

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

Geotermobarometria de clorita e muscovita
do garimpo aurífero do Papagaio, Província de
Alta Floresta (MT).

Monografia
TF-19/01

Discente
Alex do Carmo da Silva

Orientador
Prof. Dr. Rafael Rodrigues de Assis

Co-orientador
Prof. Dr. Marcelo Garcia Galé

São Paulo
2019

RESUMO

A Província Aurífera de Alto Floresta é uma região localizada no centro-norte do Estado do Mato Grosso e representa uma porção crustal inserida na parte sul do Cráton Amazônico. É constituída por sequências plutono-vulcânicas e vulcano-sedimentares do Paleo-Mesoproterozoico, limitadas a sul pelo Gráben dos Caiabis e ao norte pelo Gráben do Caximbo, com extensão de aproximadamente 500 km na direção WNW-ESE. Tem sido destaque nas últimas décadas devido ao grande número de depósitos auríferos primários de médio a alto teor e baixa tonelagem (<5 t) reportados ao longo do cinturão Peru-Trairão, de direção NW-SE. Nesse contexto, as mineralizações primárias podem ser separadas em quatro grupos distintos: (1) depósitos de Au ± Cu disseminados; (2) depósitos filonares de Au ± Cu; (3) depósitos disseminados de Cu ± Mo ± Au; (4) depósitos filonares de Au + Pb + Zn ± Cu. Alterações do tipo fílica, propilítica e clorítica são tipicamente descritas nesses depósitos, e frequentemente elas estão relacionadas espacial e temporalmente às mineralizações. A alteração do tipo fílica representa um estágio mais quente e inicial do sistema, enquanto que as alterações clorítica e propilítica representam estágios tardios e de menor temperatura. Ainda que as principais características dos depósitos da Província Aurífera de Alta Floresta sejam bem definidas, estudos de caracterização química mineral com foco em geotermobarometria são escassos. Assim, o depósito do Papagaio foi selecionado para estudo visando a quantificação das características químicas da mica branca e da clorita com o intuito de estimar as condições P e T de formação desses minerais, respectivamente. Através da análise petrográfica e por microssonda eletrônica, foram identificadas quatro tipologias de mica branca: muscovita em halo (I), sericita em halo (II), muscovita pervasiva (III) e sericita pervasiva (IV); e cinco tipologias de clorita: venular I e II, pervasiva I e II e em arranjos irradiados. A partir daí, os dados barométricos obtidos indicam pressões entre 1.41 e 7,95 kbar e temperaturas entre 240 e 408 °C.

PALAVRAS-CHAVE – Província Aurífera de Alta Floresta. Clorita. Mica Branca. Geobarômetro. Geotermômetro.

Índice

1.	APRESENTAÇÃO.....	3
1.1.	Introdução	3
1.2.	Problemática e justificativa	4
2.	FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1.	Contexto Regional do Cráton Amazônico	6
2.2.	Província Aurífera de Alta Floresta	7
2.3.	Garimpo do Papagaio.....	9
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1.	Revisão Bibliográfica	10
3.2.	Petrografia	10
3.3.	Caracterização da composição de minerais com Microssonda Eletrônica	10
4.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
4.1.	Geobarômetro da mica branca.....	12
5.1.	Mica branca.....	18
5.2.	Clorita	21
6.	QUÍMICA MINERAL	23
6.1.	Mica Branca.....	23
6.2.	Clorita	26
6.3.	Geotermometria da clorita.....	32
7.	DISCUSSÃO	40
8.	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

Assinaturas:

Discente:



Rafael R. Assis

Prof. Dr. Rafael Rodrigues de Assis

(Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental)

1. APRESENTAÇÃO

1.1. Introdução

A Província Aurífera de Alta Floresta (PAAF) está localizada na porção sul do Cráton Amazônico, de modo a estar limitada pelo Gráben do Cachimbo a norte, e pelo Gráben dos Caiabis a sul (Souza *et al.*, 2005; Paes de Barros, 2007) (Fig 1). Algumas propostas de estruturação do Cráton Amazônico têm sido propostas, de modo que a depender do modelo adotado, a PAAF estaria enquadrada em diferentes províncias geocronológicas-estruturais, que variam de forma temporal e espacial conforme o modelo adotado. Deste modo, no modelo de Tassinari & Macambira (1999), a província estaria localizada no extremo nordeste da província Rio Negro-Juruena (1,8 - 1,55 Ga), próximo ao limite com a província geocronológica de Ventuari-Tapajós (1,95 - 1,8 Ga), enquanto que na concepção de Santos *et al.*, (2000), a PAAF se insere entre as províncias tectônicas-geocronológicas Tapajós-Parima (2,1 - 1,87 Ga) e Rondônia - Juruena (1,76 - 1,47 Ga). Nesse cenário, a PAAF possui uma extensão próxima de 500 km na direção WNW-ESE, e é composta por centenas de depósitos hospedados em suas unidades plutônicas, vulcânicas e vulcanossedimentares geradas em ambiente de arcos magmáticos paleoproterozoicos (Macambira & Tassinari, 1999).

Historicamente, a produção de ouro na PAAF tem ocorrido pela atividade garimpeira que, durante as décadas de 1980 e 1990, atingiu números em torno de 160 toneladas (Paes de Barros, 2007). Esse montante proveio primeiramente de fontes secundárias (depósitos aluvionares e coluvionares), que quase foram levadas à relativa exaustão. A partir de então, a exploração de depósitos primários configurou o alvo dos garimpeiros na região. Ainda assim, a província possui grande potencial para depósitos primários cujas zonas mineralizadas estão confinadas a veios e/ou stockworks de quartzo e/ou disseminados, em ambos os casos, alojados em granitoides e rochas vulcânicas. No conjunto, esses depósitos correspondem a sistemas de médio a alto teores, mas pequena tonelagem (< 5t), alinhados ao longo do corredor estrutural WNW-ESE do Peru-Tairão (Paes de Barros, 2007; Miguel-Jr, 2011). Neste contexto insere-se o garimpo do Papagaio, situado na margem direita do rio Apiacás, no município de Paranaíta (MT).

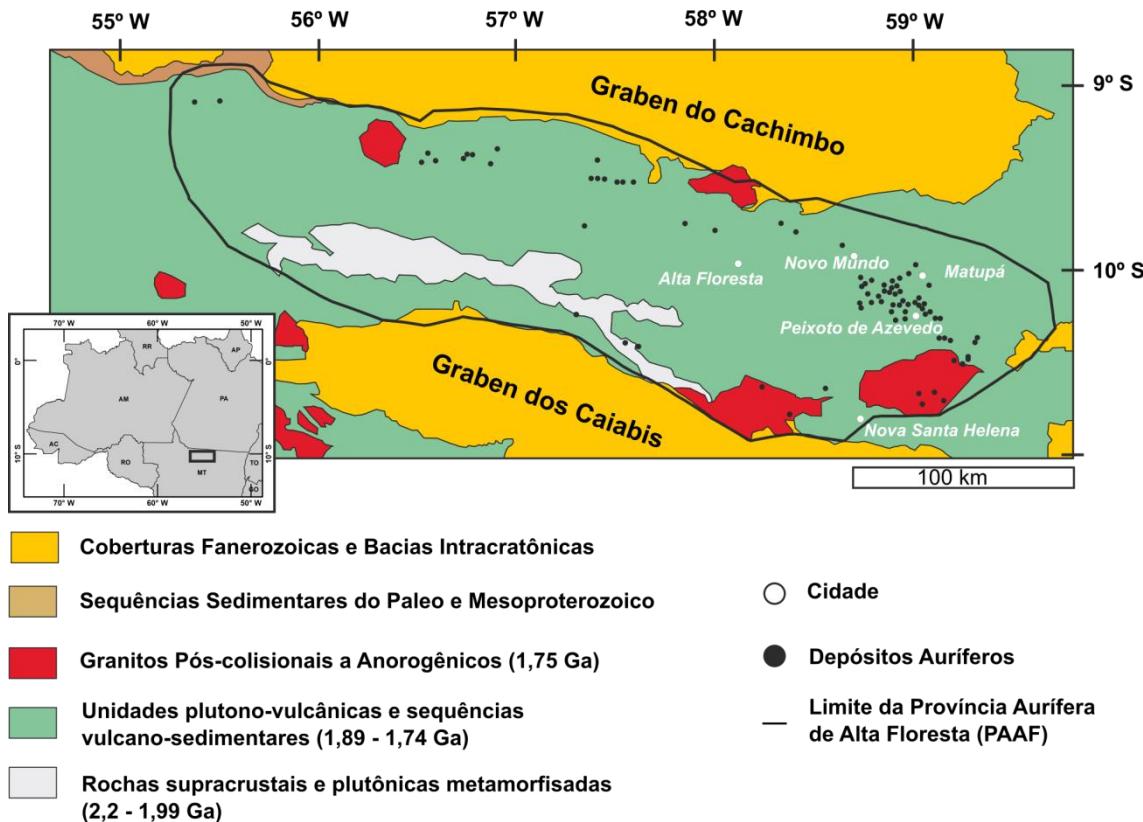


Figura 1.1 - Limites da PAAF definidos pelos grábens do Cachimbo e dos Caiabis, além de seus principais domínios geológicos e inserção de algumas ocorrências auríferas no alinhamento estrutural Peru-Trairão. Extraído de Assis (2011), previamente modificado de Paes de Barros (2007).

1.2. Problemática e justificativa

Diversos estudos desenvolvidos na PAAF visaram definir as condições térmicas e barométricas de alguns de seus principais sistemas magmáticos-hidrotermais. Eles se utilizaram basicamente de quatro sistemáticas principais: (i) caracterização mineralógica e textural dos litotipos; (ii) caracterização das paragêneses, estilos e tipos de minérios; (iii) microtermometria de inclusões fluidas provenientes de cristais de quartzo; e (iv) estudo de isótopos estáveis (δD , $\delta^{18}O$) em minerais hidrotermais (Assis, 2011, 2015; Paes de Barros, 2007; Galé, 2012, 2018).

Entretanto, estudos que se utilizam de métodos *in situ*, focados em química mineral para a quantificação das condições de temperatura e pressão de paragêneses da alteração hidrotermal associadas às zonas auríferas têm sido pouco comuns. Este trabalho focará, portanto, na caracterização dessas condições por meio quantificação dos elementos maiores e menores da mica branca (geobarometria) e da clorita (geotermometria). Essa abordagem permitirá melhor compreender as condições de pressão-temperatura vigentes no sistema hidrotermal do garimpo do Papagaio,

essenciais no entendimento de seu modelo evolutivo e, portanto, dos sistemas magmático-hidrotermais presentes na PAAF.

2. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Contexto Regional do Cráton Amazônico

A PAAF está inserida na região sul do Cráton Amazônico, entre as províncias geocronológicas Ventuari–Tapajós (1,95 - 1,80 Ga) e Rio Negro–Juruena (1,80 - 1,55 Ga), na concepção de Tassinari e Macambira (1999), ou então, entre as províncias tectônicas–geocronológicas Tapajós-Parima (2,1 - 1,87 Ga) e Rondônia - Juruena (1,76 - 1,47 Ga), de acordo com o modelo de Santos *et al.*, (2000). O Cráton, estabilizado há aproximadamente 1,0 Ga, representa uma das maiores áreas cratônicas do planeta (430.000 km², aproximadamente), e está limitado pelas faixas móveis de Tucuvaca (Bolívia), Araguaia-Cuiabá e Tocantins (Macambira e Tassinari, 1999; Cordani e Teixeira, 2007).

Por corresponder a uma área de grande extensão e de difícil acesso, parte em função da densa floresta tropical latifoliada da Amazônica, grande parte das informações existentes a respeito do Cráton Amazônico estão embasadas em interpretações amarradas a dados espacialmente dispersos, o que implica em muitas divergências quanto à sua origem e evolução. O modelo mais aceito propõe que sua construção esteve atrelada à diversas colisões de microcontinentes no decorrer do Paleo e Mesoproterozoico, aliadas a diversos arcos magmáticos, responsáveis pelo seu grande crescimento crustal (Macambira & Tassinari, 1999; Santos *et al.*, 2000; Cordani e Teixeira, 2007). Segundo Macambira & Tassinari (1999), a amalgamação que originou o terreno cratônico teve influência de pelo menos dois arcos magmáticos, enquanto para Santos *et al.* (2001; 2006), ao menos cinco arcos magmáticos teriam ocorrido na região.

As províncias Ventuari–Tapajós (1,95 – 1,80 Ga) e Tapajós–Parima (2,1 - 1,87 Ga) (a depender do modelo adotado), corresponderiam ao segmento norte da PAAF, e são representadas por associações granito-gnáissicas cálcio-alcalinas de composição quartzo-diorítica a granodiorítica, com rochas sedimentares e vulcânicas subordinadas, com *trends* estruturais NE-SW e N-S e idades de aproximadamente 1,83 Ga (Tassinari, 1996). Associadas a essas rochas, ocorrem pertencentes ao plutono-vulcanismo da suíte Teles Pires (1.78 - 1.76 Ga) (Galé, 2012).

As províncias Rio Negro–Juruena (1,80–1,55 Ga) e Rondônia–Juruena (1,76 - 1,47 Ga), por sua vez, são caracterizadas por embasamento gnássico e migmatítico de composição tonalítica a granodiorítica que exibem *trend* estrutural para NW-SE. Tassinari (1996) obteve para essa região idades de $1,700 \pm 21$ Ma ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial de $0,7048 \pm 0,0006$), $1,674 \pm 85$ Ma e $1,717 \pm 120$ M, em Rb-Sr e Pb-Pb, respectivamente.

Embora ocorram preferencialmente na Província Ventuari–Tapajós, os granitoides sub-vulcânicos, peralcalinos e alcalinos da Suíte Teles Pires, também ocorrem na Província Rio Negro–Juruena. Em adicional, diversas manifestações graníticas anorogênicos estão presentes na região, as quais usualmente são compostas por plútôns com textura *rapakivi*.

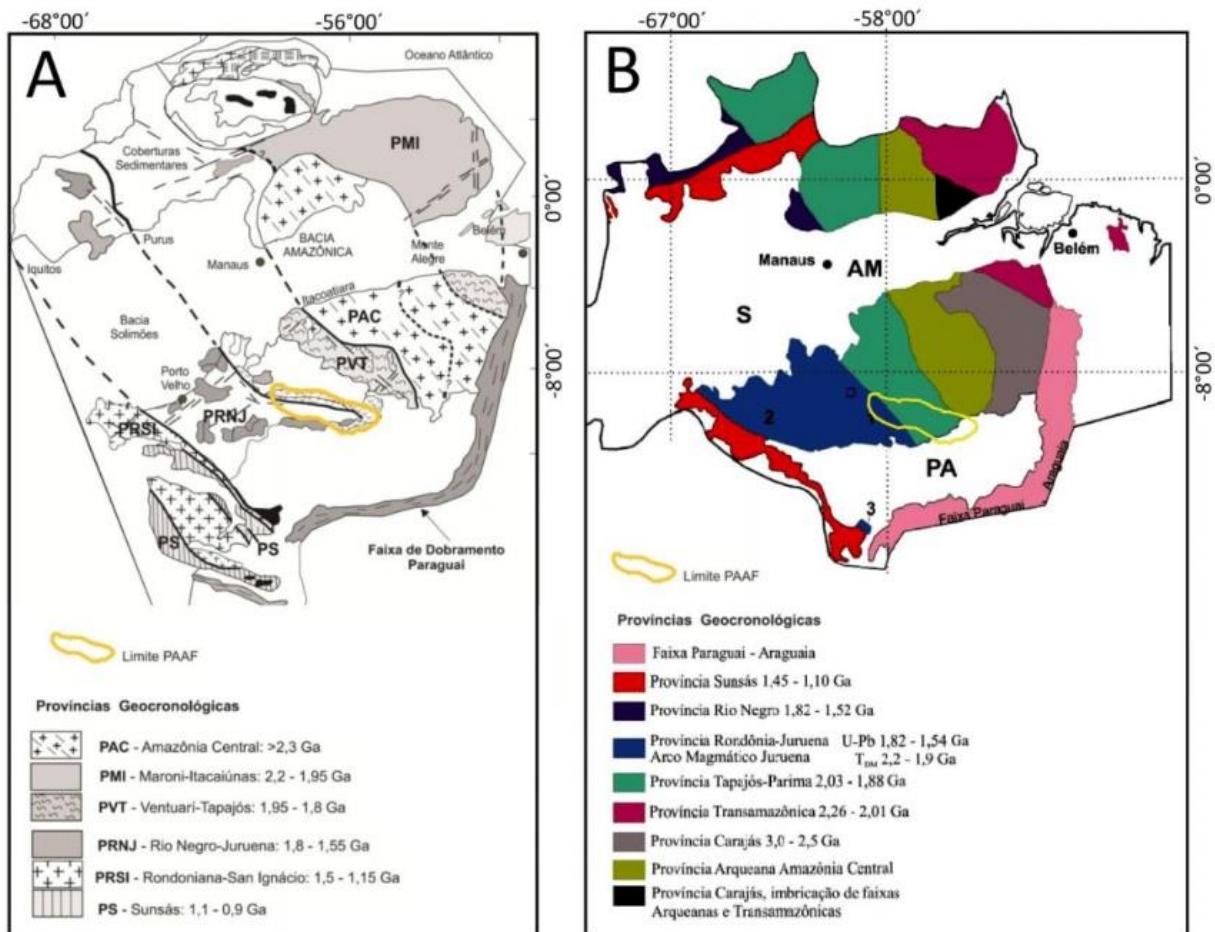


Figura 2.1: Modelos de compartimentação geocronológica-tectônica propostas para o Cráton Amazônico segundo: A) Tassinari & Macambira (1999); e B) Santos *et al.* (2000). Em destaque, a posição da PAAF de acordo com as diferentes propostas para o cráton. Extraído de Galé (2018).

2.2. Província Aurífera de Alta Floresta

A PAAF forma uma faixa de direção WNW-ESE, com cerca de 500 km de extensão, ao norte do Estado de Mato Grosso, próxima à divisa com o Estado do Pará.

De modo geral, a PAAF é constituída por sequências plutônicas, vulcânicas e vulcanossedimentares paleoproterozoicas, com idades de cristalização entre 2,03 e

1,75 Ga, idades modelo (T_{DM}) de 2,76 a 2,15 Ga, além de valores $\epsilon_{Nd(t)}$ que variam de -7,62 a 3,09 (Moura, 1998; Santos *et al.*, 2000; Souza *et al.*, 2005; Paes de Barros, 2007; Silva & Abram, 2008; Assis *et al.*, 2014; Assis, 2015; Bettencourt *et al.*, 2016). Esses dados são coerentes ao contexto do cráton, visto indicarem magmatismo de fonte arqueana a dominante paleoproterozoica, em ambiente de arco continental com colocação de magmas graníticos de origem mantélica com pequena contribuição continental. De acordo com Assis (2015), as unidades que compõem a província podem ser agrupadas em quatro domínios geológicos principais: (1) embasamento granítico deformado e metamorfizado (2,81 a 1,99 Ga), (2) sequências plutono-vulcânicas e vulcano-sedimentares felsicas pertencentes à série da magnetita (granitos tipo I; 1,97 a 1,78 Ga); (iii) unidades plutono-vulcânicas pós-orogênicas e anorogênicas (1,78-1,77 Ga); e (iv) sequências sedimentares clásticas (~1,37 Ga).

O embasamento da PAAF é essencialmente representado pelo Complexo Cuiú-Cuiú, composto por granitoides de composição granítica a monzogranítica e de gnaisses graníticos a tonalíticos, com ocorrência de xistos, rochas maficas e ultramáficas, BIFs e migmatitos (Dardenne & Schobbenhaus, 2001). Silva & Abram (2008) admitem para essa unidade rochas com idades de 1992 ± 7 Ma, obtida pelo método U-Pb em zircão. Intrusivas no embasamento ocorrem manifestações plutônicas e derrames vulcânicos, representados pelo granito Nhandu (1.889-1.879 Ma), Suíte Intrusiva Pé Quente (1979 ± 31 Ma), granito Guarantã (1.904–1.901 Ma), Suíte Intrusiva Matupá (1.872 Ma) e a Suíte Intrusiva Flor da Serra (1879 Ma). Esse contexto é ainda truncado e sobreposto por granitos epizonais, pórfiros e derrames vulcânicos do Grupo Colíder (1.801-1.781 Ma) e da Suíte Intrusiva Teles Pires (1.782 a 1.757 Ma) (Dardenne & Schobbenhaus, 2001; Santos *et al.*, 2000; Souza *et al.*, 2005; Silva & Abram, 2008), além dos complexos metamórficos Nova Monte Verde (1774 ± 25 Ma U-Pb) e São Marcelo-Cabeça (1740 ± 8 Ma U-Pb) e da Suíte Intrusiva Vitória (1785 ± 8 Ma U-Pb) (Lacerda Filho *et al.*, 2004; Paes de Barros, 2007).

No conjunto, todas essas unidades estão recobertas pelas rochas sedimentares clásticas arenosas do Grupo Beneficente e da Formação Dardanelos. As idades Pb-Pb em cristais de zircão detritico da Formação Dardanelos estão compreendidas entre 1.987 ± 4 Ma a 1.377 ± 13 Ma, enquanto as rochas do Grupo Beneficente apresentam idades Pb-Pb variadas entre 2,6 a 1,72 Ga (Leite e Saes, 2003). Esses dados sugerem que o Grupo Beneficente teria iniciado sua deposição em torno de 1.720 Ma e, portanto, mais antigo em relação a Formação Dardanelos, que mostra idade máxima de deposição de 1,37 Ga. É importante ressaltar que as idades encontradas nos detritos de ambas as bacias (2646 Ma, 1960 Ma, 1920 Ma,

1987 Ma; 1887 Ma, 1720 Ma e 1377 Ma) mostram intervalos de idades coerentes com as rochas das províncias Amazônia Central, Tapajós-Parima e Rondônia-Juruena.

2.3. Garimpo do Papagaio

O garimpo aurífero do Papagaio está instalado na margem direita do rio Apiacás (MT), no município de Paranaíta, a aproximadamente 44 km do município de Aripacás (MT). Insere-se no Morro do Papagaio, com cerca de 200 m de altitude. Atualmente, a atividade extractiva está em declínio, devido ao esgotamento das fontes de minério de fácil extração (saprolitos e aluvões).

Na região foram identificadas rochas plutônicas a sub-vulcânicas de composições granítica e granodiorítica, além de vulcânicas e prioclásticas de composições dacítica e riolítica. Esses litotipos possuem idades de cristalização entre 1,80 e 1,78 Ga (U-Pb), com zircões herdados de até 2,1 Ga (Galé, 2018). Em adicional, valores de $\epsilon_{\text{Nd}_{(t)}}$ entre 0,24 e 0,69 e idades T_{DM} entre 2,15 e 2,02 Ga, sugestivos de interação entre fontes mantélica e crustal de idade paleoproterozoica (Galé, 2018). Em adicional, Galé (2018) discute que o contexto geológico do garimpo do Papagaio seria correlacionável às rochas pertencentes ao Grupo Colíder.

A mineralização aurífera exibe paragênese pirita + calcopirita + esfalerita \pm galena \pm calcocita \pm covelita e está intimamente associada a sistemas de veios de quartzo e de stockworks que truncam os setores de alteração potássica, sericítica, e localmente a propilítica. O ouro ocorre, sobretudo, incluso nos cristais de pirita (Galé, 2018). Estudos de inclusões fluidas provenientes dos veios mineralizados indicam a interação entre fluidos aquo-carbônicos de elevada temperatura e baixas salinidades, aquosos bifásicos de moderada temperatura e salinidades, e fluidos aquosos salinos trifáisocs a multifáscicos, de moderada a altas temperaturas, que possivelmente reflete origem magmática e meteórica (Galé et al., 2018).

A partir dessas informações, Galé (2018) e Galé & Juliani (2016) discutem que o garimpo do Papagaio seria equivalente a um sistema do tipo ouro pôrfiro.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Revisão Bibliográfica

Foi feito um compilado de trabalhos relacionados ao contexto geológico e metalogenético da PAAF, com o intuito de obter as bases teóricas necessárias para a interpretação dos resultados obtidos, assim como contextualiza-los dentro de um cenário regional. Em adicional, essa etapa também abordou trabalhos relacionados a química mineral clorita e mica branca para fins de geotermobarometria, em especial, aqueles aplicados em metagênese. Publicações referentes às características de sistemas auríferos magmático-hidrotermais, a exemplo do Au pórfiro e *Intrusion-Related Gold Systems* (IRGS) também corresponderam ao foco desse estágio.

3.2. Petrografia

O estudo petrográfico foi realizado a partir de 19 sessões delgada-polidas por meio do microscópio óptico de luz refletida Olympus - modelo BXP, instalado no Laboratório de Microscopia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP). O registro fotomicrográfico foi realizado por meio do software *LAS - Leica Application Suite* acoplado ao microscópio petrográfico Carl Zeiss, modelo Axioplan 2, instalado no Laboratório de Petrografia Sedimentar do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental (GSA) do IGc-USP.

Essa etapa teve por principal objetivo a caracterização dos diferentes modos de ocorrência e variações texturais da muscovita e clorita (variedades texturais). Com base em diferentes grupos texturais, esta etapa foi responsável por respaldar a escolha dos cristais a serem analisados na Microssonda Eletrônica.

3.3. Caracterização da composição de minerais com Microssonda Eletrônica

As análises por microssonda foram realizadas no Laboratório de Microssonda Eletrônica do Instituto de Geociências (IGc-USP). As amostras analisadas foram previamente metalizadas com uma fina película de carbono. O método utilizado foi a espectroscopia por dispersão em comprimento de onda (*WDS - wavelength-dispersive spectroscopy*) em uma microssonda eletrônica JEOL modelo JXA-8530F, com tensão de aceleração de 15,0 kV e corrente de 20,0 nA. O feixe de elétrons usado para a quantificação dos elementos possui diâmetro de 5 µm. A calibração da microssonda eletrônica foi feita com padrões naturais.

O objetivo da análise foi quantificar as concentrações dos elementos maiores (Si, Al, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn) e traços (Ni, Ti, Cl, Ba, F, Zn) da clorita e da mica branca hidrotermais por análises pontuais. Ao todo, foram analisados 69 cristais de mica branca e 132 para clorita.

Quadro 3.1: Padrões utilizados na calibração da microssonda eletrônica para os elementos analisados.

Elemento	Padrão	Cristal
Si	Diopsídio	TAP
Al	Anortoclásio	TAP
Fe	Fayalita	LIFL
Mn	Fayalita	LIFL
Zn	Willemita	LIFL
Cl	Sodalita	PETJ
K	Ortoclásio	PETJ
Ca	Wollastonita	PETJ
Ti	Rutilo	LIFL
Ba	Benitoita	LIFL
Ni	Vidro Riolítico	LIFL
F	Fluorapatita	TAPH
Na	Albita	TAPH
Mg	Diopsídio	TAPH

Os dados coletados na Microssonda Eletrônica foram submetidos a um tratamento em softwares específicos, a exemplo do WinCcac®; Grapher® e uma macro “Mica Formula”, que funcionada em conjunto ao Microsoft Excel.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Geobarômetro da mica branca

O uso da mica branca como geobarômetro foi proposto por Velde (1965), a partir de ensaios realizados em diferentes condições de pressão e temperatura relacionados à miscibilidade entre muscovita e fengita. Mica branca corresponde ao termo genericamente usado para representar os membros de solução sólida do sistema K₂O-FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O (KFMASH), marcada pela série da biotita e da fengita. A série da fengita possui como membros finais a muscovita K(Al₂X)(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ e a celadonita K(AlM²⁺)(XSi₄)O₁₀(OH)₂, onde X corresponde a uma vacância no sítio octaédrico e M²⁺ = Fe²⁺. A fengita, nessa série, refere-se ao membro intermediário. Através dos ensaios, Velde (1965) concluiu-se que o conteúdo de celadonita na série da fengita aumenta com o incremento da pressão.

Os experimentos de Velde (1965) foram realizados em pressões menores que 4,5 kbar e em baixas temperaturas. Massone & Schreyer (1987), entretanto, apresentaram dados experimentais com condições de até 22 kbar e 700 °C, além de calibrarem graficamente o geobarômetro através do conteúdo de Si por unidade de fórmula (a.p.f.u.) da fengita, em função da pressão e temperatura. Anderson (1996), representou analiticamente a calibração gráfica de Massone & Schreyer, e obteve a equação a seguir (Equação 1).

$$P \text{ (kbar)} = -2,6786 * Si_2 + 43,975 * Si + 0,001253 * T \text{ (°C)} - 113,9995 \quad (\text{Equação 1})$$

Kamzolkin *et al.* (2016) revisaram diferentes métodos de geobarometria da fengita, com a intenção em avaliar a aplicabilidade à diferentes variedades de micas brancas. Kamzolkin *et al.* (2016), além de levarem em conta os métodos anteriormente citados, usados na calibração de Anderson (1996), também se utilizam do estudo de Caddick & Thompson (2008), que, além do conteúdo de Si, também consideram as concentrações de Mg²⁺ em sua equação (Equação 2):

$$P \text{ (GPa)} = 8,35 * Mg - 1,72 * Si + 0,0015 * (T \text{ (°C)} + 273,15) + 4,59 \quad (\text{Equação 2})$$

Em seu estudo, Kamzolkin *et al.* (2016) analisaram graficamente os resultados provenientes da composição de 647 cristais de fengita de diferentes localidades. Esse

trabalho permitiu a separação dos resultados termobarométricos em três tendências distintas (Fig. 3). O primeiro grupo, com um conteúdo de Si entre 3,0 e 3,25 (a.p.f.u.) e razão Si/Al < 1,3 se caracteriza pelo arranjo mais compacto de composições, que ao serem plotados no gráfico, revelam pressões de 1 – 1,5 GPa. O segundo grupo possui conteúdos de Si > 3,25 (a.p.u.f), razões Si/Al > 1,3 e pressões na faixa de 1,5 – 3,5 GPa. Os dois primeiros grupos ocupam o campo com temperaturas inferiores a 750 °C, o que os separa do último grupo, com T > 750 °C e P > 1,5 GPa.

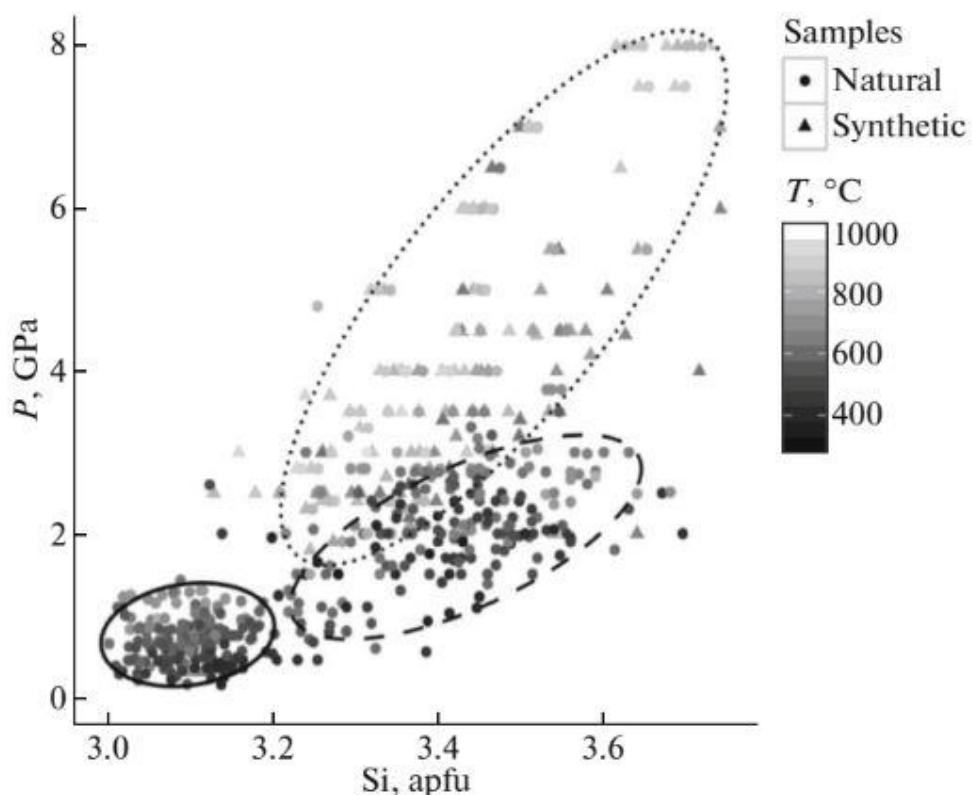


Figura 4.1: Gráfico de Si (a.p.f.u.) por P (GPa) com os três grupos de cristais de fengita individualizados: (Grupo 1): com elipse de borda contínua; (Grupo 2): com borda tracejada e (Grupo 3) com borda pontilhada, segundo Kamzolkin *et al.* (2016)

Foram geradas equações para os dois primeiros grupos de fengita, em que no cálculo da pressão, são considerados os conteúdos de Si, Al, Mg e Fe dos cristais analisados. A Equação 3 foi usada para os cristais de fengita do primeiro grupo ($Si < 3,25$), enquanto a Equação 4, utilizada para o segundo grupo ($Si \geq 3,25$):

$$P (\text{kbar}) = 0,023 * T (\text{°C}) + 5,99 * Si + 1,76 * Al + 12,89 * (Mg + Fe) - 31,91$$

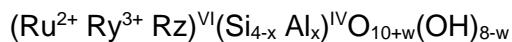
(Equação 3)

$$P \text{ (kbar)} = 0,03*T \text{ (}^{\circ}\text{C)} + 19,21*Si - 2,91*Al + 2,17*(Mg + Fe) - 57,22$$

(Equação 4)

4.2. Geotermômetro da clorita

A clorita é um mineral de ocorrência comum em rochas diageneticamente alteradas e metamórficas de baixo a alto grau. Em adicional, é de grande importância em sistemas hidrotermais ativos ou inativos. Ela possui uma ampla variedade de composições, dependentes da composição total da rocha e das condições fisico-químicas de formação (Cathelineau & Nieva, 1985; Zang & Fyfe, 1995; Inoue *et al.*, 2009). A clorita pode ser expressa pela sua fórmula geral (Caritat *et al.*, 1993):



onde:

- $u + y + z = 6$, $z = (y - w - x) / 2$; w comumente é igual ou próximo a zero;
- R^{2+} geralmente representa Mg^{2+} ou Fe^{2+} . Também pode representar Mn^{2+} , V^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ou $\pm Sr^{2+}$;
- R^{3+} geralmente corresponde a Al^{3+} ou Fe^{3+} . Também pode representar $\pm Cr^{3+}$, V^{3+} ou Ti^{3+} ;
- Rz corresponde a vacâncias estruturais; e VI e IV representam, respectivamente, os arranjos octaédricos e tetraédricos.

Ciesielezuk (2012) coloca a temperatura de formação como o principal fator atuante sobre a composição da clorita. Com isso, diversos estudos se utilizam da clorita como meio de estimar a temperatura atuante no sistema geológico considerado (e.g. sedimentar, metamórfico, hidrotermal) (Kranidiotis & Maclean, 1987; Jowett, 1991; Zang & Fyfe, 1995; Inoue *et al.*, 2009; Ciesielezuk, 2012).

Cathelineau & Nieva (1985) procuraram demonstrar, em seu trabalho realizado no sistema geotermal de The Los Azufres, México, a associação entre os principais componentes de substituição na clorita à temperatura de formação. Os autores

destacaram, entre os componentes analisados, aqueles que possuem uma correlação com a variação de temperatura:

- Si^{IV} , Al^{VI} e vacâncias estruturais em sítios octaédricos apresentam correlação negativa com o aumento de temperatura;
- Al^{IV} , $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ e a soma de cátions em sítios octaédricos (ΣVI) apresentam correlação positiva com o aumento de temperatura.

Cathelineau & Nieva (1985), a partir da constatação da correção positiva direta entre a temperatura e o conteúdo de Al^{IV} (a.p.f.u.) observada em estudos empíricos, desenvolveram o geotermômetro da clorita que obedece à seguinte equação (Equação 5):

$$T(^{\circ}\text{C}) = 106 \times \text{Al}^{\text{IV}} + 18 \quad (\text{Equação 5})$$

Cathelineau (1988) propõe, com base nos estudos de McDowell & Elders (1980) e Cathelineau & Nieva (1985), uma nova equação que correlaciona a temperatura ao conteúdo de Al^{IV} (Equação 6).

$$T(^{\circ}\text{C}) = 160,99 \times \text{Al}^{\text{IV}} - 61,92 \quad (\text{Equação 6})$$

De acordo com as duas equações supracitadas, a temperatura de formação da clorita é dependente do conteúdo de Al^{IV} . Desse modo, a estimativa da temperatura pode ser efetuada para rochas independentemente de sua origem, visto o conteúdo de Al^{IV} não ser limitado pela fonte (Caritat *et al.*, 1993). A calibração feita por Cathelineau & Nieva (1985) passou por diversas modificações que preveem a atuação de novos parâmetros na estimativa da temperatura. Entre elas, destacam-se os estudos desenvolvidos por Kranidiotis & Maclean (1987); Jowett (1991) e Zang & Fyfe (1995). Essas três calibrações incluem a razão $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ como um novo parâmetro a ser considerada nas estimativas da temperatura de formação da clorita (Equações 7, 8 e 9):

$$T (^{\circ}\text{C}) = 106 * \text{Al}_c^{\text{(IV)}} + 18 \quad (\text{Equação 7})$$

$$\text{Al}_c^{\text{(IV)}} = \text{Al}^{\text{(IV)}} + 0,7 * [\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})], \text{ onde } c = \text{valor corrigido de Al}^{\text{(IV)}}$$

(Kranidiotis & Maclean, 1987)

$$T (^{\circ}\text{C}) = 319 * \text{Al}_c^{\text{(IV)}} - 69 \quad (\text{Equação 8})$$

$$\text{Al}_c^{\text{(IV)}} = \text{Al}^{\text{(IV)}} + 0,1 * [\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})], \text{ onde } c = \text{valor corrigido de Al}^{\text{(IV)}}$$

(Jowett, 1991)

$$T (\text{°C}) = 17,5 + 106,2 [2 * \text{Al}^{(\text{IV})} - 0,88 (\text{XFe} - 0,34)] \quad (\text{Equação 9})$$

onde XFe = fração molar de Fe.

(Zang & Fyfe, 1995)

5. PETROGRAFIA

Galé (2018) realizou um estudo petrográfico das zonas hidrotermalizadas do garimpo do Papagaio que lhe permitiu reconhecer três estágios principais da alteração hidrotermal, temporalmente ordenadas em: (1) alteração potássica; (2) alteração sericítica e (3) alteração propilítica. O autor também identificou a cronologia das distintas fases de vênulações do garimpo. De acordo com a sua paragênese, as vênulas foram divididas em seis tipos principais: (TIPO 1) corresponde a vênulas de quartzo associadas à alteração potássica; (TIPOS 2 e 3) associadas aos halos de alteração sericítica, e são respectivamente representadas por quartzo ± sulfetos e óxidos e sulfetos ± quartzo; (TIPOS 4 e 5) possuem relação genética com a alteração propilítica, e são respectivamente compostos por quartzo ± clorita ± epídoto ± carbonato e carbonato ± epídoto; (TIPO 6) corresponde a vênulas tardias de quartzo, sem qualquer relação com as alterações hidrotermais supracitadas.

Nesse contexto, a petrografia permitiu, através do estudo de 19 amostras pré-selecionadas, fazer o reconhecimento e a descrição das rochas hospedeiras da alteração hidrotermal e das alterações em si e a separação de modo sistemático com base em associações minerais e características ópticas e cristalográficas das variedades de clorita e mica branca (sericitita e muscovita), com o intuito de quantificar as concentrações de elementos maiores e menores e, portanto, sua composição química.

De forma simplificada, as rochas que hospedam as alterações podem ser individualizadas em: (1) dacito porfirítico e (2) piroclásticas. O dacito porfirítico exibe granulação fina, composta por quartzo, feldspatos, clorita (proveniente da alteração propilítica), além de sulfetos e óxidos disseminados e textura porfirítica, representada por fenocristais de quartzo e feldspato com bordas arredondadas. As rochas piroclásticas, entretanto, apresentam matriz muito fina intensamente sericitizada e clastos angulosos de feldspato.

As relações macroscópicas e petrográficas permitiram a identificação de duas fases principais de alteração hidrotermal (alterações potássica e sericítica), além da alteração propilítica de ocorrência bastante restrita, tal como inicialmente descrito por Galé (2018). A alteração potássica ocorre de modo irregular e pervasivo, na forma de manchas de cor marrom avermelhadas, compostas por feldspato potássico derivado da substituição do plagioclásio. Está parcial a totalmente sobreposta pela alteração sericítica, formada principalmente pela alteração parcial ou total dos feldspatos, usualmente do plagioclásio, com formação de sericitita e em menor frequência,

muscovita. A sericita geralmente ocorre em cristais de granulação muito fina, em agregados sobre cristais de feldspatos, ou então de modo secundário, como halos que envelopam veios de quartzo e pirita. Essa alteração, ao menos entre as amostras analisadas, ocorre exclusivamente nas rochas piroclásticas. Por último, a alteração propilítica, caracterizada pela paragênese clorita \pm epídoto \pm calcita, exibe coloração esverdeada característica. Ocorre em dois estilos principais: (1) pervasivo na matriz do dacito porfirítico, e (2) confinado a veios com elevada concentração de clorita \pm epídoto. A alteração propilítica também ocorre na matriz e como cimento de brechas hidrotermais.

A definição das texturas de clorita e mica branca foi feita a partir da paragênese associada, modo de ocorrência, granulação e forma dos cristais. Assim, foram definidas cinco variedades texturais de clorita, além de quatro de mica branca (sericita e muscovita).

5.1. Mica branca

De acordo com o método adotado de diferenciação por paragênese, modo de ocorrência, granulação e forma dos cristais, foram individualizadas quatro tipos de mica branca (sericita e muscovita), que incluem: (I) muscovita em halo; (II) muscovita pervasiva; (III) sericita em halo e (IV) sericita pervasiva.

A muscovita em halo é representada pela paragênese muscovita + sericita + quartzo e está restrita às proximidades de veio de quartzo \pm pirita. É formada pela substituição completa de feldspatos devido a ação de fluidos hidrotermais, com a geração de cristais de muscovita de até 0,4 mm de comprimento imersos em agregados de sericita.

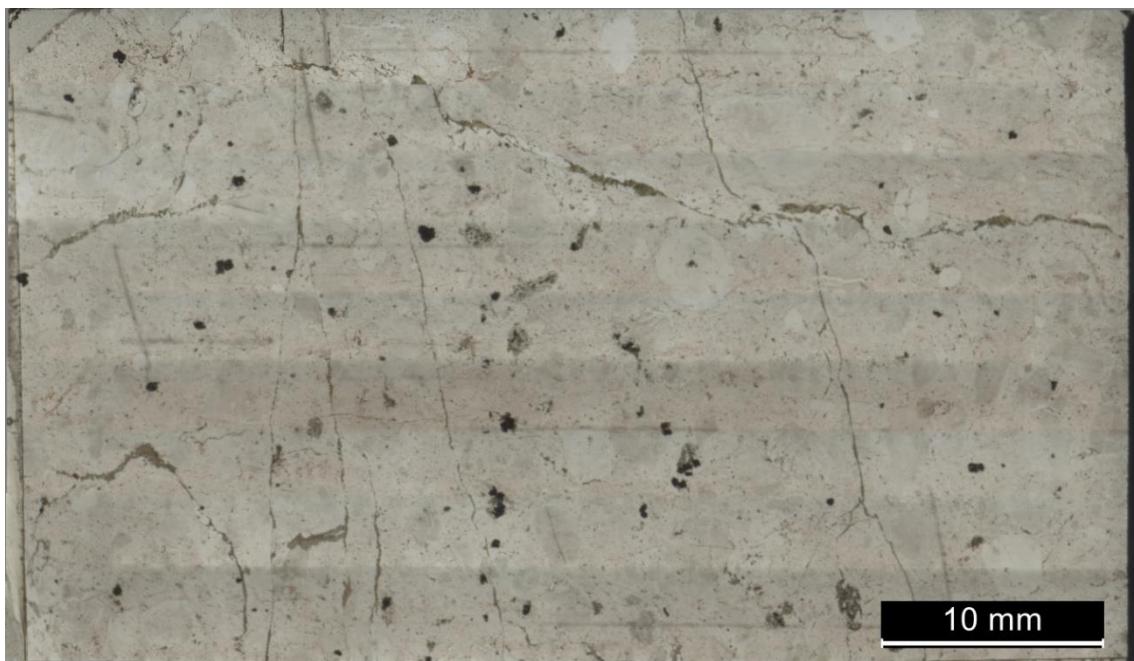


Figura 5.1: Mosaico fotomicrográfico de dacito porfirítico obtido em luz transmitida sob polarizadores paralelos. A matriz é truncada por vénulas de clorita \pm epídoto \pm calcita da alteração propilítica. As manchas arredondadas de cor cinza-claro e marrom representam os porfiroclastos.

A sericita em halo, por ocorrer mediante as mesmas condições anteriores, está associada à muscovita em halo. É produto da substituição parcial a completa dos cristais de feldspato que margeiam os veios. Essa variedade textural ocorre como cristais muito finos ($<10 \mu\text{m}$) na forma de aglomerados de cristais.

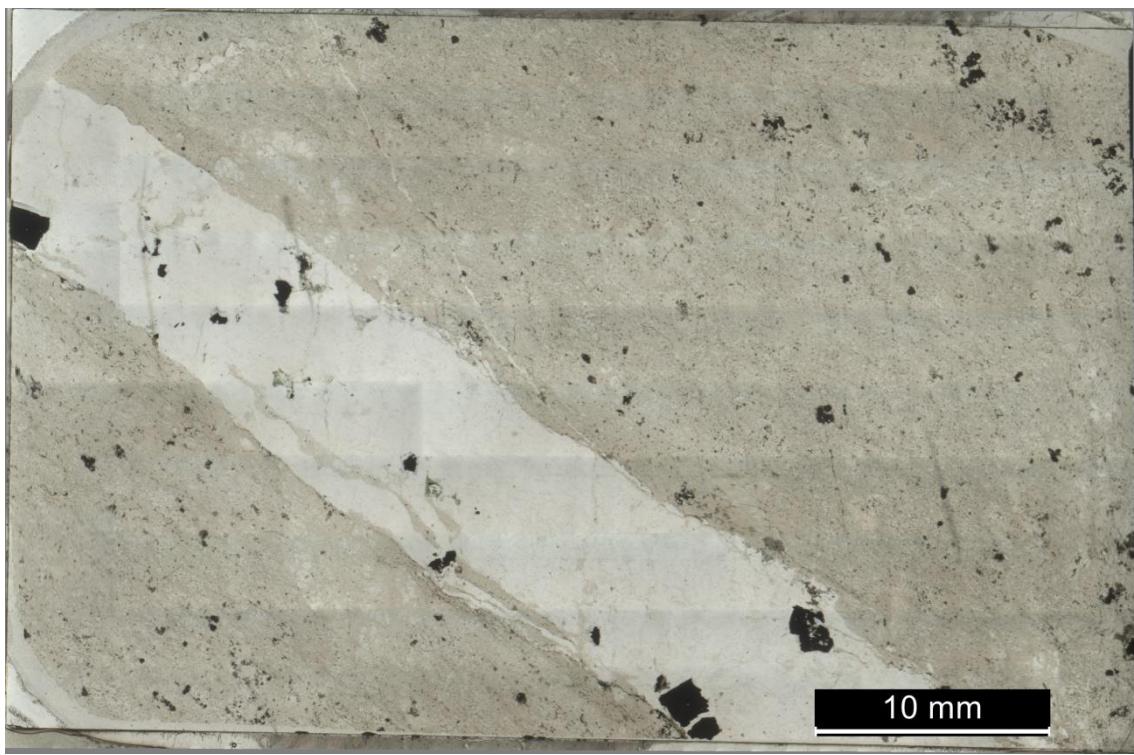


Figura 5.2: Mosaico fotomicrográfico de rocha piroclástica obtido em luz transmitida sob polarizadores paralelos, com silicificação venular (vênela tipo 3) composta por quartzo \pm pirita. Muscovita e sericita em halo ocorrem concentradas nas laterais externas da vênula.

As variedades de muscovita e sericita de estilo pervasivo ocorrem em paragênese. A muscovita é produto da substituição parcial a total do feldspato da matriz das hospedeiras, e exibe granulação de até 0,2 mm de comprimento, enquanto a sericita pervasiva forma cristais de granulação muito fina ($<10 \mu\text{m}$).

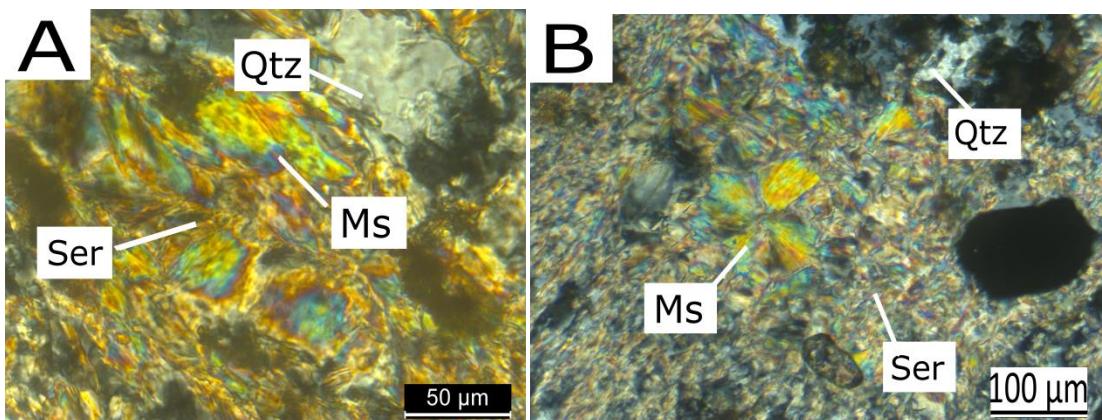


Figura 5.3: Paragênese sericita + muscovita + quartzo da alteração sericítica sob luz transmitida e polarizadores cruzados. A figura A representa a variedade restrita da muscovita em halo, com comprimento geralmente maior e a figura B é a variedade pervasiva, que alterou totalmente o feldspato anterior.

5.2. Clorita

Foram individualizadas cinco variedades texturais de clorita, as quais incluem: (I) clorita venular I, (II) clorita venular II, (III) clorita pervasiva I, (IV) clorita pervasiva II e (V) clorita em arranjos radiais.

A clorita venular corresponde a textura encontrada nos veios da alteração propilítica fissural, e que foi individualizada em dois subgrupos em função da diferença das cores de birrefringência, que são indicativas de sua composição. O primeiro tipo exibe uma cor de birrefringência cinza-esverdeada e paragênese expressa por clorita \pm quartzo \pm epídoto \pm calcita, enquanto o segundo subtípico apresenta birrefringência roxo-azulada (azul de Berlin) e paragênese com clorita \pm quartzo \pm epídoto. Os cristais de clorita dessas variedades texturais exibem dimensões de 30 a 100 μm de comprimento, com casos de até 300 μm . No geral, apresentam cor verde, pleocroísmo que amarelado e hábito lamelar.

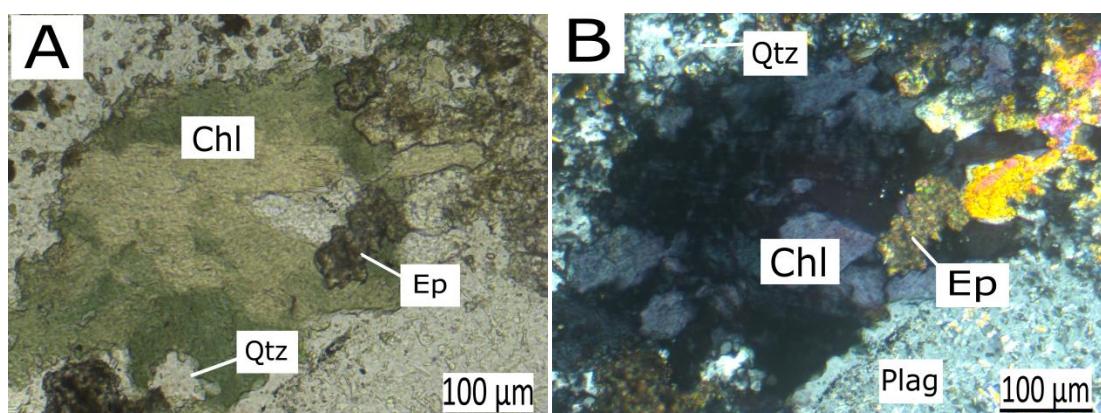


Figura 5.4: Fotomicrografias de clorita venular II obtidas em luz transmitida sob polarizadores paralelos (A) e cruzados (B), em vênula composta por clorita + quartzo \pm epídoto.

A clorita pervasiva ocorre, sobretudo, na matriz do dacito porfirítico. A exemplo do caso anterior, também foi individualizada em dois subgrupos em função da cor de birrefringência. A clorita pervasiva I apresenta birrefringência cinza-esverdeada, enquanto a clorita pervasiva II, roxo-azulada (azul de Berlin). Ocorrem na forma de cristais de hábito granular, cor verde e dimensões de 20 a 200 μm , e associadas à paragênese clorita + epídoto \pm quartzo \pm apatita.

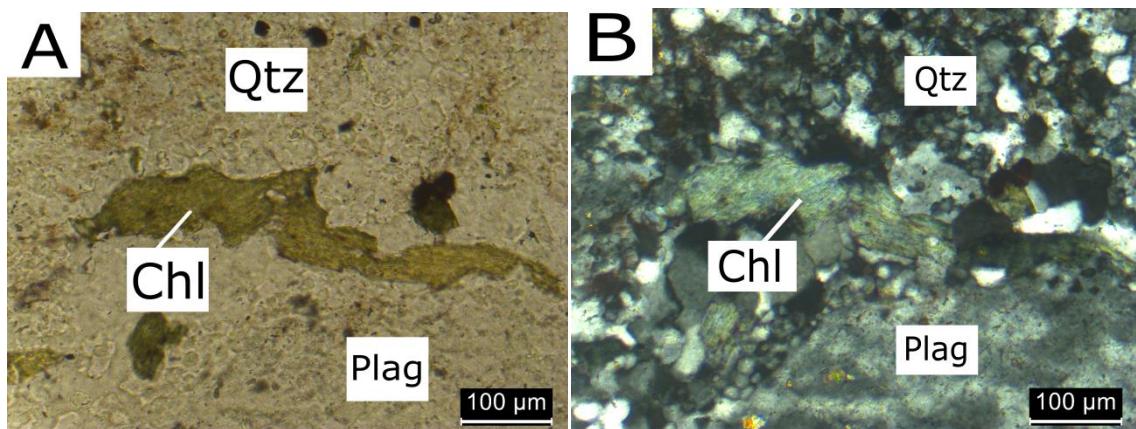


Figura 5.5: Fotomicrografias de clorita pervasiva I associada a quartzo obtidas em luz transmitida sob polarizadores paralelos (A) e cruzados (B) na matriz de um dacito porfirítico.

A clorita em arranjos radiais possui ocorrência mais restrita e encontrada em veios com paragênese clorita + quartzo \pm epídoto. Ocorre como cristais de 0,2 a 0,5 mm, apresenta cor verde intensa, com pleocroísmo que tende ao amarelo. Seu modo de ocorrência como arranjos radiais corresponde a sua característica diagnóstica dentre as demais variedades de clorita do garimpo do Papagaio.

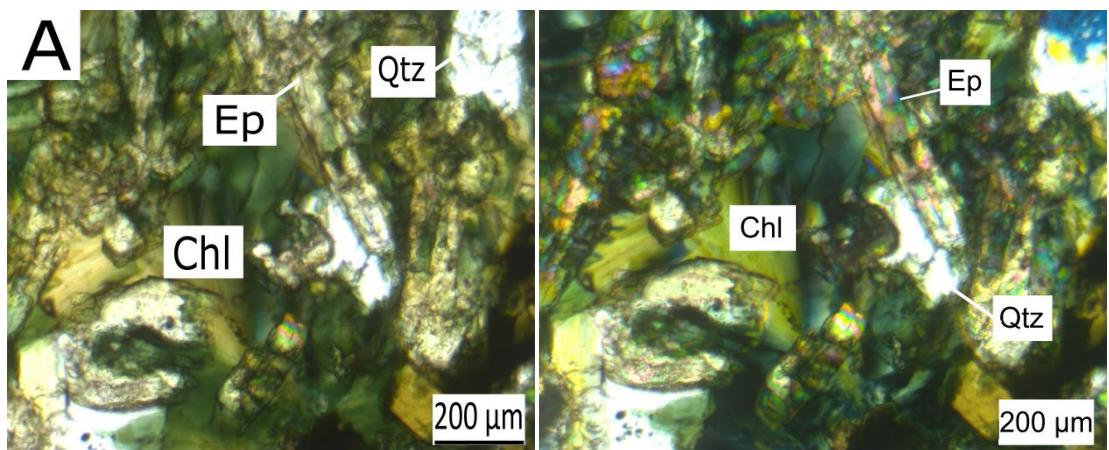


Figura 5.6: Fotomicrografias de clorita em arranjo radial pertencente a veio de paragênese clorita + epídoto + quartzo obtidas em luz transmitida sob polarizadores paralelos (A) e cruzados (B).

6. QUÍMICA MINERAL

A caracterização química obtida pela Microssonda Eletrônica permitiu a análise de 201 pontos (clorita = 132 análises; mica branca = 69 análises). Os resultados analíticos estão reunidos nos Apêndices A, B, C e D.

Apenas as análises com concentrações dentro dos limites para clorita segundo Deer *et al.* (2013) para óxidos e cátions foram consideradas, evitando assim a inclusão de análises mistas (e.g. cristais com inclusões). Os cálculos feitos para clorita e mica branca foram realizados com base em 14 e 11 oxigênios, respectivamente, com a ajuda de softwares e planilhas especializadas, como o *WinCcac*, para a clorita, e macros do excel para a mica branca.

6.1. Mica Branca

Das 69 análises de mica branca efetuadas, 4 foram descartadas por apresentarem o somatório dos óxidos inferior a 93%. Portanto, foram considerados 65 pontos, o que representa 94,2% do total de cristais analisados.

A muscovita em halo teve 21 pontos analisados, com 2 descartados. Suas concentrações de SiO₂ variam de 46,3% a 48,6%, de Al₂O₃ de 28,9% a 32,2%, K₂O de 10,5% a 10,8%, de FeO entre 2,8% e 5,7% e de MgO de 1,6% a 1,9%.

Todos as 19 análises da muscovita pervasiva foram consideradas, o que resultou em valores de SiO₂ de 45,9% a 48,3%, de Al₂O₃ entre 29,6% a 32,8%, de FeO entre 2,0% e 5,6%, de MgO de 1,4% a 2,0% e de K₂O de 10,3% a 11,0%.

Quinze pontos foram analisados para a sericita em halo, com 2 descartes. As suas concentrações variam em SiO₂ de 46,2% a 48,6%, em Al₂O₃ de 29,1% a 32,6%, FeO entre 2,9% e 6,0%, de MgO de 1,4% a 2,0% e de K₂O de 10,4% a 10,9%.

Por fim, para a sericita pervasiva foram analisados 13 pontos, sem nenhum ponto descartado. As concentrações de SiO₂ variam de 46,2% a 48,8%, de Al₂O₃ de 29,0% a 32,7%, de FeO entre 2,9% e 6,0%, de MgO de 1,4% a 2,0% e de K₂O entre 10,4% e 10,9%.

De acordo com a classificação proposta por Deer *et al.* (1992) (Figura 6.1), que considera as concentrações Si, Al e M²⁺ = Fe²⁺ + Mg²⁺ + Mn²⁺, a mica branca do garimpo do Papagaio exibe comportamento bastante homogêneo, com composições intermediárias entre os membros muscovítico e a fengítico.

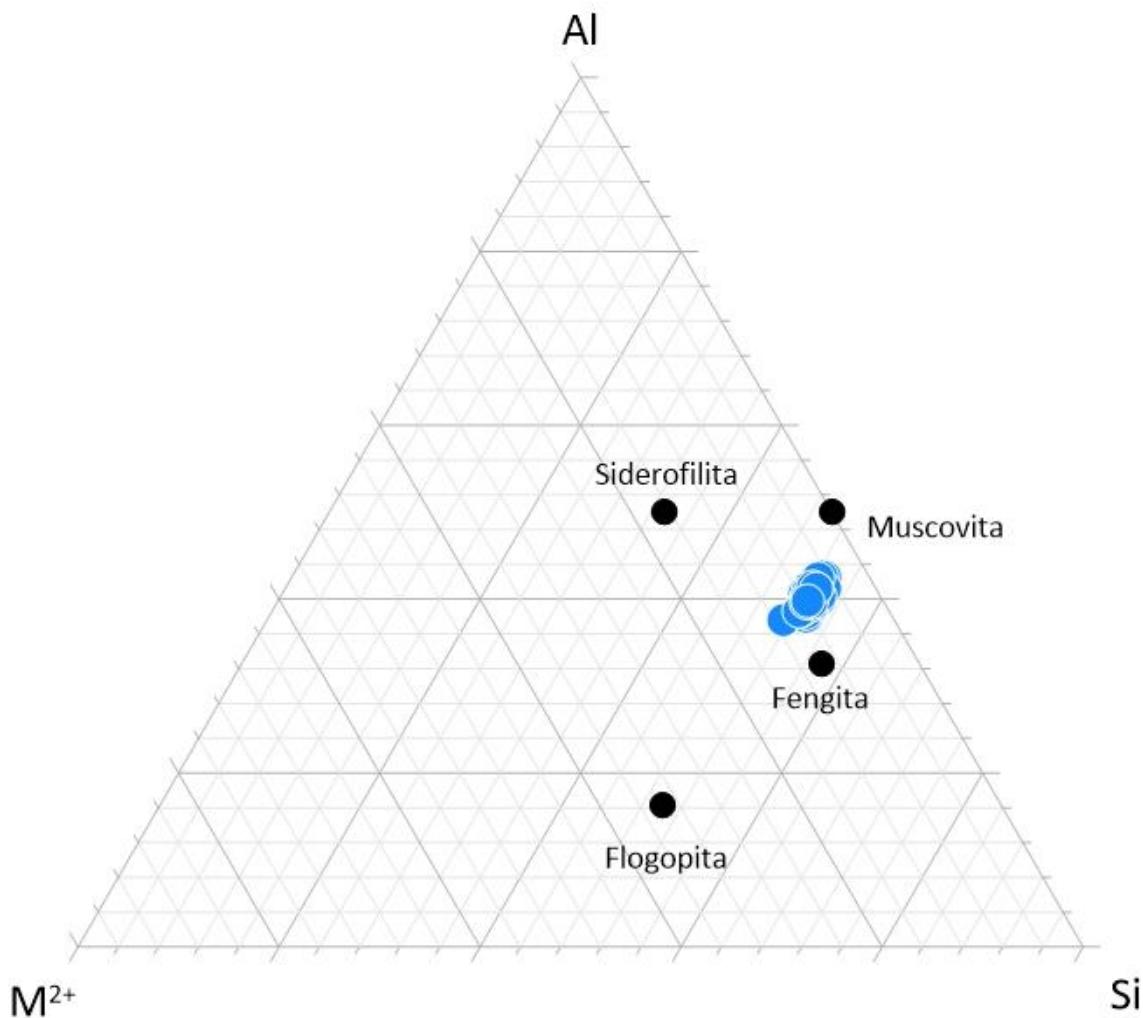


Figura 6.1: Diagrama de classificação da muscovita segundo os critérios de Deer *et al.* (1992), em que se observa a tendência composicional intermediária, da mica branca do garimpo do Papagaio, entre os membros muscovítico e fengítico.

A classificação proposta por Tappert *et al.* (2013) permite estudar com maior detalhe a relação entre Fe, Mg, Si e Al na mica branca, através das relações existentes entre as razões de $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ e $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$ por Al. Esse diagrama permite a separação entre muscovita, fengita e celadonita. A mica branca do garimpo do Papagaio, portanto, exibe composição exclusivamente fengítica (Figura 6.2).

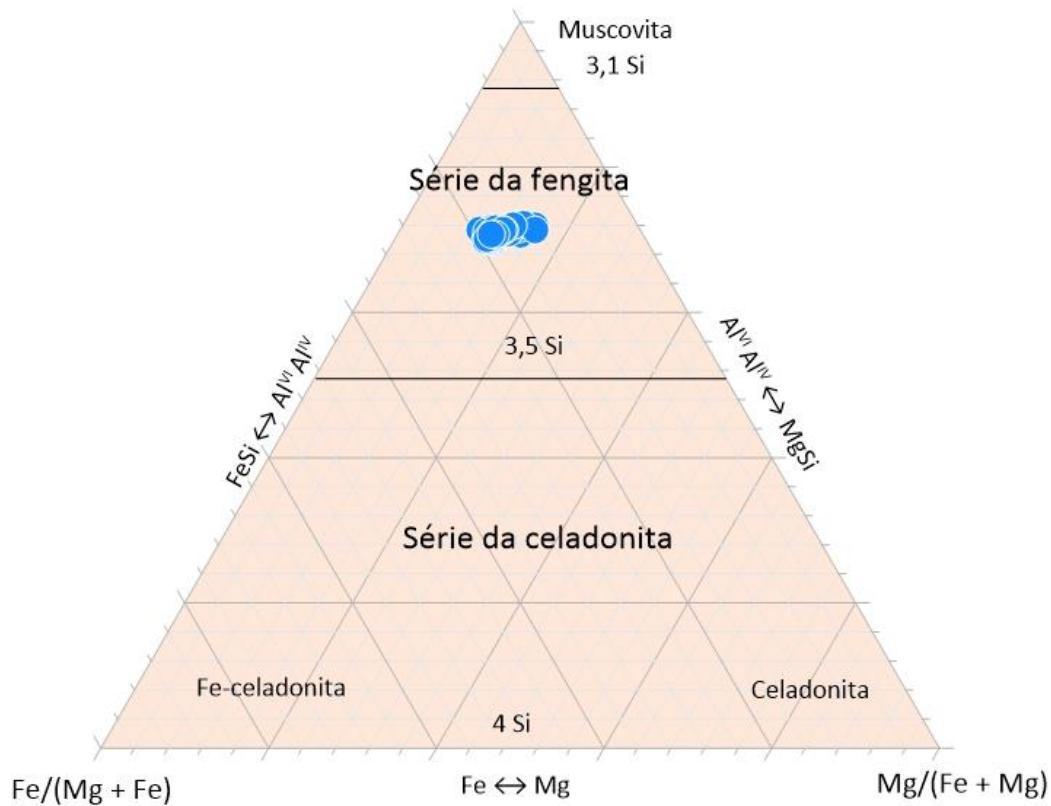


Figura 6.2: Diagrama de classificação da muscovita segundo Tappert *et al.* (2013), com o enquadramento da mica branca do garimpo do Papagaio exclusivamente no campo da fengita.

Em adicional, a composição da mica branca pode ser controlada pela substituição acoplada do tipo Tschermak [$\text{Al}^{\text{VI}}\text{Al}^{\text{IV}} \leftrightarrow (\text{Mg},\text{Fe}^{2+})\text{Si}$], o que implica em uma correlação negativa entre os teores de Al com os de Fe + Mg + Si. Essa relação de substituição pode ser observada para todas as variedades texturais de muscovita e sericita do garimpo do Papagaio, inclusive, com sobreposição de composição entre elas (Fig. 6.3).

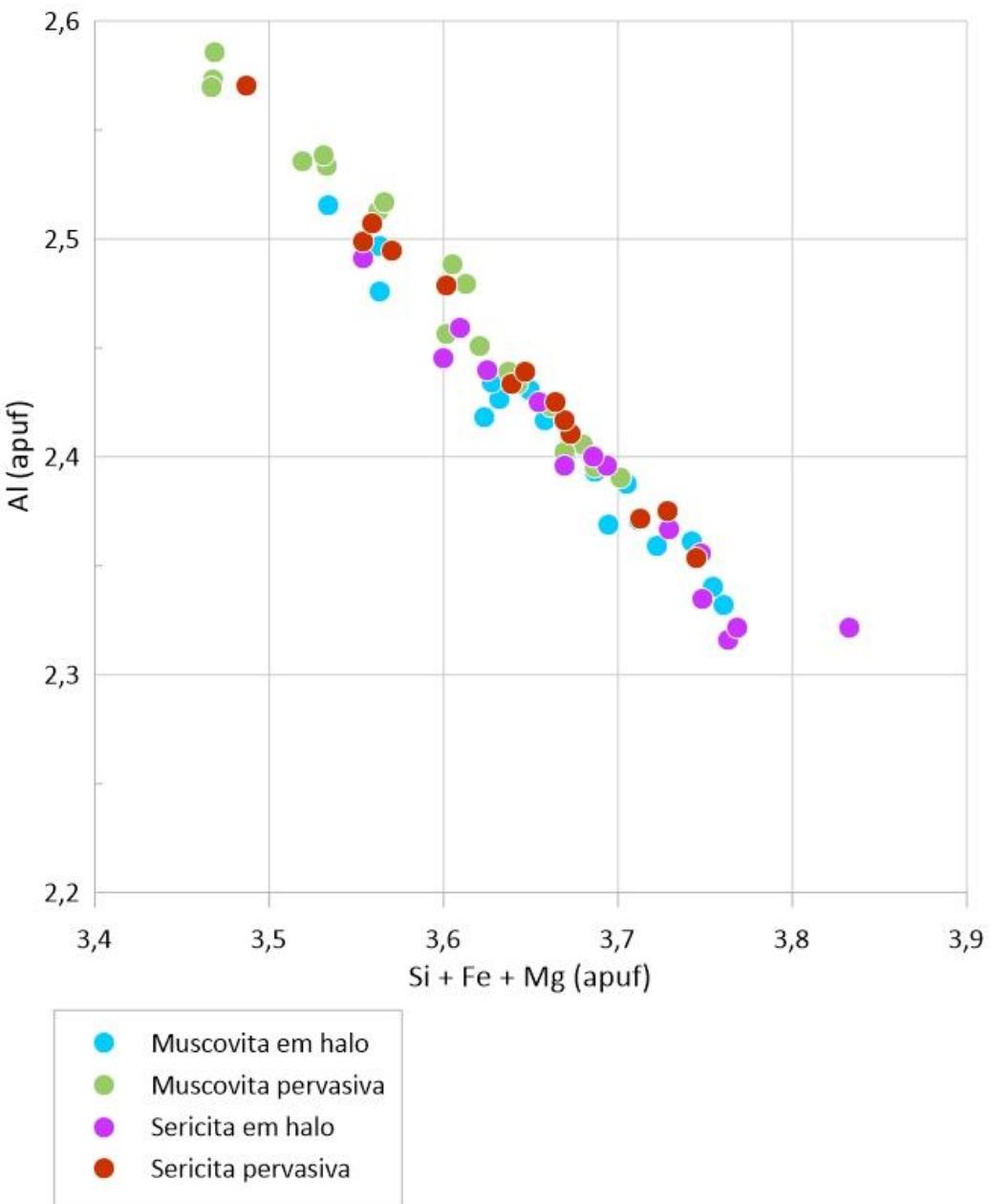


Figura 6.3: Forte correlação negativa entre os valores de Fe + Mg + Si (apuf) com os de AI (apuf), indicativos do processo de substituição acoplada do tipo Tschermak.

6.2. Clorita

Foram analisados 132 pontos de clorita, dos quais 30 foram descartados por erro na análise e 27 por apresentarem soma dos cátions em termos de óxidos abaixo de 84%. Os 30 pontos descartados por erro analítico contemplavam duas variedades de clorita (clorita pervasiva II e clorita venular I), as quais não serão mais consideradas e, portanto, com redução no número de variedades analisadas para os tipos venular I e pervasiva II. Para efeito de simplificação, o tipo 1 apresentado anteriormente será chamado de clorita venular, e o tipo 4 de clorita pervasiva. No total foram consideradas

75 análises, o que representa aproximadamente 56,8% dos pontos coletados. Se desconsiderados os dados referentes às 30 análises descartadas por erro, as 75 análises representariam 73,5% do total de dados obtidos.

Para a clorita venular foram analisados 34 pontos, dos quais três foram descartados. Os dados mostram concentrações de SiO₂ entre 22,9% e 25,7%, de Al₂O₃ de 17,9% a 20,7%, de FeO entre 30,7% e 35,4% e de MgO de 6,9% a 11%.

Vinte e quatro pontos foram analisados para a clorita pervasiva, dos quais 12 foram descartados. Os valores obtidos são: SiO₂ com 23,0% a 25,0%; Al₂O₃ de 17,1% a 20,9%; FeO com 30,0% a 34,1%; e MgO de 7,2% a 11,1%.

Para a clorita radial foram analisados 44 pontos, com descarte de 16 análises. Portanto, valores de SiO₂ variam de 23,6% a 25,9%, de Al₂O₃ estão compreendidos entre 19,0% e 21,4%, os FeO de 29,7% a 31,7% e os MgO entre 10,2% e 12,0%.

No geral, observa-se valores de SiO₂ e Al₂O₃ bastante homogêneos entre as três variedades de clorita. A clorita radial, entretanto, apresenta concentrações de FeO e MgO mais restritas se comparadas as de clorita pervasiva e venular.

Diversos autores criaram métodos e diagramas para a classificação química da clorita com base nas suas características cristaloquímicas. De acordo com a classificação de Foster (1962), que se baseia nas concentrações de Al^{IV} e nas razões Fe/(Fe + Mg), a clorita do garimpo do Papagaio apresenta um *trend* composição positivo da brunsvigita para a ripidolita (Fig. 6.4).

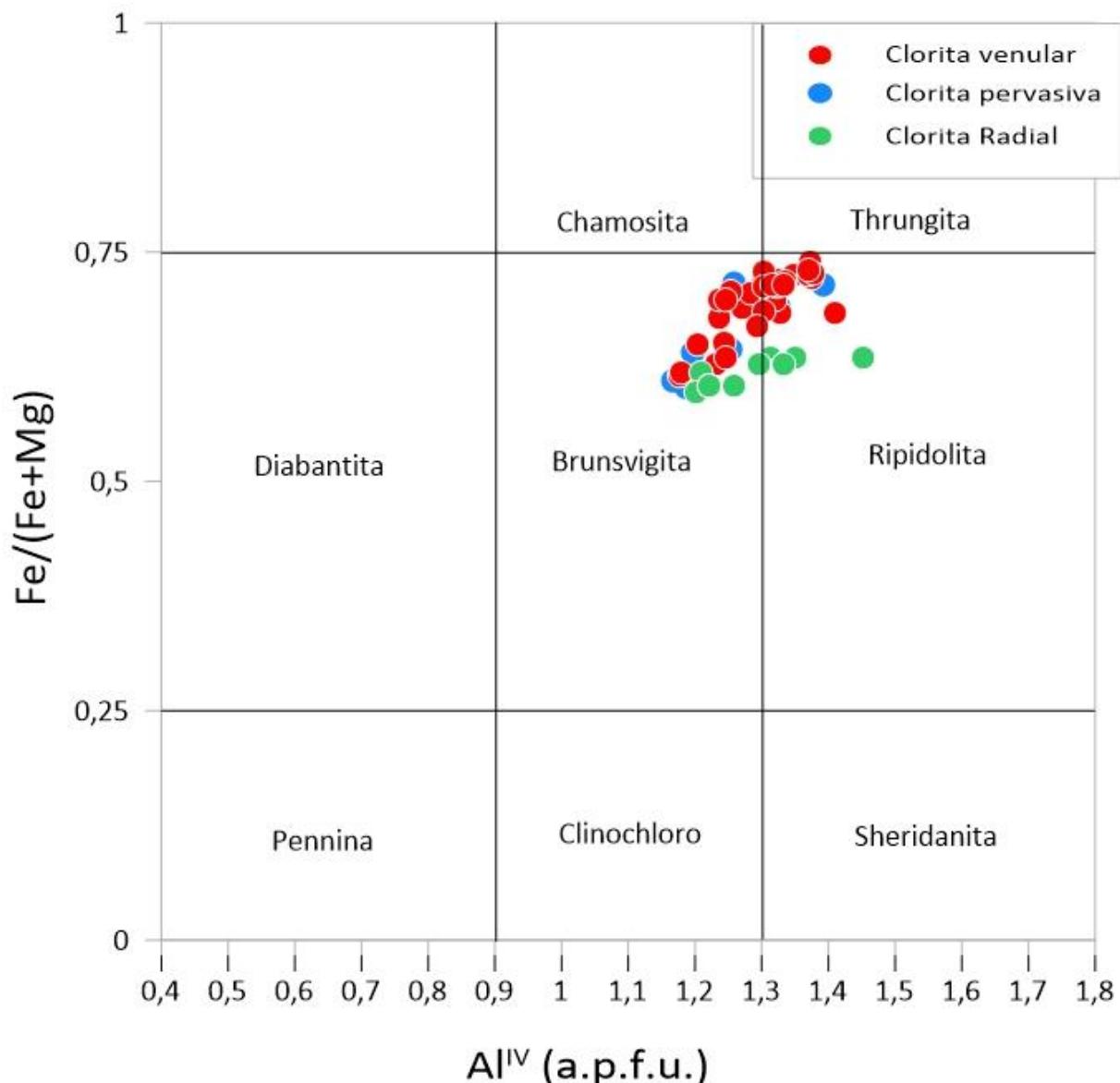


Figura 6.4: Diagrama de classificação da clorita proposto por Foster (1962), em que é possível observar a composição brunsvigítica a ripidolítica da clorita do garimpo do Papagaio. Em adicional, percebe-se a variação composicional entre o tipo textural radial em relação aos outros dois.

De acordo com a classificação de Zane & Weiss (1998), baseada na quantidade de Fe, Mg, Al e vacâncias em sítios octaédricos, a clorita do garimpo do Papagaio é exclusivamente do tipo chamosita (Fe-clorita) (Fig. 6.5).

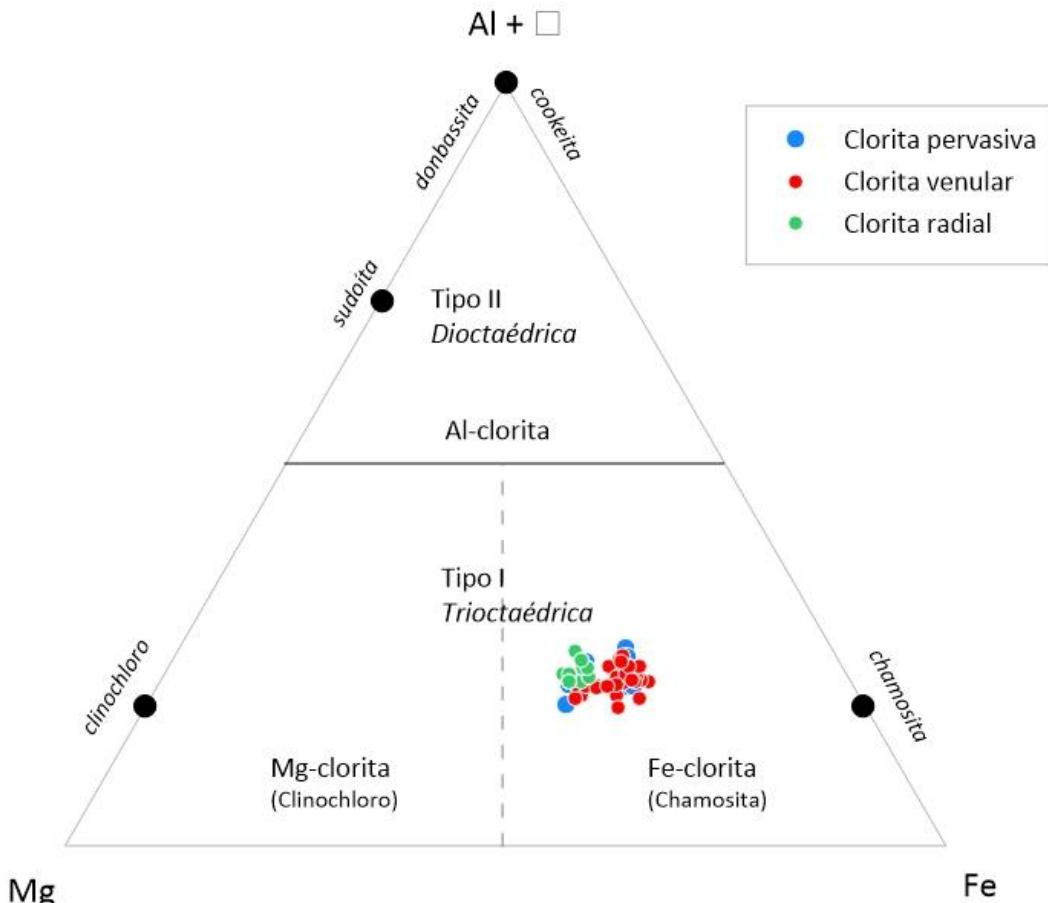


Figura 6.5: Diagrama de classificação da clorita proposto por Zane & Weiss (1998), no qual a clorita do garimpo do Papagaio mostra composição exclusivamente do tipo chamosita (Fe-clorita).

A clorita pervasiva pode ser dividida em dois grupos. Um grupo apresenta maior razão $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ ($0,70 - 0,74$), assim como maiores quantidades de Al^{IV} ($1,4$), enquanto o segundo grupo exibe menor razão $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ ($0,60 - 0,65$) e, portanto, menores quantidades de Al^{IV} ($1,1 - 1,2$) (Fig. 6.5).

A clorita venular também pode ser individualizada em dois diferentes grupos, a partir de suas concentrações de Al^{IV} e razões $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$. Um grupo possui valores de Al^{IV} entre $1,2$ e $1,4$ (a.p.f.u), além de razões $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ entre $0,71$ e $0,74$. Um segundo subtipo exibe menores valores tanto de Al^{IV} ($1,1 - 1,2$ a.p.f.u) e quanto das razões $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ ($0,65 - 0,68$). Em adicional, a clorita radial menor dispersão composicional, tanto para as razões $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ ($0,60 - 0,62$) quanto para as concentrações de Al^{IV} ($1,2 - 1,3$).

A variação composicional da clorita é controlada por uma série complexa de reações de troca entre cátions em sua estrutura cristalina, das quais as principais são a substituição do tipo Tschermak, $\text{Al}^{\text{VI}}\text{Al}^{\text{IV}} \leftrightarrow (\text{Mg},\text{Fe}^{2+})\text{Si}$ (I); $3(\text{Mg}\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow 2\text{Al}^{\text{VI}} + \text{R}_z)$ (II); e $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Mg}$ (III) (Inoue *et al.*, 2009). A forte correlação inversa entre as concentrações de Al^{IV} e Si observada para a clorita do garimpo do Papagaio é indicativo de substituições do tipo Tschermak (Fig. 6.6).

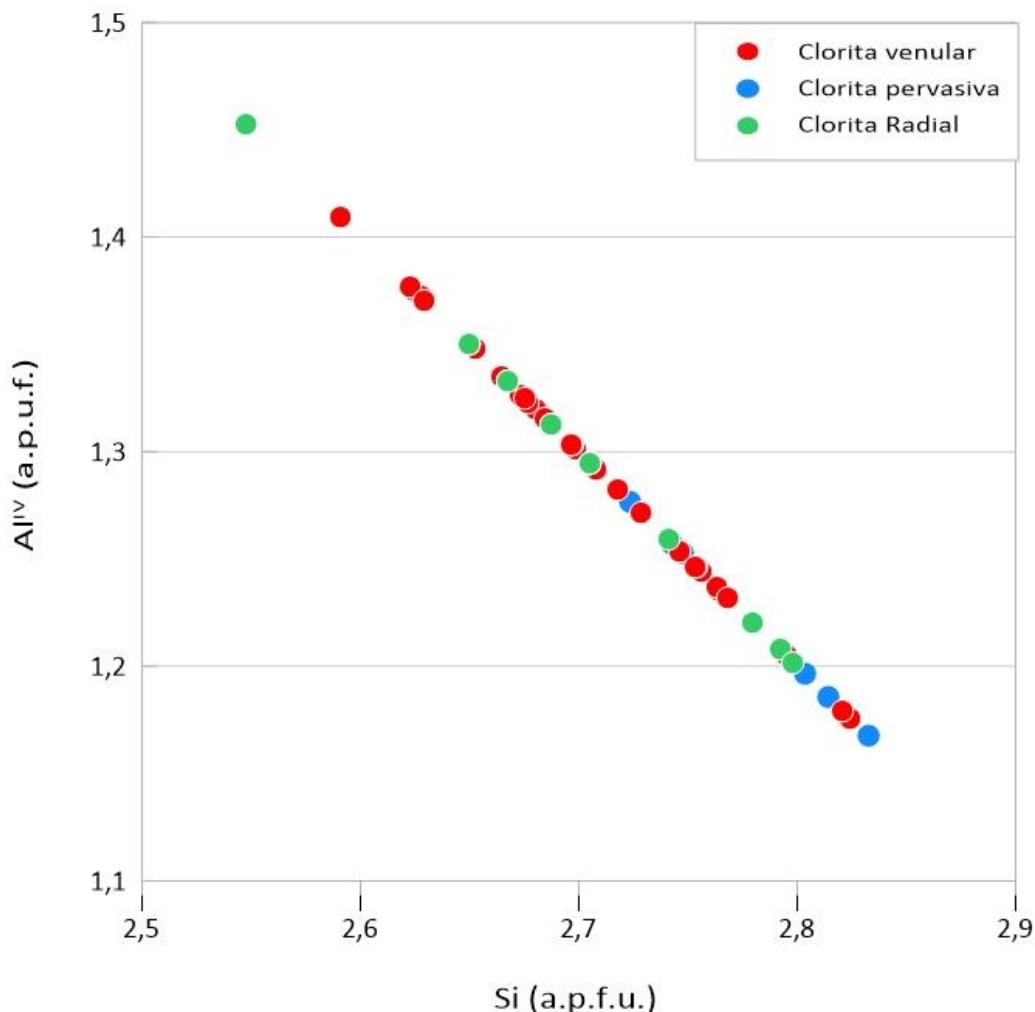


Figura 6.6: Diagrama Si vs. Al^{IV} para a clorita do garimpo do Papagaio. O cálculo do Al^{IV} é feito em função do Si e, portanto, responsável pelos elevados coeficientes de correlação entre si.

A substituição $3(\text{Mg}\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow 2\text{Al}^{\text{VI}} + \text{R}_z)$ também pode ser representada graficamente e representa a correlação do Al^{VI} com o Mg e com o Fe^{2+} a partir da substituição acoplada do tipo Tschermak ($\text{Al}^{\text{VI}}\text{Al}^{\text{IV}} \leftrightarrow (\text{Mg},\text{Fe}^{2+})\text{Si}$). Para os cristais de clorita analisados do garimpo do Papagaio, observa-se novamente uma forte correlação inversa, mas entre os valores de Mg + Fe^{2+} com os $2*\text{Al}^{\text{VI}} + \text{R}_z$ (Fig. 6.7).

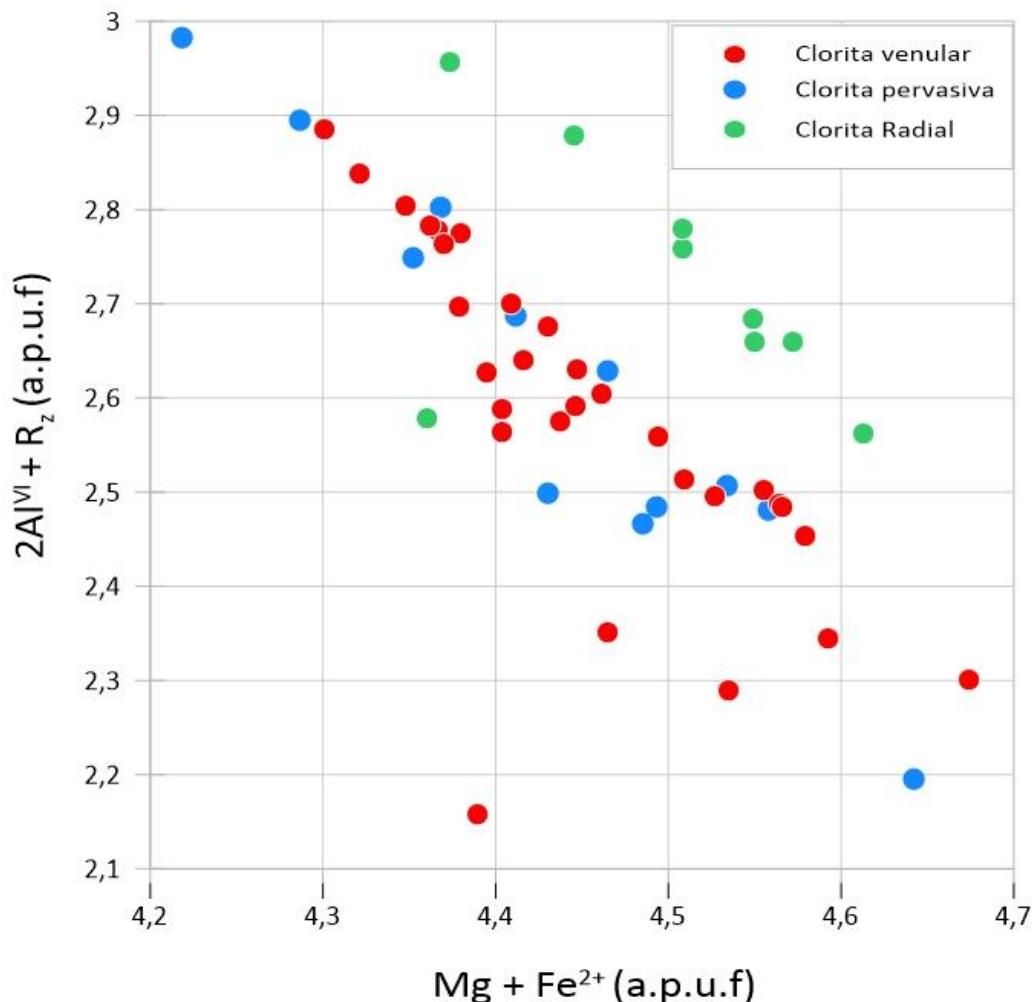


Figura 6.7: Diagrama $\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}$ vs. $2\text{Al}^{\text{VI}} + \text{R}_z$ para a clorita do garimpo do Papagaio.

O diagrama Fe^{2+} vs. Mg mostra a correlação desses cátions. A forte correlação inversa revela a substituição desses cátions nos arranjos octaédricos, comum no grupo da clorita do garimpo do Papagaio (Fig. 6.8), de modo que a clorita radial exibe maiores e mais homogêneos valores de Mg (a.p.u.f), porém, menores de Fe^{2+} , enquanto a clorita venular e pervasiva exibem valores mais amplos de Mg e Fe^{2+} (a.p.u.f).

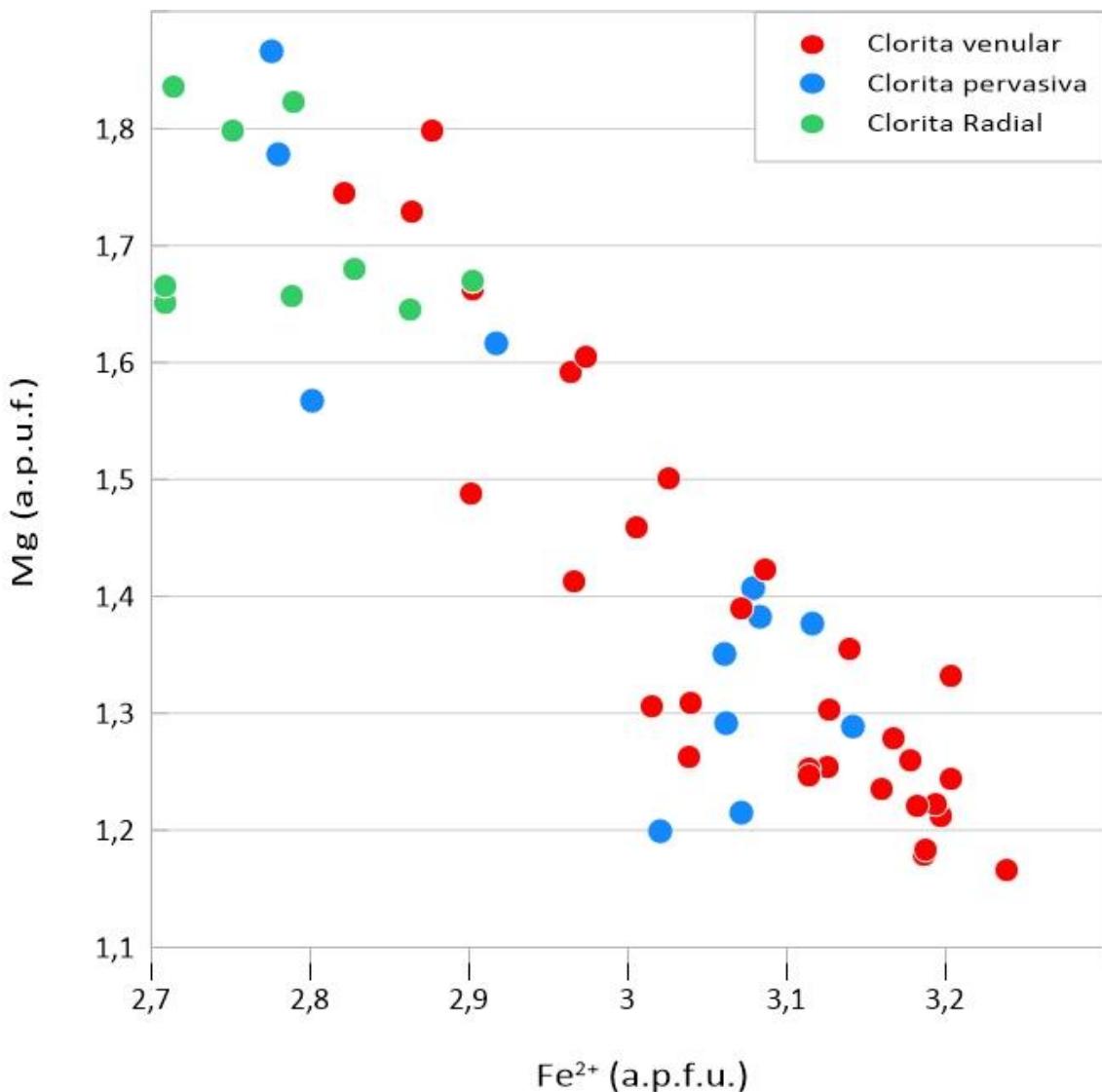


Figura 6.8: Diagrama Fe^{2+} vs. Mg para a clorita do garimpo do Papagaio.

6.3. Geotermometria da clorita

A análise e quantificação química das variedades texturais da clorita do garimpo do Papagaio permite a aplicação dos resultados em geotermômetros, que correspondem a equações que visam obter a temperatura de formação através dos dados cristaloquímicos da clorita obtidos pela Microssonda Eletrônica. Para isso, foram utilizadas as equações de Cathelineau & Nieva (1985), Kranidiotis & MacLean (1987), Cathelineau (1988) e Zang & Fyfe (1995), calculadas com o uso do software WinCcac (Yavuz, 2015). Os resultados obtidos pela equação de Jowett (1991) foram praticamente todos superiores a 325 °C, as quais estão acima dos limites térmicos considerados pelo autor ($150 \text{ } ^\circ\text{C} < T < 325 \text{ } ^\circ\text{C}$) e, portanto, foram aqui desconsideradas.

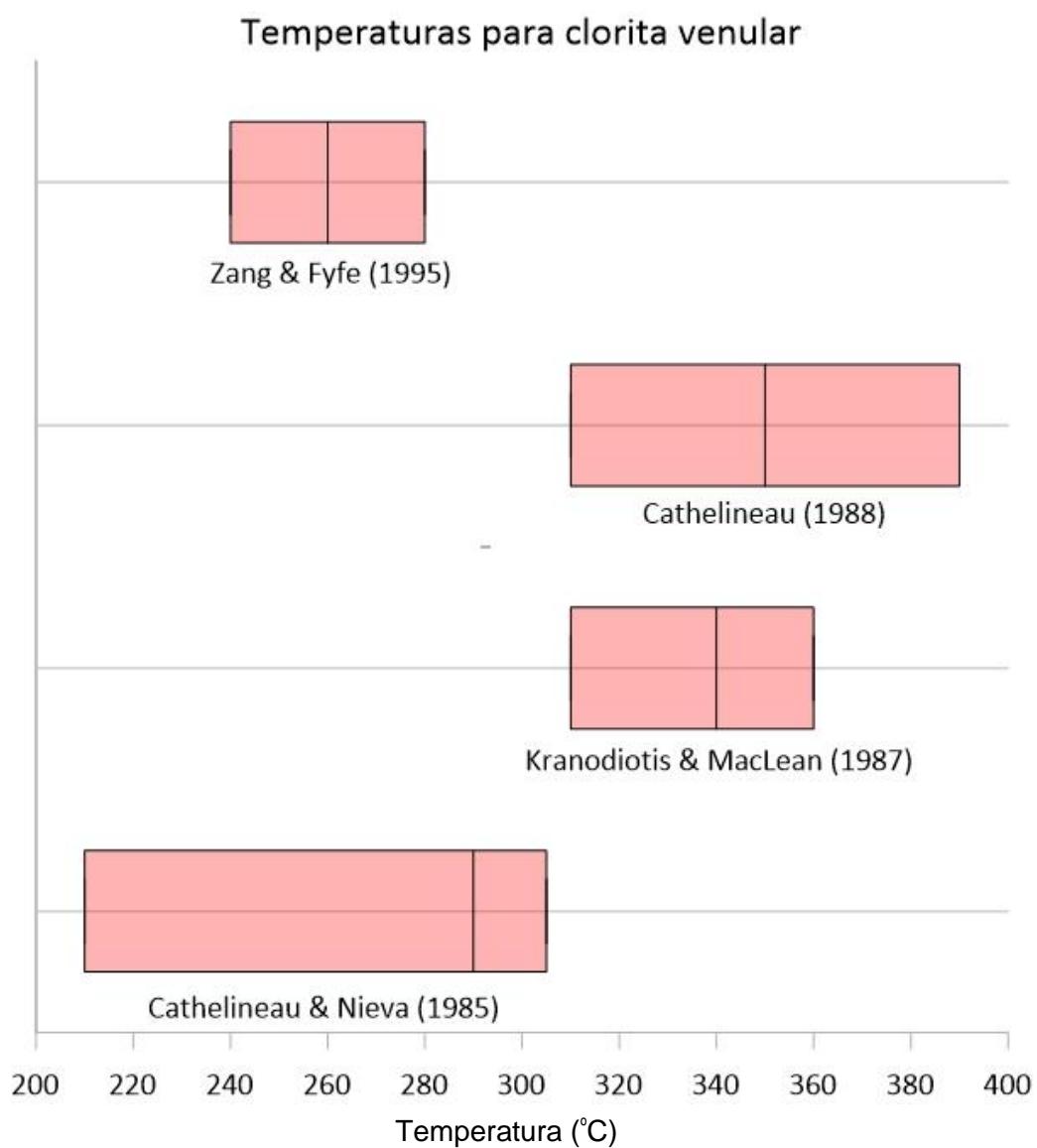


Figura 6.9: Variações de temperatura obtidas para a clorita venular do garimpo do Papagaio segundo as equações de Cathelineau & Nieva (1985), Kranodiotis & MacLean (1987), Cathelineau (1988) e Zang & Fyfe (1995). O traçado negro interno às barras representam as medianas para cada geotermômetro.

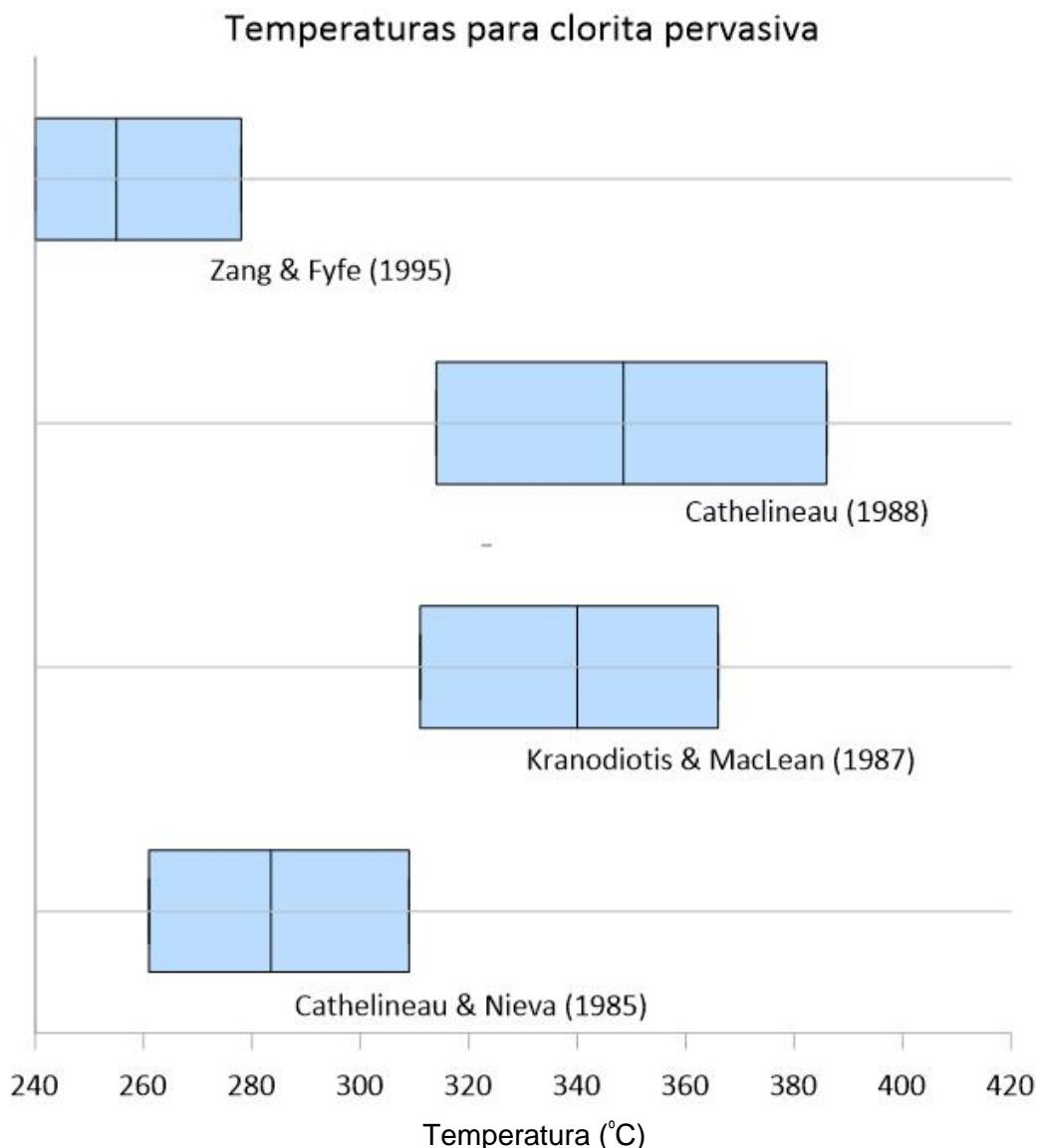


Figura 6.10: Variação de temperatura calculada para a clorita pervasiva de acordo com as equações de Cathelineau & Nieva (1985), Kranodiotis & MacLean (1987), Cathelineau (1988) e Zang & Fyfe (1995). O traçado negro interno às barras representam as medianas para cada geotermômetro.

Temperaturas para clorita radial

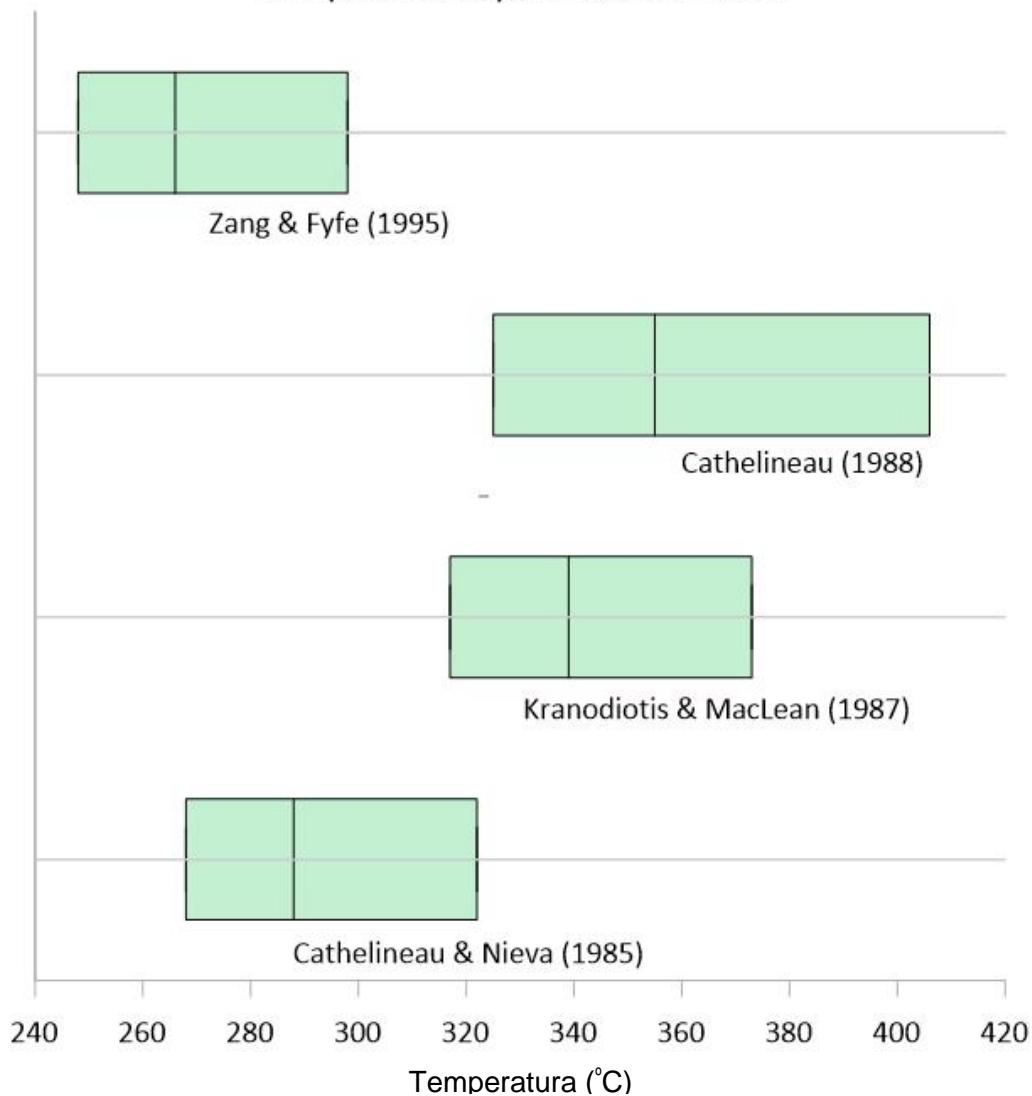


Figura 6.11: Faixa de temperatura obtida para a clorita radial segundo as equações de Cathelineau & Nieva (1985), Kranodiotis & MacLean (1987), Cathelineau (1988) e Zang & Fyfe (1995). O traçado negro interno às barras representam as medianas para cada geotermômetro

As menores temperaturas obtidas vêm do cálculo pela equação de Zang & Fyfe (1995), estimadas entre 240 a 298 °C, enquanto que segundo a equação de Cathelineau (1988), a temperatura varia entre 314 e 406 °C, tendo assim a maior variação e as maiores temperaturas estimadas. A faixa calculada de temperatura é intermediária para as outras duas equações, com valores de 311 a 367 °C [Kranodiotis & MacLean (1987)] e entre 261 e 322 °C [Cathelineau & Nieva (1985)].

6.4. Geobarometria da muscovita

A quantificação da composição química das variedades de mica branca possibilita a aplicação dos dados em equação de geobarômetria. Para isso, são utilizadas as equações de Kamzolkin *et al.* (2016) (Equações 3 e 4) e a moda da temperatura (272 °C) obtida através do geotermômetro da clorita. Entretanto, o geobarômetro da mica branca foi construído para sistemas metamórficos, de modo que contextos hidrotermais não têm sido abordados no cômputo das estimativas de pressão. Essas equações, portanto, serão aqui utilizadas de forma experimental, com o intuito de verificar a sua aplicabilidade a sistemas hidrotermais auríferos de moderada temperatura.

Nesse contexto, as estimativas de pressão obedeceram às condições impostas pelas equações, isto é: análises com $\text{Si} < 3,25$ ($n = 62$) foi utilizada a Equação 3, enquanto que para as análises com razão $\text{Si} \geq 3,25$ ($n = 3$) foi utilizada a Equação 4. Os valores obtidos para a pressão estão no intervalo de 1,41 a 7,95 kbar. As pressões calculadas estão apresentadas no Apêndice G. O histograma de todos os valores obtidos para a pressão por conta do geobarômetro da mica branca é apresentado na Fig. 6.12..

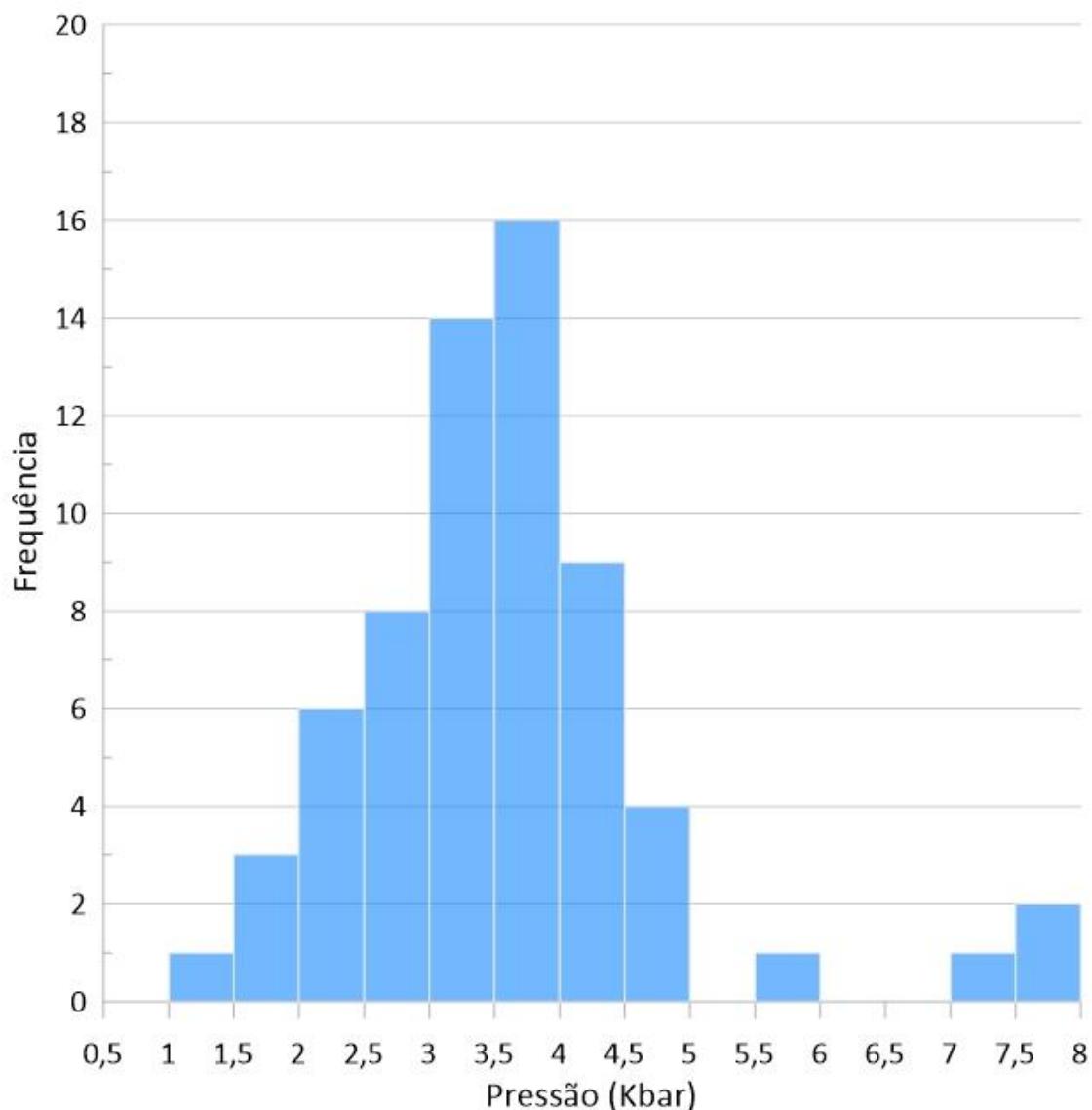


Figura 6.12: Variação dos valores de pressão obtidos segundo as equações de Kamzolkin *et al.* (2016) para a mica branca do garimpo do Papagaio.

6.5. Clorita como guia prospectivo

De acordo com Wilkinson *et al.* (2015), é possível estimar a distância de um possível centro térmico magmático (se assumido um sistema do tipo pórfiro) a partir das razões de elementos traço da clorita, a partir da sistemática denominada de vetorização geoquímica. A partir dos dados obtidos neste trabalho (por Microssonda Eletrônica), foi possível a aplicação das razões Ti/Ni, Ti/K, Mg/Ca e Ti/Ba propostas por Wilkinson *et al.* (2015). As variáveis utilizadas nesse cálculo (ordem de variação de

magnitude, distância de aplicação e constantes das razões Ti/Ni, Ti/K, Mg/Ca e Ti/Ba) expressas por Wilkinson *et al.* (2015) estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Razões, ordem da magnitude da variação, distância de aplicação e constantes segundo Wilkinson *et al.* (2015).

Razão	Ordem de magnitude da variação	Distância de aplicação (m)	Constante a	Constante b
Ti/Ni	2,5	860 - 2190	470	-0,0039
Ti/K	2,5	770 - 1760	6400	-0,0062
Mg/Ca	2	770 - 4870	720	-0,0009
Ti/Ba	3	770 - 1760	$1,0 \times 10^6$	-0,0076

As distâncias são calculadas através da expressão $x = \frac{\ln\{R/a\}}{b}$, onde R, a e b são as constantes dadas por Wilkinson *et al.* (2015). Para cada razão é calculada uma faixa de distância, mostradas na figura 6.13. A razão Ti/Ni indica uma distância de 700 a 1510 m; a razão Ti/K indica uma distância entre 1000 e 1600 m; a razão Mg/Ca indica uma distância de 600 a 2000 m, tendo assim uma menor precisão se comparada às outras razões; e a razão Ti/Ba indica distância entre 1400 a 1750 m.

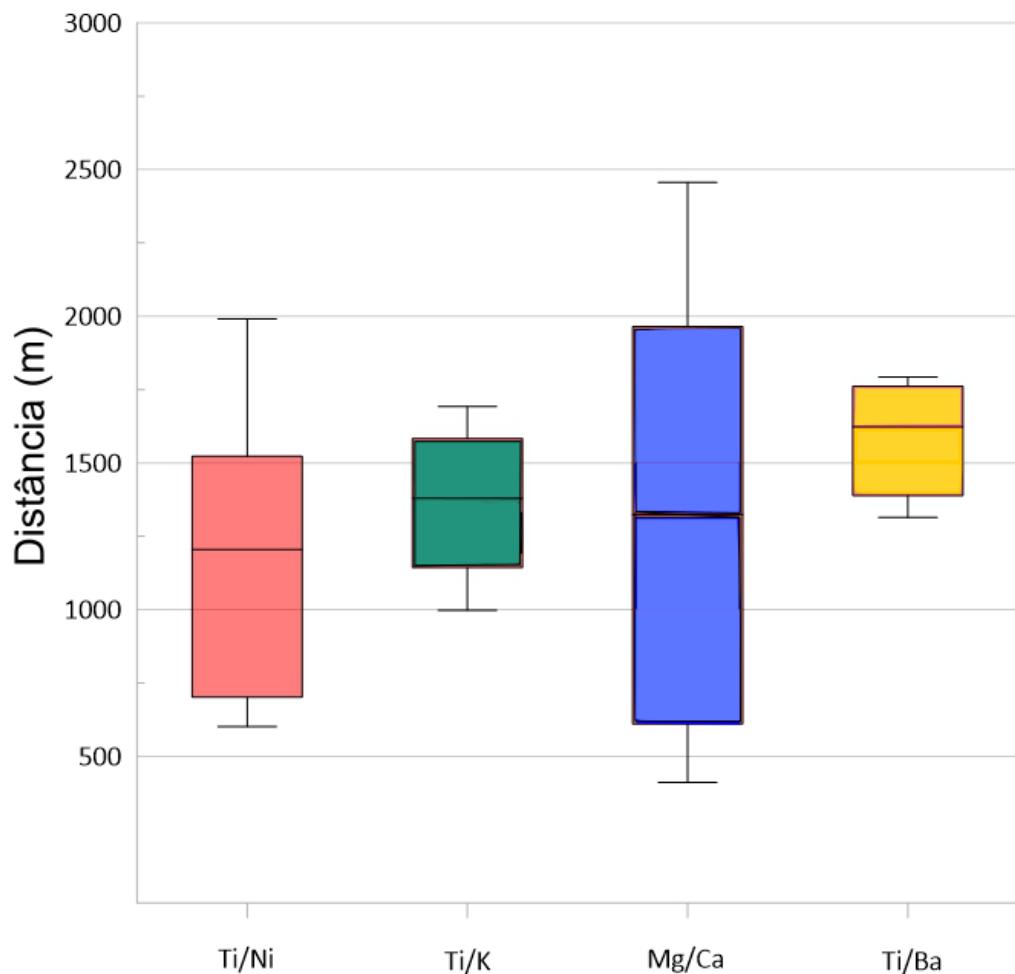


Figura 6.13: Boxplot das distâncias obtidas por meio do cálculo das razões Ti/Ni, Ti/K, Mg/Ca e Ti/Ba para um possível centro térmico derivado de um sistema magmático-hidrotermal.

Os valores obtidos a partir das razões Ti/Ni, Ti/K, Mg/Ca e Ti/Ba, indicam que a clorita do garimpo do Papagaio teria se formado a distâncias médias próximas a 1,25-1,6 km em relação ao possível centro térmico magmático responsável pela formação dos halos hidrotermais do garimpo supracitado.

7. DISCUSSÃO

O entendimento das reações de mudança de composição química é essencial para o estudo de sistemas e rochas submetidos à ação de fluidos hidrotermais. Essas reações ocorrem em condições de pressão e temperatura específicas e, portanto, representam alterações hidrotermais as quais estão associadas, principalmente em sistemas magmático-hidrotermais.

Nesses sistemas, é muito comum que as alterações hidrotermais formem um padrão de zoneamento devido às condições de formação de diferentes minerais, que envolvem mudanças na temperatura, no pH, nas f_{O_2} e f_{S_2} e na composição do fluido. Sistemas magmático-hidrotermais como os do tipo pórfiro, epitermais *high*, *intermediate* e *low-sulfidation* são exemplos de sistemas que evoluem com as mudanças nas condições dos fluidos que circulam.

As alterações hidrotermais são classificadas conforme a associação de minerais hidrotermais que se formam naquela condição (Hemley & Jones, 1964). Nesse contexto, a alteração sericítica, a qual a mica branca se associa temporal e espacialmente, se forma em condições de baixo pH, enquanto a alteração propilítica, caracterizada pela típica paragênese clorita - epídoto - calcita, empenham importante papel nos sistemas hidrotermais, uma vez que elas estão presentes em praticamente todos os sistemas magmático-hidrotermais, a exemplo nos do tipo pórfiro e epitermal.

Essas alterações são especialmente importantes, pois a sua expressão é relativamente maior, se comparada aos outros tipos de alterações, devido às características de sua formação: a alteração propilítica é considerada como distal às zonas mineralizadas e, portanto, possui maior "janela" de interação com fluidos externos. A alteração sericítica, entretanto, geralmente se sobrepõe parcial a totalmente às alterações potássica e clorítica-sericítica, o que pode ser controlado por estruturas pré-existentes (Sillitoe, 2010). Além disso, devido a sua característica tardia de formação, elas refletem uma fase de resfriamento do sistema e consequentemente um aumento da acidez do fluido em relação à superfície (Sillitoe, 2000; 2010). Por último, os minerais que identificam essas alterações são minerais de comum ocorrência, que possuem um grande potencial de estudo devido às diferenças cristaloquímicas em sua estrutura conforme as condições de sua formação.

No contexto de caracterização do depósito, Galé (2018) identificou e ordenou temporalmente as alterações hidrotermais do garimpo do Papagaio por meio da distinção de paragêneses minerais, chegando em três fases principais de alteração: (I)

alteração potássica (microclínio + biotita), (II) alteração sericítica e (III) alteração propilítica.

Sendo assim, a caracterização sistemática das variedades texturais de clorita e mica branca visa se aproveitar da facilidade teórica de amostragem associada à possibilidade de obter-se informações fisico-químicas do ambiente de formação do garimpo do Papagaio.

Seguindo-se uma metodologia de distinção das variedades texturais por paragênese associada, granulação, forma dos cristais e diferenças ópticas (e.g. cor de interferência), a análise petrográfica da clorita e da mica branca possibilitou a individualização em diferentes tipologias. Para a mica branca, a análise resultou em quatro distintas variedades texturais: muscovita em halo, muscovita pervasiva, sericita em halo e sericita pervasiva; a clorita foi dividida em cinco variedades distintas: clorita venular I, clorita pervasiva I, clorita venular II, clorita pervasiva II e clorita em arranjos irradiados.

Os resultados da análise por microssonda eletrônica mostram que para a clorita, não há uma grande variação composicional entre as tipologias, havendo uma leve queda nos teores de ferro e magnésio para a clorita radial. As três variedades texturais apresentam um *trend* de composição brunsvigítica para ripidolítica, o que implica em um enriquecimento em ferro e alumínio. Isso acontece em um sistema hidrotermal, onde o fluido passa por diversas alterações. Para a mica branca, a não há uma variação expressiva, e a composição é exclusivamente fengítica.

A quantificação química dos elementos maiores (Si, Al, K, Ca, Na, Fe, Mg e Ti) e dos elementos menores (Ba, Mn, F, Cl, Ni,) da clorita e da mica branca possibilitou o uso da composição química desses minerais como geotermômetros e geobarômetros, respectivamente. O intervalo de temperatura obtido foi de 240 a 408 °C, com moda geral de 277 °C. Separadamente, foram obtidas modas para cada equação com o valor de 282 °C (Cathelineau & Nieva, 1985), 338 °C (Kranodiotis & MacLean, 1987) 349 °C (Cathelineau) e 249 °C (Zang & Fyfe, 1995).

A quantificação química da mica branca teve como resultado pressões que variam de 1,4 kbar a 7,9 kbar. É possível estimar a profundidade de formação através da pressão litostática, cuja expressão se dá por $P_{lit} = d * g * h$, em que P_{lit} é a pressão litostática, obtida pelo geobarômetro da muscovita, g é a gravidade, que para efeito de cálculo possui valor de 10 m/s², d é a densidade média da crosta, com valor de 2,7 g/cm³ e h é a profundidade a ser calculada. O cálculo resulta em profundidades entre 5,1 e 29,2 km.

8. CONCLUSÃO

De acordo com os dados apresentados, as seguintes conclusões podem ser summarizadas:

(1) As análises químicas obtidas com o uso da microssonda eletrônica mostram que no garimpo do Papagaio não há variações consideráveis de composição para a mica branca, que se apresenta de forma bastante homogênea com composição exclusivamente fengítica, e que para a clorita há uma certa variação composicional de brunsvigítica para ripidolítica traduzida pela leve variação positiva no teor de alumínio e de ferro no sistema.

(2) A quantificação química das variedades texturais da clorita possibilitou a aplicação dela como geotermômetro. Os resultados obtidos nesse estudo mostram uma faixa de temperatura de 240 °C a 408 °C. Isso concorda com o estudo de Galé (2018), que obteve a partir da análise química de inclusões fluidas a temperatura calculada de 349 °C.

(3) A quantificação química da mica branca permitiu o seu uso como geobarômetro. As pressões obtidas para o garimpo do Papagaio foram calculadas na faixa de 1,4 kbar a 7,9 kbar, com mediana em 3,7 kbar. Isso se traduz em profundidades aproximadas de 5,1 a 29,2 km, com mediana em 13,7 km.

(4) Os diagramas revelam informações importantes sobre a influência de substituições Fe-Mg e do tipo Tschermak no processo de alteração por fluidos hidrotermais.

(5) De acordo as razões Ti/Ni, Ca/Mg, Ti/Ba e Ti/K, a clorita do garimpo do Papagaio teria se formado a distâncias médias entre 1,25-1,6 Km em relação ao possível centro térmico magmático responsável pela instalação do sistema hidrotermal aurífero do referido depósito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J.L. Status of thermobarometry in granitic batholiths. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, v. 87, p. 125 - 138, 1996.
- Assis, R. R. (2011). Depósitos auríferos associados ao magmatismo granítico do setor leste da Província de Alta Floresta (MT), Cráton Amazônico: tipologia das mineralizações, modelos genéticos e implicações prospectivas. Dissertação (Mestrado). Campinas: Instituto de Geociências, Unicamp. 428p.
- Assis, R. R. (2015). Depósitos auríferos associados ao magmatismo félscico da Província de Alta Floresta (MT), Cráton Amazônico: litogegeoquímica, idade das mineralizações e fonte dos fluidos. Tese (Doutorado). Campinas: Instituto de Geociências, Unicamp. 363p.
- Bettencourt, J.S.; Juliani, C.; Xavier, R.P.; Monteiro, L.V.S.; Bastos Neto, A.C.; Klein, E.L.; Assis, R.R.; Leite Jr., W.B.; Moreto, C.P.N.; Fernandes, C.M.D.; Pereira, V.P. Metallogenetic systems associated with granitoid magmatism in the Amazonian Craton: An overview of the present level of understanding and exploration significance. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 68, p. 22-49, 2016.
- Caddick, M. J.; and Thompson, A. B. Quantifying the tectono-metamorphic evolution of pelitic rocks from a wide range of tectonic settings: mineral compositions in equilibrium. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 156, n. 2, p. 177-195, 2008.
- Caritat, P.; Hutcheon, I.; Walshe, J. L. Chlorite geothermometry: a review. *Clays and Clay Minerals*, v. 41, 1993.
- Cathelineau, M. Cation site occupancy in chlorites and illites as function of temperature. *Clay Minerals*, v. 23, n. 4, p. 471-485, 1988.
- Cathelineau, M.; Nieva, D. A chlorite solid solution geothermometer. The Los Azufres (Mexico) geothermal system. *Contrib. Mineral. Petrol*, ATAS, p.91, 235-244, 1985.
- Ciesielezuk, J. Chlorite of hydrothermal origin formed in the Strzelin and Borów granites (Fore-Sudetic Block, Poland). *Geological Quarterly*, v. 56, n. 2, p. 333-344, 2012.
- Cordani, U. G., & Teixeira, W. Proterozoic accretionary belts in the Amazonian Craton. *Geological Society of America Memoirs*, 200, 297-320, 2007.
- Dardenne, M. A., & Schobbenhaus, C. *Metalogênese do Brasil*. UNB; CPRM, 2001.
- Deer, W.A.; Howie, R.A.; Zussman, J. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. 2013.
- Foster, M.D. Interpretation of the composition and classification of chlorites. US Geological Survey Professional Paper, v. 27, 1962.
- Galé, M. G. (2012). O depósito do Papagaio, alteração hidrotermal, regime de fluidos, geoquímica e idade, Província Aurífera de Alta Floresta – MT. Dissertação (Mestrado). Cuiabá: Instituto de Ciências Exatas e da Terra, UFMT. 96p.
- Galé, M. G., Juliani, C. A Província Aurífera de Alta Floresta: Evolução Tectônica e Mineralizações. XLVIII Congresso Brasileiro de Geologia. Porto Alegre: SBG, 2016.
- Galé M.G., Costa P.C.C., Assis R.R., Pinho F.E.C., Juliani C. Estudo de inclusões fluidas em quartzo do garimpo do Papagaio, um sistema magmático-hidrotermal,

Província Aurífera de Alta Floresta (MT), Cráton Amazônico. Geolia USP, Série Científica, São Paulo, v. 18, n. 1, p.20-226, 2018.

Galé, M. G., (2018). Gênese das mineralizações associadas ao magmatismo ácido na região do Garimpo do Papagaio, noroeste da Província Aurífera de Alta Floresta (MT). Tese (Doutorado). São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 171p.

Hemley, J.J., Jones, W.R. Chemicals aspects of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism. Economic Geology, v.59,n. 4, p.538-569, 1964.

Inoue, A. Meunier, A.; Patrier-Mas, P.; Rigault, C.; Beaufort, D.; Vieillard, P. Application of Chemical Geothermometry to Low-Temperature Trioctahedral Chlorites. Clays and Clay Minerals, v. 57, n. 3, p. 371-382, 2009.

Jowett, E. C. Fitting iron and magnesium into the hydrothermal chlorite geothermometer. In: GAC/MAC/SEG Joint Annual Meeting, Toronto, May 27-29, Program with Abstracts 16, 1991.

Kamzolkin, V.A.; Ivanov, S.D.; Konilov. A.N. Empirical Phengite Geobarometer: Background, Calibration, and Application. Geology of Ore Deposits, v. 58, n. 8, p. 613 - 622, 2016.

Kranidiotis, P.; Maclean, W. H. Systematics of chlorite alteration at the Phelps Dodge massive sulfide deposit, Matagami, Quebec. Economic Geology, v. 82, n. 7, p. 1898-1911, 1987.

Lacerda Filho, J. V., Abreu Filho, W., Valente R. C., Oliveira C. C., Albuquerque M. C. (2004). Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso. Cuiabá: Programa de Geologia do Brasil, CPRM.

Massonne, H.J.; Schreyer, W. Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite, and quartz. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 96, p. 212 - 224, 1987.

Meyer, C.; Hemley, J.J. Wall rock alteration. 1967. In: Barnes, H.L (ed.). Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits.

McDowell, S.D.; Elders, W.A. (1980). Authigenic layer silicate minerals in borehole Elmore 1, Salton Sea Geothermal Field, California, USA. Contributions to Mineralogy and Petrology, v. 74, n. 3, p. 293-310.

Miguel Jr, E. (2011). Controle Estrutural das mineralizações auríferas e idades U-Pb das rochas encaixantes ao longo do Lineamento Peru-Trairão: Província Aurífera de Alta Floresta, Mato Grosso. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, 86p.

Paes de Barros, A. J. (2007). Granitos da região de Peixoto de Azevedo – Novo Mundo e mineralizações auríferas relacionadas – Província Aurífera Alta Floresta (MT). Tese (Doutorado). Campinas: Instituto de Geociências, Unicamp. 154p.

Ribeiro, P.S.E., Villas Boas, P.F. (2003). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Projeto Província Mineral de Alta Floresta (PROMINALTA FLORESTA). Geologia e Recursos Minerais da Folha São João da Barra – SC.21-V-D. Brasília: CPRM.

Santos, J. O. S., Hartmann, L. A., Gaudette, H. E., Groves, D. I., McNaughton, N. J., Fletcher, I. R. (2000). A new understanding of the Provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping an U-Pb and Sm –Nd geochronology. Gondwana Research, 3(4), 453-488. DOI:10.1016/S1342-937X(05)70755-3

- Santos J. O. S, Hartmann L. A., Riker S. R., Souza M. M., Almeida M. E., Mcnaughton N. J. (2006). A compartimentação do Cráton Amazonas em províncias: avanços ocorridos no período 2000-2006. IX Simpósio de Geologia da Amazônia. Belém: SBG [CD-ROM].
- Souza, J. P., Frasca, A. A. S., Oliveira, C. C. (2005). Geologia e Recursos Minerais da Província Mineral de Alta Floresta. Brasília: Serviço Geológico Brasileiro, CPRM.
- Sillitoe, R.H. Gold-Rich Porphyry Deposits: Descriptive and Genetic Models and Their Role in Exploration and Discovery. *Economic Geology Reviews*, v. 13, p. 315-345, 2000.
- Sillitoe, R.H. Porphyry Copper Systems. *Economic Geology*, v.105, p. 3-41, 2010.
- Silva M.G. & Abram M.B. (2008). Projeto metalogenia da Província Aurífera Juruena-Teles Pires, Mato Grosso. Goiânia, Serviço Geológico Brasileiro, CPRM, 212p.
- Tappert, M.C.; Rivard. B.; Giles, D.; Tappert, R.; Mauger, A. The mineral chemistry, near-infrared and mid-infrared reflectance spectroscopy of phengite from the Olympic Dam IOCG deposit, South Australia. *Ore Geology Reviews*, v.53, p.26-38, 2013
- Tassinari, C. C. G. (1996). O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos. Tese (Livre Docência). São Paulo: Instituto de Geociências, USP, 139p.
- Tassinari, C. C. G., Macambira, M. J. B. (1999). Geochronological Provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22(3), 174-182.
- Velde, B. (1965). Phengite micas: synthesis, stability, and natural occurrence. *American Journal of Science*, v. 263, p. 886 - 913.
- Wilkinson, J.J.; Chang, Z.; Cooke, D.R.; Baker, M.J.; Wilkinson, C.C.; Inglis, S.; Chen, H.; Gemmell, J.B. The chlorite proximititor: A new tool for detecting porphyry ore deposits. *Journal of Geochemical Exploration*, v.152, p. 10-26, 2015.
- Yavuz, F.; Kumral, M.; Karakaya, N.; Karakaya, M.C.; Yildirim, D.K.A. Windows program for chlorite calculation and classification. *Computers & Geosciences*, v. 81, p. 101-113, 2015
- Zang, W.; Fyfe, W. S. (1995). Chloritization of the hydrothermally altered bedrock at the Igarapé Bahia gold deposit, Carajás, Brazil. *Mineralium Deposita*, v. 30, n. 1, p. 30-38.
- Zane, A.; Weiss. Z. A procedure for classifying rock-forming chlorites based on microprobe data. *Rend.Lincei Sci.Fis. Nat. Ser.v. 9*, p.51-56, 1998.

APÊNDICE A – Resultados das análises químicas de mica branca (wt%)

Amostra	Tipo Textural	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	ZnO	Cl	K ₂ O
1	Muscovita em halo	47,54	29,19	4,53	0,08	0	0,019	10,66
3	Muscovita em halo	46,9	29,11	4,63	0,088	0,072	0	10,71
4	Muscovita em halo	47,69	30,05	4,64	0,094	0	0,006	10,49
5	Muscovita em halo	47,69	29,97	5,08	0,096	0	0,005	10,5
6	Muscovita em halo	47,34	29,24	5,26	0,085	0,026	0	10,59
7	Muscovita em halo	48,2	31,32	2,89	0,071	0,086	0,01	10,67
8	Muscovita em halo	47,39	28,92	5,47	0,079	0	0	10,65
9	Muscovita em halo	47,11	29,84	4,76	0,075	0,15	0,019	10,62
10	Muscovita em halo	47,54	30,5	4,53	0,063	0	0	10,75
11	Muscovita em halo	48,25	30,78	4,25	0,055	0,036	0,014	10,69
12	Muscovita em halo	46,43	28,91	5,73	0,071	0,042	0	10,42
13	Muscovita em halo	47,32	28,96	5,5	0,116	0,115	0,016	10,68
14	Muscovita em halo	47,84	30,35	4,56	0,104	0,03	0,005	10,56
15	Muscovita em halo	47,44	29,89	3,19	0,066	0	0	10,43
16	Muscovita em halo	47,54	29,63	5,08	0,112	0,09	0,01	10,64
18	Muscovita em halo	47,58	31,45	3,44	0,088	0	0,014	10,65
19	Muscovita em halo	46,83	29,59	5,38	0,095	0,113	0,029	10,81
20	Muscovita em halo	48,57	32,21	2,87	0,032	0	0	10,51
21	Muscovita em halo	47,58	30,34	3,91	0,081	0,121	0,013	10,52
22	Muscovita pervasiva	46,76	30,09	4,76	0,08	0,078	0,003	10,56
23	Muscovita pervasiva	47,93	30,79	5,07	0,099	0,02	0,006	10,93
24	Muscovita pervasiva	47,43	30,84	3,98	0,068	0,043	0	10,8
25	Muscovita pervasiva	47,11	29,9	5	0,073	0,075	0,027	10,79
26	Muscovita pervasiva	48,3	30,37	4,47	0,063	0	0,005	10,57
27	Muscovita pervasiva	47,17	30,38	4,46	0,07	0	0,01	10,72

(continua na próxima página)

APÊNDICE A (continuação)

Amostra	CaO	TiO ₂	BaO	NiO	F	Na ₂ O	MgO	Total
1	0,04	0,246	0,109	0,014	0,084	0,085	1,82	94,417
3	0,057	0,263	0,149	0	0,083	0,096	1,84	94
4	0,043	0,252	0,166	0	0,046	0,092	1,72	95,289
5	0,063	0,22	0,211	0	0,101	0,11	1,67	95,715
6	0,057	0,22	0,225	0	0,086	0,092	1,78	95,001
7	0,012	0,22	0,161	0	0,143	0,108	1,69	95,581
8	0,026	0,231	0,208	0,003	0,142	0,08	2,02	95,219
9	0,024	0,158	0,199	0,017	0,099	0,091	1,76	94,922
10	0,018	0,161	0,198	0	0,058	0,088	1,78	95,687
11	0,037	0,331	0,231	0,008	0,085	0,092	1,68	96,54
12	0,038	0,242	0,501	0,021	0,067	0,09	1,88	94,442
13	0,025	0,085	0,307	0,007	0,113	0,099	1,91	95,252
14	0	0,162	0,184	0,012	0,048	0,111	1,68	95,646
15	0,049	0,224	0,066	0,014	0,129	0,096	1,8	93,394
16	0,042	0,279	0,134	0	0,117	0,079	1,94	95,692
18	0,001	0,174	0,23	0	0,138	0,101	1,646	95,512
19	0,045	0,203	0,213	0,008	0,178	0,088	1,88	95,464
20	0,053	0,166	0,202	0	0,027	0,126	1,594	96,361
21	0,02	0,209	0,246	0,021	0,077	0,083	1,72	94,842
22	0,007	0,293	0,122	0	0,057	0,118	1,582	94,454
23	0,018	0,241	0,202	0	0,151	0,105	1,8	97,362
24	0,015	0,307	0,157	0,004	0,14	0,12	1,71	95,613
25	0,01	0,156	0,265	0,003	0,105	0,091	1,76	95,365
26	0,022	0,219	0,144	0	0,089	0,11	1,78	96,141
27	0,011	0,134	0,192	0	0,144	0,101	1,68	95,073

(continua na próxima página)

APÊNDICE A (continuação)

Amostra	Tipo Textural	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	ZnO	Cl	K ₂ O
28	Muscovita pervasiva	47,04	31,88	3,53	0,085	0,11	0	10,75
29	Muscovita pervasiva	45,95	30,66	4,17	0,076	0,103	0	10,75
30	Muscovita pervasiva	47,12	31,57	4,24	0,067	0	0	10,72
32	Muscovita pervasiva	47,18	31,86	3,11	0,073	0,025	0,003	10,9
33	Muscovita pervasiva	48,17	32,43	3,22	0,097	0,09	0	10,34
34	Muscovita pervasiva	47,41	32,51	2,59	0,046	0	0,006	10,49
35	Muscovita pervasiva	47,85	32,49	2,01	0,067	0,09	0,021	10,41
36	Muscovita pervasiva	47,57	32,75	2,45	0,048	0,029	0,018	10,39
37	Muscovita pervasiva	46,97	29,56	4,89	0,091	0,066	0	10,55
38	Muscovita pervasiva	46,84	29,6	5,57	0,095	0,113	0,002	10,79
39	Muscovita pervasiva	47,03	30,58	4,48	0,09	0,072	0	10,89
40	Muscovita pervasiva	46,54	31,35	3,79	0,057	0,106	0,016	10,57
41	Muscovita pervasiva	47,13	31,27	5,28	0,091	0,055	0	10,51
42	Sericita em halo	46,64	28,09	5,24	0,083	0,062	0,018	10,47
43	Sericita em halo	47,12	29,63	5	0,075	0,043	0,014	10,36
44	Sericita em halo	47,19	28,55	5,43	0,115	0,041	0	10,47
46	Sericita em halo	48,85	31,78	2,39	0,051	0	0	10,33
47	Sericita em halo	45,75	29,43	4,66	0,086	0,101	0	10,77
48	Sericita em halo	45,21	28,1	7,26	0,155	0,201	0,01	10,41
49	Sericita em halo	46,1	28,82	5,51	0,129	0,151	0	10,69
50	Sericita em halo	47,58	30,61	4,26	0,065	0,079	0,005	10,65
51	Sericita em halo	47,32	28,92	5,51	0,097	0	0,025	10,91
52	Sericita em halo	47,29	29,94	5,04	0,123	0,04	0,018	10,56
53	Sericita em halo	46,75	29,33	4,38	0,05	0,004	0,011	10,58
54	Sericita em halo	48,38	30,97	3,5	0,074	0	0,026	10,64

(continua na próxima página)

APÊNDICE A (continuação)

Amostra	CaO	TiO ₂	BaO	NiO	F	Na ₂ O	MgO	Total
28	0,007	0,176	0,304	0	0,075	0,151	1,617	95,725
29	0	0,139	0,228	0	0,088	0,125	1,97	94,260
30	0	0,15	0,169	0	0,111	0,104	1,411	95,662
32	0	0,1	0,184	0	0,104	0,144	1,573	95,257
33	0	0,105	0,33	0,013	0,066	0,121	1,557	96,539
34	0,267	0,114	0,137	0	0,094	0,108	1,396	95,168
35	0,027	0,076	0,216	0,006	0,144	0,13	1,438	94,976
36	0,007	0,108	0,26	0	0,117	0,126	1,458	95,331
37	0,002	0,191	0,081	0	0,033	0,076	1,73	94,24
38	0	0,208	0,177	0,025	0,08	0,076	1,7	95,276
39	0,024	0,193	0,223	0,011	0,133	0,096	1,658	95,48
40	0	0,161	0,228	0,018	0,061	0,166	1,79	94,854
41	0,033	0,326	0,239	0,009	0,058	0,114	1,457	96,572
42	0,048	0,198	0,166	0,047	0,063	0,073	1,87	93,068
43	0,028	0,152	0,268	0,013	0,024	0,091	1,71	94,528
44	0,029	0,183	0,181	0,004	0,071	0,089	1,95	94,302
46	0	0,132	0,2	0	0,152	0,093	1,74	95,717
47	0,024	0,166	0,158	0	0,11	0,082	1,77	93,107
48	0,022	0,324	0,255	0	0,092	0,097	2,29	94,426
49	0,013	0,189	0,381	0,012	0,083	0,103	1,9	94,081
50	0	0,253	0,137	0	0,115	0,136	1,66	95,550
51	0,018	0,184	0,258	0,006	0,144	0,1	1,88	95,372
52	0,026	0,245	0,161	0,017	0,06	0,085	1,81	95,415
53	0,009	0,196	0,098	0	0,116	0,08	1,7	93,303
54	0,038	0,256	0,083	0	0,055	0,082	1,64	95,743

(continua na próxima página)

APÊNDICE A (continuação)

Amostra	Tipo Textural	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	ZnO	Cl	K ₂ O
55	Sericita em halo	47,65	30,92	4	0,088	0,062	0,006	10,54
56	Sericita em halo	46,36	28,82	5,63	0,108	0,07	0	10,65
57	Sericita pervasiva	46,63	29,26	5,62	0,102	0,001	0,029	10,57
58	Sericita pervasiva	46,54	29,05	5,16	0,084	0,045	0	10,63
59	Sericita pervasiva	46,18	30,57	4,7	0,057	0,054	0,006	10,68
60	Sericita pervasiva	47,63	32,66	2,9	0,06	0	0	10,52
61	Sericita pervasiva	46,93	30,16	4,42	0,07	0,001	0,013	10,57
62	Sericita pervasiva	46,62	30,93	3,55	0,04	0,06	0,008	10,67
63	Sericita pervasiva	46,2	29,93	4,86	0,078	0,08	0,029	10,67
64	Sericita pervasiva	47,33	31,58	3,96	0,034	0	0,01	10,74
65	Sericita pervasiva	46,71	29,1	5,95	0,138	0	0	10,86
66	Sericita pervasiva	47,51	30,07	4,71	0,075	0,162	0,002	10,39
67	Sericita pervasiva	48,81	32,17	3,74	0,049	0,049	0,006	10,62
68	Sericita pervasiva	47,72	30,49	4,93	0,095	0,035	0,01	10,73
69	Sericita pervasiva	47,15	30,22	4,93	0,093	0,127	0,019	10,65

(continua na próxima página)

APÊNDICE A (continuação)

Amostra	CaO	TiO ₂	BaO	NiO	F	Na ₂ O	MgO	Total
55	0,03	0,203	0,165	0,007	0,037	0,081	1,68	95,470
56	0,035	0,181	0,229	0	0,119	0,097	2,01	94,309
57	0,036	0,2	0,284	0	0,051	0,079	1,90	94,762
58	0,044	0,219	0,348	0,022	0,125	0,083	1,85	94,199
59	0	0,243	0,189	0,008	0,159	0,098	1,51	94,455
60	0,003	0,164	0,196	0	0,093	0,165	1,46	95,851
61	0,025	0,228	0,191	0,002	0,153	0,114	1,70	94,576
62	0,049	0,207	0,176	0	0,091	0,129	1,52	94,049
63	0,07	0,139	0,107	0,007	0,088	0,101	1,67	94,029
64	0,027	0,204	0,242	0,011	0,099	0,09	1,48	95,808
65	0,042	0,257	0,274	0	0,099	0,098	1,94	95,468
66	0,049	0,155	0,199	0	0,092	0,1	1,72	95,233
67	0,007	0,21	0,112	0,003	0,063	0,112	1,56	97,515
68	0,044	0,213	0,135	0	0,118	0,082	1,83	96,431
69	0,03	0,123	0,27	0,012	0,077	0,093	1,72	95,514

APÊNDICE B – Resultados das análises químicas de mica branca (apuf)

Amostra	Tipo Textural	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
1	Muscovita em halo	3,214	0,008	2,431	0,256	0,004	0,179	0,001	0,012	0,927	7,032
3	Muscovita em halo	3,238	0,014	2,369	0,267	0,005	0,189	0,004	0,013	0,943	7,042
4	Muscovita em halo	3,233	0,013	2,402	0,263	0,005	0,174	0,003	0,012	0,907	7,013
5	Muscovita em halo	3,230	0,011	2,393	0,288	0,006	0,169	0,005	0,014	0,907	7,023
6	Muscovita em halo	3,239	0,011	2,359	0,301	0,005	0,182	0,004	0,012	0,925	7,038
7	Muscovita em halo	3,232	0,011	2,476	0,162	0,004	0,169	0,001	0,014	0,913	6,982
8	Muscovita em halo	3,241	0,012	2,332	0,313	0,005	0,206	0,002	0,011	0,929	7,051
9	Muscovita em halo	3,223	0,008	2,407	0,272	0,004	0,179	0,002	0,012	0,927	7,035
10	Muscovita em halo	3,214	0,008	2,431	0,256	0,004	0,179	0,001	0,012	0,927	7,032
11	Muscovita em halo	3,227	0,017	2,427	0,238	0,003	0,167	0,003	0,012	0,912	7,005
12	Muscovita em halo	3,217	0,013	2,361	0,332	0,004	0,194	0,003	0,012	0,921	7,057
13	Muscovita em halo	3,244	0,004	2,341	0,315	0,007	0,195	0,002	0,013	0,934	7,055
14	Muscovita em halo	3,232	0,008	2,417	0,258	0,006	0,169	0,000	0,015	0,910	7,014
15	Muscovita em halo	3,256	0,012	2,418	0,183	0,004	0,184	0,004	0,013	0,913	6,986
16	Muscovita em halo	3,227	0,014	2,371	0,288	0,006	0,196	0,003	0,010	0,921	7,039
18	Muscovita em halo	3,204	0,009	2,497	0,194	0,005	0,165	0,000	0,013	0,915	7,002
19	Muscovita em halo	3,205	0,010	2,388	0,308	0,006	0,192	0,003	0,012	0,944	7,068
20	Muscovita em halo	3,218	0,008	2,516	0,159	0,002	0,157	0,004	0,016	0,888	6,968
21	Muscovita em halo	3,231	0,011	2,434	0,223	0,005	0,174	0,001	0,011	0,913	7,003
22	Muscovita pervasiva	3,208	0,012	2,433	0,273	0,005	0,162	0,001	0,016	0,924	7,033
23	Muscovita pervasiva	3,200	0,012	2,423	0,283	0,006	0,179	0,001	0,014	0,931	7,049
24	Muscovita pervasiva	3,204	0,016	2,456	0,225	0,004	0,172	0,001	0,016	0,931	7,025
25	Muscovita pervasiva	3,215	0,008	2,406	0,285	0,004	0,179	0,001	0,012	0,939	7,050
26	Muscovita pervasiva	3,241	0,011	2,402	0,251	0,004	0,178	0,002	0,014	0,905	7,007
27	Muscovita pervasiva	3,213	0,007	2,439	0,254	0,004	0,171	0,001	0,013	0,931	7,033

(continua na próxima página)

APÊNDICE B (continuação)

Amostra	Tipo textural	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
28	Muscovita pervasiva	3,171	0,009	2,534	0,199	0,005	0,162	0,001	0,020	0,925	7,025
29	Muscovita pervasiva	3,163	0,007	2,488	0,240	0,004	0,202	0,000	0,017	0,944	7,066
30	Muscovita pervasiva	3,181	0,008	2,513	0,239	0,004	0,142	0,000	0,014	0,923	7,023
32	Muscovita pervasiva	3,185	0,005	2,536	0,176	0,004	0,158	0,000	0,019	0,939	7,021
33	Muscovita pervasiva	3,199	0,005	2,539	0,179	0,005	0,154	0,000	0,016	0,876	6,973
34	Muscovita pervasiva	3,183	0,006	2,573	0,145	0,003	0,140	0,019	0,014	0,898	6,981
35	Muscovita pervasiva	3,211	0,004	2,570	0,113	0,004	0,144	0,002	0,017	0,891	6,955
36	Muscovita pervasiva	3,186	0,005	2,586	0,137	0,003	0,146	0,001	0,016	0,888	6,968
37	Muscovita pervasiva	3,228	0,010	2,395	0,281	0,005	0,177	0,000	0,010	0,925	7,032
38	Muscovita pervasiva	3,209	0,011	2,391	0,319	0,006	0,174	0,000	0,010	0,943	7,062
39	Muscovita pervasiva	3,198	0,010	2,451	0,255	0,005	0,168	0,002	0,013	0,945	7,046
40	Muscovita pervasiva	3,169	0,008	2,517	0,216	0,003	0,182	0,000	0,022	0,918	7,035
41	Muscovita pervasiva	3,170	0,016	2,479	0,297	0,005	0,146	0,002	0,015	0,902	7,033
42	Sericita em halo	3,262	0,010	2,316	0,306	0,005	0,195	0,004	0,010	0,934	7,042
43	Sericita em halo	3,232	0,008	2,396	0,287	0,004	0,175	0,002	0,012	0,906	7,022
44	Sericita em halo	3,255	0,009	2,322	0,313	0,007	0,200	0,002	0,012	0,921	7,042
46	Sericita em halo	3,249	0,007	2,492	0,133	0,003	0,172	0,000	0,012	0,876	6,943
47	Sericita em halo	3,198	0,009	2,425	0,272	0,005	0,184	0,002	0,011	0,960	7,067
48	Sericita em halo	3,168	0,017	2,321	0,425	0,009	0,239	0,002	0,013	0,931	7,126
49	Sericita em halo	3,211	0,010	2,366	0,321	0,008	0,197	0,001	0,014	0,950	7,078
50	Sericita em halo	3,217	0,013	2,440	0,241	0,004	0,167	0,000	0,018	0,919	7,018
51	Sericita em halo	3,241	0,009	2,335	0,316	0,006	0,192	0,001	0,013	0,953	7,066
52	Sericita em halo	3,216	0,013	2,400	0,287	0,007	0,183	0,002	0,011	0,916	7,035
53	Sericita em halo	3,240	0,010	2,396	0,254	0,003	0,176	0,001	0,011	0,935	7,025
54	Sericita em halo	3,240	0,013	2,445	0,196	0,004	0,164	0,003	0,011	0,909	6,984

(continua na próxima página)

APÊNDICE B (continuação)

Amostra	Tipo textural	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
55	Sericita em halo	3,215	0,010	2,459	0,226	0,005	0,169	0,002	0,011	0,907	7,004
56	Sericita em halo	3,214	0,009	2,355	0,326	0,006	0,208	0,003	0,013	0,942	7,077
57	Sericita pervasiva	3,210	0,010	2,375	0,324	0,006	0,195	0,003	0,011	0,928	7,061
58	Sericita pervasiva	3,223	0,011	2,372	0,299	0,005	0,191	0,003	0,011	0,939	7,055
59	Sericita pervasiva	3,176	0,013	2,479	0,270	0,003	0,155	0,000	0,013	0,937	7,047
60	Sericita pervasiva	3,179	0,008	2,570	0,162	0,003	0,145	0,000	0,021	0,896	6,986
61	Sericita pervasiva	3,212	0,012	2,434	0,253	0,004	0,173	0,002	0,015	0,923	7,028
62	Sericita pervasiva	3,195	0,011	2,499	0,203	0,002	0,155	0,004	0,017	0,933	7,020
63	Sericita pervasiva	3,193	0,007	2,439	0,281	0,005	0,172	0,005	0,014	0,941	7,057
64	Sericita pervasiva	3,188	0,010	2,507	0,223	0,002	0,149	0,002	0,012	0,923	7,016
65	Sericita pervasiva	3,205	0,013	2,354	0,341	0,008	0,198	0,003	0,013	0,951	7,087
66	Sericita pervasiva	3,231	0,008	2,411	0,268	0,004	0,174	0,004	0,013	0,901	7,014
67	Sericita pervasiva	3,211	0,010	2,495	0,206	0,003	0,153	0,000	0,014	0,891	6,984
68	Sericita pervasiva	3,209	0,011	2,417	0,277	0,005	0,183	0,003	0,011	0,921	7,037
69	Sericita pervasiva	3,209	0,006	2,425	0,281	0,005	0,174	0,002	0,012	0,925	7,040

APÊNDICE C – Resultados das análises químicas de clorita (wt%)

Amostra	Tipo Textural	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	ZnO	Cl	K ₂ O
1	Clorita venular	24,04	18,66	30,85	1,62	0,436	0,099	0,601
2	Clorita venular	23,79	18,89	33,45	1,92	0,451	0,005	0,009
4	Clorita venular	23,48	19,32	32,89	2,05	0,26	0	0,014
5	Clorita venular	24,77	19,87	32,32	1,85	0,429	0	0,019
6	Clorita venular	23,22	20,17	33,9	2,07	0,5	0,005	0
7	Clorita venular	23,91	20,6	34,46	2,14	0,369	0,011	0
8	Clorita venular	24,35	19,36	32,78	1,86	0,454	0	0,023
9	Clorita venular	23,73	19,89	32,86	1,87	0,314	0,069	0,017
10	Clorita venular	23,35	20,28	34,2	2,11	0,428	0,002	0,018
11	Clorita venular	23,46	20,11	35,4	2,17	0,319	0	0,012
12	Clorita venular	22,95	19,83	33,95	2,06	0,464	0	0,009
13	Clorita venular	23,08	20,5	33,44	2,09	0,402	0	0,036
14	Clorita venular	24,09	20,57	33,51	2,06	0,336	0	0,018
15	Clorita venular	24,24	19,73	33,34	2,01	0,326	0	0
16	Clorita venular	23,6	19,73	33,79	2,01	0,387	0,008	0,004
17	Clorita venular	24,54	20,57	34,68	2,05	0,396	0	0,005
18	Clorita venular	24,91	19,09	32,03	1,65	0,316	0,013	0,015
19	Clorita venular	24,69	18,19	31	1,6	0,459	0,014	0,03
20	Clorita venular	24,12	19,43	33,19	1,86	0,42	0,009	0,022
21	Clorita venular	24,77	18,99	31,21	1,6	0,437	0,005	0,003
24	Clorita venular	23,8	19,88	34,29	2,15	0,413	0	0,004
25	Clorita venular	25,67	17,94	31,31	1,46	0,402	0	0,025
26	Clorita venular	23,46	18,07	34,35	1,73	0,531	0,023	0,102
27	Clorita venular	24,58	18,06	31,27	1,42	0,515	0,046	0,06
28	Clorita venular	24,25	20,61	33,64	2,05	0,379	0,005	0,021

(continua na próxima página)

APÊNDICE C (continuação)

Amostra	CaO	TiO ₂	BaO	NiO	F	Na ₂ O	MgO	Total
1	0,093	0,267	0,017	0	0,005	0,02	8,24	84,347
2	0,044	0,012	0	0,007	0	0,003	8,71	87,282
4	0,069	0,058	0,044	0,007	0,03	0,036	7,96	86,204
5	0,073	0,072	0,023	0,005	0,034	0	7,85	87,296
6	0,064	0,026	0	0,033	0	0,005	7,33	87,323
7	0,037	0,045	0	0,022	0	0,021	7,33	88,945
8	0,147	0,062	0,004	0	0,047	0,029	8,32	87,413
9	0,07	0,033	0,014	0	0	0,005	7,4	86,255
10	0,076	0,017	0	0,002	0,011	0,01	7,28	87,766
11	0,01	0,053	0	0	0,001	0	6,98	88,503
12	0,059	0,011	0	0	0	0,012	7,17	86,506
13	0,041	0	0,025	0,009	0,02	0,025	6,94	86,572
14	0,034	0,037	0,037	0,028	0,086	0,014	7,56	88,362
15	0,038	0,001	0	0,005	0	0	7,8	87,49
16	0,048	0,093	0,037	0	0,003	0,007	7,36	87,073
17	0,04	0,046	0	0	0	0,036	7,22	89,578
18	0,027	0,085	0,022	0,003	0,044	0	9,65	87,84
19	0,038	0,018	0	0,006	0,018	0,004	10,34	86,377
20	0,028	0,073	0,033	0,002	0,007	0,024	8,54	87,736
21	0,01	0,042	0	0,006	0,069	0,003	10,03	87,172
24	0,014	0,038	0,016	0	0,001	0,01	7,55	88,162
25	0,05	0,037	0	0	0,025	0	10,96	87,854
26	0,119	0,095	0	0,002	0,025	0	7,77	86,175
27	0,084	0,027	0,024	0	0,071	0	9,47	85,567
28	0,009	0,047	0	0,017	0,027	0,007	7,56	88,601

(continua na próxima página)

APÊNDICE C (continuação)

Amostra	Tipo Textural	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	ZnO	Cl	K ₂ O
29	Clorita venular	24,51	20,1	32,42	1,9	0,377	0,022	0
30	Clorita venular	23,79	19,89	34,04	2,05	0,384	0	0,032
31	Clorita venular	24,43	19,67	32,24	1,78	0,465	0	0,031
32	Clorita venular	25,67	18,57	30,7	1,5	0,397	0,017	0
33	Clorita venular	22,99	18,73	34	1,97	0,402	0,009	0,023
34	Clorita venular	24,36	19,38	32,81	1,75	0,354	0	0,005
39	Clorita pervasiva	24,95	17,18	30,08	1,56	0,582	0,027	0,031
40	Clorita pervasiva	24,76	20,65	32,6	2,02	0,518	0	0,056
41	Clorita pervasiva	24,12	19,74	32,42	2,01	0,654	0	0
42	Clorita pervasiva	25,65	18,34	30,1	1,52	0,419	0,017	0,021
43	Clorita pervasiva	24,48	19,76	32,84	2,06	0,306	0	0,049
44	Clorita pervasiva	24,58	18,96	31,21	1,74	0,419	0	0,008
45	Clorita pervasiva	24,17	20,88	33,08	2,11	0,397	0,008	0,009
49	Clorita pervasiva	23,75	19,84	32,72	1,88	0,334	0,003	0
50	Clorita pervasiva	25,25	19,52	30,16	1,54	0,481	0,027	0,015
52	Clorita pervasiva	23,91	19,29	33,48	2,02	0,273	0	0,019
53	Clorita pervasiva	23,9	19,12	33,36	2,11	0,308	0,023	0
54	Clorita pervasiva	23,04	19,81	34,05	2,08	0,255	0	0
3-R	Clorita radial	24,26	21,27	31,05	1,95	0,363	0,027	0
5-R	Clorita radial	24,76	20,48	30,43	1,92	0,379	0,011	0,028
6-R	Clorita radial	24,81	20,46	30,71	1,86	0,338	0,017	0,082
9-R	Clorita radial	25,65	19,93	30,05	1,79	0,345	0	0,014
10-R	Clorita radial	25,76	19,07	30,36	1,95	0,412	0,013	0,027
13-R	Clorita radial	25,41	19,15	30,71	1,87	0,293	0,031	0,021
14-R	Clorita radial	23,64	21,1	31,22	2,03	0,276	0,008	0

(continua na próxima página)

APÊNDICE C (continuação)

Amostra	CaO	TiO ₂	BaO	NiO	F	Na ₂ O	MgO	Total
29	0,059	0,033	0,018	0	0,013	0	7,56	87,012
30	0,003	0,054	0	0,025	0	0,011	7,65	87,897
31	0,025	0,065	0	0	0,003	0,007	7,79	86,475
32	0,036	0,052	0	0	0,045	0,003	10,65	87,64
33	0,036	0,072	0,049	0,009	0	0	8,86	87,127
34	0,038	0,044	0,056	0,023	0,004	0,004	9,06	87,883
39	0,062	0,009	0	0	0	0,023	11,1	85,573
40	0,067	0,038	0	0,027	0	0	7,26	87,94
41	0,049	0,026	0,011	0	0,008	0,018	7,67	86,726
42	0,093	0,044	0,023	0	0,009	0	10,8	87,015
43	0,042	0,055	0,002	0	0,016	0,011	8,13	87,702
44	0,113	0,052	0	0,011	0,066	0,013	9,7	86,864
45	0,061	0,031	0	0,003	0,049	0,022	7,34	88,151
49	0,05	0,099	0,015	0	0,027	0,012	8,23	86,96
50	0,001	0,026	0	0,013	0,032	0,016	9,47	86,536
52	0,044	0,043	0,036	0,009	0,004	0	8,41	87,519
53	0,059	0,034	0,055	0,008	0	0,012	8,18	87,169
54	0,084	0,212	0	0,004	0	0,028	7,64	87,203
3-R	0,02	0	0	0	0,059	0,002	10,28	89,281
5-R	0,003	0,045	0	0	0,065	0,018	10,79	88,929
6-R	0,032	0,004	0	0,033	0,064	0	10,59	89
9-R	0,042	0,003	0,072	0,003	0	0,009	11,47	89,378
10-R	0,029	0	0,012	0,007	0,03	0,007	11,49	89,167
13-R	0,029	0	0,027	0	0,037	0,007	11,96	89,545
14-R	0,045	0,008	0	0	0,016	0,023	10,43	88,796

(continua na próxima página)

APÊNDICE C (continuação)

Amostra	Tipo Textural	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	ZnO	Cl	K ₂ O
16-R	Clorita radial	25,49	19,51	30,74	1,95	0,319	0,009	0,019
18-R	Clorita radial	24,53	20,71	31,38	1,97	0,336	0,014	0,009
19-R	Clorita radial	24,09	20,62	31,35	1,95	0,355	0,002	0,024
20-R	Clorita radial	24,86	21,11	30,42	1,71	0,338	0,003	0,137
21-R	Clorita radial	25,8	20,86	29,75	1,84	0,358	0,022	0,928
23-R	Clorita radial	25,38	19,93	30,09	1,7	0,346	0,025	0,011
25-R	Clorita radial	25,55	19,55	29,96	1,87	0,355	0,033	0,048
26-R	Clorita radial	24,21	21,36	30,79	1,92	0,33	0,003	0
27-R	Clorita radial	25,83	19,2	30,79	1,89	0,367	0	0,01
28-R	Clorita radial	24,57	20,78	30,9	1,93	0,337	0,025	0,018
30-R	Clorita radial	25,2	20,23	30,8	1,92	0,277	0,036	0,031
31-R	Clorita radial	24,55	20,96	30,98	1,98	0,339	0,002	0,028
32-R	Clorita radial	24,58	21,18	30,67	1,89	0,33	0,016	0,023
33-R	Clorita radial	25,67	19,76	30,98	1,89	0,28	0,016	0,016
35-R	Clorita radial	25,85	19,16	30,35	1,84	0,275	0,019	0,053
36-R	Clorita radial	24,06	21,16	31,59	1,96	0,301	0	0
38-R	Clorita radial	24,31	21,38	31,27	1,83	0,304	0,005	0,016
39-R	Clorita radial	24,47	20,85	30,86	1,92	0,378	0,022	0,042
40-R	Clorita radial	25,73	19,11	30,5	1,96	0,284	0,025	0,051
42-R	Clorita radial	24,09	21,26	31,62	1,91	0,386	0,041	0,034
44-R	Clorita radial	24,16	21,5	30,72	1,95	0,294	0,029	0,027

(continua na próxima página)

APÊNDICE C (continuação)

Amostra	CaO	TiO2	BaO	NiO	F	Na2O	MgO	Total
16-R	0,047	0,067	0,009	0	0,046	0	11,31	89,516
18-R	0	0,11	0,003	0	0,039	0,025	10,85	89,976
19-R	0,046	0,038	0	0	0,008	0,022	10,42	88,925
20-R	0,078	0,131	0,046	0,009	0	0	10,58	89,422
21-R	0,022	0,161	0	0,034	0,07	0,032	10,36	90,237
23-R	0,006	0,045	0	0,003	0,001	0	11,66	89,197
25-R	0	0,052	0,016	0	0,102	0	11,83	89,366
26-R	0	0,009	0	0,014	0,018	0	10,15	88,804
27-R	0,049	0	0,049	0	0,018	0,022	11,73	89,955
28-R	0,236	0,028	0	0	0,02	0,003	10,46	89,307
30-R	0,075	0,017	0,029	0	0,022	0,002	11,02	89,659
31-R	0,067	0,073	0	0	0,013	0,031	10,45	89,473
32-R	0,117	0	0,027	0	0	0,037	10,51	89,38
33-R	0,02	0,06	0,012	0	0,056	0,028	11,51	90,298
35-R	0	0,056	0	0,012	0,066	0,006	11,8	89,487
36-R	0,012	0,022	0	0	0	0,018	10,53	89,653
38-R	0,03	0,029	0	0	0,043	0	10,5	89,717
39-R	0,071	0,076	0	0	0	0,023	10,85	89,562
40-R	0,073	0,065	0	0,024	0	0	11,82	89,642
42-R	0,001	0,027	0,017	0,002	0,037	0,007	10,4	89,832
44-R	0,008	0,059	0	0,032	0	0,015	10,24	89,034

APÊNDICE D – Resultados das análises químicas de clorita (apuf)

Amostra	Tipo Textural	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Ni	Zn	Mg
1	Clorita venular	2,7642	0,0231	2,5287	2,9665	0,1578	0	0,037	1,4124
2	Clorita venular	2,6733	0,001	2,5018	3,1435	0,1827	0,0006	0,0374	1,4591
4	Clorita venular	2,6803	0,005	2,5992	3,1398	0,1982	0,0006	0,0219	1,3546
5	Clorita venular	2,7633	0,006	2,6125	3,0153	0,1748	0,0004	0,0353	1,3055
6	Clorita venular	2,625	0,0022	2,6874	3,205	0,1982	0,003	0,0417	1,2353
7	Clorita venular	2,6522	0,0038	2,693	3,1966	0,2011	0,002	0,0302	1,2121
8	Clorita venular	2,7283	0,0052	2,5566	3,0716	0,1765	0	0,0376	1,3897
9	Clorita venular	2,6989	0,0028	2,6661	3,1254	0,1801	0	0,0264	1,2547
10	Clorita venular	2,6288	0,0014	2,6909	3,22	0,2012	0,0002	0,0356	1,2218
11	Clorita venular	2,6276	0,0045	2,6546	3,3158	0,2059	0	0,0264	1,1654
12	Clorita venular	2,6229	0,0009	2,6711	3,2449	0,1994	0	0,0392	1,2216
13	Clorita venular	2,6294	0	2,7525	3,186	0,2017	0,0008	0,0338	1,1787
14	Clorita venular	2,677	0,0031	2,694	3,1141	0,1939	0,0025	0,0276	1,2524
15	Clorita venular	2,7179	0,0001	2,6073	3,1263	0,1909	0,0005	0,027	1,3038
16	Clorita venular	2,675	0,0079	2,6357	3,203	0,193	0	0,0324	1,2437
17	Clorita venular	2,6969	0,0038	2,6643	3,1873	0,1908	0	0,0321	1,1829
18	Clorita venular	2,7558	0,0071	2,489	2,9634	0,1546	0,0003	0,0258	1,5915
19	Clorita venular	2,7684	0,0015	2,4038	2,9069	0,152	0,0005	0,038	1,7284
20	Clorita venular	2,6965	0,0061	2,56	3,103	0,1761	0,0002	0,0347	1,4233
21	Clorita venular	2,7538	0,0035	2,4882	2,9018	0,1507	0,0005	0,0359	1,6624
24	Clorita venular	2,6647	0,0032	2,6233	3,2107	0,2039	0	0,0341	1,2602
25	Clorita venular	2,8241	0,0031	2,3261	2,8806	0,136	0	0,0327	1,7975
26	Clorita venular	2,6966	0,0082	2,448	3,302	0,1684	0,0002	0,0451	1,3314
27	Clorita venular	2,7951	0,0023	2,4204	2,9737	0,1368	0	0,0432	1,6053
28	Clorita venular	2,6845	0,0039	2,6889	3,1143	0,1922	0,0015	0,031	1,2476

(continua na próxima página)

APÊNDICE D (continuação)

Amostra	Ca	Ba	Na	K	F	Cl	Al ^{IV}	Al ^{VI}	H ₂ O (c)
1	0,0115	0,0008	0,0045	0,0882	0,0018	0,0193	1,2358	1,293	10,4029
2	0,0053	0	0,0007	0,0013	0	0,001	1,3267	1,1751	10,6711
4	0,0084	0,002	0,008	0,002	0,0108	0	1,3197	1,2795	10,4919
5	0,0087	0,001	0	0,0027	0,0121	0	1,2367	1,3758	10,7344
6	0,0078	0	0,0011	0	0	0,001	1,375	1,3124	10,6054
7	0,0044	0	0,0045	0	0	0,0021	1,3478	1,3452	10,8096
8	0,0176	0,0002	0,0063	0,0033	0,0167	0	1,2717	1,2849	10,6816
9	0,0085	0,0006	0,0011	0,0025	0	0,0133	1,3011	1,3649	10,5277
10	0,0092	0	0,0022	0,0026	0,0039	0,0004	1,3712	1,3197	10,6471
11	0,0012	0	0	0,0017	0,0004	0	1,3724	1,2821	10,7076
12	0,0072	0	0,0027	0,0013	0	0	1,3771	1,294	10,4939
13	0,005	0,0011	0,0055	0,0052	0,0072	0	1,3706	1,3819	10,5179
14	0,004	0,0016	0,003	0,0026	0,0303	0	1,323	1,371	10,7519
15	0,0046	0	0	0	0	0	1,2821	1,3252	10,6963
16	0,0058	0,0016	0,0015	0,0006	0,0011	0,0015	1,325	1,3107	10,5775
17	0,0047	0	0,0077	0,0007	0	0	1,3031	1,3612	10,913
18	0,0032	0,001	0	0,0021	0,0154	0,0024	1,2442	1,2448	10,8168
19	0,0046	0	0,0009	0,0043	0,0064	0,0027	1,2316	1,1723	10,6836
20	0,0034	0,0014	0,0052	0,0031	0,0025	0,0017	1,3035	1,2565	10,7224
21	0,0012	0	0,0006	0,0004	0,0243	0,0009	1,2462	1,2421	10,7537
24	0,0017	0,0007	0,0022	0,0006	0,0004	0	1,3353	1,288	10,7115
25	0,0059	0	0	0,0035	0,0087	0	1,1759	1,1501	10,8898
26	0,0147	0	0	0,015	0,0091	0,0045	1,3034	1,1446	10,4162
27	0,0102	0,0011	0	0,0087	0,0255	0,0089	1,2049	1,2154	10,5017
28	0,0011	0	0,0015	0,003	0,0095	0,0009	1,3155	1,3734	10,8201

(continua na próxima página)

APÊNDICE D (continuação)

Amostra	Tipo Textural	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Ni	Zn	Mg
29	Clorita venular	2,7463	0,0028	2,6544	3,038	0,1803	0	0,0312	1,2628
30	Clorita venular	2,6671	0,0046	2,6281	3,1915	0,1947	0,0023	0,0318	1,2785
31	Clorita venular	2,7535	0,0055	2,6129	3,0389	0,1699	0	0,0387	1,3089
32	Clorita venular	2,8208	0,0043	2,405	2,8213	0,1396	0	0,0322	1,7446
33	Clorita venular	2,5908	0,0061	2,4876	3,2042	0,188	0,0008	0,0334	1,4884
34	Clorita venular	2,708	0,0037	2,5392	3,0503	0,1648	0,0021	0,0291	1,5015
39	Clorita pervasiva	2,8142	0,0008	2,2838	2,8373	0,149	0	0,0485	1,8664
40	Clorita pervasiva	2,7426	0,0032	2,6958	3,0198	0,1895	0,0024	0,0424	1,1988
41	Clorita pervasiva	2,7236	0,0022	2,6271	3,0615	0,1922	0	0,0545	1,2911
42	Clorita pervasiva	2,8325	0,0037	2,3869	2,7797	0,1422	0	0,0342	1,7779
43	Clorita pervasiva	2,7283	0,0046	2,5955	3,0608	0,1945	0	0,0252	1,3508
44	Clorita pervasiva	2,7475	0,0044	2,4978	2,9175	0,1647	0,001	0,0346	1,6164
45	Clorita pervasiva	2,6838	0,0026	2,7325	3,0718	0,1984	0,0003	0,0325	1,215
49	Clorita pervasiva	2,6757	0,0084	2,6344	3,0828	0,1794	0	0,0278	1,3822
50	Clorita pervasiva	2,8037	0,0022	2,5545	2,8006	0,1448	0,0012	0,0394	1,5676
52	Clorita pervasiva	2,6824	0,0036	2,5505	3,1411	0,1919	0,0008	0,0226	1,4065
53	Clorita pervasiva	2,6982	0,0029	2,544	3,1496	0,2018	0,0007	0,0257	1,3767
54	Clorita pervasiva	2,6073	0,018	2,6421	3,2224	0,1994	0,0004	0,0213	1,2889
3-R	Clorita radial	2,6497	0	2,7326	2,8623	0,0935	0	0	1,6459
5-R	Clorita radial	2,7053	0	2,657	2,828	0,0955	0	0	1,6804
6-R	Clorita radial	2,7053	0	2,657	2,828	0,0955	0	0	1,6804
9-R	Clorita radial	2,7795	0	2,4896	2,7893	0,0942	0	0	1,8232
10-R	Clorita radial	2,7795	0	2,4896	2,7893	0,0942	0	0	1,8232
13-R	Clorita radial	2,7795	0	2,4896	2,7893	0,0942	0	0	1,8232
14-R	Clorita radial	2,5477	0	2,7416	2,8717	0,1876	0	0	1,6513

(continua na próxima página)

APÊNDICE D (continuação)

Amostra	Ca	Ba	Na	K	F	Cl	Al ^{IV}	Al ^{VI}	H ₂ O (c)
29	0,0071	0,0008	0	0	0,0046	0,0042	1,2537	1,4007	10,6917
30	0,0004	0	0,0024	0,0046	0	0	1,3329	1,2951	10,6961
31	0,003	0	0,0015	0,0045	0,0011	0	1,2465	1,3665	10,6393
32	0,0042	0	0,0006	0	0,0157	0,0032	1,1792	1,2258	10,8885
33	0,0043	0,0022	0	0,0033	0	0,0017	1,4092	1,0784	10,6398
34	0,0045	0,0024	0,0009	0,0007	0,0014	0	1,292	1,2472	10,785
39	0,0075	0	0,005	0,0045	0	0,0052	1,1858	1,098	10,6263
40	0,008	0	0	0,0079	0	0	1,2574	1,4384	10,8276
41	0,0059	0,0005	0,0039	0	0,0029	0	1,2764	1,3507	10,6174
42	0,011	0,001	0	0,003	0,0032	0,0032	1,1675	1,2194	10,8522
43	0,005	0,0001	0,0024	0,007	0,0057	0	1,2717	1,3238	10,7537
44	0,0135	0	0,0028	0,0011	0,0233	0	1,2525	1,2453	10,6983
45	0,0073	0	0,0047	0,0013	0,0173	0,0015	1,3162	1,4163	10,7756
49	0,006	0,0007	0,0026	0	0,0096	0,0006	1,3243	1,3101	10,6319
50	0,0001	0	0,0034	0,0021	0,0113	0,0051	1,1963	1,3582	10,779
52	0,0053	0,0016	0	0,0027	0,0014	0	1,3176	1,2328	10,6881
53	0,0071	0,0024	0,0026	0	0	0,0044	1,3018	1,2422	10,6171
54	0,0102	0	0,0061	0	0	0	1,3927	1,2494	10,5979
3-R	0	0	0	0	0	0	1,3503	1,3823	10,8629
5-R	0	0	0	0	0	0	1,2947	1,3623	10,6398
6-R	0	0	0	0	0	0	1,2947	1,3623	10,6398
9-R	0	0	0	0	0	0	1,2205	1,2691	10,7874
10-R	0	0	0	0	0	0	1,2205	1,2691	10,7874
13-R	0	0	0	0	0	0	1,2205	1,2691	10,7874
14-R	0	0	0	0	0	0	1,4523	1,2893	10,8272

(continua na próxima página)

APÊNDICE D (continuação)

Amostra	Tipo Textural	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Ni	Zn	Mg
16-R	Clorita radial	2,7795	0	2,4896	2,7893	0,0942	0	0	1,8232
18-R	Clorita radial	2,6872	0	2,6392	2,9027	0,0948	0	0	1,6692
19-R	Clorita radial	2,6872	0	2,6392	2,9027	0,0948	0	0	1,6692
20-R	Clorita radial	2,6673	0	2,7507	2,7883	0,0941	0	0	1,6568
21-R	Clorita radial	2,7919	0	2,6323	2,7084	0,0946	0	0	1,6648
23-R	Clorita radial	2,7795	0	2,4896	2,7893	0,0942	0	0	1,8232
25-R	Clorita radial	2,7981	0	2,5063	2,7144	0,0948	0	0	1,8353
26-R	Clorita radial	2,6673	0	2,7507	2,7883	0,0941	0	0	1,6568
27-R	Clorita radial	2,7795	0	2,4896	2,7893	0,0942	0	0	1,8232
28-R	Clorita radial	2,7053	0	2,657	2,828	0,0955	0	0	1,6804
30-R	Clorita radial	2,741	0	2,5844	2,7507	0,0929	0	0	1,7979
31-R	Clorita radial	2,7053	0	2,657	2,828	0,0955	0	0	1,6804
32-R	Clorita radial	2,6673	0	2,7507	2,7883	0,0941	0	0	1,6568
33-R	Clorita radial	2,7795	0	2,4896	2,7893	0,0942	0	0	1,8232
35-R	Clorita radial	2,7795	0	2,4896	2,7893	0,0942	0	0	1,8232
36-R	Clorita radial	2,6497	0	2,7326	2,8623	0,0935	0	0	1,6459
38-R	Clorita radial	2,6497	0	2,7326	2,8623	0,0935	0	0	1,6459
39-R	Clorita radial	2,7053	0	2,657	2,828	0,0955	0	0	1,6804
40-R	Clorita radial	2,7795	0	2,4896	2,7893	0,0942	0	0	1,8232
42-R	Clorita radial	2,6497	0	2,7326	2,8623	0,0935	0	0	1,6459
44-R	Clorita radial	2,6673	0	2,7507	2,7883	0,0941	0	0	1,6568

(continua na próxima página)

APÊNDICE D (continuação)

Amostra	Ca	Ba	Na	K	F	Cl	Al ^{IV}	Al ^{VI}	H ₂ O (c)
16-R	0	0	0	0	0	0	1,2205	1,2691	10,7874
18-R	0	0	0	0	0	0	1,3128	1,3264	10,7115
19-R	0	0	0	0	0	0	1,3128	1,3264	10,7115
20-R	0	0	0	0	0	0	1,3327	1,418	10,7913
21-R	0	0	0	0	0	0	1,2081	1,4242	10,7395
23-R	0	0	0	0	0	0	1,2205	1,2691	10,7874
25-R	0	0	0	0	0	0	1,2019	1,3043	10,7158
26-R	0	0	0	0	0	0	1,3327	1,418	10,7913
27-R	0	0	0	0	0	0	1,2205	1,2691	10,7874
28-R	0	0	0	0	0	0	1,2947	1,3623	10,6398
30-R	0	0	0	0	0	0	1,259	1,3253	10,9389
31-R	0	0	0	0	0	0	1,2947	1,3623	10,6398
32-R	0	0	0	0	0	0	1,3327	1,418	10,7913
33-R	0	0	0	0	0	0	1,2205	1,2691	10,7874
35-R	0	0	0	0	0	0	1,2205	1,2691	10,7874
36-R	0	0	0	0	0	0	1,3503	1,3823	10,8629
38-R	0	0	0	0	0	0	1,3503	1,3823	10,8629
39-R	0	0	0	0	0	0	1,2947	1,3623	10,6398
40-R	0	0	0	0	0	0	1,2205	1,2691	10,7874
42-R	0	0	0	0	0	0	1,3503	1,3823	10,8629
44-R	0	0	0	0	0	0	1,3327	1,418	10,7913

APÊNDICE E – Temperaturas obtidas a partir do geotermômetro da clorita

Amostra	Tipo textural	TC&N85	TK&ML87	TC88	TZ&F95
1	Clorita venular	276	330	336	248
2	Clorita venular	295	350	365	267
4	Clorita venular	293	350	363	264
5	Clorita venular	276	332	336	247
6	Clorita venular	305	363	381	274
7	Clorita venular	299	358	372	268
8	Clorita venular	283	339	348	255
9	Clorita venular	290	347	357	259
10	Clorita venular	304	362	380	273
11	Clorita venular	305	364	380	272
12	Clorita venular	306	364	381	274
13	Clorita venular	304	363	379	272
14	Clorita venular	294	351	364	264
15	Clorita venular	285	342	351	256
16	Clorita venular	295	352	365	263
17	Clorita venular	290	348	358	258
18	Clorita venular	277	330	339	253
19	Clorita venular	275	326	335	252
20	Clorita venular	290	345	358	262
21	Clorita venular	278	329	339	255
24	Clorita venular	297	354	368	266
25	Clorita venular	263	313	317	241
26	Clorita venular	290	347	358	260
27	Clorita venular	269	322	326	245
28	Clorita venular	293	350	362	262
29	Clorita venular	279	336	342	250
30	Clorita venular	296	354	367	266
31	Clorita venular	278	334	339	249
32	Clorita venular	264	314	318	242
33	Clorita venular	312	367	392	285
34	Clorita venular	288	342	354	261
39	Clorita pervasiva	265	314	320	245
40	Clorita pervasiva	280	338	343	249

(continua na próxima página)

APÊNDICE E (continuação)

Amostra	Tipo textural	TC&N85	TK&ML87	TC88	TZ&F95
41	Clorita pervasiva	284	341	349	255
42	Clorita pervasiva	261	311	314	240
43	Clorita pervasiva	283	339	348	255
44	Clorita pervasiva	279	331	341	255
45	Clorita pervasiva	293	350	362	262
49	Clorita pervasiva	294	350	364	266
50	Clorita pervasiva	267	319	323	243
52	Clorita pervasiva	293	349	362	265
53	Clorita pervasiva	290	346	357	261
54	Clorita pervasiva	309	366	386	278
3-R	Clorita radial	300	351	373	277
5-R	Clorita radial	288	339	355	266
6-R	Clorita radial	288	339	355	266
9-R	Clorita radial	272	322	331	252
10-R	Clorita radial	272	322	331	252
13-R	Clorita radial	272	322	331	252
14-R	Clorita radial	322	373	406	298
16-R	Clorita radial	272	322	331	252
18-R	Clorita radial	292	343	361	269
19-R	Clorita radial	292	343	361	269
20-R	Clorita radial	296	347	367	274
21-R	Clorita radial	270	320	327	248
23-R	Clorita radial	272	322	331	252
25-R	Clorita radial	268	317	325	249
26-R	Clorita radial	296	347	367	274
27-R	Clorita radial	272	322	331	252
28-R	Clorita radial	288	339	355	266
30-R	Clorita radial	281	330	343	260
31-R	Clorita radial	288	339	355	266
32-R	Clorita radial	296	347	367	274
33-R	Clorita radial	272	322	331	252
35-R	Clorita radial	272	322	331	252
36-R	Clorita radial	300	351	373	277
38-R	Clorita radial	300	351	373	277

(continua na próxima página)

APÊNDICE E (continuação)

Amostra	Tipo textural	TC&N85	TK&ML87	TC88	TZ&F95
39-R	Clorita radial	288	339	355	266
40-R	Clorita radial	272	322	331	252
42-R	Clorita radial	300	351	373	277
44-R	Clorita radial	296	347	367	274

APÊNDICE F – Medidas de tendência central da temperatura

Medidas de tendência central	TC&N85	TK&ML87	TC88	TZ&F95
Média	286,5	340	352,6	261
Moda	272	322	331	252
Mediana	288	342	355	261

TC&N85: Cathelineau & Nieve (1985); TK&ML 87: Kranidiotis & MacLean (1987); Cathelineau (1988); TZ&F95: Zang & Fyfe (1995).

APÊNDICE G – Pressões obtidas a partir do geobarômetro da mica branca

Amostra	Tipo textural	Pressão
1	Muscovita em halo	3,49
3	Muscovita em halo	3,79
4	Muscovita em halo	3,57
5	Muscovita em halo	3,79
6	Muscovita em halo	4,12
7	Muscovita em halo	2,33
8	Muscovita em halo	4,55
9	Muscovita em halo	3,71
10	Muscovita em halo	3,49
11	Muscovita em halo	3,17
12	Muscovita em halo	4,55
13	Muscovita em halo	4,48
14	Muscovita em halo	3,46
15	Muscovita em halo	7,24
16	Muscovita em halo	4,10
18	Muscovita em halo	2,56
19	Muscovita em halo	4,19
20	Muscovita em halo	2,13
21	Muscovita em halo	3,10
22	Muscovita pervasiva	3,45
23	Muscovita pervasiva	3,73
24	Muscovita pervasiva	2,98
25	Muscovita pervasiva	3,82
26	Muscovita pervasiva	3,51
27	Muscovita pervasiva	3,36

Amostra	Tipo textural	Pressão
28	Muscovita pervasiva	2,46
29	Muscovita pervasiva	3,37
30	Muscovita pervasiva	2,74
32	Muscovita pervasiva	2,19
33	Muscovita pervasiva	2,27
34	Muscovita pervasiva	1,61
35	Muscovita pervasiva	1,41
36	Muscovita pervasiva	1,63
37	Muscovita pervasiva	3,81
38	Muscovita pervasiva	4,13
39	Muscovita pervasiva	3,26
40	Muscovita pervasiva	2,88
41	Muscovita pervasiva	3,41
42	Sericita em halo	7,95
43	Sericita em halo	3,87
44	Sericita em halo	7,82
46	Sericita em halo	2,13
47	Sericita em halo	3,66
48	Sericita em halo	5,98
49	Sericita em halo	4,42
50	Sericita em halo	3,17
51	Sericita em halo	4,41
52	Sericita em halo	3,89
53	Sericita em halo	3,50
54	Sericita em halo	2,69

APÊNDICE G (continuação)

Amostra	Tipo textural	Pressão
55	Sericita em halo	3,02
56	Sericita em halo	4,63
57	Sericita pervasiva	4,44
58	Sericita pervasiva	4,14
59	Sericita pervasiva	3,22
60	Sericita pervasiva	1,87
61	Sericita pervasiva	3,37
62	Sericita pervasiva	2,51
63	Sericita pervasiva	3,61
64	Sericita pervasiva	2,65
65	Sericita pervasiva	4,64
66	Sericita pervasiva	3,64
67	Sericita pervasiva	2,60
68	Sericita pervasiva	3,76
69	Sericita pervasiva	3,70

