</i> 2015) [Granito] | ⊠ Granito Rio do Amparo (Moreno <i>et al</i> 2017) |
| ■ Complexo Bonfim (Farina <i>et al</i> 2015) [Ortognaisse] | ◇ Granitóide Lavras (Moreno <i>et al</i> 2017) |
| ● Complexo Bonfim (Farina <i>et al</i> 2015) [Granito] | |
| ■ Complexo Belo Horizonte (Farina <i>et al</i> 2015) [Ortognaisse] | |
| ● Complexo Belo Horizonte (Farina <i>et al</i> 2015) [Granito] | |

Figura 27 – Diagrama de Martin (1984), para identificação de TTGs/adakitos, com as rochas do Granito Jaguará e outras unidades. Ver texto para discussão e detalhes.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se em cima das análises petrográficas e geoquímicas que as características das rochas do furo se diferenciam das descritas para rochas do evento Mamona. O baixo conteúdo de K caracteriza-o como rocha cálcio-alcalina, bem como sua mais baixa quantidade de FeOt e seu diagrama multielementar normalizado para condrito com todas as razões de elementos relativamente mais baixos. Além destas características, sua classificação nos diagramas de discriminação tectônica para granitos sendo majoritariamente de ambiente orogênico e sua química no diagrama de Martin (1986) se assemelha à de um TTG/adakito, sendo desta forma contrastante com o evento Mamona que estaria relacionado a uma fase de cratonização, com estabilidade e magmatismo de alto K (Romano *et al.* 2013). A análise comparativa com rochas ligadas aos TTGs demonstra que o Granito Jaguará guarda uma maior semelhança química e de ambientes geotectônicos com os TTGs da região do entorno do *Greenstone belt* Pitangui, bem como regiões mais a sul.

Com este estudo, também fica evidente que o evento magmático Mamona e os TTGs necessitam de mais detalhamentos quanto a sua abrangência química, tectônica e geográfica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albert, C., Farina, F., Lana, C., Gerdes, A., 2015. Archean crustal evolution in the Southern São Francisco Craton (Brazil): constraints from U-Pb and Lu-Hf isotope analyses. In: 8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks, 20-25th September, Florianopolis, Brazil.

Alkmim, F.F., Marshak, S., 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: Evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precamb. Res.* 90, 29–58.

Alkmim, F.F., Martins-Neto, M.A., 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology* 33, 127–139.

Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981. Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth-Sciences Reviews* 17, 1–29.

Baltazar, O.F., Zuccheti, M., 2007. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits. *Ore Geol. Rev.* 32, 1–2.

Barbosa, J.S.F., Sabaté, P., 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: Geodynamic features. *Precambr. Res.* 133, 1–27.

Barbosa, O., 1952. Evolution du geossinclinal Espinhaço. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 18, Alger,. Sect. 13,1954. p. 2-37.

Castro, A., 2014. The off-crust origin of granite batholiths. *Geosci. Front.* 5, 63–75.

Carneiro, M.A. & Barbosa, M.S.C., 2008. Implicações geológicas e tectônicas da interpretação magnetométrica da região de Oliveira, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 26, n. 1, p. 87-98.

Chemale, F; Rosière, C. A.; Endo, I., 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, v. 65, n. 1-4, p.25-54.

Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chem. Geol.* 104, 1–37.

- Dorr, J.V.N., 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Paper 641-A, pp. 110.
- Farina, F., Albert, C., Lana, C., 2015a. The Neoproterozoic transition between medium and high-K granitoids: clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). *Precambrian Research* 266, 375–394.
- Figueiredo, M.C.H., & Barbosa, J.S.F., 1993. Terrenos Metamórficos de Alto Grau do Cráton do São Francisco. II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco. Salvador, 1, 63-84.
- Gomes, N.S., 1985. Petrologische-geochemische Untersuchungen im Bação - Komplex Eisernes Verrück, Minas Gerais, Brasilien. Technische Universität Clausthal, Clausthal. Ph.D. thesis, 209p.
- Hawkesworth, C., Dhuime, B., Pietranik, A., Cawood, P., Kemp, T., Storey, C., 2010. The generation and evolution of the continental crust. *J. Geol. Soc. London* 167, 229–248.
- Hawkesworth, C., Cawood, P., Dhuime, B., 2013. Continental growth and the crustal record. *Tectonophysics* 609, 651–660.

- Jahn, B.M., Glikson, A.Y., Peucat, J.-J., Hickman, A.H., 1981. REE geochemistry and isotopic data of Archaean silicic volcanics and granitoids from the Pilbara Block, western Australia: implications for the early crustal evolution. *Geochim. Cosmochim. Acta* 45, 1633–1652.
- Kemp, A.I.S., Hawkesworth, C.J., 2003. Granitic perspective on the generation and secular evolution of continental crust. *Treatise Geochem.* 3, 349–410.
- Koglin, N., Zeh, A., Cabral, A.R., Gomes, A.A.S., Neto, A.V.C., Brunetto, W.J., Galbiatti, H., 2014. Depositional age and sediment source of the auriferous Moeda Formation, Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil: new constraints from U-Pb-Hf isotopes in zircon and xenotime. *Precambrian Res.* 255, 96–108.
- Lana, C., Alkmim, F.F., Armstrong, R., Scholz, R., Romano, R., Nalini, H.A., 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Res.* 231, 157–173.
- Laurent, O., Martin, H., Moyen, J.F., Doucelance, R., 2014a. The diversity and evolution of late-Archaean granitoids: evidence for the onset of “modern-style” plate tectonic between 3.0 and 2.5 Ga. *Lithos* 205, 208–235.

Laurent, O., Rapopo, M., Stevens, G., Moyon, J.F., Martin, H., Doucelance, R., Bosq, C., 2014b. Contrasting petrogenesis of Mg–K and Fe–K granitoids and implications for postcollisional magmatism: a case study from the late-Archean Matok pluton (Pietersburg block, South Africa). *Lithos* 196–197, 131–149.

Lobato, L., Ribeiro-Rodrigues, L., Zuccheti, M., Noce, C., Baltazar, O., Da Silva, L., & Pinto, C., 2001. Brazil's premier gold province. Part I: The tectonic, magmatic, and structural setting of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. *Mineralium Deposita*, 36(3), 228-248.

Machado Filho, L.; Ribeiro, M.W.; Gonzales, S.R.; Schenini, C.A.; Santos Neto, A.; Palmeira, R.C.B.; Pires, J.L.; Teixeira, W.; Castro, H.E.F. *Geologia das Folhas SF-23/24, Rio de Janeiro/Vitória. Projeto RADAMBRASIL*, p. 27-304, 1983.

Machado, N., Carneiro, M., 1992. U-Pb evidence of late Archean tectono-thermal activity on the southern São Francisco shield, Brazil. *Can. J. Earth Sci.* 29 (11), 2341–2346.

Machado, N., Noce, C.M., Ladeira, E.A., Belo de Oliveira, O., 1992. U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil. *Geol. Soc. Am. Bull.* 104, 1221–1227.

- Machado, N., Schrank, A., Noce, C.M., Gauthier, G., 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for greenstone belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth Planet. Sci. Lett.* 141, 259–276.
- Martin, H., Moyen, J.-F., Guitreau, M., Blichert-Toft, J., Le Pennec, J.-L., 2014. Why Archean TTG cannot be generated by MORB melting in subduction zones. *Lithos* 198–199, 1–13.
- Martin, H., Smithies, R., Rapp, R.P., Moyen, J.F., Champion, D., 2005. An overview of adakite, TTG, and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos* 79 (1–2), 1–24.
- Martínez Dopico, C.I., Lana, C., Cassino, L., Souza Moreira, H., 2015. Further constraints on the depositional ages and sources of the Paleoproterozoic Minas Supergroup (Quadrilátero Ferrífero): tracking the Archean magmatic record in the southern São Francisco Craton. In: 8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks, 20-25th September, Florianópolis, Brazil.
- Mikkola, P., Huhma, H., Heilimo, E., Whitehouse, M., 2011. Archean crustal evolution of the Suomussalmi district as part of the Kianta Complex, Karelia: constraints from geochemistry and isotopes of granitoids. *Lithos* 125, 287–307.

Moreira, H., Lana, C., 2015. The Hf features of the southern São Francisco Craton basement: a detrital zircon record view. In: 8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks, 2d25th September, Florianopolis, Brazil.

Moyen, J.-F., Martin, H., Jayananda, M., Auvray, B., 2003. Late Archaean granites: a typology based on the Dharwar Craton (India). *Precamb. Res.* 127, 103–123.

Noce, C.M., 1995. Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais Unpublished Ph.D. Thesis. University of São Paulo, São Paulo, Brazil. 129.

Noce, C. M.; Tassinari, C.; Lobato, L. M., 2007. Geochronological framework of the Quadrilátero Ferrífero, with emphasis on the age of gold mineralization hosted in Archean Greenstone Belts. *Ore Geology Reviews*, v. 32, n. 3, p. 500-510.

Oliveira, E., A. 1999. Geologia, Petrografia e Geoquímica do Maciço Granitóide de Cachoeira daPrata. Dissertação de Mestrado, IGC/UFMG, Belo Horizonte, MG: 82 p.

- Perillo, M., Romano, A W., Correa Neves, J.M., Bilal, E. 1998. Geoquímica e evolução do Maciço Granitóide de Florestal, porção meridional do Craton do São Francisco, MG. In CONG, BRAS, GEOL. 40, Belo Horizonte, 1998. Anais... Belo Horizonte, SBG, 1: 61.
- Renger, F.S., Noce, C.M., Romano, A.W., Machado, N., 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos* 2, 1–11.
- Romano, A.W., Bilal, E., Correa Neves, J.M., Giret, A., Moutte, J. 1995. O Complexo Granítico de Florestal-parte meridional do Cráton de São Francisco - primeiros dados petrográficos e geoquímicos. In SIMP. GEOL. MG, 8. Diamantina. 1995. Bol., Diamantina, SBG/MG, 13: 86-88.
- Romano, R., Lana, C., Alkmim, F.F., Stevens, G.S., Armstrong, R., 2013. Stabilization of the southern portion of the São Francisco Craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. *Precamb. Res.* 224, 143–159.
- Semprich, J., Moreno, J.A., Oliveira, E.P., 2015. Phase equilibria and trace element modeling of Archean sanukitoid melts. *Precamb. Res.* 269, 122–138.

- Soares, M. B., Neto, A. V. C., Bertolino, L. C., Alves, F. E. A., de Almeida, A. M., da Silva, P. H. M., ... de Pamplona Araújo, I. M. C. (2018). Multistage Mineralization at the Hypozonal São Sebastião Gold Deposit, Pitangui Greenstone Belt, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*
- Smithies, R.H., Champion, D.C., 1999. Late Archean felsic alkaline igneous rocks in the Eastern Goldfields, Yilgarn Craton, Western Australia: a result of lower crustal delamination? *J. Geol. Soc.* 156, 561–576.
- Smithies, R.H., Champion, D.C., 2000. The Archaean high-Mg diorite suite: links to tonalite–trondhjemite–granodiorite magmatism and implications for early Archaean crustal growth. *J. Petrol.* 41 (12), 1653–1671.
- Sylvester, P.J., 1994. Archaean granite plutons. In: Condie, K.C. (Ed.), *Archaean Crustal Evolution. Developments in Precambrian Geology*, vol. 11. Elsevier, Amsterdam, pp. 261–314.
- Teixeira, W., Ávila, C. A., Dussin, I. A., Neto, A. C., Bongioiolo, E. M., Santos, J. O., & Barbosa, N. S., 2015. A juvenile accretion episode (2.35–2.32 Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: Zircon U–Pb–Hf and geochemical evidences. *Precambrian Research*, 256, 148-169.

Teixeira, W., Carneiro, M.A., Noce, C.M., Machado, N., Sato, K., Taylor, P.N., 1996. Pb, Sr and Nd isotope constraints on the Archean evolution of gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco Craton, Brazil. *Precamb. Res.* 78, 151– 164.

Teixeira, W., Figueiredo, M.C.H., 1991. An outline of early proterozoic crustal evolution in the São Francisco region, Brazil: A review. *Precamb. Res.* 53, 1–22.

Teixeira, W., Sabatè, P., Barbosa, J., Noce, C.M., Carneiro, M.A., 2000. Archean and Paleoproterozoic evolution of the São Francisco Craton, Brazil. In U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress. pp. 101–137.

8 ANEXOS

Anexo A – Resultado das análises químicas

	FJG142	FJG142	FJG142	FJG142	FJG142	FJG142	FJG142	FJG142
	206.23m	217.67m	234.22m	251.10m	269.40m	295.74m	315.21m	329.29m
SiO ₂	71.4	72.35	71.96	71.18	71.52	71.25	71.44	72.88
TiO ₂	0.18	0.23	0.22	0.21	0.19	0.2	0.22	0.21
Al ₂ O ₃	14	14.34	14.58	14.5	14.26	14.32	14.42	14.42
FeO _T	2.02	2.2	2.04	1.96	1.87	1.88	1.96	1.95
MgO	0.54	0.68	0.53	0.49	0.47	0.46	0.46	0.47
MnO	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
CaO	1.18	1.1	1.58	1.6	1.38	1.44	1.76	1.54
K ₂ O	3	3.17	2.88	2.9	3.1	2.95	2.79	2.91

Na2O	4.61	4.82	4.73	4.56	4.58	4.6	4.6	4.61
P2O5	0.06	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07
Cr2O3	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01
BaO	0.52	0.53	0.74	0.4	0.71	0.5	0.7	0.58
PF	0.92	0.92	0.91	0.87	1	0.75	0.76	0.96
Total	98.06	100.4	99.68	98.49	98.62	98.06	98.62	100.15
Ba	532	524	520	499	527	551	536	497
Ce	29.4	33.7	36.8	28.9	34.5	34.6	31.4	33.8
Cr	20	20	20	20	20	30	60	20
Cs	2.11	1.93	1.63	1.66	1.87	2.04	2.82	2.29
Dy	1.52	1.53	1.56	1.18	1.59	1.33	1.68	1.6
Er	0.72	0.77	0.77	0.66	0.85	0.81	0.82	0.77

Eu	0.5	0.49	0.51	0.38	0.46	0.53	0.42	0.45
Ga	19.8	20.8	20.4	20.2	19.3	19.8	21.1	22.3
Gd	1.67	2.02	1.93	1.73	2.28	1.96	2.12	2
Cs	2.11	1.93	1.63	1.66	1.87	2.04	2.82	2.29
Dy	1.52	1.53	1.56	1.18	1.59	1.33	1.68	1.6
Er	0.72	0.77	0.77	0.66	0.85	0.81	0.82	0.77
Eu	0.5	0.49	0.51	0.38	0.46	0.53	0.42	0.45
Ga	19.8	20.8	20.4	20.2	19.3	19.8	21.1	22.3
Gd	1.67	2.02	1.93	1.73	2.28	1.96	2.12	2
Ge	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Hf	3	3.2	3.4	3	2.9	3.4	3.3	3
Ho	0.25	0.28	0.3	0.23	0.3	0.26	0.28	0.3

La	16.9	17.8	20.5	16.1	19	19.8	17.7	19.2
Lu	0.07	0.07	0.09	0.07	0.08	0.08	0.08	0.06
Nb	4.9	5.4	5	4.6	8.4	4.4	5	5.1
Nd	11.2	13.9	14.1	11.3	14	13.6	12.5	12.8
Pr	3.3	4.08	4.02	3.24	3.82	3.7	3.57	3.79
Rb	95.6	88.4	78.4	75.8	86.8	90	79.6	86
Sm	2.25	2.79	2.63	2.17	2.34	2.37	2.48	2.54
Sn	2	1	2	1	2	1	2	2
Sr	304	224	285	302	272	329	363	315
Ta	0.9	0.7	0.6	0.5	0.8	0.5	0.6	0.6
Tb	0.31	0.28	0.32	0.24	0.31	0.25	0.29	0.27
Th	5.36	5.57	7.62	5.43	6.2	6.74	5.68	6.87

Tm	0.12	0.15	0.15	0.13	0.14	0.18	0.13	0.13
U	2.78	2.51	3.17	2.21	2.41	2.9	3.08	2.29
V	21	18	20	24	19	19	22	21
W	2	1	1	1	2	1	1	1
Y	7.9	8.7	9.3	7.5	8.8	8	8.5	8.8
Yb	0.65	0.65	0.67	0.7	0.71	0.73	0.65	0.7
Zr	92	106	112	102	100	112	110	104
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Cd	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Co	2	5	3	4	3	3	3	3
Cu	7	10	8	6	6	5	4	5
Li	10	20	20	20	20	20	20	20

Mo	1	<1	1	1	1	1	1	1
Ni	4	3	3	3	3	4	4	3
Pb	17	13	18	19	18	20	16	20
Sc	2	2	2	2	2	2	2	2
Zn	37	27	46	51	42	50	44	39
As	0.3	<0.1	0.6	0.3	1.3	2.1	0.4	0.5
Bi	0.06	0.61	0.06	0.06	0.12	0.07	0.09	0.14
Hg	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
In	0.009	0.005	<0.005	<0.005	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Re	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Sb	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.06	<0.05	<0.05
Sc	1.8	1.6	1.5	1.3	1.4	1.5	1.2	1.1

Se	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	<0.2
Te	0.01	<0.01	0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Tl	0.06	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.11	0.05
S	0.01	0.12	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
C	0.09	0.07	0.07	0.05	0.12	0.07	0.1	0.09

Anexo B – Descrição microscópicas das lâminas delgadas**Amostra: FJG 142 255,67m****Mineralogia**

Transparentes	Opacos
Quartzo 20-30%	
Plagioclásio 35-45%	
Microclina 15-25%	
Carbonato 3-5%	
Biotita/Sericita 6-8%	

Descrição microscópica

Quartzo - Caracterizado por ser incolor, relevo muito baixo e por birrefringência cinza a amarela de 1ª ordem. Composto por bandas variando entre 0,3 e 4mm. Ocorre como cristais anédricos e grande parte dos grãos estão deformados, apresentando extinção ondulante e subgrãos. É por vezes encontrado preenchendo fraturas. Contém inclusões de plagioclásio.

Plagioclásio - Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza de e geminação polissintética. Cristais prismáticos e hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,3 e 4mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato. Possui inclusão de Titanita. Os cristais possuem uma forte zonação caracterizada pelo diferente ângulo de extinção no microscópio com nicóis cruzados.

Microclina – Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza e geminação *tartan*. São cristais prismáticos hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,5 e 8mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato.

Biotita – Caracterizada por sua cor amarronzada, pleocroísmo de marrom avermelhado a verde amarronzado, uma direção de clivagem, extinção reta, exibindo por vezes *Bird eyes*. Ocorre sob hábito lamelar, e eventualmente, exibe seção basais. Seu tamanho varia entre 0,3 e 1mm. Sofre alteração para clorita.

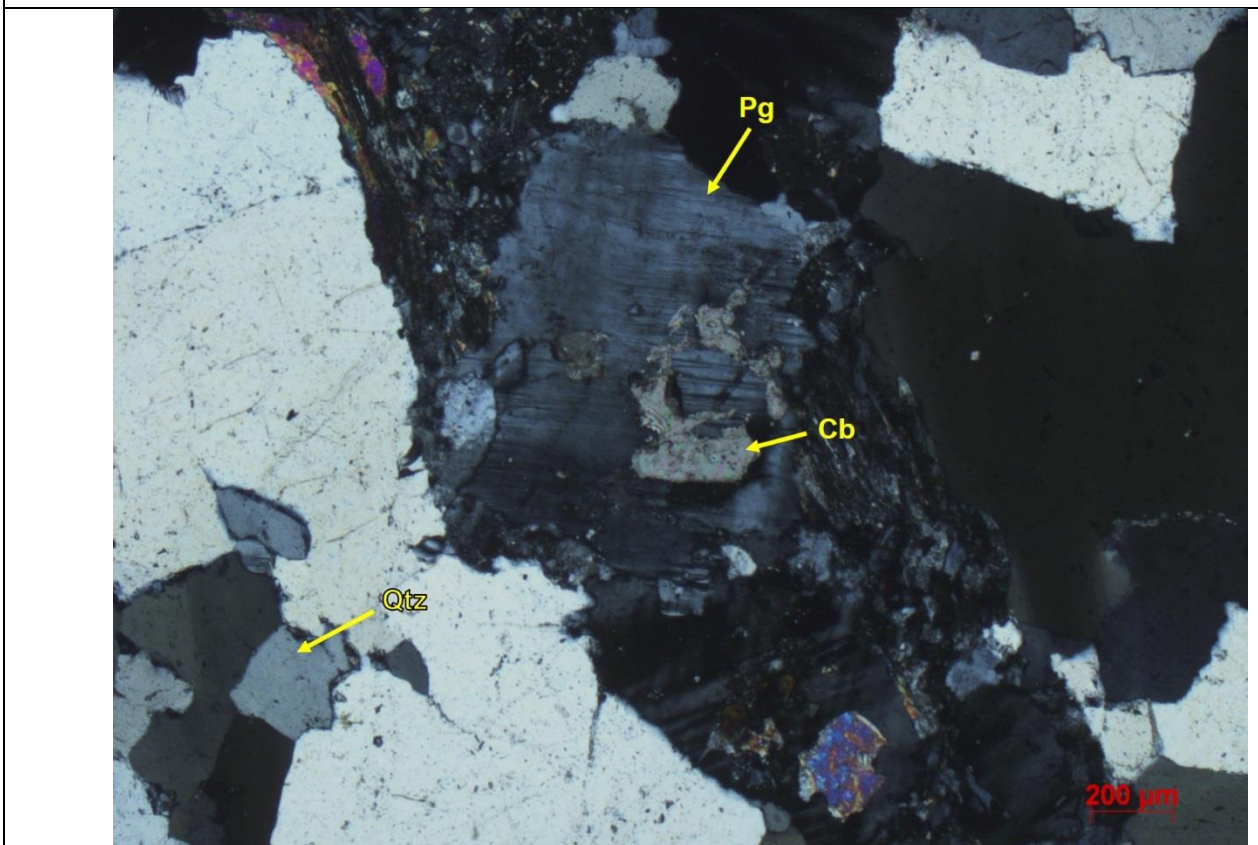
Clorita – Caracterizado principalmente por substituição das micas, possui o hábito lamelar do mineral de origem, pleocroísmo de verde claro a verde escuro e cor de interferência alta.

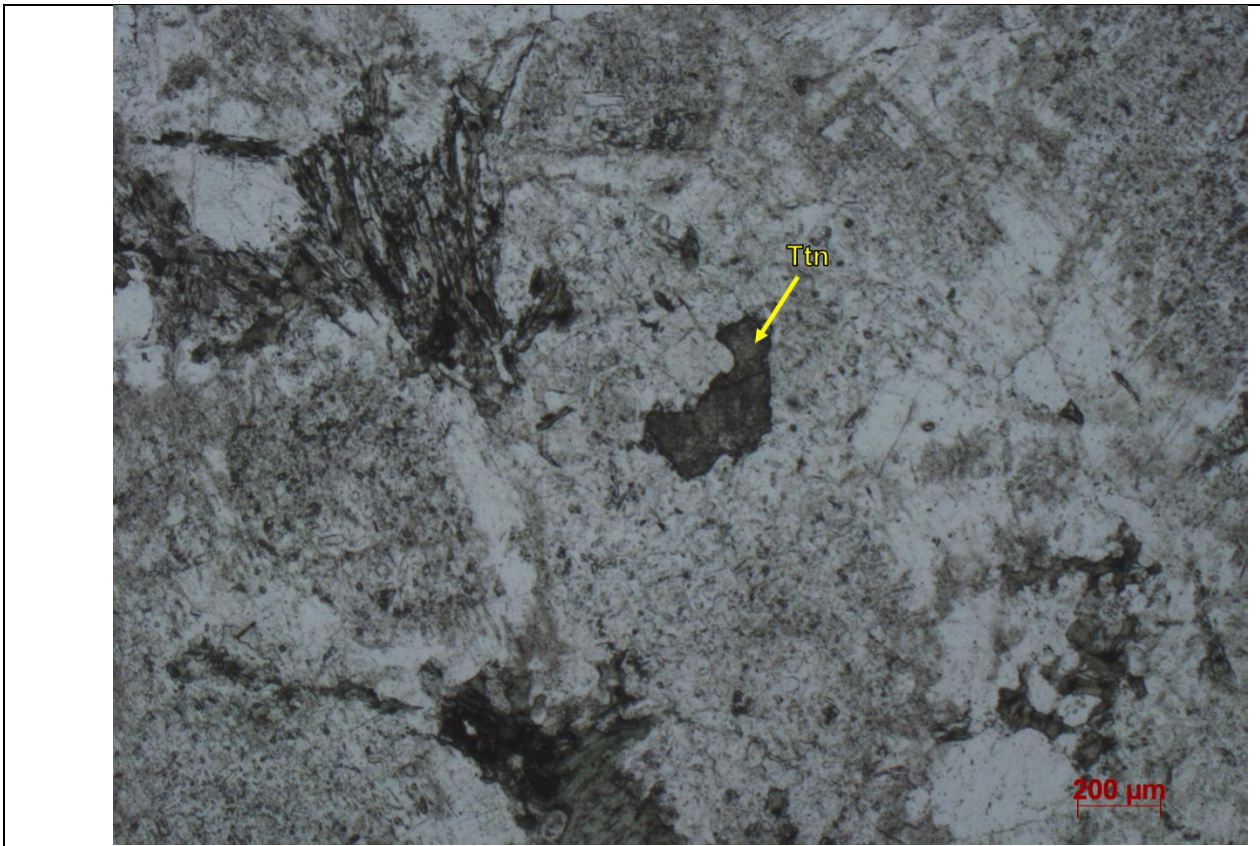
Carbonato - Caracterizado por sua substituição dos feldspatos, é incolor, relevo baixo e possui uma cor de interferência alta. É encontrado por vezes em fraturas.

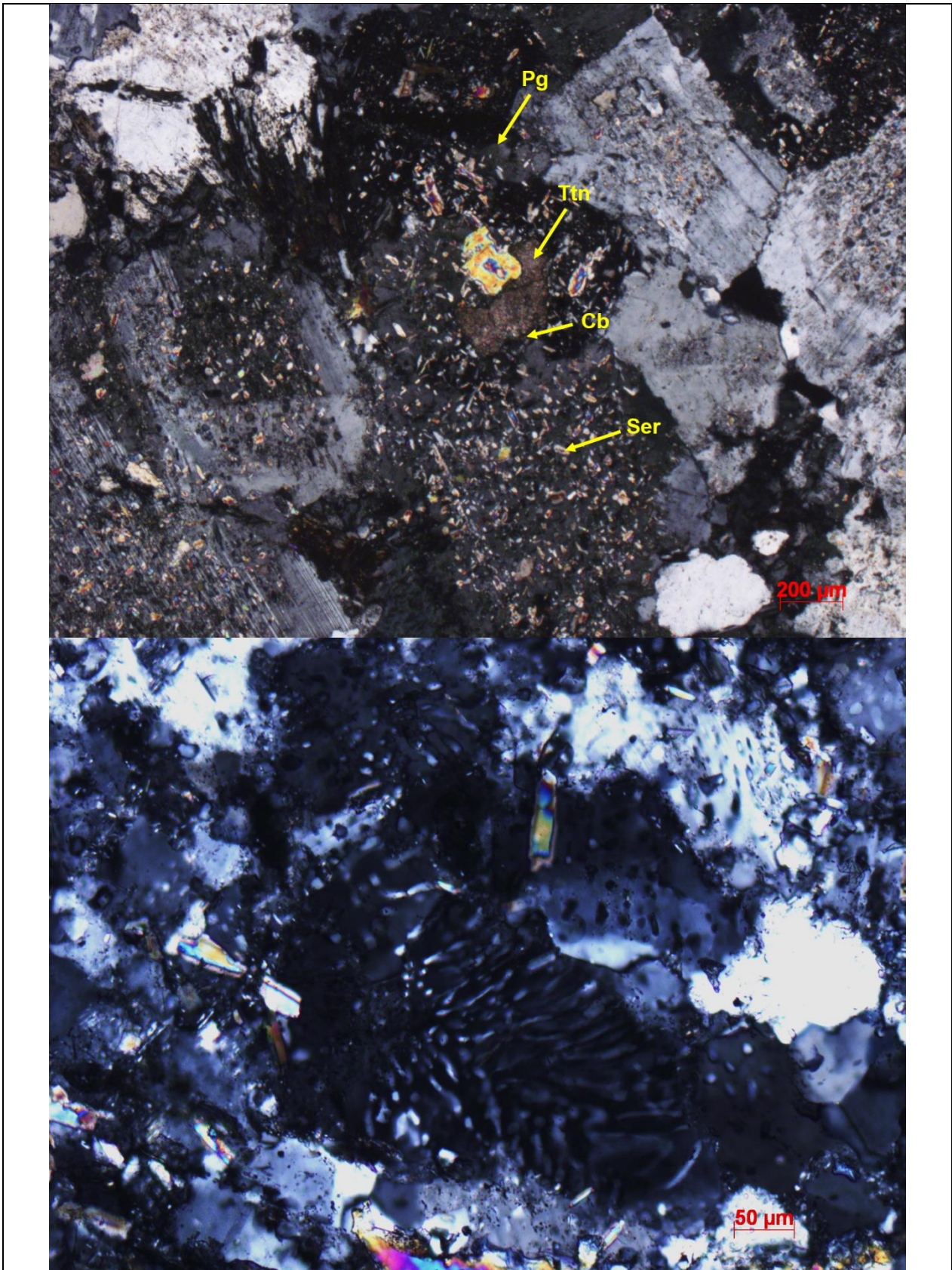
Titanita - Caracterizada pelo pleocroísmo amarelo claro a levemente rosado, relevo muito alto e fraturas típicas.

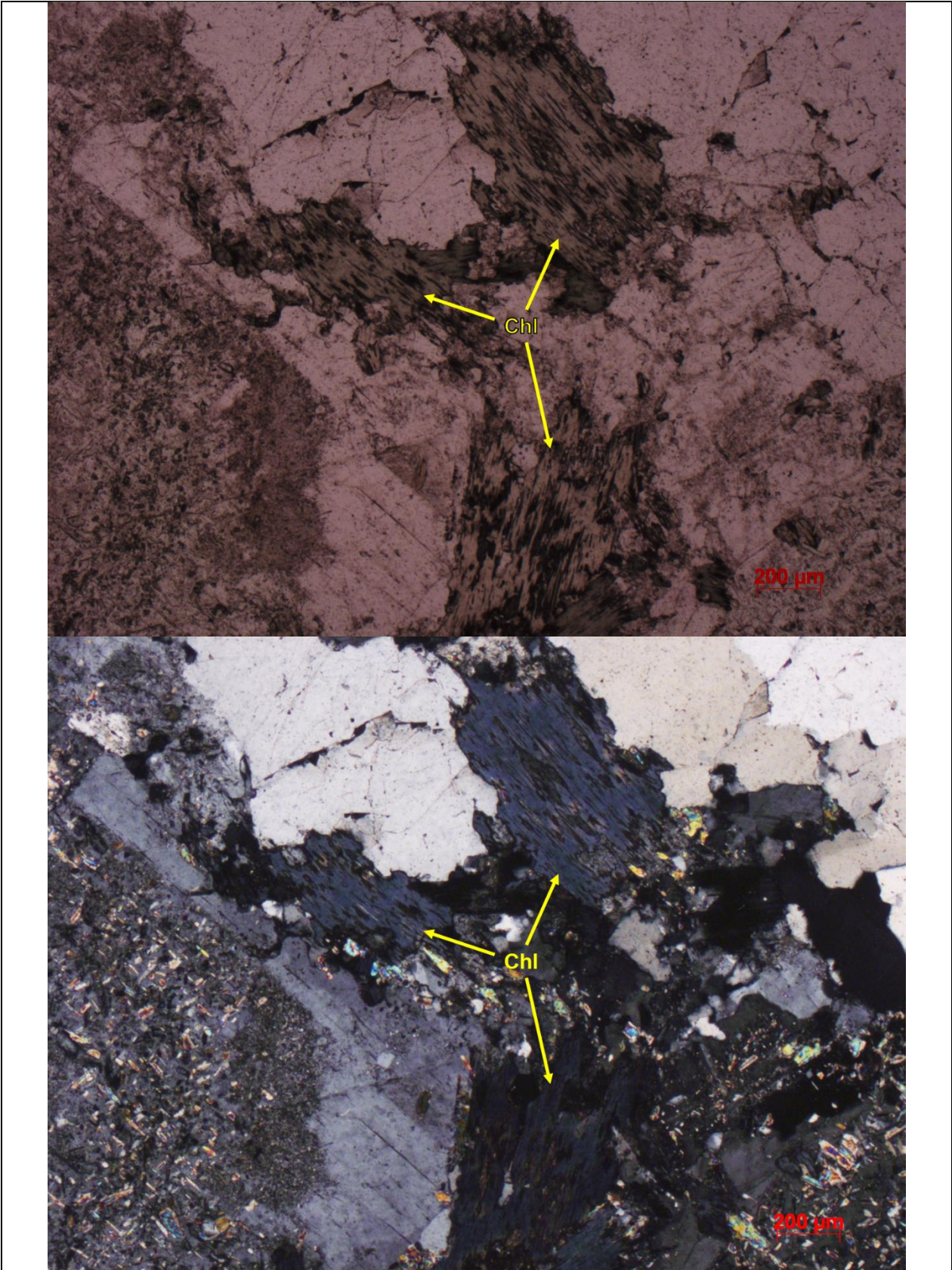
Zircão - Caracterizado por ter relevo muito alto, birrefringência

Apatita - Apresenta-se como pequenos cristais idiomórficos e aproximadamente hexagonais (seções basais).











Amostra: FJG 142/069 205,44m**Mineralogia**

Transparentes	Opacos
Quartzo 20-30%	Pirita >1%
Plagioclásio 35-45%	
Microclina 15-25%	
Carbonato 3-5%	
Biotita/Sericita 6-8%	

Descrição microscópica

Quartzo - Caracterizado por ser incolor, relevo muito baixo e por birrefringência cinza a amarela de 1ª ordem. Composto por bandas variando entre 0,5 e 4mm. Ocorre como cristais anédricos e grande parte dos grãos estão deformados, apresentando extinção ondulante e subgrãos. É por vezes encontrado preenchendo fraturas. Contém inclusões de plagioclásio.

Plagioclásio - Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza de e geminação polissintética. Cristais prismáticos e hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,3 e 5mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato. Possui inclusão de Titanita. Os cristais possuem uma forte zonação caracterizada pelo diferente ângulo de extinção no microscópio com nicóis cruzados.

Microclina – Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza e geminação *tartan*. São cristais prismáticos hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,5 e 8mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato.

Biotita – Caracterizada por sua cor amarronzada, pleocroísmo de marrom avermelhado a verde amarronzado, uma direção de clivagem, extinção reta, exibindo por vezes *Bird eyes*. Ocorre sob hábito lamelar, e eventualmente, exhibe seção basais. Seu tamanho varia entre 0,3 e 1mm. Sofre alteração para clorita.

Clorita – Caracterizado principalmente por substituição das micas, possui o hábito lamelar do mineral de origem, pleocroísmo de verde claro a verde escuro e cor de interferência alta.

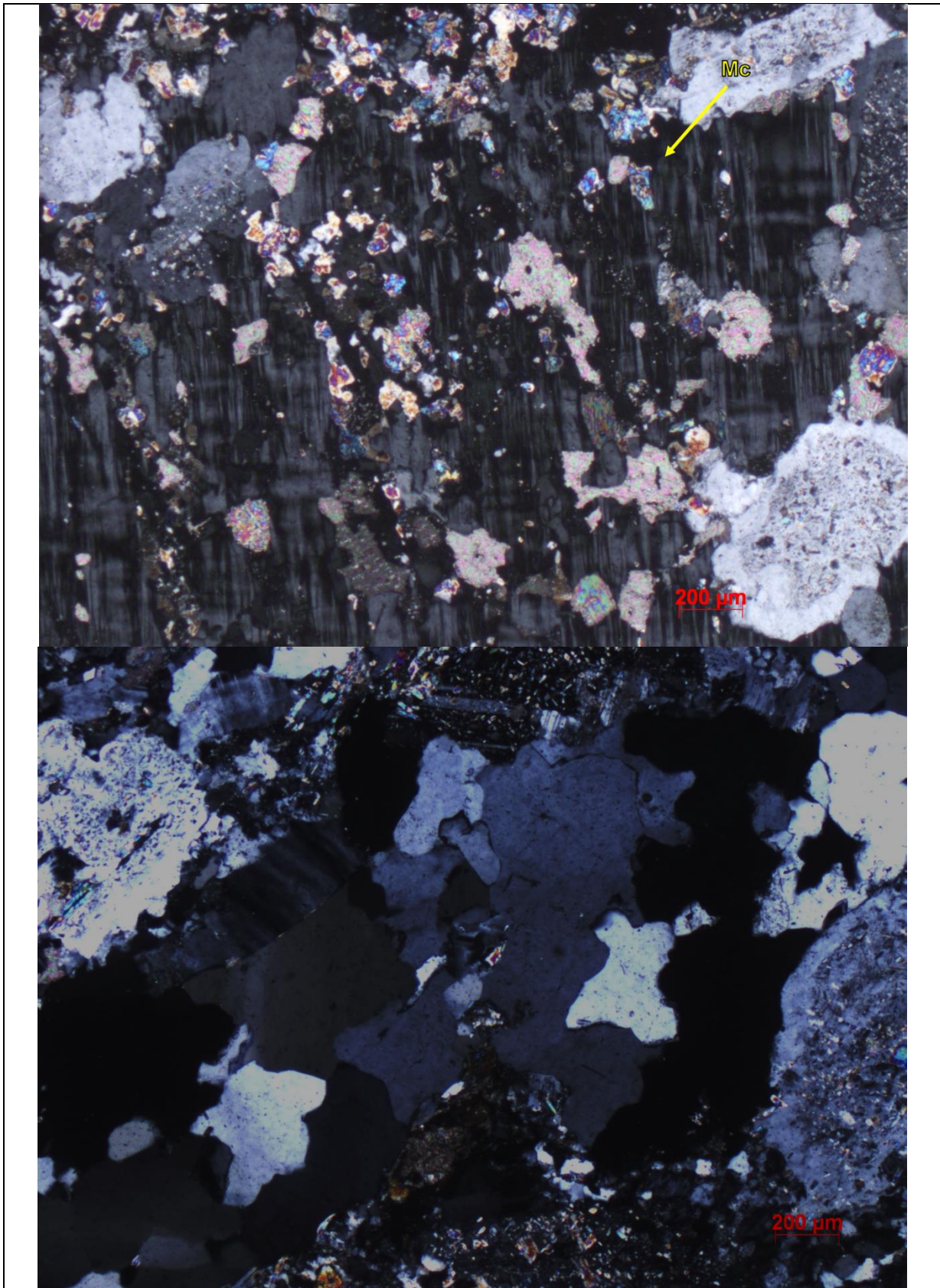
Carbonato - Caracterizado por sua substituição dos feldspatos, é incolor, relevo baixo e possui uma cor de interferência alta. É encontrado por vezes em fraturas.

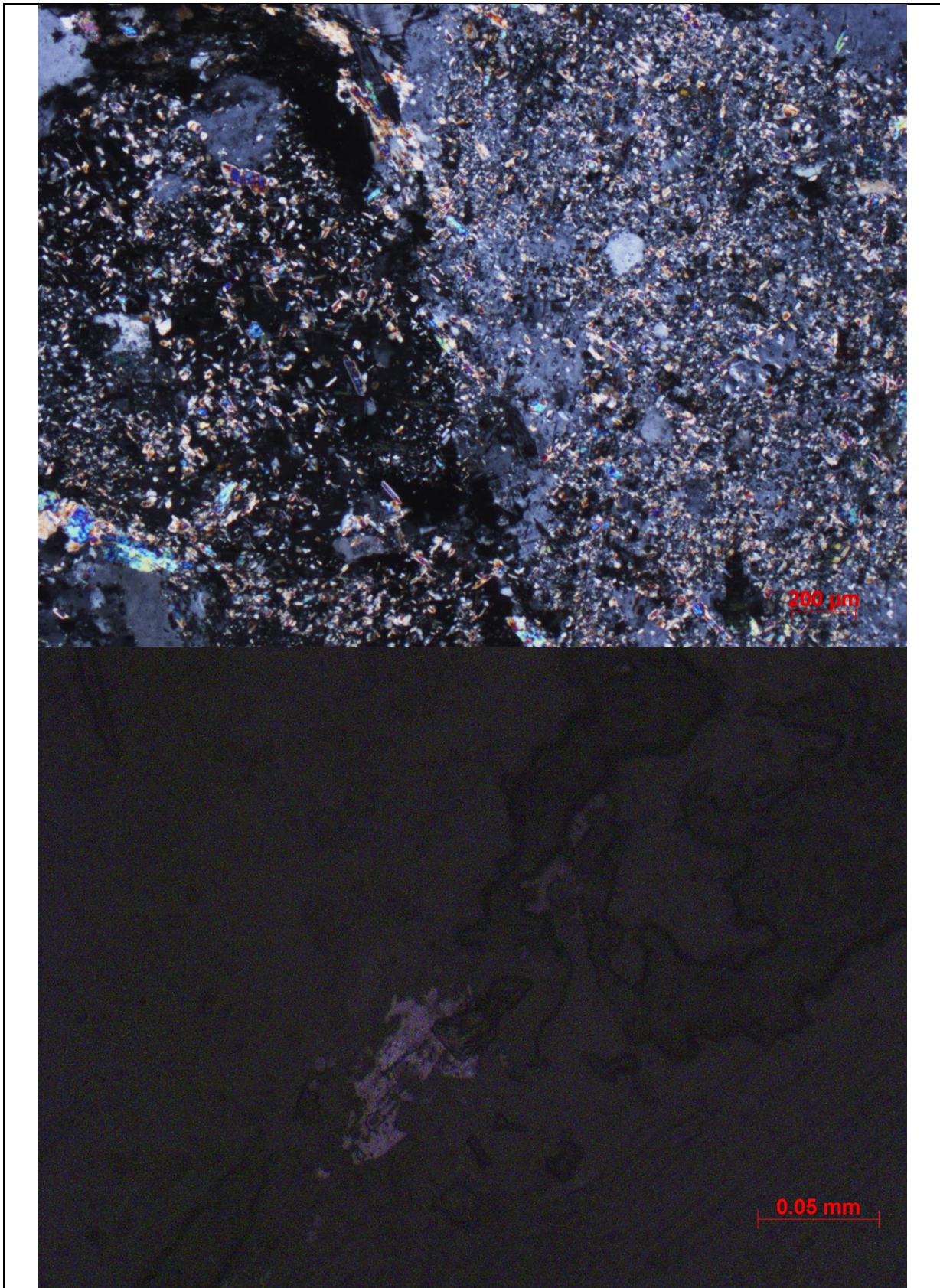
Pirita – Anisotrópica. Possui uma coloração de creme a branca, com hábito por vezes cúbico sob luz refletida.

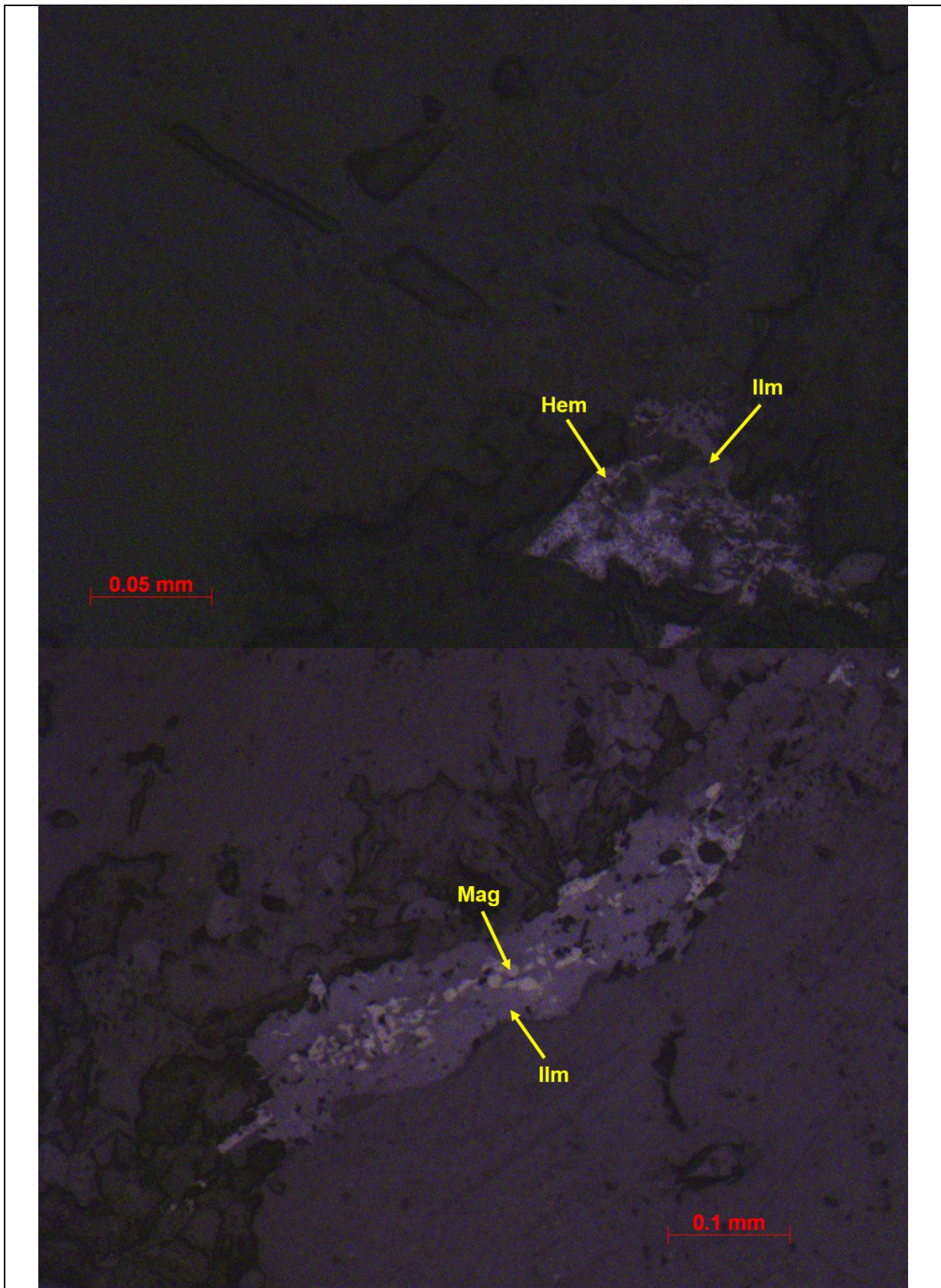
Magnetita – Anisotrópica. Possui uma coloração de cinza rosada, com hábito euédrico sob luz refletida.

Hematita – Anisotrópica. Possui uma coloração de cinza claro azulado, cor de reflexão interna vermelho sangue e com hábito euédrico sob luz refletida.

Ilmenita – Anisotrópica. Possui uma coloração de cinza amarronzada sob luz refletida.







Amostra: FJG 144/289 439,12m**Mineralogia**

Transparentes		Opacos	
Quartzo	20-30%	Pirita	<1%
Plagioclásio	45-55%		
Microclina	5%		
Carbonato	4%		
Biotita/Sericita	15%		

Descrição microscópica

Quartzo - Caracterizado por ser incolor, relevo muito baixo e por birrefringência cinza a amarela de 1ª ordem. Composto por bandas variando entre 0,1 e 4mm. Ocorre como cristais anédricos e grande parte dos grãos estão deformados, apresentando extinção ondulante e subgrãos. É por vezes encontrado preenchendo fraturas. Contém inclusões de plagioclásio.

Plagioclásio - Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza de e geminação polissintética. Cristais prismáticos e hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,5 e 4mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato. Possui inclusão de Titanita. Os cristais possuem uma forte zonação caracterizada pelo diferente ângulo de extinção no microscópio com nicóis cruzados.

Microclina – Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza e geminação *tartan*. São cristais prismáticos hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,5 e 4mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato.

Biotita – Caracterizada por sua cor amarronzada, pleocroísmo de marrom avermelhado a verde amarronzado, uma direção de clivagem, extinção reta, exibindo por vezes *Bird eyes*. Ocorre sob hábito lamelar, e eventualmente, exhibe seção basais. Seu tamanho varia entre 0,3 e 1mm. Sofre alteração para clorita.

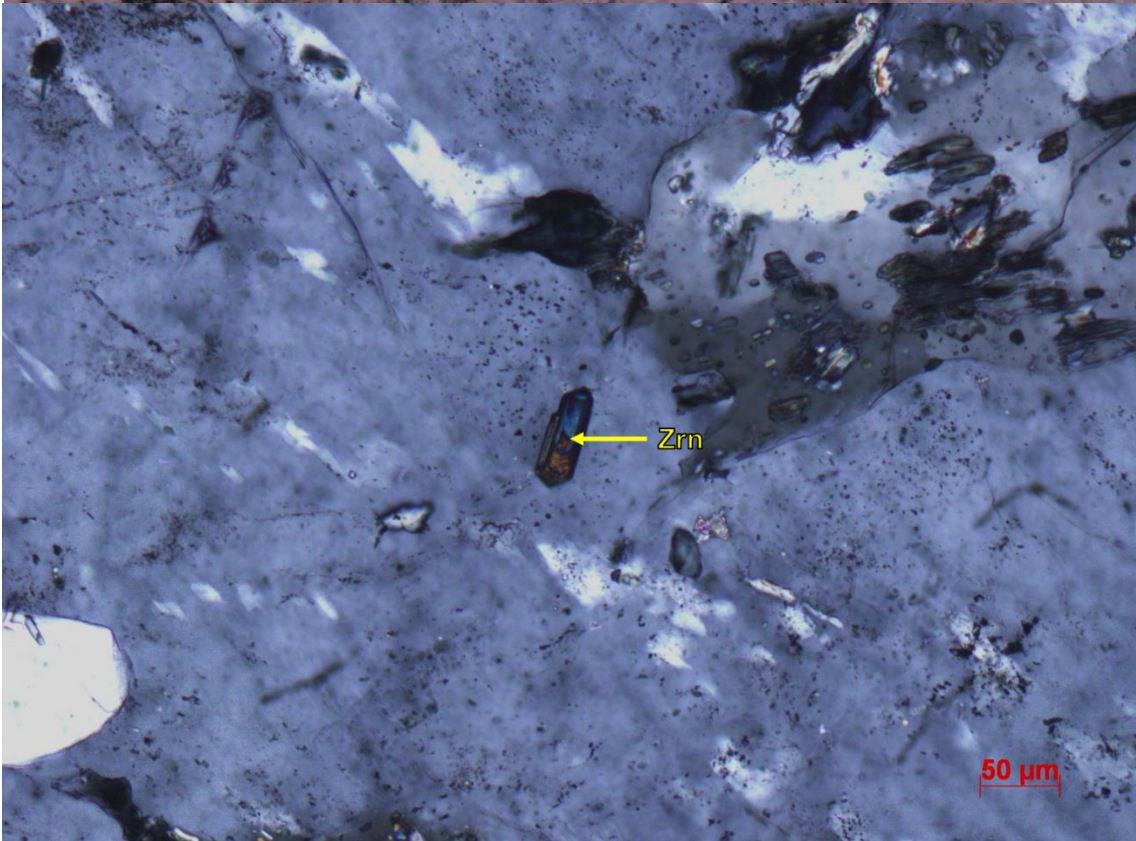
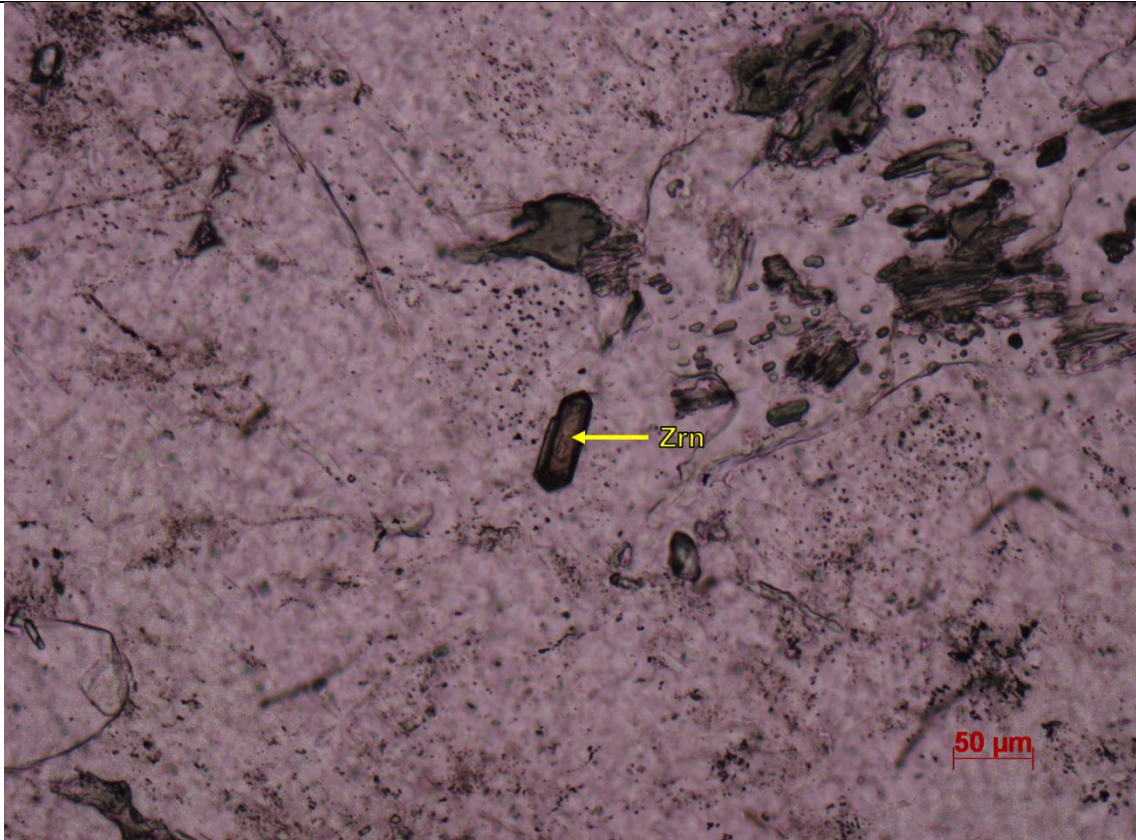
Clorita – Caracterizado principalmente por substituição das micas, possui o hábito lamelar do mineral de origem, pleocroísmo de verde claro a verde escuro e cor de interferência alta.

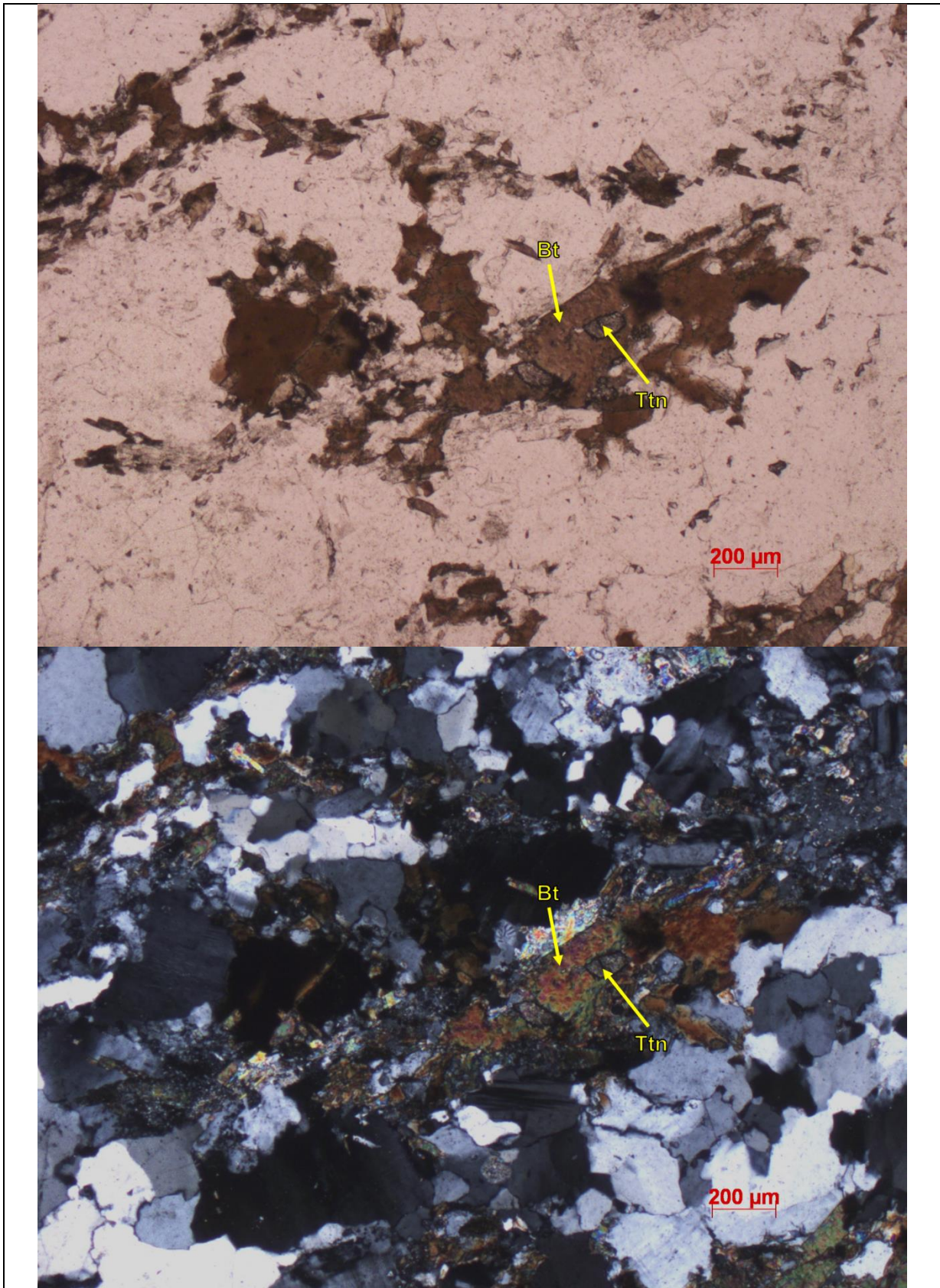
Carbonato - Caracterizado por sua substituição dos feldspatos, é incolor, relevo baixo e possui uma cor de interferência alta. É encontrado por vezes em fraturas.

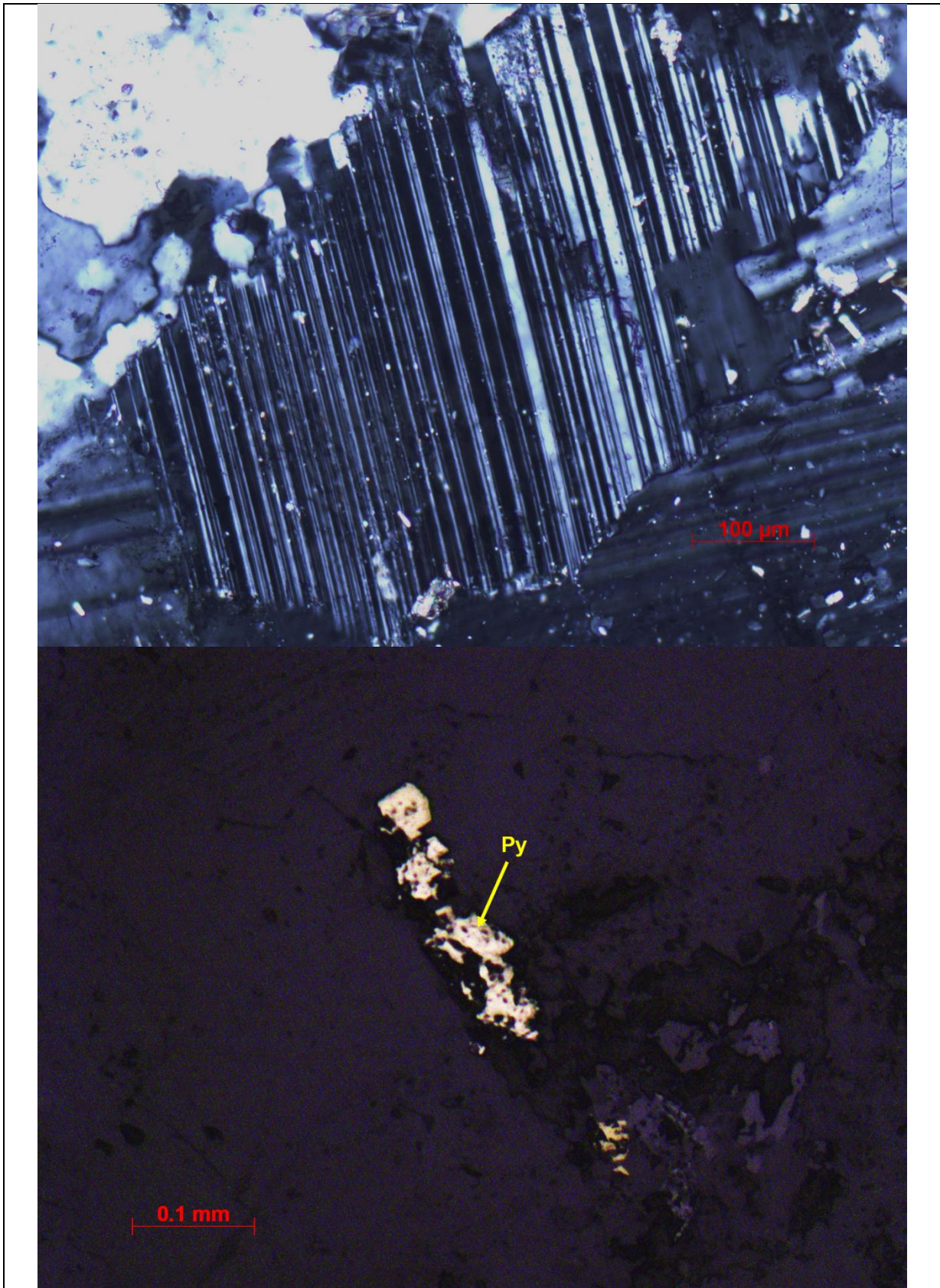
Titanita - Caracterizada pelo pleocroísmo amarelo claro a levemente rosado, relevo muito alto e fraturas típicas.

Zircão - Caracterizado por ter relevo muito alto, birrefringência

Pirita – Anisotrópica. Possui uma coloração de creme a branca, com hábito por vezes cúbico sob luz refletida.







Amostra: FJG 140/026 255,24m**Mineralogia**

Transparentes		Opacos	
Quartzo	25%	Pirita	>1%
Plagioclásio	40%		
Microclina	20%		
Carbonato	4%		
Biotita/Sericita	7%		

Descrição microscópica

Quartzo - Caracterizado por ser incolor, relevo muito baixo e por birrefringência cinza a amarela de 1ª ordem. Composto por bandas variando entre 0,3 e 4mm. Ocorre como cristais anédricos e grande parte dos grãos estão deformados, apresentando extinção ondulante e subgrãos. É por vezes encontrado preenchendo fraturas. Contém inclusões de plagioclásio.

Plagioclásio - Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza de e geminação polissintética. Cristais prismáticos e hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,3 e 4mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato. Possui inclusão de Titanita. Os cristais possuem uma forte zonação caracterizada pelo diferente ângulo de extinção no microscópio com nicóis cruzados.

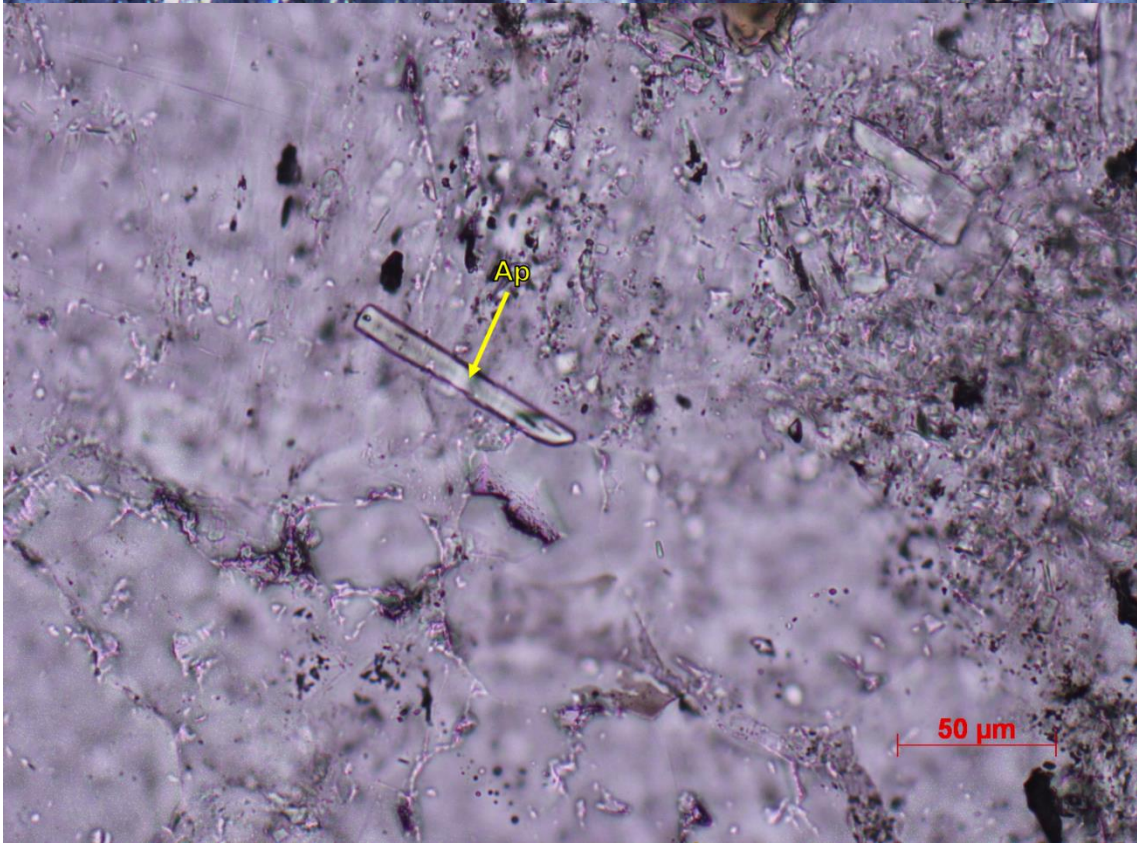
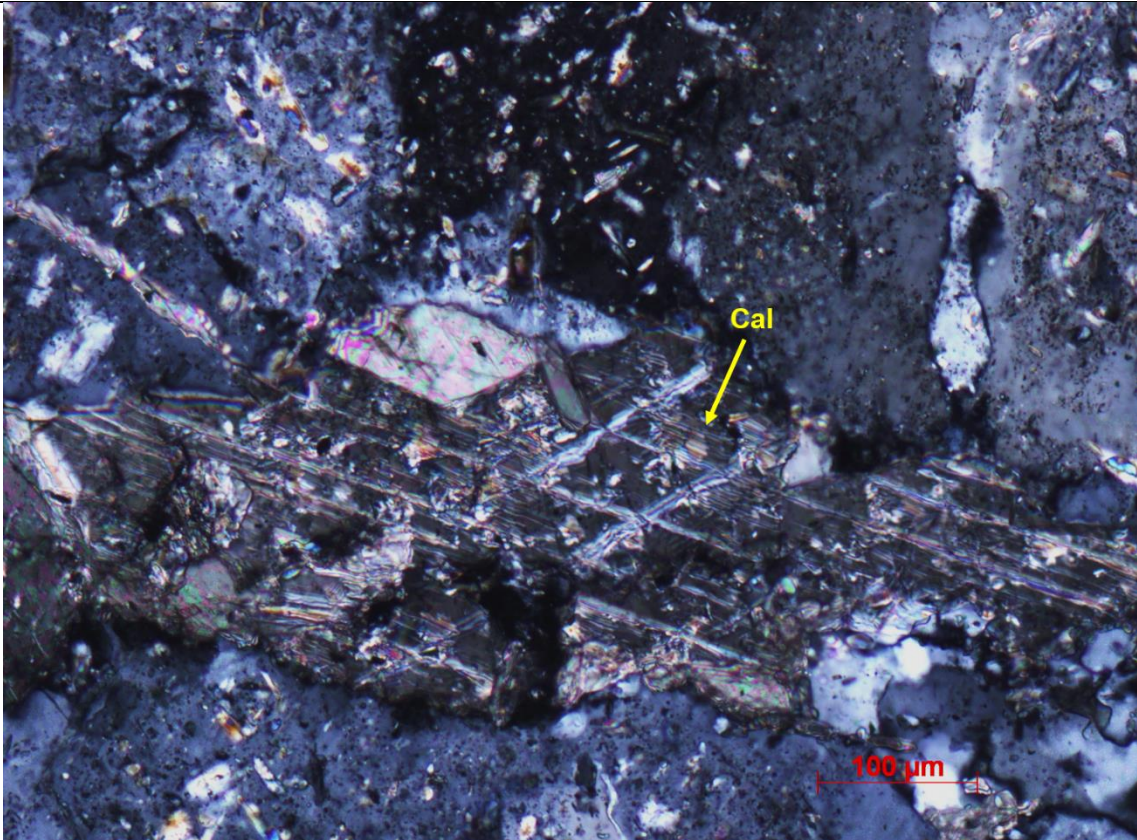
Microclina – Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza e geminação *tartan*. São cristais prismáticos hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,5 e 8mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato.

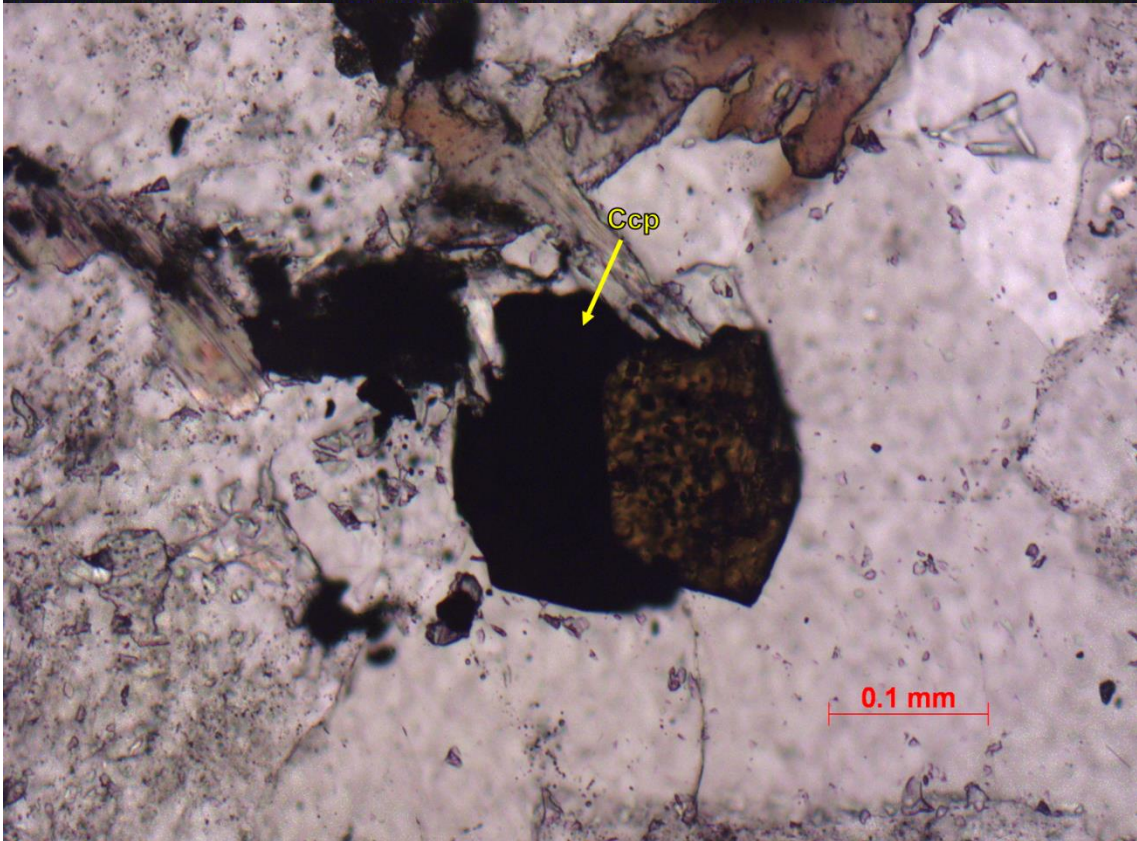
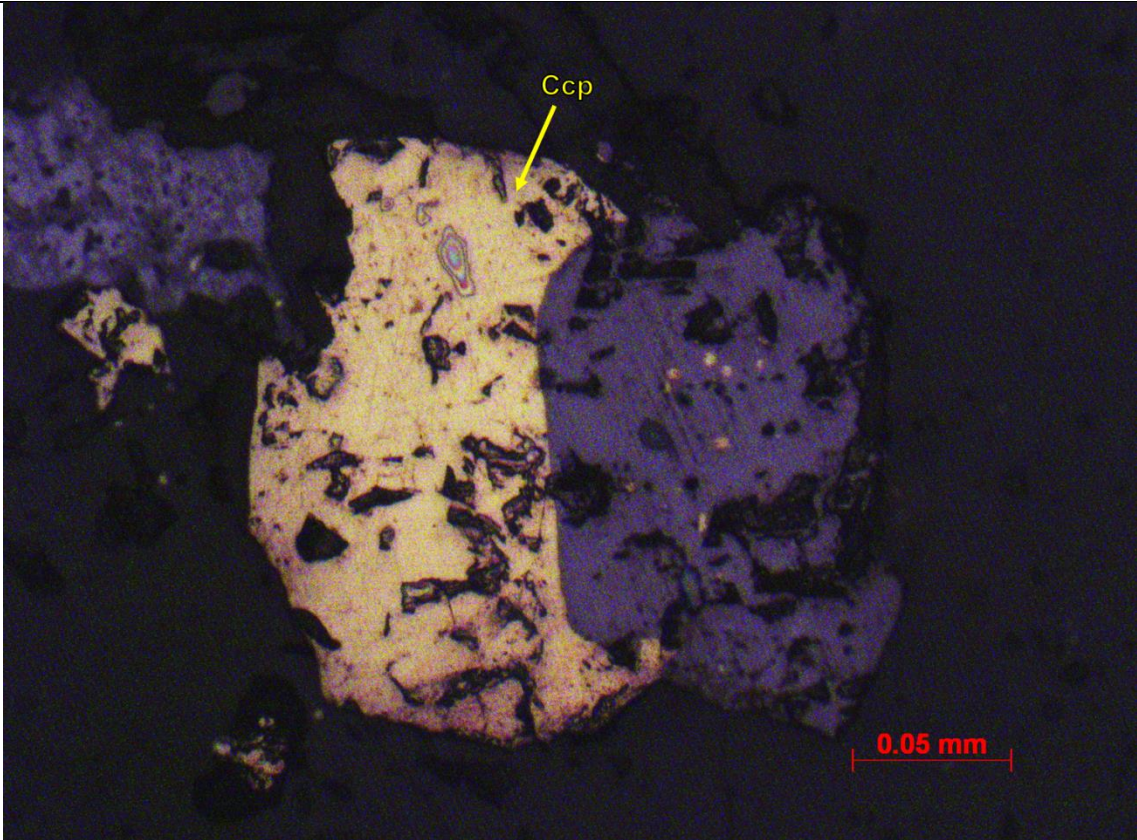
Biotita – Caracterizada por sua cor amarronzada, pleocroísmo de marrom avermelhado a verde amarronzado, uma direção de clivagem, extinção reta, exibindo por vezes *Bird eyes*. Ocorre sob hábito lamelar, e eventualmente, exhibe seção basais. Seu tamanho varia entre 0,3 e 1mm. Sofre alteração para clorita.

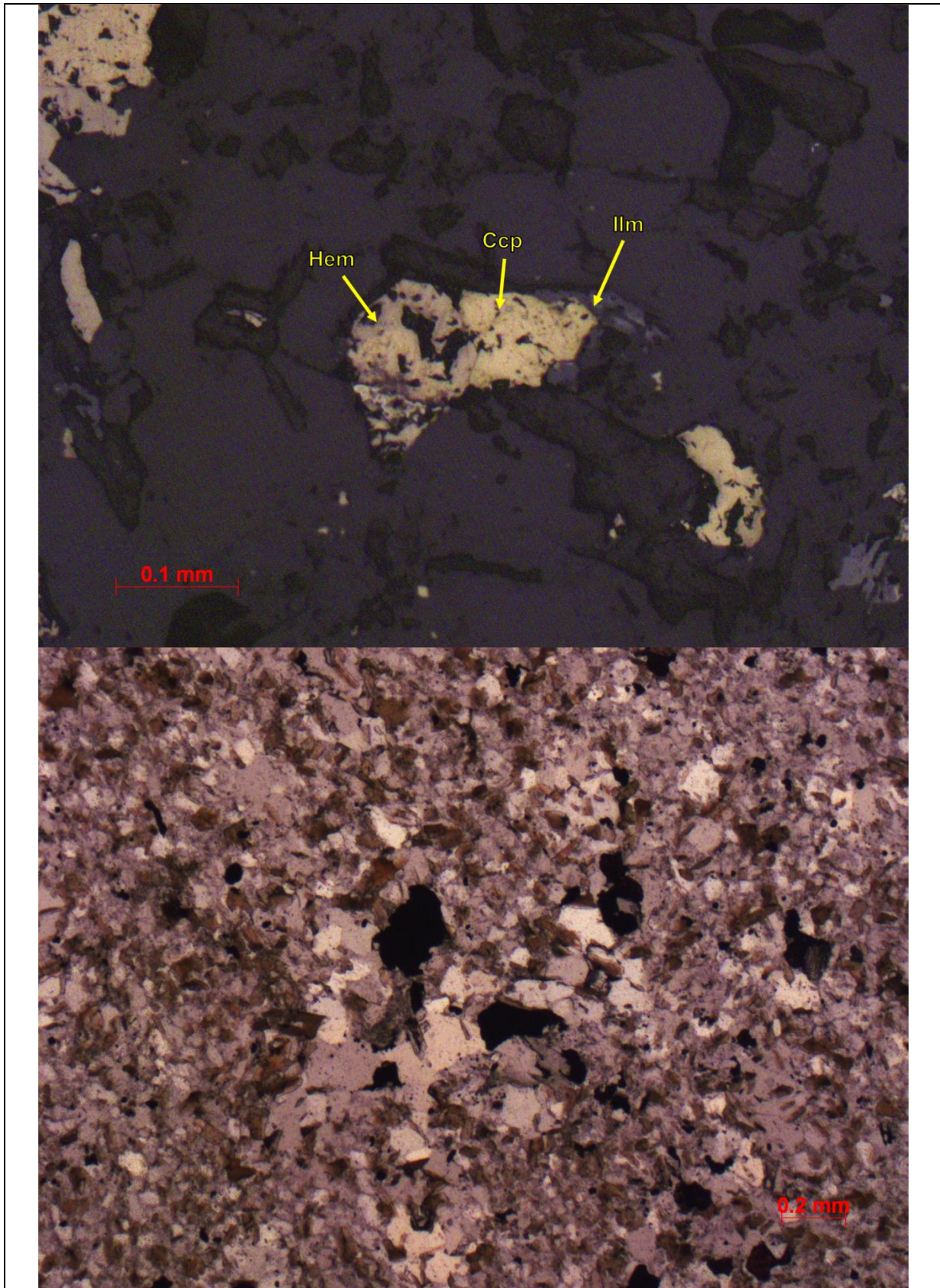
Clorita – Caracterizado principalmente por substituição das micas, possui o hábito lamelar do mineral de origem, pleocroísmo de verde claro a verde escuro e cor de interferência alta.

Carbonato - Caracterizado por sua substituição dos feldspatos, é incolor, relevo baixo e possui uma cor de interferência alta. É encontrado por vezes em fraturas.

Pirita – Anisotrópica. Possui uma coloração de creme a branca, com hábito por vezes cúbico sob luz refletida.







Amostra: FJG 142/058 263,50m**Mineralogia**

Transparentes	Opacos
Quartzo 27%	Pirita >1%
Plagioclásio 40%	
Microclina 25%	
Carbonato 1%	
Biotita/Sericita 7%	

Descrição microscópica

Quartzo - Caracterizado por ser incolor, relevo muito baixo e por birrefringência cinza a amarela de 1ª ordem. Composto por bandas variando entre 0,3 e 4mm. Ocorre como cristais anédricos e grande parte dos grãos estão deformados, apresentando extinção ondulante e subgrãos. É por vezes encontrado preenchendo fraturas. Contém inclusões de plagioclásio.

Plagioclásio - Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza de e geminação polissintética. Cristais prismáticos e hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,3 e 4mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato. Possui inclusão de Titanita. Os cristais possuem uma forte zonação caracterizada pelo diferente ângulo de extinção no microscópio com nicóis cruzados.

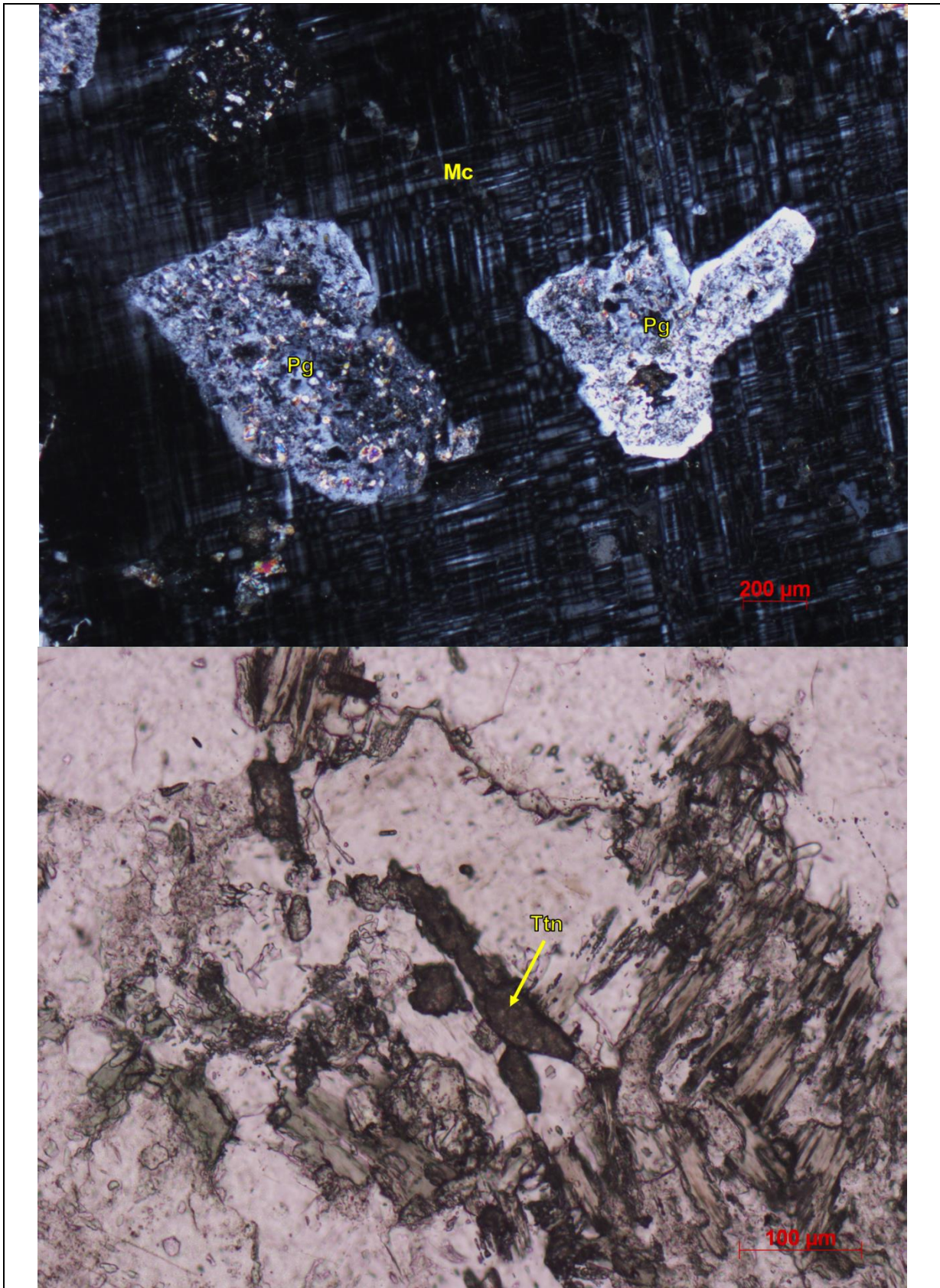
Microclina – Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza e geminação *tartan*. São cristais prismáticos hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,5 e 8mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato.

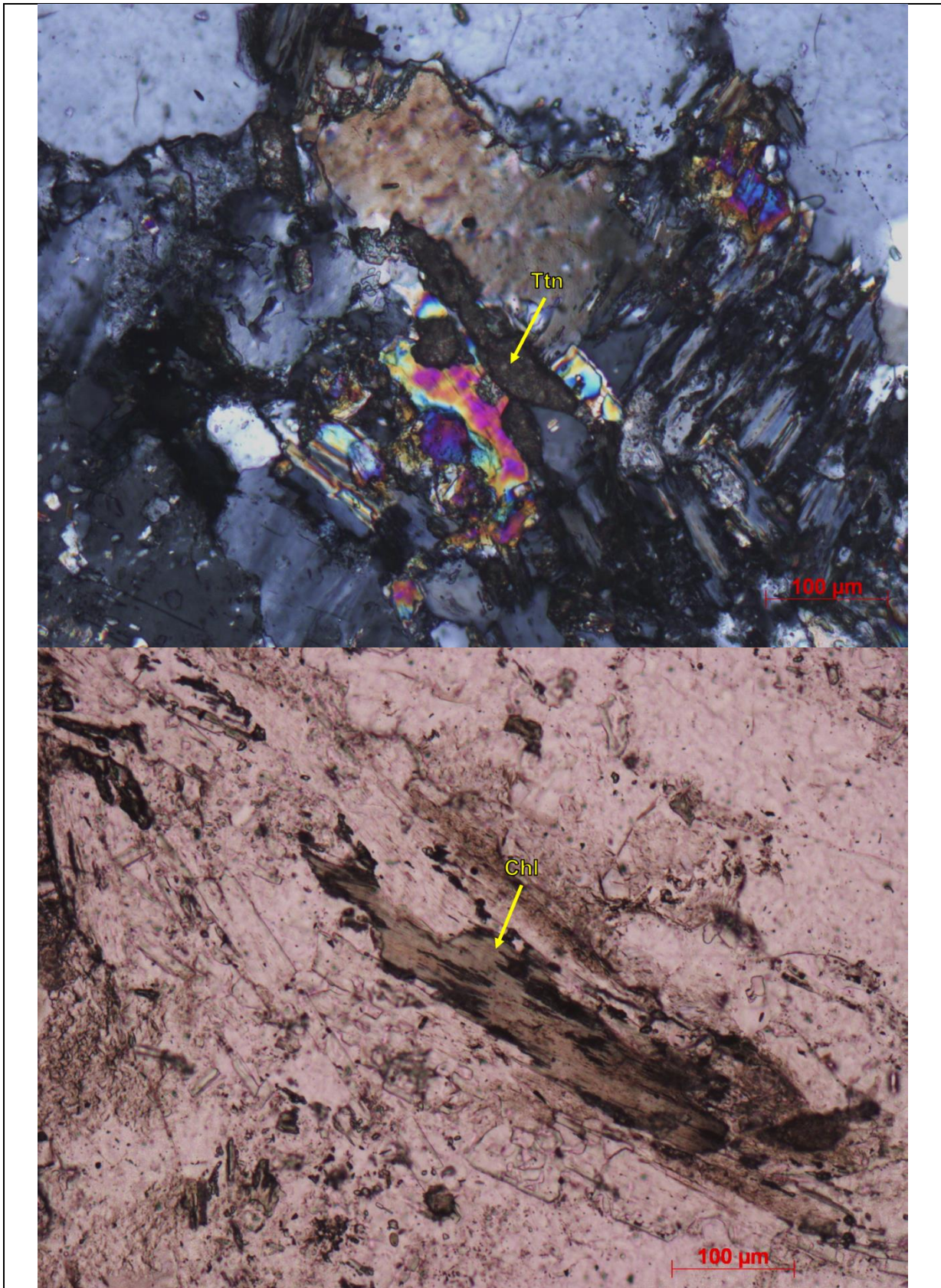
Biotita – Caracterizada por sua cor amarronzada, pleocroísmo de marrom avermelhado a verde amarronzado, uma direção de clivagem, extinção reta, exibindo por vezes *Bird eyes*. Ocorre sob hábito lamelar, e eventualmente, exhibe seção basais. Seu tamanho varia entre 0,3 e 1mm. Sofre alteração para clorita.

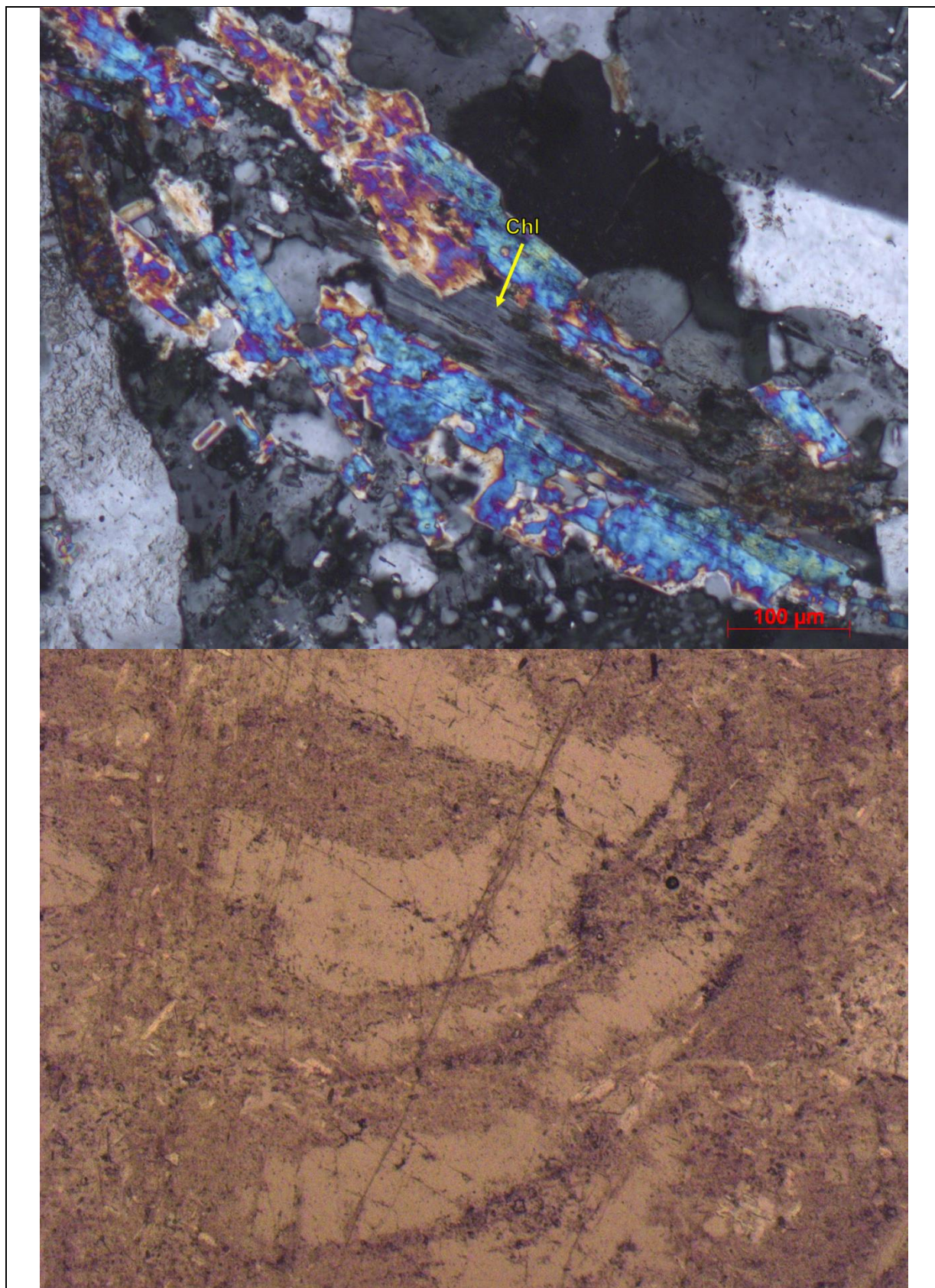
Clorita – Caracterizado principalmente por substituição das micas, possui o hábito lamelar do mineral de origem, pleocroísmo de verde claro a verde escuro e cor de interferência alta.

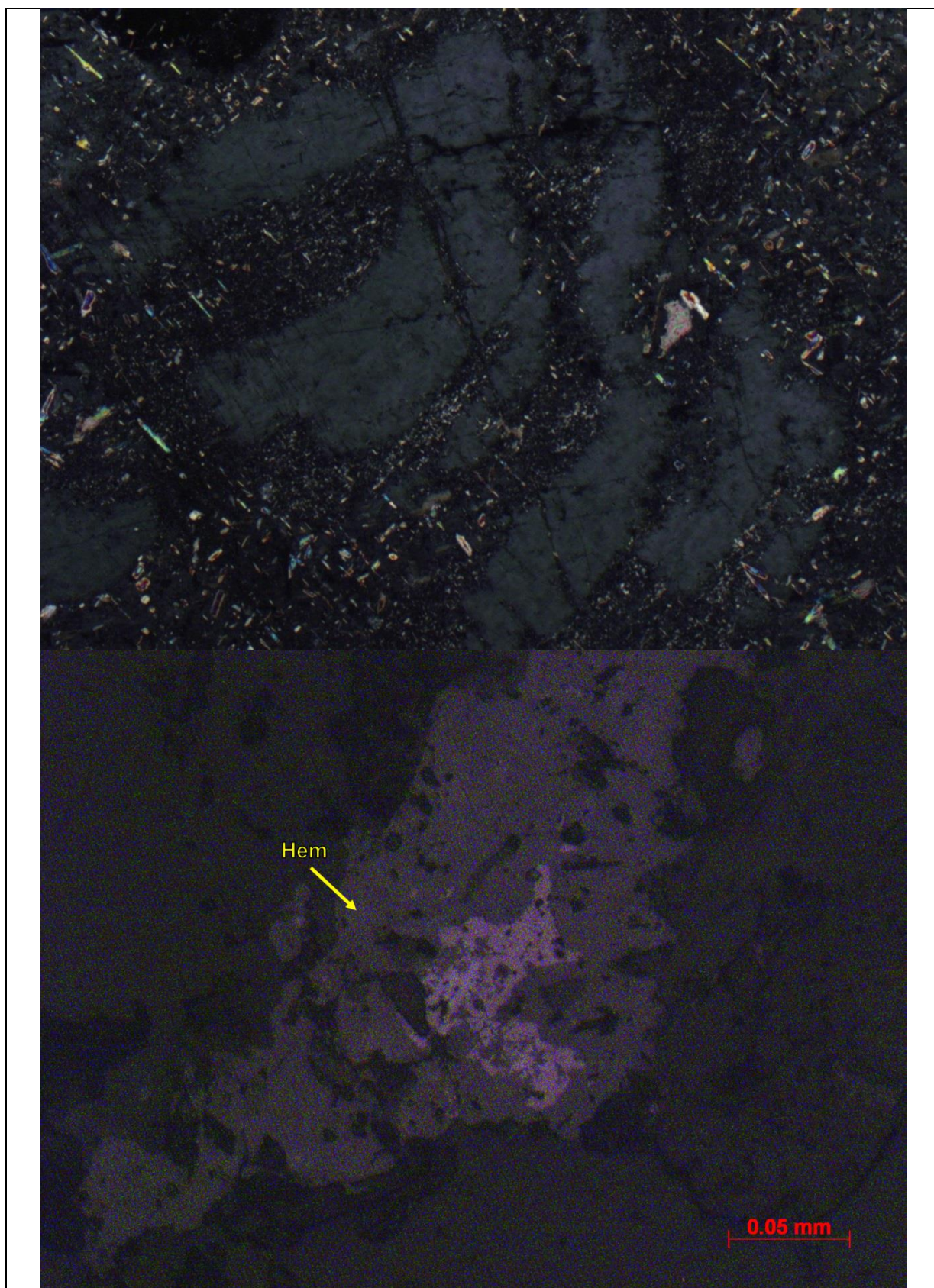
Carbonato - Caracterizado por sua substituição dos feldspatos, é incolor, relevo baixo e possui uma cor de interferência alta. É encontrado por vezes em fraturas.

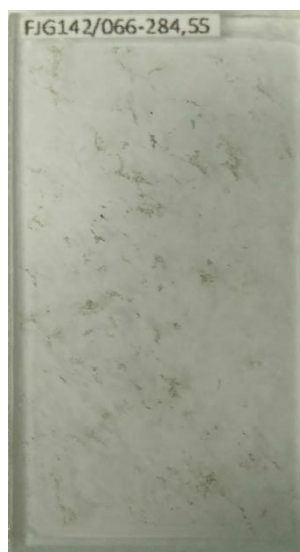
Pirita – Anisotrópica. Possui uma coloração de creme a branca, com hábito por vezes cúbico sob luz refletida.









Amostra: FJG 142/066 284,55m**Mineralogia**

Transparentes	Opacos
Quartzo 20%	
Plagioclásio 50%	
Microclina 16%	
Carbonato 4%	
Biotita/Sericita 10%	

Descrição microscópica

Quartzo - Caracterizado por ser incolor, relevo muito baixo e por birrefringência cinza a amarela de 1ª ordem. Composto por bandas variando entre 0,3 e 4mm. Ocorre como cristais anédricos e grande parte dos grãos estão deformados, apresentando extinção ondulante e subgrãos. É por vezes encontrado preenchendo fraturas. Contém inclusões de plagioclásio.

Plagioclásio (Andesina) - Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza de e geminação polissintética. Cristais prismáticos e hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,3

e 4mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato. Possui inclusão de Titanita. Os cristais possuem uma forte zonação caracterizada pelo diferente ângulo de extinção no microscópio com nicóis cruzados. Através do ângulo de extinção de uma seção basal (26°), foi identificado como andesina.

Microclina – Caracterizado por ser incolor, relevo baixo, birrefringência cinza e geminação *tartan*. São cristais prismáticos hipidiomórficos e seu tamanho varia entre 0,5 e 8mm. Possui alteração e substituição, saussuritização, para sericita, muscovita e carbonato.

Biotita – Caracterizada por sua cor amarronzada, pleocroísmo de marrom avermelhado a verde amarronzado, uma direção de clivagem, extinção reta, exibindo por vezes *Bird eyes*.

Ocorre sob hábito lamelar, e eventualmente, exibe seção basais. Seu tamanho varia entre 0,3 e 1mm. Sofre alteração para clorita.

Clorita – Caracterizado principalmente por substituição das micas, possui o hábito lamelar do mineral de origem, pleocroísmo de verde claro a verde escuro e cor de interferência alta.

Carbonato - Caracterizado por sua substituição dos feldspatos, é incolor, relevo baixo e possui uma cor de interferência alta. É encontrado por vezes em fraturas.

Titanita - Caracterizada pelo pleocroísmo amarelo claro a levemente rosado, relevo muito alto e fraturas típicas.

Zircão - Caracterizado por ter relevo muito alto, birrefringência

Apatita - Apresenta-se como pequenos cristais idiomórficos e aproximadamente hexagonais (seções basais).

