

**GRANITOS RAPAKIVI E ROCHAS ASSOCIADAS DA SUÍTE INTRUSIVA  
SÃO LOURENÇO-CARIPUNAS (1,32 – 1,30 Ga) NO DISTRITO MINEIRO  
SÃO LOURENÇO-MACISA, NW DA PROVÍNCIA ESTANÍFERA DE  
RONDÔNIA: II – PETROGRAFIA DAS FÁCIES GRANÍTICAS TARDIAS E  
DOS DEPÓSITOS DE ESTANHO E METAIS BASE ASSOCIADOS**

*RAPAKIVI GRANITES AND RELATED ROCKS OF THE SÃO LOURENÇO-CARIPUNAS  
INTRUSIVE SUITE (1.32 – 1.30 Ga) AT THE SÃO LOURENÇO-MACISA MINING DISTRICT,  
NW PART OF THE RONDÔNIA TIN PROVINCE: II – PETROGRAPHY OF THE LATE-STAGE  
GRANITIC FACIES AND THE ASSOCIATED TIN AND BASE METAL DEPOSITS*

**Marly Aparecida da SILVA<sup>1</sup>, Washington Barbosa LEITE JUNIOR<sup>2</sup>, Bruno Leonelo  
PAYOLLA<sup>3</sup>, Matheus Ramos CIOTTA<sup>4</sup>, Jorge Silva BETTENCOURT<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Unidade de Araxá. Avenida Ministro Olavo Drummond, 25, Araxá (MG).  
E-mail: marly.silva@unesp.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Departamento de Geologia –. Avenida 24A, 1.515, Bela  
Vista, Rio Claro (SP). E-mail: w.leite@unesp.br

<sup>3</sup>Consultor independente. SHCGN 703, Casa 38, Brasília (DF). E-mail: blpayolla@gmail.com

<sup>4</sup>MRC Serviços Geológicos. Rua Edvard de Vita Godoy, Parque Maria Domitila, 273, São Paulo (SP).  
E-mail: matheus\_ciotta@hotmail.com

<sup>5</sup>Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências –. Rua do Lago, 562, Cidade Universitária, São Paulo (SP).  
E-mail: jsbetten@usp.br

Introdução

Contexto geológico regional

Materiais e métodos

Geologia do distrito mineiro São Lourenço-Macisa

Petrografia das fácies graníticas tardias

Sienogranitos com ± biotita

Sienogranitos com ± biotita ± topázio

Sienogranitos e álcali-feldspato granitos pórfiros com biotita

Petrografia dos veios e vênulas de greisen e de quartzo

Mica-quartzo greisen: fengita-quartzo greisen e muscovita-quartzo greisen

Topázio-mica-quartzo greisen: topázio-siderofilita com lítio-quartzo greisen e topázio-fengita com lítio-quartzo greisen

Veios e vênulas de quartzo

Discussão dos resultados

Conclusões

Agradecimentos

Referências

**RESUMO** - Sienogranitos com ± biotita, sienogranitos com ± biotita ± topázio e sienogranitos e álcali-feldspato granitos pórfiros com biotita são as principais fácies graníticas tardias da Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas reconhecidas no distrito mineiro São Lourenço-Macisa. Essas rochas ocorrem principalmente nos *stocks* Saubinha e Pascana e apresentam características petrográficas semelhantes com outros granitos com ± biotita associados espacialmente com os depósitos de estanho na Província Estanífera de Rondônia, assim como com os granitos rapakivi evoluídos do sul da Finlândia. Os sienogranitos com ± biotita ± topázio mostram ainda uma filiação com os granitos especializados a metais raros relacionados com depósitos tipo greisen. Os depósitos primários de estanho e metais base ocorrem como sistemas de veios e vênulas de greisen e de quartzo subparalelos ou em *stockwork* nos endo- e exocontatos desses *stocks*. Dois tipos petrográficos de veio e vênula de greisen e de quartzo são reconhecidos no distrito. A cassiterita ocorre principalmente nos veios e vênulas de greisen e de quartzo com mica com lítio e topázio, enquanto os sulfetos (esfalerita, calcopirita, galena, pirita e arsenopirita) nos veios e vênulas de quartzo com carbonato, clorita e fluorita e nas zonas cloritizadas. No geral, uma sequência de processos de alteração hidrotermal pós-magmáticos pode ser assim definida para o distrito: greisenização I / silicificação I → cloritização / silicificação II → greisenização II / silicificação III (?).

**Palavras-chave:** Granito Rapakivi. Greisen. Petrografia. Província Estanífera de Rondônia.

**ABSTRACT** - Syenogranites with ± biotite, syenogranites with ± biotite ± topaz and syenogranites and alkali-feldspar granites porphyries with biotite are the main late granitic facies of the São Lourenço-Caripunas Intrusive Suite recognized in the São Lourenço-Macisa mining district. These rocks occur mainly in the Saubinha and Pascana *stocks* and have similar petrographic characteristics with other granites with ± biotite spatially associated with the tin deposits in the Rondônia Tin Province, as well as with the evolved rapakivi granites of southern Finland. Syenogranites with ± biotite ± topaz also show an affiliation with granites specialized to rare metals related to greisen-type deposits. The primary deposits of tin and base metals occur as subparallel greisen and quartz veins and veinlets systems or in stockwork in the endo- and exocontacts of these *stocks*. Two petrographic types of greisen and quartz vein and veinlet are recognized in the district. Cassiterite occurs mainly in the veins and veinlets of greisen and quartz with lithium mica and topaz, while sulfides (sphalerite, chalcopyrite, galena, pyrite, and arsenopyrite) in the veins and veinlets of quartz with carbonate, chlorite, and fluorite and in chloritized zones. In general, a sequence of post-magmatic hydrothermal alteration processes can be defined as follows for the district: greisenization I/silicification I → chloritization/silicification II → greisenization II/silicification III (?).

**Keywords:** Rapakivi Granite, Greisen. Petrography. Rondônia Tin Province.

## INTRODUÇÃO

Granitos rapakivi (*sensu stricto*) são, de acordo com Haapala & Rämö (1992), granitos tipo-A caracterizados pela presença de textura rapakivi em algumas variedades, pelo menos nos grandes batólitos. Entre outros atributos desses granitos, destacam-se o caráter multifásico e epizonal dos plútons e a pequena variação composicional das fácies félsicas, com conteúdo relativamente alto em feldspato alcalino e a presença de silicatos máficos ricos em ferro (Rämö & Haapala, 1995).

Originalmente, a textura rapakivi (*sensu stricto*; Vorm, 1976) inclui fenocristais ovoides de feldspato alcalino com ou sem manto de plagioclásio (oligoclásio-andesina) e ocorrência de duas gerações de feldspato alcalino e quartzo, com quartzo idiomórfico mais antigo cristalizado em alta temperatura.

Contudo, na literatura, a textura rapakivi (*sensu lato*) refere-se apenas aos cristais ovalados ou tabulares de feldspato alcalino manteados por plagioclásio e, quando o inverso é observado, a textura é denominada de anti-rapakivi.

Assim, os diferentes tipos texturais de granitos rapakivi (*sensu stricto*) são viborgitos (com fenocristais ovoides de feldspato alcalino manteados), piterlitos (com fenocristais ovoides de feldspato alcalino não manteados), granitos porfiríticos e granitos equigranulares, enquanto os granitos rapakivi (*sensu lato*) são granitos com feldspato alcalino manteados com relação espacial e temporal indiferente aos processos orogênicos (cf. Rämö & Haapala, 1995).

Na Província Estanífera de Rondônia predominam os granitos rapakivi porfiríticos e equigranulares com hornblenda e/ou biotita, com as ocorrências de viborgitos e/ou piterlitos restritas a alguns maciços (Isotta et al., 1978; Bettencourt & Kaedei, 1984; Bettencourt et al., 1995).

Os granitos associados espacialmente com as mineralizações estaníferas são biotita granitos e granitos com mica de lítio e ferro com ou sem topázio e representam as fases tardias nos plútons multifásicos. Os biotita granitos contêm microclínio e plagioclásio (albita-oligoclásio) ao passo que os granitos com mica de lítio e ferro apre-

sentam microclínio e albita.

Os cristais de microclínio dos primeiros são sempre peritéticos com albita sob a forma de filmes, veios e manchas e, também, intergranular, enquanto nos granitos com mica de lítio e ferro, o quartzo e, mais raramente o microclínio, mostra textura “bola de neve” (Leite Júnior, 2002; Sparrenberger, 2003; Ciotta, 2022, Debowski et al., 2022). Granitos peralcalinos e sienitos são aparentemente mais raros na província (Waghorn, 1974; Romanini, 1982; Leite Júnior, 2002; Leite Júnior et al., 2014b).

A Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas – SISLC (1,32 – 1,30 Ga) inclui, segundo Bettencourt et al. (1999), tipos viborgíticos, piterlíticos, porfiríticos e equigranulares, assim como tipos félsicos subvulcânicos e vulcânicos, os quais são reconhecidos nos maciços São Lourenço e Caripunas.

Os viborgitos e piterlitos contêm hornblenda e biotita como minerais máficos principais, enquanto os tipos porfiríticos e equigranulares são predominantemente biotita granitos, e são interpretados como intrusões precoces e tardias da SISLC, respectivamente (Isotta et al., 1978; Silva et al., 2022). Os depósitos primários de estanho e metais base ocorrem associados espacialmente aos biotita granitos no distrito mineiro São Lourenço-Macisa no maciço São Lourenço (Isotta et al., 1978; Bettencourt et al., 1987).

Neste trabalho são apresentados e discutidos os principais aspectos petrográficos reconhecidos nas fácies graníticas tardias da SISLC, no distrito São Lourenço-Macisa, assim como nos principais produtos de processos hidrotermais pós-magmáticos relacionados com os depósitos primários de estanho e metais base.

As fácies graníticas tardias representam, aparentemente, intrusões menores quando comparadas com os viborgitos, piterlitos e granitos pórfiros com hornblenda e biotita, os quais se estendem para além dos limites do distrito no maciço São Lourenço e são registrados também no maciço Caripunas ao nordeste (Isotta et al., 1978; Bettencourt e Kaedei, 1984; Bettencourt et al., 1999; Rizzotto et al., 2005).

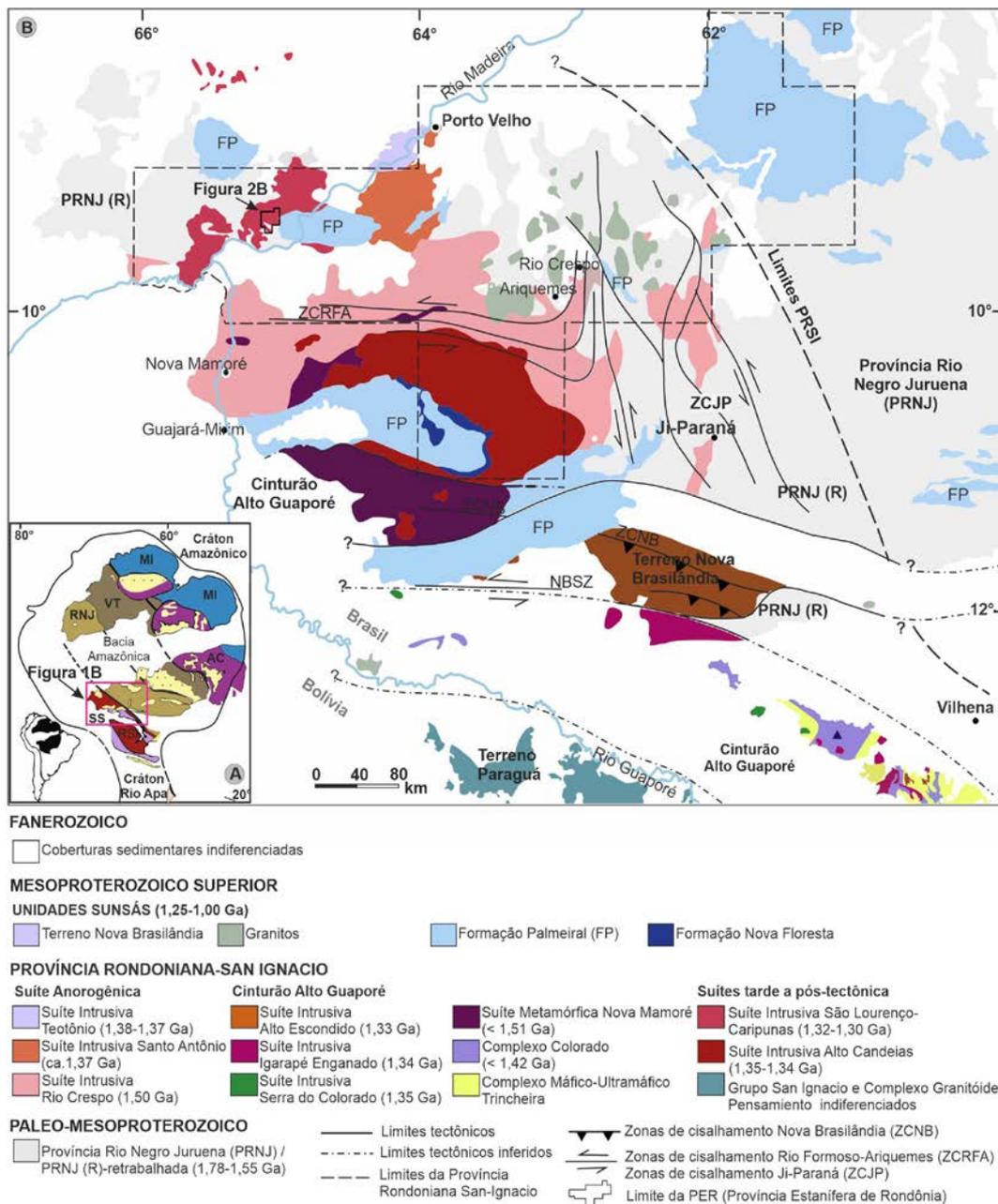
## CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A Província Estanífera de Rondônia – PER (Isotta et al., 1978), com cerca de 87.000 km<sup>2</sup>, abrange parte dos estados de Rondônia, Ama-

zonas e Mato Grosso. A PER situa-se na porção norte da borda SW do Cráton Amazônico e inclui principalmente rochas proterozoicas associadas

ao desenvolvimento das províncias geocronológicas Rio Negro-Juruena (1,80 – 1,55 Ga), Rondoniana-San Ignácio (1,56 – 1,30 Ga) e Sunsás-

Aguapeí (1,20 – 0,95 Ga) (Tassinari e Macambira, 2004; Bettencourt et al., 2010b; Teixeira et al., 2010) (Figuras 1A e B).



**Figura 1** - A) Províncias geocronológicas do Cráton Amazônico segundo Tassinari e Macambira (2004). B) Mapa geológico simplificado da borda sudoeste do Cráton Amazônico (extraído e modificado de Bettencourt et al., 2010a), com os limites da Província Estanífera de Rondônia e a localização da área de estudo. Abreviações: AC: Amazônia Central; MI: Maroni-Itacaiúnas; VT: Ventuari-Tapajós; RNJ: Rio Negro-Juruena; RSI: Rondoniana-San Ignácio; SS: Sunsás; PRNJ: Província Rio Negro-Juruena; PRNJ (R): Província Rio Negro-Juruena retrabalhada; ZCNB: Zona de Cisalhamento Nova Brasilândia; FP: Formação Palmeiral; ZCJP: Zonas de Cisalhamento Ji-Paraná; PRSI: Província Rondoniana-San Ignácio; ZCRFA: Zonas de Cisalhamento Rio Formoso-Ariquemes.

As coberturas sedimentares cenozoicas cobrem discordantemente as áreas de rochas proterozoicas (Quadros & Rizzotto, 2007; Buch et al, 2019).

Rochas paleo- e mesoproterozoicas pertencentes à província Rio Negro-Juruena (1,80 – 1,55 Ga), como gnaisses dioríticos e tonalítitos do Complexo Jamari (1,76 – 1,73 Ga), rochas metavulcanossedimentares da Formação Mutum-

Paraná (ca. 1,75 Ga) e rochas metassedimentares da Suíte Metamórfica ou Complexo Quatro Cachoeiras (1,66 – 1,60 Ga) (Payolla et al., 2002; Silva et al., 2002; Quadros & Rizzotto, 2007; Santos et al., 2001, 2003, 2008), são relacionadas ao desenvolvimento do arco magmático Jamari por Scandolaro et al. (2017).

Já os granitos tipo-A e rochas associadas da

Suíte Intrusiva Serra da Providência (1,60 – 1,53 Ga) e Rio Crespo (ca. 1,50 Ga) (Bettencourt et al., 1999; Bettencourt et al., 2006; Scandolaro et al., 2013; Costa et al., 2016) são ainda motivos de discussão quanto a origem e ambiente tectônico de formação (Tassinari et al., 1996; Bettencourt et al., 1999, 2010a; Geraldés et al., 2004; Scandolaro et al., 2013, 2017).

Granitos ectasianos tipo-A e rochas associadas das suítes intrusivas Teotônio (1,38 – 1,37 Ga), Santo Antônio (ca. 1,37 Ga), Alto Candeias (1,35 – 1,33 Ga) e São Lourenço-Caripunas (1,32 – 1,30 Ga), bem como rochas metassedimentares (1,55 – 1,34 Ga) do Complexo Nova Mamoré e da Formação Igarapé Lourdes (Bettencourt et al., 1999; Payolla et al., 2003; Quadro & Rizzotto, 2007; Bettencourt et al., 2010a; Costa et al., 2014; Leite Júnior et al. 2014a; Bettencourt et al., 2018; Silva et al., 2022), são incluídos na província Rondoniana-San Ignacio (1,56 – 1,30 Ga) por Bettencourt et al. (2010a) (Figura 1B).

O Esteniano-Toniano é representado pelas rochas básicas da Formação Nova Floresta (1,20 Ga), metassedimentares da Formação Igarapé Quinze (1,36 – 1,13 Ga) e sedimentares da Formação Palmeiral (< 1,03 Ga), assim como pelos granitos tipo-A e rochas associadas das suítes intrusivas Santa Clara (1,08 – 1,07 Ga) e Granitos Últimos de Rondônia (1,02 – 0,97 Ga) (Bettencourt et al., 1999; Tohver et al., 2002;

Quadros & Rizzotto, 2007; Quadros et al., 2011; Ciotta et al., 2024), as quais são relacionadas ao desenvolvimento da província Sunsás-Aguapeí (1,20 – 0,95 Ga) (Teixeira et al., 2010)

Os eventos tectono-metamórficos reconhecidos na PER ocorreram nos períodos Estateriano (Orogenia Quatro-Cachoeira ou Jaru-Ouro Preto: 1,69 – 1,65 Ga), Ectasiano (Orogenia Rondoniana-San Ignacio: 1,34 – 1,32 Ga) e Esteniano (Orogenia Sunsás-Aguapeí: 1,13 – 0,91 Ga) (Santos et al., 2003, 2008; Tohver et al., 2005; Scandolaro et al., 2006; Bettencourt et al., 2010a; Teixeira et al., 2010; Payolla et al., 2024).

Já os principais depósitos primários e secundários (coberturas cenozoicas) de estanho e metais associados na PER são temporal e espacialmente relacionados às quatro últimas suítes de granitos tipo-A: suítes intrusivas Alto Candeias e São Lourenço-Caripunas de natureza tarde a pós-colisional à orogenia Rondoniana-San Ignacio (Bettencourt et al., 2010a) e suítes Santa Clara e Granitos Últimos de Rondônia (renomeada de Suíte Intrusiva Rondônia por Quadros & Rizzotto, 2007) de natureza pós-tectônica à orogenia Sunsás e anorogênica, respectivamente (Teixeira et al., 2010).

Os depósitos primários são predominantemente do tipo greisen e ocorrem associados espacialmente com biotita granito e/ou granitos com mica de lítio e ferro com ou sem topázio.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos petrográficos se basearam em amostras de rocha recuperadas de mapeamentos geológicos nas escalas 1:25.000 e 1:10.000 realizados no distrito São Lourenço-Macisa na década de 1980 e em 2018 e consolidados em Cembrani & Bettencourt (1985) e Farias (2020), respectivamente. Adicionalmente, foram utilizadas amostras selecionadas de testemunhos de sondagem, as quais foram gentilmente cedidas pela Cooperativa de Garimpeiros de Mutum Paraná (COOGAMPA), empresa detentora dos direitos minerários do distrito, bem como de amostras coletadas durante o reconhecimento geológico realizado por alguns autores deste trabalho.

As amostras foram descritas macroscopicamente, agrupadas segundo o tipo petrográfico e selecionadas para os estudos petrográficos microscópicos nos laboratórios do Departamento de Geologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), no Câmpus de Rio Claro (São Paulo).

Os estudos petrográficos microscópicos foram realizados em cerca de 50 lâminas polidas entre granitos, greisens e veios e vênulas de quartzo. As análises foram feitas sob luzes transmitida e refletida em microscópio petrográfico modelo BX40F4 da marca Olympus, enquanto as fotomicrografias foram feitas por câmera fotográfica modelo DS126201 da marca Canon, acoplada a um microscópio petrográfico modelo Axioskop 40 da marca Zeiss. Para as rochas de granulação fina a muito fina, a composição modal foi estimada ao microscópio petrográfico, enquanto para as rochas de granulação média, grossa e pegmatítica, a composição foi definida em fatias de rocha tingidas com cobaltonitrito de sódio.

O número de pontos contados por amostra variou de 500 a 1.000 pontos. Alguns minerais acessórios ou produtos de alteração hidrotermal foram identificados/confirmados em microscópio eletrônico de varredura marca FEI, modelo Quanta 650FEG, equipado com detector EDS

Quantax da fabricante Bruker. As condições de operações foram em alto vácuo, com voltagem de

aceleração em 15 kV, corrente de 20 nA e *spot* de 10  $\mu$ m.

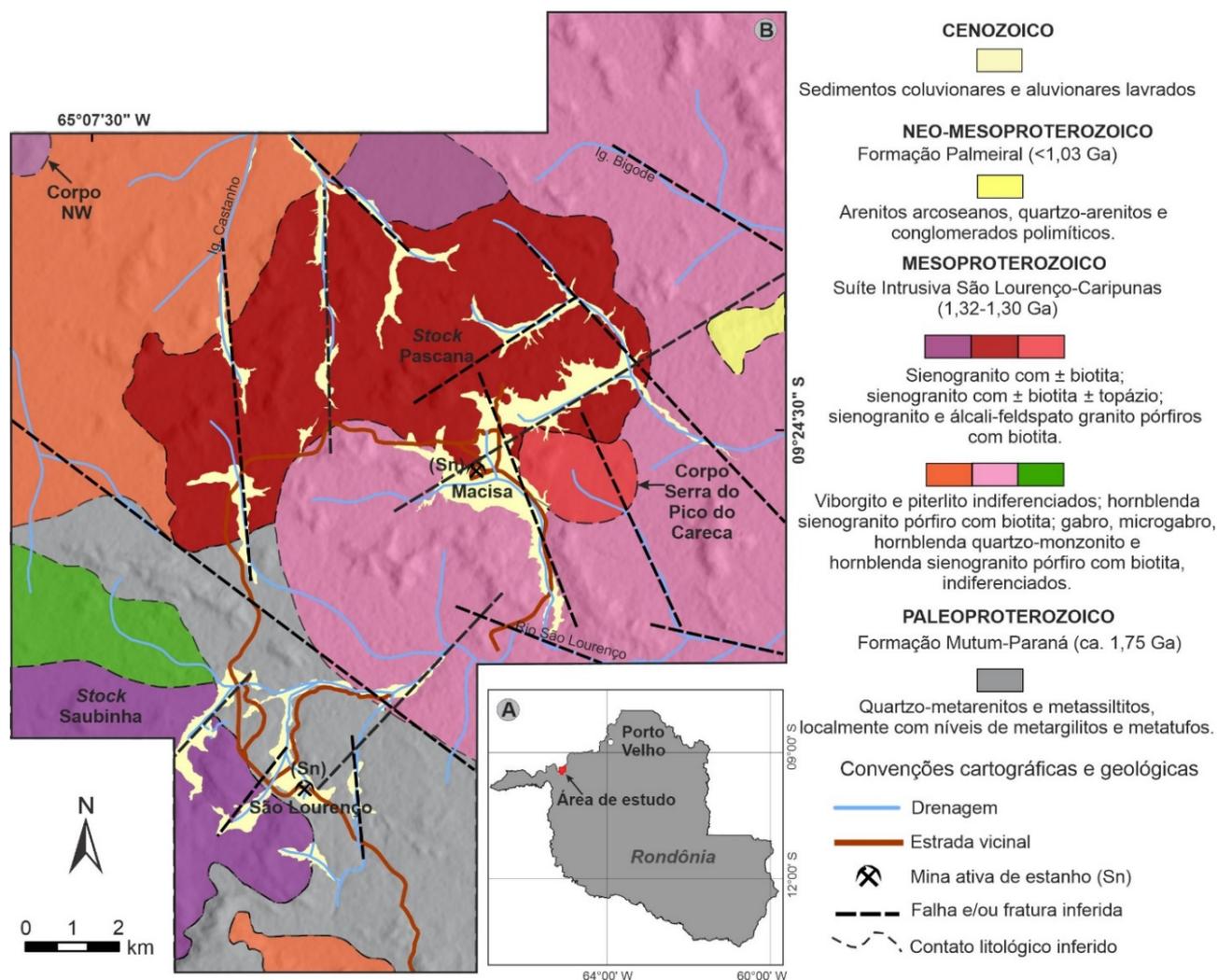
## GEOLOGIA DO DISTRITO MINEIRO SÃO LOURENÇO-MACISA

A descoberta da cassiterita no maciço São Lourenço ocorreu em 1961 e as primeiras informações geológicas são da mesma década (Costa, 1962; Kloostermann, 1966; Lobato et al., 1966). Posteriormente, Isotta et al. (1978) consideraram as rochas graníticas do maciço semelhantes aos granitos rapakivi clássicos e reconheceram tipos precoces de borda como viborgitos e piterlitos, tipos equigranulares e porfíricos tardios de núcleo associados com os depósitos primários de estanho, assim como granitos rapakivi porfíros, gabros e diabásios.

Bettencourt et al. (1999) incluíram as rochas graníticas do maciço na Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas (SISLC), com idades U-Pb (ID-TIMS) em zircão entre 1314 e 1309 Ma. Idades adicionais de  $1322 \pm 2$  Ma (Pb-Pb) e de

$1316 \pm 16$  Ma (U-Pb SHRIMP) em zircão foram obtidas por Rizzotto et al. (2005) e Farias (2020), respectivamente. Os limites do maciço são ainda desconhecidos, mas se estendem para leste, na margem direita do rio Madeira, como substrato para os sedimentos da Formação Palmeiral (Oliveira et al., 2022).

As rochas encaixantes da SISLC no distrito São Lourenço-Macisa são os metassedimentos da Formação Mutum-Paraná (ca. 1,75 Ga) (Figura 2B). Orto- e paragneisses do Complexo Jamari (1,76 – 1,73 Ga) e granitoides da Suíte Intrusiva Serra da Providência (1,60 – 1,53 Ga) são reconhecidos ao sul do distrito, na porção inferior da bacia do rio Mutum-Paraná (Rizzotto et al., 2005; Buch et al., 2019; Oliveira et al., 2022).



**Figura 2** - A) Localização da área de estudo no estado de Rondônia. B) Mapa geológico simplificado da região do distrito mineiro São Lourenço-Macisa (modificado de Cembrani & Bettencourt, 1985).

Quatro unidades ígneas são reconhecidas na área do distrito (Silva et al., 2022), com base no mapeamento geológico (1:25.000) realizado por Cembrani & Bettencourt (1985). As unidades são: Unidade A – associação de hornblenda quartzosienitos porfiríticos com biotita (viborgitos), hornblenda sienogranitos porfiríticos com biotita (piterlitos) e biotita sienogranitos inequigranulares seriados; Unidade B – associação de granitos pórfiros com hornblenda e/ou biotita; Unidade C – associação de gabros, microgabros, hornblenda quartzo-monzonitos e hornblenda granitos pórfiros e Unidade D – associação de biotita sienogranitos equigranulares e inequigranulares (texturas seriadas e porfiríticas) com e sem topázio. Neste trabalho, os biotita sienogranitos inequigranulares seriados e os granitos pórfiros com biotita das unidades A e B, respectivamente, foram individualizados e correlacionados com os litotipos da unidade D de Silva et al. (2022).

Desse modo, os viborgitos, piterlitos e granitos pórfiros com hornblenda e biotita, gabros, microgabros e hornblenda quartzo-monzonitos são interpretados como intrusões precoces, ao passo que sienogranitos e álcali-feldspato granitos com  $\pm$  biotita, sienogranitos com  $\pm$  biotita  $\pm$  topázio e sienogranitos e álcali-feldspato granitos pórfiros com biotita como intrusões tardias da SISLC no distrito (Figura 2B), em acordo com Isotta et al. (1978).

Segundo Silva et al. (2022) e Silva (2023), os viborgitos, piterlitos e sienogranitos pórfiros, com hornblenda e biotita, gabros, microgabros e quartzo-monzonitos mostram evidências petrográficas (p. ex., texturas rapakivi e anti-rapakivi, plagioclásio celular, cristais subédricos ou arredondados de quartzo com golfos de corrosão, entre outras) que indicam interação parcial ou total de magmas félsicos e máficos na origem dessas rochas.

Já as intrusões graníticas tardias, associadas espacialmente com os depósitos primários e secundários de estanho, ocorrem predominantemente em duas áreas distintas no distrito.

Uma na parte central, *stock* Pascana, no qual foram reconhecidos sienogranitos com  $\pm$  biotita com e sem topázio e, outra, ao sudoeste, *stock* Saubinha, que inclui sienogranitos e álcali-feldspatos granitos com  $\pm$  biotita (ver também Farias, 2020) (Figura 2B). Esse *stock* faz contato intrusivo com os metassedimentos da Formação Mutum-Paraná e aquele através de zona brechada e greisenizada com os hornblenda granitos pór-

firos com biotita (Cembrani & Bettencourt, 1985). Os demais contatos entre os outros litotipos do distrito não foram observados no campo.

Diques de microgranitos são identificados nos metassedimentos, viborgitos, piterlitos e nos *stocks* Pascana e Saubinha, enquanto diques de rochas básicas (gabros e microgabros) são reconhecidos apenas nos metassedimentos da Formação Mutum-Paraná (Cembrani & Bettencourt, 1985). Os microgranitos são interpretados como as últimas manifestações félsicas da SISLC no distrito (Silva, 2023), que também podem incluir os topázio-mica albita granitos e pegmatitos identificados por Buch et al. (2019). Por outro lado, a falta de idade isotópica para os diques básicos, não permite ainda qualquer entendimento sobre suas relações genéticas ou não com as rochas félsicas e/ou básicas da SISLC no distrito (Silva et al., 2022).

Os veios de greisen e de quartzo são os principais produtos dos processos hidrotermais pós-magmáticos presentes na região. Estão espacialmente associados (endo- e excontatos) aos *stocks* Pascana e Saubinha e são responsáveis pela mineralização primária de estanho e de metais base no distrito. Os veios de greisen e de quartzo ocorrem de modo isolado, como veios/vênulas simples ou compostos, ou associados em sistemas de veios/vênulas subparalelos ou em *stockwork* e estão preferencialmente concentrados nas áreas de extração de cassiterita, ou seja, nos setores São Lourenço e Macisa (Figura 2B) (Isotta et al., 1978; Cembrani & Bettencourt, 1985). Em São Lourenço (serras Isaac e Irene), os veios/vênulas de greisen e de quartzo mineralizados têm direção geral NE (N40° – 80°E), são subverticais e apresentam espessuras variando de 0,1 a 20 cm.

Os veios de greisen são compostos essencialmente por quartzo e mica ( $\pm$  topázio), enquanto os veios de quartzo por quartzo hialino a leitoso e proporções mais subordinadas de mica e topázio. Os minerais acessórios identificados, em ambos os casos, são fluorita, cassiterita e sulfetos de metais base (Mount, 2009; Farias, 2020).

Os sedimentos da Formação Palmeiral (< 1,03 Ga) são pouco expressivos na área do distrito. São representados por arenitos arcoseanos, quartzo-arenitos e conglomerados polimíticos, os quais repousam de modo discordante sobre os hornblenda granitos pórfiros com biotita na porção leste da área (Cembrani & Bettencourt, 1985; Buch et al., 2019). Por outro lado, os

sedimentos eluvionares, coluvionares e aluvionares cenozoicos são bem abrangentes, porém,

apenas aqueles lavrados (pláceres estaníferos) são mostrados na figura 2B.

## PETROGRAFIA DAS FÁCIES GRANÍTICAS TARDIAS

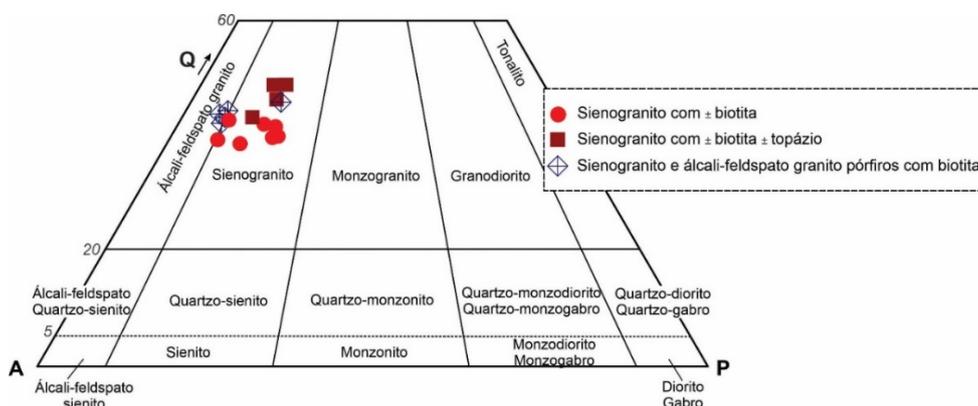
As fácies graníticas da fase tardia da SISLC no distrito ocorrem principalmente nos *stocks* Pascana e Saubinha e em mais duas áreas, uma no extremo noroeste e outra na porção centro-leste do distrito, as quais são aqui denominadas de corpo NW e corpo Serra do Pico do Careca, respectivamente (Figura 2B). São sienogranitos com  $\pm$  biotita, sienogranitos com  $\pm$  biotita e  $\pm$

topázio e sienogranitos e álcali-feldspato granitos pórfiros com biotita. A composição modal e a classificação petrográfica das fácies graníticas estudadas são mostradas na tabela 1 e na figura 3, respectivamente. A composição modal para alguns granitos pórfiros foi estimada com base apenas nos fenocristais, face a granulação muito fina da matriz.

**Tabela 1** - Composição modal das fácies graníticas da fase tardia da SISLC no distrito São Lourenço-Macisa.

Amostras	Classificação (IUGS)	Minerais (% vol.)								Unidade
		Mcc	Qz	Pl	Bt	Tpz	Zrn	Flr	Opc	
<b>Sienogranito com <math>\pm</math> biotita</b>										
SLV-17	Biotita sienogranito	45	38	12	5	-	ac	ac	ac	SS
SLV-34	Biotita sienogranito	47	36	10	7	-	ac	ac	ac	SS
JC-292	Biotita sienogranito	45	34	14	7	-	ac	ac	ac	SP
JC-202	Biotita sienogranito	42	38	15	5	-	ac	ac	ac	NW
SLV-22	Sienogranito com biotita	42	40	14	4	-	ac	ac	ac	SS
SLV-90	Sienogranito com biotita	49	42	7	2	-	ac	ac	ac	SS
JC-566	Sienogranito com biotita	53	39	7	1	-	ac	ac	ac	SS
<b>Sienogranito com <math>\pm</math> biotita <math>\pm</math> topázio</b>										
JC-264	Biotita sienogranito com topázio	38	46	10	5	1	ac	ac	ac	SP
JC-277	Sienogranito com biotita e topázio	37	47	12	3	1	ac	ac	ac	SP
JC-285	Sienogranito com biotita e topázio	40	45	12	3	ac	ac	ac	ac	SP
JC-293	Sienogranito com biotita e topázio	45	42	10	3	ac	ac	ac	ac	SP
<b>Sienogranito e álcali-feldspato granito pórfiros com biotita</b>										
DDH-16/1	Sienogranito pórfiro com biotita	40	45	13	2	-	ac	ac	ac	SS
DDH-16/5	Álcali-feldspato granito pórfiro c/ biotita	49	42	6	3	-	ac	ac	ac	SS
JC-554	Álcali-feldspato granito pórfiro c/ biotita	50	41	6	3	-	ac	ac	ac	SS
JC-05B	Álcali-feldspato granito pórfiro c/ biotita	50	43	5	2	-	ac	ac	ac	SPC
PR-1169	Álcali-feldspato granito pórfiro c/ biotita	49	44	6	1	-	ac	ac	ac	SPC

Abreviação de minerais: Segundo Warr (2021): Mcc – microclínio, Qz – quartzo, Pl - plagioclásio, Bt – biotita, Tpz – topázio, Zrn – zircão e Flr – fluorita. Opc - mineral opaco, ac - mineral acessório. Abreviações das unidades: SP - *stock* Pascana; SS - *stock* Saubinha; NW - corpo noroeste e SPC - corpo Serra do Pico do Careca.

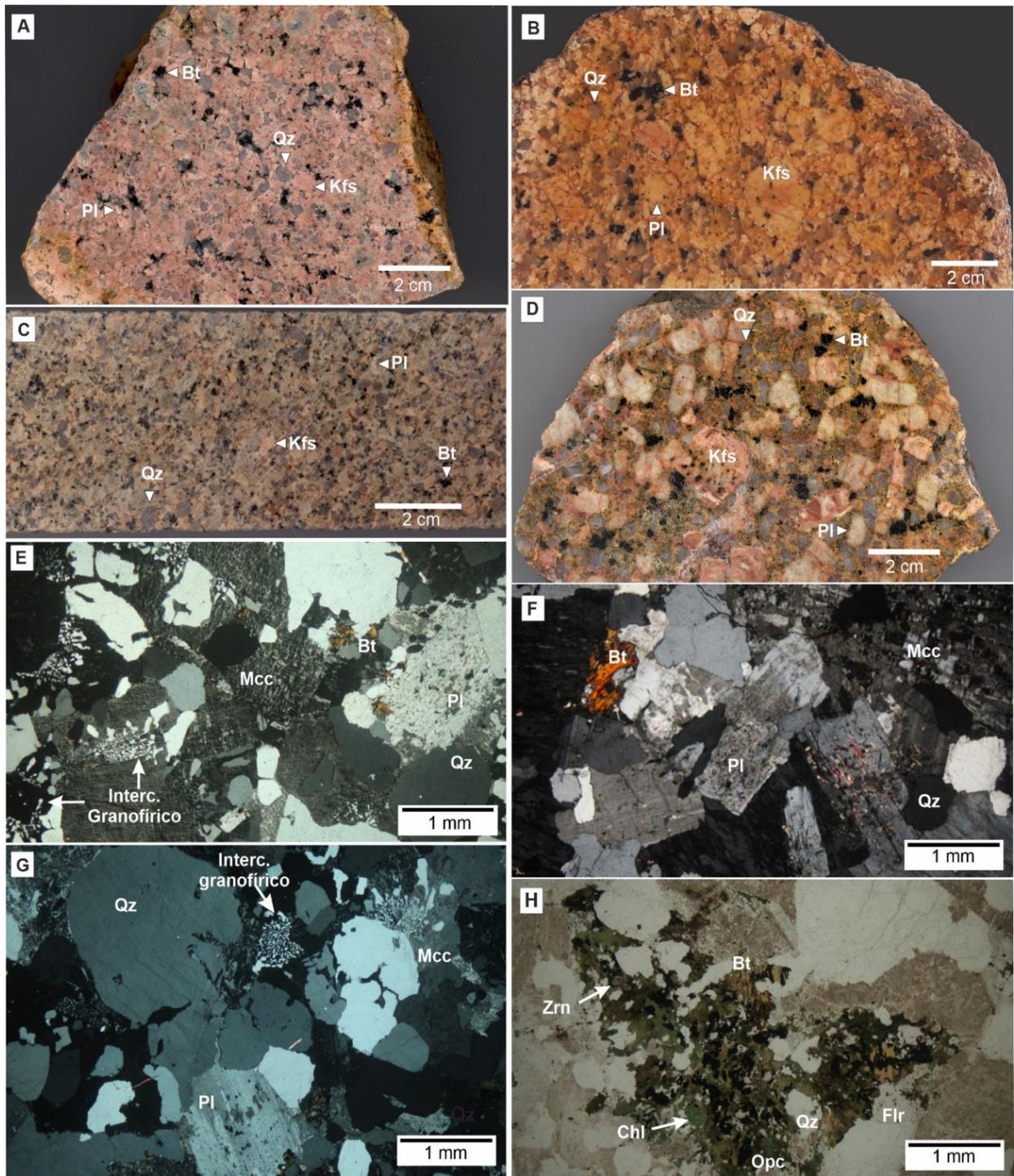


**Figura 3** - Classificação petrográfica, segundo Streckeisen (1976), das fácies graníticas da fase tardia da SISLC no distrito São Lourenço-Macisa.

### Sienogranitos com $\pm$ biotita

Sienogranitos com  $\pm$  biotita foram reconhecidos nos dois *stocks* e no corpo NW da área (Figura 2B). São, no geral, róseos, com tonalidades avermelhada, acinzentada ou esbranquiçada. São

isotrópicos, por vezes com pequenos miárolos (Farias, 2020) e apresentam textura hipidimórfica equigranular e inequigranular seriada e porfirítica e granulação variando de fina à pegmatítica (1 a 30 mm) (Figuras 4A, B, C e D).



**Figura 4** - Fotografias (A – D) e fotomicrografias (E – H) dos sienogranitos com  $\pm$  biotita do *stock* Saubinha (A e C), Corpo NW (B) e *stock* Pascana (D). A) Biotita sienogranito róseo com textura inequigranular seriada de granulação fina à média. B) Biotita sienogranito róseo com textura inequigranular seriada de granulação média a grossa. C) Biotita sienogranito róseo com textura equigranular fina à média. D) Biotita sienogranito róseo porfíritico, com granulação variando de fina à pegmatítica. E) Textura hipidiomórfica fina à média, com borda granofírica no microclínio. F) Textura hipidiomórfica fina à média, com plagioclásio levemente sericitizado no núcleo e borda límpida. G) Textura hipidiomórfica fina à média, com golfos de corrosão no quartzo. H) Agregado de biotita, quartzo, fluorita, zircão, minerais opacos e clorita. Fotomicrografias sob luz transmitida e com polarizadores cruzados (E – G) e paralelos (H). Abreviação de minerais segundo Warr (2021): Kfs - feldspato potássico, Mcc – microclínio, Pl – plagioclásio, Qz – quartzo, Bt – biotita, Tpz - topázio, Flr – fluorita, Zrn – zircão e Chl – clorita. Em adição Opc – minerais opacos.

São compostos por feldspato potássico rosa (42 a 53%), plagioclásio cinza esbranquiçado (7 a 15%), quartzo hialino à cinza azulado (36 a 42%) e biotita (1 a 7%). A biotita forma agregados

de cristais distribuídos de modo homogêneo, por vezes confere à rocha um aspecto mosqueado. Ao microscópio, o feldspato potássico é o microclínio subédrico e anédrico, límpido ou turvo e

perftico, com albita sob a forma de fios, veios e manchas e geminao em grade bem desenvolvida. Os cristais maiores contm incluses de plagioclso, quartzo e biotita, enquanto outros mostram bordas sobrecrescidas poiquilicas, granofiricas (Figura 4E) ou de albita.

O plagioclso (albita-oligoclso) e subdrico e euédrico tabular, com ncleo fraco a moderadamente alterado para sericita e fluorita e borda límpida (Figura 4F). O quartzo e subdrico e anédrico globular com golfos de corrosao (Figura 4G), ocorre também como cristais anédricos intersticiais e nos intercrescimentos granofiricos.

A biotita forma agregados de cristais subdricos, com pleocroismo variando do marrom ao pardo ou do pardo ao verde e se apresenta parcialmente alterada para clorita, sericita/ muscovita e leucoxênio nas bordas e ao longo dos planos de clivagem. Os minerais acessrios reconhecidos so fluorita, zircão e minerais opacos.

A fluorita e roxa, anédrica e intersticial ou se associa aos agregados de biotita e minerais opacos, já o zircão ocorre normalmente incluso nos minerais principais e na biotita forma halos pleocróicos (Figura 4H). Os minerais produtos de alterao hidrotermal so albita em veios e manchas no microclnio, albita intergranular, sericita e fluorita no plagioclso e clorita, sericita/muscovita e leucoxênio na biotita.

#### **Sienogranitos com $\pm$ biotita $\pm$ topázio**

Sienogranitos com  $\pm$  biotita e  $\pm$  topázio so reconhecidos apenas no *stock* Pascana (Figura 2). So róseos a róseos avermelhados, isotrópicos, com textura hipidiomórfica equigranular de granulao média a grossa (2 a 10 mm).

A composio mineralógica principal e definida por feldspato potássico rosa (37 a 45%), plagioclso cinza esbranquiado (10 a 12%), quartzo hialino a cinza azulado (42 a 47%) e biotita (3 a 5%) (Figura 5A). Ao microscópio, o feldspato potássico e o microclnio com geminao em grade bem desenvolvida, forma cristais subdricos e anédricos intercrescidos com os outros minerais (Figura 5B). So turvos e perfticos, com albita sob a forma de fios, veios e manchas (Figura 5C).

Inclui cristais de quartzo, plagioclso e biotita e mostra bordas de albita bem desenvolvida quando em contato com outro cristal de mesma natureza (Figura 5B, C e D).

O plagioclso tem composio da albita-oligoclso, ocorre como cristais subdricos e

euédricos tabulares zonados, com ncleo parcialmente alterado para sericita, fluorita e topázio e borda límpida. O quartzo e subdrico, anédrico ovalado com golfos de corrosao e anédrico irregular e intersticial.

A biotita marrom/parda e subdrica e intersticial, forma agregados de vários cristais com fluorita associada, inclui cristais de zircão e aparece muitas vezes alterada para clorita e leucoxênio e/ou sericita nas bordas e ao longo dos planos de clivagem. Os minerais acessrios identificados so topázio, fluorita, zircão e minerais opacos.

O topázio magmático e quase sempre observado ( $\leq 1\%$ ), ocorre como cristais intergranulares subdricos e anédricos ( $< 1,6$  mm) com bordas corroídas e fraturados (Figura 5B), por vezes com incluso de plagioclso e quartzo e/ou alterado para sericita ao longo das bordas e planos de fraturas.

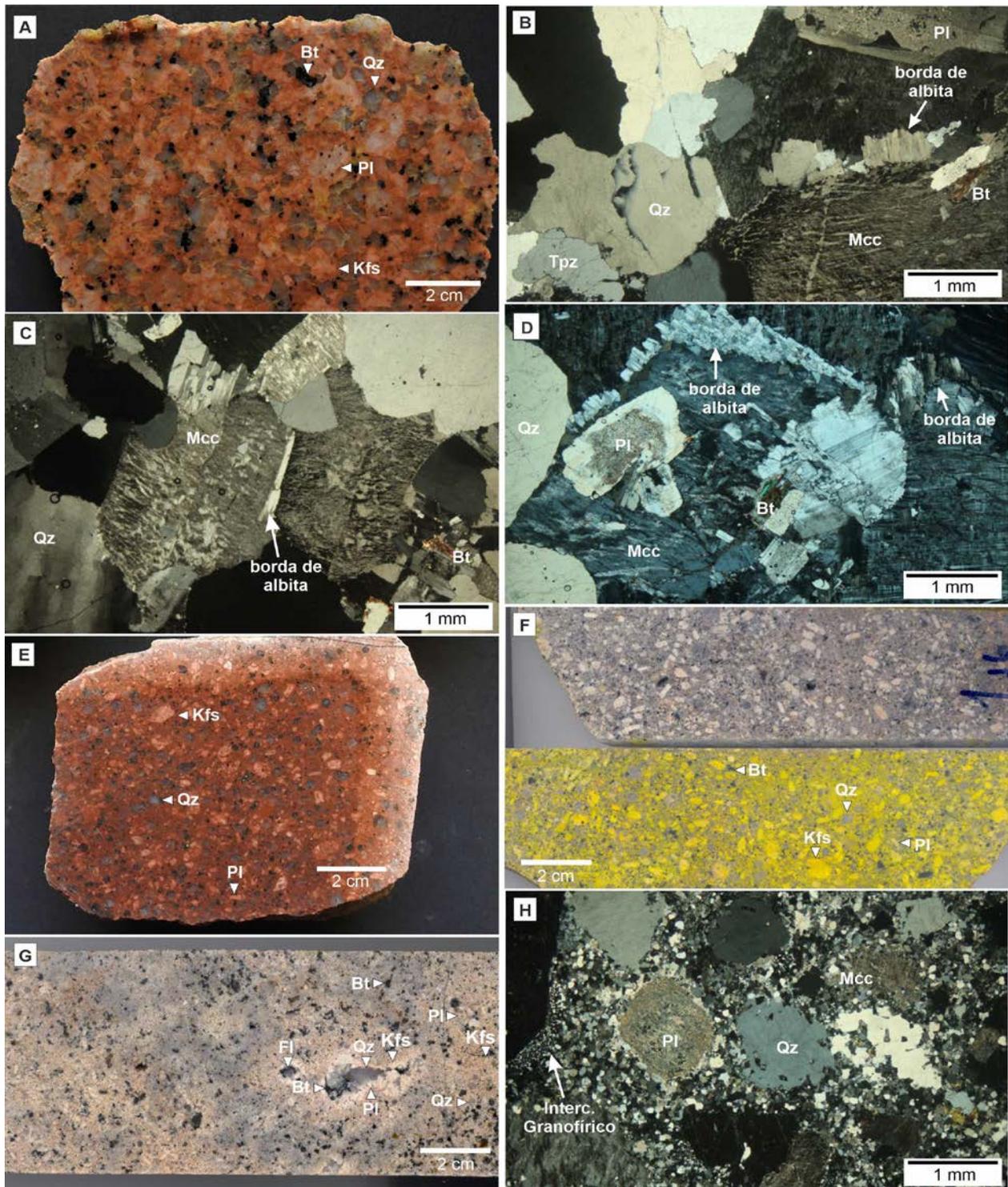
A fluorita e roxa, anédrica e intersticial ou ocorre nos agregados de biotita associada ou não com minerais opacos. Zircão aparece como cristais subdricos e euédricos quase sempre inclusos com halos pleocróicos na biotita. Os minerais produtos da interao rocha-fluido identificados so albita em veios e manchas no microclnio, albita intergranular, sericita no plagioclso, biotita e no topázio magmático, fluorita e topázio no plagioclso e clorita e leucoxênio na biotita.

#### **Sienogranitos e álcali-feldspato granitos pórfiros com biotita**

Sienogranitos e/ou álcali-feldspato granitos pórfiros com biotita ocorrem, aparentemente, como intruses menores no *stock* Saubinha, não mostrado na figura 2B (ver Farias, 2020) e na poroão centro-leste do distrito (corpo Serra do Pico do Careca), entre o *stock* Pascana e unidade ígnea de fase anterior composta por hornblenda sienogranitos pórfiros com biotita (Figura 2B).

So rochas de colorao rosa, rosa avermelhada, cinza ou cinza rosada, isotrópicas, por vezes miarolíticas ou com discretas estruturas de fluxo, mas com textura porfirítica marcante.

Os fenocristais (30 a 60% vol.) so subdricos e euédricos tabulares de feldspato potássico róseo a róseo claro ( $< 15$  mm) e de plagioclso cinza esbranquiado ( $< 10$  mm) e subdricos e anédricos esféricos a ovalados de quartzo hialino a cinza azulado ( $< 7$  mm). A matriz apresenta textura equigranular hipidiomórfica a panxenomórfica de granulao fina ( $< 1$  mm) (Figuras 5E, F).



**Figura 5** - Fotografias (A, E, F e G) e fotomicrografias (B, C, D e H) dos biotita sienogranitos com  $\pm$  biotita  $\pm$  topázio do *stock* Pascana (A – D) e dos sienogranitos e álcali-feldspato granitos pórfiros com biotita do Corpo Serra do Pico do Careca (E e H) e do *stock* Saubinha (F, G e H). A) Biotita sienogranito com topázio de cor rosa e textura hipidiomórfica equigranular de granulação média a grossa. B) Cristal anédrico de topázio e albita intergranular entre os cristais de microclínio pertítico. C) Filmes, veios e manchas de albita no microclínio pertítico. D) Microclínio pertítico com inclusão de plagioclásio com núcleo sericitizado e borda límpida e albita intergranular entre os cristais de microclínio. E) Álcali-feldspato granito pórfiro com biotita rosa avermelhado, com fenocristais de feldspato potássico, quartzo e plagioclásio em matriz afanítica. F) Sienogranito pórfiro com biotita com fenocristais de feldspato potássico, plagioclásio e de quartzo em matriz com textura hipidiomórfica equigranular de granulação fina. G) Álcali-feldspato granito pórfiro miarolítico de coloração rosa acinzentada, com miárolos parcialmente preenchidos por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita e fluorita. H) Fenocristais de microclínio com borda granofírica, plagioclásio moderadamente sericitizado e de quartzo com golfos de corrosão. Fotomicrografias sob luz transmitida e com polarizadores cruzados (B, C, D e H). Abreviação de minerais segundo Warr (2021): Kfs - feldspato potássico, Mcc – microclínio, Pl – Plagioclásio, Qz – quartzo, Bt – biotita, Tpz – topázio e Flr – fluorita.

Nas fácies miarolíticas, os megacristais são menores, a matriz muito fina e os miárolos (8 a 30 mm) são, normalmente, alongados, irregulares e zonados, com feldspato potássico e plagioclásio nas bordas e quartzo, biotita e fluorita nos núcleos e se distribuem de modo irregular pela rocha (Figuras 5G).

Ao microscópio, o feldspato potássico é o ortoclásio e/ou microclínio turvo e pertítico (40 a 50% vol.), com albita sob a forma de fios, veios e manchas. Os fenocristais contêm inclusões de quartzo e plagioclásio e apresentam bordas com intercrescimento granofírico e, mais raramente, de albita entre os próprios cristais.

O plagioclásio (5 a 13%) tem composição da albita-oligoclásio e se mostra, em alguns casos, moderado a fortemente alterado para sericita e fluorita. O quartzo (41 a 45 %) como fenocristais mostra golfos de corrosão (Figura 5H) e, na matriz, ocorre como cristais anédricos intersticiais e em

agregados granofíricos.

Nos pórfiros da Serra do Pico do Careca, a matriz muito fina é formada por agregados de cristais aciculares de quartzo em arranjos radiais, manteados ou não por agregados de biotita e por intercrescimentos granofíricos de duas granulções distintas sob a forma de cordões ou lentes.

A biotita (1 a 3%) tem pleocroísmo variando do pardo ao verde e constitui agregados de cristais associados com fluorita e minerais opacos. Inclui cristais de zircão e se encontra parcialmente alterada para clorita e leucoxênio. Os minerais acessórios identificados são fluorita anédrica, roxa, intersticial ou em agregados com biotita, minerais opacos e zircão como cristais euédricos intersticiais ou inclusos nos minerais dominantes. Os minerais produtos de interação rocha-fluido são albita em veios e manchas no feldspato potássico, albita intergranular, sericita e fluorita no plagioclásio e clorita e leucoxênio na biotita.

## PETROGRAFIA DOS VEIOS E VÊNULAS DE GREISEN E DE QUARTZO

Os veios e vênulas de greisen e de quartzo são as rochas hospedeiras da cassiterita e dos sulfetos de metais base no distrito e ocorrem principalmente como veios e vênulas isolados ou em sistemas subparalelos, segundo as direções dominantes N 0-10° W e N 60-70° E, ou ainda em *stockwork* nos endo- e exocontatos dos *stocks* Pascana e Saubinha (Isotta et al., 1978; Bettencourt et al., 1987; Mount, 2009; Farias, 2020).

Os veios e vênulas são simples ou compostos, formados, respectivamente, por um ou mais de um tipo de rocha (Figuras 6A e B). Dois tipos petrográficos de greisen e de veios e vênulas de quartzo são reconhecidos neste trabalho: mica-quartzo greisen, topázio-mica-quartzo greisen, veios e vênulas de quartzo, topázio, mica e cassiterita e de quartzo, carbonato, clorita, fluorita e sulfetos.

As composições modais e as classificações petrográficas dos greisens estudados são mostradas na tabela 2 e figura 7, respectivamente.

### **Mica-quartzo greisen: fengita-quartzo greisen e muscovita-quartzo greisen**

São rochas de coloração cinza a cinza esbranquiçado, com estrutura maciça e textura heterogranoblástica fina a grossa (Figura 6C). São compostas essencialmente de quartzo (60 – 85% vol.) e mica (15 – 40%).

Ao microscópio, o quartzo se apresenta sob até quatro tipos texturais. Um primeiro, mais abundante e dimensão maior (granulação média a grossa),

forma cristais subédricos e anédricos arredondados e límpidos (Qz I).

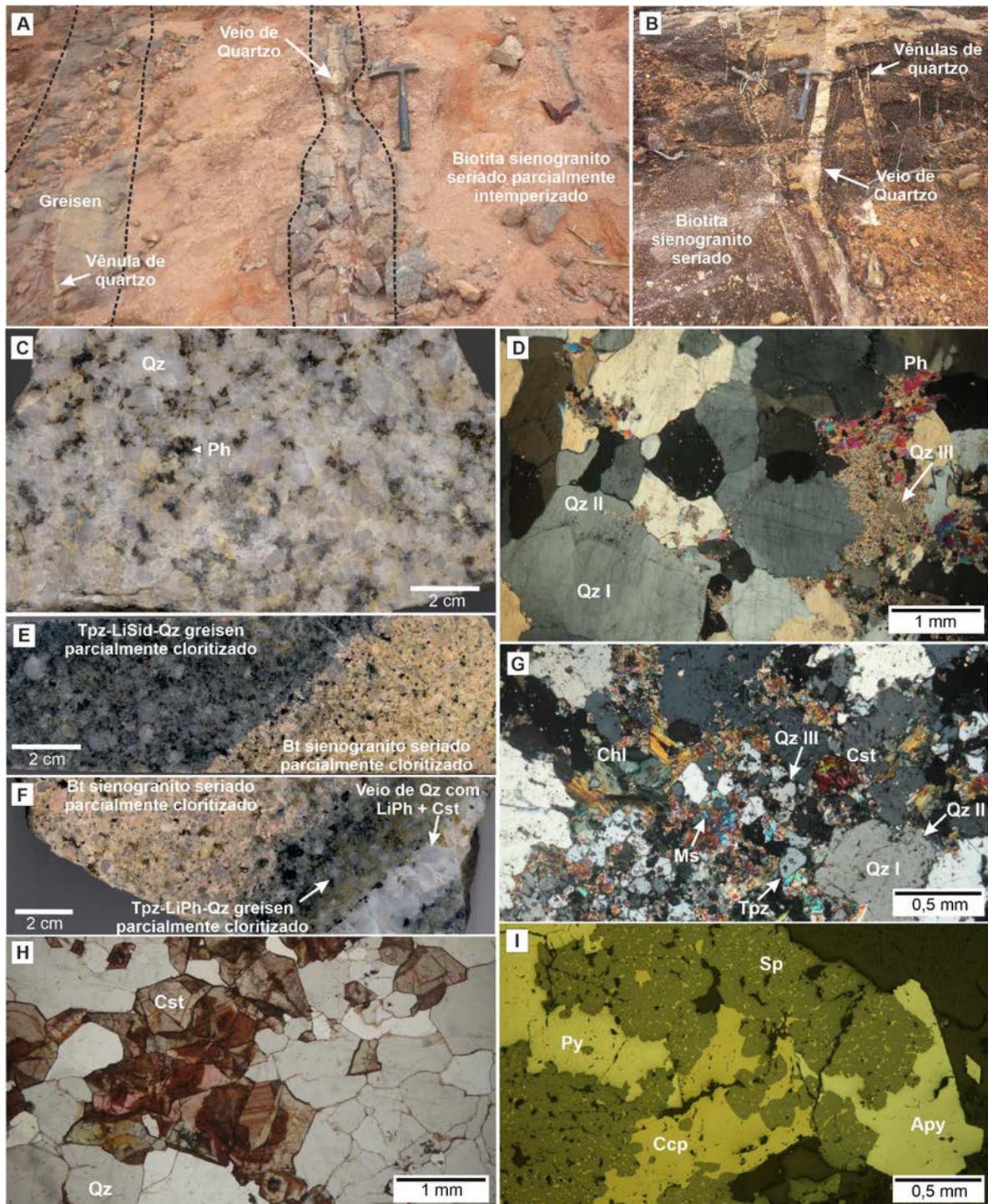
Um segundo tipo ocorre como bordas sobre-crescidas no primeiro com inúmeras inclusões de mica (Qz II). Um terceiro aparece como cristais anédricos menores (granulação fina) juntos aos cristais de mica (Qz III) (Figura 6D).

Já o quarto (Qz IV), aparentemente menos comum, forma cristais subédricos e euédricos prismáticos (granulação fina a média) associados com cristais de mica, também mais desenvolvidos, em microcavidades miarolíticas.

As micas são subédricas, incolores ou levemente coloridas e formam agregados de muitos cristais distribuídos homoganeamente pela rocha.

Dois tipos pleocróicos são observados nos greisens com mica levemente colorida, um precoce com cores variando do pardo claro ao incolor e outro tardio, que sobrecresce no primeiro, com cores variando do amarelo pálido ao incolor. Segundo Silva (2023), as micas apresentam composições de fengita (micas parda e amarela) e de muscovita (mica incolor).

Os minerais acessórios identificados são fluorita, zircão e cassiterita, os quais ocorrem associados aos agregados de Qz III e mica. A fluorita é anédrica e roxa, o zircão é euédrico e marrom e a cassiterita forma cristais subédricos (< 2,0 mm) de cor castanho a castanho avermelhado, isolados ou em grupos de poucos cristais disseminados na rocha.

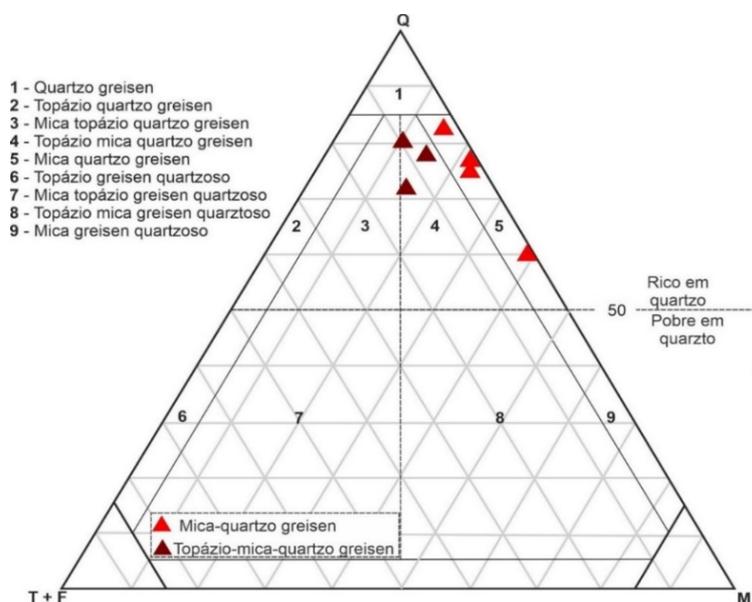


**Figura 6** - Fotografias (A, B, C, E e F) e fotomicrografias (D, G, H e I) de greisens e veios e vênulas de quartzo. A) Veios de greisen com veio e vênula de quartzo associados (delimitados por linhas tracejadas pretas) em sistema subparalelo (*stock Saubinha*). B) Veios e vênulas de quartzo em sistema subparalelo e em *stockwork* (*stock Saubinha*). C) Fengita-quartzo greisen com textura heterogranoblástica de granulação fina a média (*stock Pascana*). D) Qz II sobrecrecido em Qz I e agregados de Qz III e fengita em fengita-quartzo greisen (*stock Pascana*). E) Contato difuso entre topázio-siderofilita com lítio-quartzo greisen e biotita sienogranito com textura inequigranular seriada de granulação fina a média, ambos parcialmente cloritizados (*stock Saubinha*). F) Contato difuso entre topázio-fengita com lítio-quartzo greisen associado com veio de quartzo com fengita com lítio, topázio e cassiterita hospedados em biotita sienogranito semelhante ao anterior, todos parcialmente cloritizados (*stock Saubinha*). G) Greisen com textura heterogranoblástica de granulação fina à média com topázio e cassiterita, parcialmente cloritizado e muscovitizado. H) Cristais de cassiterita zonada em veio de quartzo com topázio e mica (não mostrados). I) Pirita, calcopirita, arsenopirita e esfalerita em veio de quartzo com carbonato, clorita e fluorita (não mostrados). Fotomicrografias sob luz transmitida e com polarizadores cruzados (D e G) e paralelos (H) e sob luz refletida com polarizadores paralelos (I). Abreviação de minerais segundo Warr (2021): Qz – quartzo, Ph – fengita, Ms – muscovita, Cst – cassiterita, Tpz – topázio, Chl – clorita, Py – pirita, Apy – arsenopirita, Sp – esfalerita e Ccp – calcopirita. Em adição LiSid – siderofilita com lítio e LiPh – fengita com lítio.

**Tabela 2** - Composição modal de greisens do distrito São Lourenço-Macisa.

Amostra	Minerais (% vol.)											
	Qz	LiSid	LiPh	Ph	Ms	Tpz	Flr	Cst	Zrn	Chl	Cb	Sf
Mica-quartzo greisen												
JC-266	85	-	-	15	-	-	ac	ac	ac	-	-	-
JC-500	75	-	-	-	23	-	2	ac	ac	-	-	-
JC-502	77	-	-	-	22	-	1	-	ac	-	-	-
JC-582	60	-	-	-	40	-	ac	-	ac	-	-	-
Topázio-mica-quartzo greisen a parcialmente cloritizado												
DDH5/9B	72	-	15	-	-	10	3	ac	ac	-	-	-
DDH9/2	75	-	13	-	-	8	1	1	ac	2	ac	ac
DDH5/23	78	15	-	-	-	5	2	ac	ac	-	-	-
DDH7/12B	77	10	-	-	-	7	2	ac	ac	4	ac	ac
DDH9/7	74	tr	-	-	1	8	3	1	ac	13	1	1
WSL-1	73	tr	-	-	2	10	2	1	ac	10	ac	1

Abreviação de minerais: Segundo Warr (2021): Qz – quartzo, Ph – fengita, Ms – muscovita, Tpz – topázio, Flr – fluorita, Cst – cassiterita, Zrn – zircão, Chl – clorita. Em adição LiSid - siderofilita com lítio, LiPh - fengita com lítio, Cb – carbonato, Sf – sulfeto e ac - mineral acessório.



**Figura 7** - Diagrama de classificação Q-(T+F)-M para os greisens do distrito São Lourenço-Macisa. Os campos são de Kühne et al. (1972) em Štemprok (1987). Q – quartzo, T – topázio, F – fluorita e M - mica.

### Topázio-mica-quartzo greisen: topázio-siderofilita com lítio-quartzo greisen e topázio-fengita com lítio-quartzo greisen

São rochas de coloração cinza ou cinza esverdeada e isótropas. Apresentam textura heterogranoblástica fina a grossa e são compostas essencialmente de quartzo (72 – 78% vol.), mica (10 – 15%) e topázio (5 – 10%) (Figuras 6E, F).

Ao microscópio, o quartzo se apresenta também sob até quatro tipos texturais de modo semelhante ao caso anterior: cristais maiores subédricos e anédricos arredondados e límpidos (Qz I), bordas sobrecrescidas no Qz I com inúmeras inclusões de mica e topázio (Qz II), cristais anédricos menores em agregados com mica e topázio (Qz III) e cristais subédrico e euédricos prismáticos em cavidades miarolíticas (Qz IV).

A mica é subédrica e anédrica incolor ou com pleocroísmo variando do pardo acastanhado ao

incolor. Ocorre quase sempre como cristais menores (granulação fina) em agregados com quartzo e topázio ou como cristais maiores nas cavidades miarolíticas (granulação média).

A mica incolor tem composição de fengita com lítio, enquanto a mica parda de siderofilita com lítio (Silva, 2023).

O topázio forma normalmente cristais subédricos e anédricos de granulação fina em agregados com quartzo e mica ou, mais raramente e com dimensão superior nas microcavidades miarolíticas.

Os minerais acessórios identificados são os mesmos do mica-quartzo greisen, porém com uma quantidade aparentemente maior de cassiterita na moda, mas não superior a 1%. Não raramente, os topázio-mica-quartzo greisen aparecem parcialmente cloritizados.

A clorita substitui parcial ou totalmente a mica com lítio e forma também agregados radiados de

cristais subédricos em microcavidades mioarólicas associada ou não com carbonato, fluorita e sulfetos (esfalerita, pirita, calcopirita e galena, principalmente).

Os sulfeto e carbonato aparecem também de modo disseminado nas zonas cloritizadas. Adicionalmente, em outros casos, tanto a mica com lítio quanto a clorita ocorrem parcialmente substituídas por sericita/muscovita (Figura 6G).

#### **Veios e vênulas de quartzo**

São veios e vênulas de coloração cinza claro a branco leitoso, com estrutura maciça ou em “pente” e internamente homogêneo ou zonado. Pelo menos dois tipos principais são também identificados. Um tipo é homogêneo ou zonado e composto essencialmente de quartzo, topázio, mica e cassiterita.

Nos tipos zonados o topázio e a cassiterita ocorrem preferencialmente nas bordas e a mica nas bordas e/ou no núcleo entre os cristais prismáticos de quartzo. O quartzo forma cristais anédricos e/ou euédricos prismáticos, esses quase sempre dispostos de modo perpendicular às paredes do veio. O topázio é subédrico e anédrico, intersticial ou incluso no quartzo. A mica é subédrica e anédrica incolor ou com pleocroísmo variando do pardo acastanhado ao incolor e apresenta composição da fengita com lítio e de siderofilita com lítio, respectivamente

(Silva, 2023).

A cassiterita é zonada, com cores variando do castanho claro ao avermelhado, forma cristais subédricos e anédricos geminados ou não e inter-crescidos com quartzo e/ou topázio (Figura 6H).

O outro tipo de veio é homogêneo e formado por quartzo, carbonato, clorita, fluorita e sulfetos (esfalerita, pirita, calcopirita, galena e arsenopirita, principalmente). O quartzo é anédrico, subédrico e, também, euédrico prismático.

O carbonato é intersticial aos cristais de quartzo e não raramente ocorre associado com clorita e sulfeto. A clorita é subédrica e anédrica, com pleocroísmo variando do verde claro ao pardo claro e forma agregados de vários cristais em arranjos radiais.

A fluorita é roxa, anédrica e intersticial. A pirita é subédrica e anédrica, a esfalerita é anédrica, mostra cores variando do castanho avermelhado ao amarelado e inclui inúmeros cristais de calcopirita (*chalcopyrite disease texture*).

A galena é anédrica e contém raras inclusões de bournonita, assim como a calcopirita, que por vezes, mostra diminutas inclusões de estanita. A arsenopirita é mais rara e forma cristais subédricos e euédricos inter-crescidos com os outros sulfetos ou disseminados no exocontato dos veios e vênulas (Figura 6I)

## **DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Biotita granitos de diferentes tipos texturais normalmente cortam os hornblenda granitos (viborgitos e piterlitos) nos complexos rapakivi conhecidos e estão, em vários casos, espacialmente associados com depósitos primários de metais raros (Ramo e Haapala, 1995; Dall’Agnol et al., 1999).

Na Província Estanífera de Rondônia, os biotita granitos são abundantes e, em vários distritos mineiros, ocorrem associados no espaço com os depósitos primários e secundários de estanho (Isotta et al., 1978; Bettencourt et al., 1995, 1999).

Destaca-se, contudo, que as últimas fases graníticas identificadas nas duas suítes de granitos rapakivi mais jovens (< 1,08 Ga) da província (suítes intrusivas Santa Clara e Rondônia) são álcali-feldspato granitos com anfibólio sódico e álcali-feldspato granitos com mica de lítio e ferro com ou sem topázio (Leite Júnior et al., 2000; Leite Júnior et al., 2014b).

Depósitos primários de estanho ± tungstênio ± metais base ocorrem também espacialmente associados com os álcali-feldspato granitos com mica de lítio e ferro dessas suítes (Leite Júnior, 2002; Souza e Botelho, 2002; Sparrenberger, 2003; Souza & Nascimento, 2009; Foster, 2016; Nascimento & Souza, 2017; Ciotta, 2022; Debowski et al., 2022; Ciotta et al., 2024).

No distrito mineiro São Lourenço-Maciça, a SISLC é representada principalmente por hornblenda quartzo-sienitos com biotita (viborgitos), hornblenda sienogranitos com biotita (piterlitos) e hornblenda sienogranitos pórfiros com biotita como fases intrusivas precoces, assim como por sienogranitos e álcali-feldspato granitos com biotita de vários tipos texturais como fases intrusivas tardias (Farias, 2020; Silva, 2023).

Neste trabalho, as fácies graníticas tardias foram reunidas em três grupos (Figura 2B, Tabela 1): 1) sienogranitos com ± biotita ocorrem, preferencialmente, nos *stocks* Saubinha, Pascana

e no corpo NW; 2) sienogranitos com  $\pm$  biotita e  $\pm$  topázio aparecem apenas no *stock* Pascana e 3) sienogranitos e álcali-feldspato granitos pórfiros com biotita são reconhecidos no *stock* Saubinha e no corpo Serra do Pico do Careca. Granito peralcalino ainda não foi identificado no distrito, enquanto topázio-mica-albita granito e pegmatito ocorrem de modo subordinado segundo Buch et al. (2019).

Os tipos petrográficos estudados têm composição sienogranítica e álcali-feldspato granítica (Tabela 1, Figura 3). O feldspato potássico (subédrico e anédrico) é o microclínio ou ortoclásio/microclínio turvo e pertítico, com albita sob a forma de filmes, veios e/ou manchas.

O plagioclásio (subédrico e euédrico) tem composição variando de albita a oligoclásio (Silva, 2023) e se mostra parcialmente alterado para sericita, fluorita e, por vezes, topázio.

O quartzo é predominantemente subédrico e anédrico arredondado com golfos de corrosão, mas aparece também sob a forma de cristais anédricos intersticiais ou em agregados granofíricos. A biotita tem composição da siderofilita (Silva, 2023) e quase sempre forma agregados de cristais com a fluorita nos interstícios dos minerais félsicos.

A fluorita roxa é onipresente e o topázio magmático foi reconhecido apenas no tipo equigranular do *stock* Pascana. Zircão e minerais opacos completam os minerais acessórios reconhecidos.

Já, como produto da interação rocha-fluido, ocorrem quase sempre a albita em veios e manchas no microclínio ou ortoclásio/microclínio, albita intergranular, sericita, fluorita e, por vezes, topázio no plagioclásio e clorita e leucoxênio na biotita.

Os sienogranitos com  $\pm$  biotita do distrito são petrograficamente semelhantes a certos biotita granitos associados com depósitos de estanho em outras partes na província (Leite Júnior, 2002; Sparrenberger, 2003; Debowski et al., 2022) e, também, com os biotita rapakivi granitos evoluídos do sul da Finlândia.

Neste caso, devido à presença dominante de microclínio e não de ortoclásio, plagioclásio de composição variando de albita a oligoclásio, quartzo globular (*drop-like quartz*), biotita intersticial, pelo menos uma fácies com topázio, além de fluorita e monazita (?) como minerais acessórios típicos (cf., Ramo et al., 1999; Heinonen, 2010).

Segundo Ramo et al. (1999), as fácies com topázio representam as fases intrusivas mais tardias e mostram características de granitos estaníferos.

Contudo, três variedades de granitos associados com depósitos de metais raros são reconhecidas por Pollard (1989): granito peralcalino, granito com biotita e/ou muscovita e granito com mica com lítio  $\pm$  topázio. No distrito, além dos sienogranitos e álcali-feldspato granitos com  $\pm$  biotita, pelo menos duas fácies com topázio podem estar presentes, uma dominante e outra, aparentemente, subordinada no atual nível de erosão, as quais são representadas, respectivamente, pelo sienogranito com  $\pm$  biotita (siderofilita)  $\pm$  topázio do *stock* Pascana e pelo topázio-mica-albita granito reconhecido por Buch et al. (2019).

Esta última fácies pode se tratar de um topázio-mica com lítio e ferro-albita granito semelhante àqueles reconhecidos nas suítes intrusivas Santa Clara e Rondônia (Souza e Botelho, 2002; Bettencourt et al., 2005; Nascimento et al., 2017; Ciotta et al., 2024) e, também, associados especialmente com os depósitos de estanho na província.

De acordo com Ramsay (1986), uma certa hierarquia pode ser estabelecida entre os granitos associados com depósitos de metais raros: comum, precursor, especializado e mineralizado. Desse modo, no distrito, os sienogranitos com  $\pm$  biotita, assim como, os sienogranitos e álcali-feldspato pórfiros com biotita podem representar as fácies precursoras, enquanto os sienogranitos com  $\pm$  biotita  $\pm$  topázio e os topázio-mica-albita granitos as fácies especializadas em metais raros (ver também Lehmann, 2021).

Para Silva (2023), as gêneses das fácies precoces e tardias são independentes. As primeiras são, provavelmente, produtos de processos de fusão parcial, diferenciação magmática por cristalização fracionada e de interação parcial ou total de magmas félsicos de origem crustal e magmas máficos de origem mantélica em câmara magmática profunda.

Já as fácies tardias são produtos de fusão parcial e limitada de material crustal com contribuição de componentes mantélicos e diferenciados por cristalização fracionada.

Neste caso, os sienogranitos com  $\pm$  biotita (siderofilita)  $\pm$  topázio e os topázio-mica-albita

granitos representam, em acordo com o modelo clássico (Lehmann, 2021), as fácies tardias mais evoluídas e, provavelmente, mais diretamente ligadas aos depósitos hidrotermais pós-magmáticos de estanho e de metais base no distrito (veios e vênulas de greisen e de quartzo), embora a presença de microclínio, cavidades miarolíticas e/ou de minerais produtos de alteração hidrotermal pervasiva e seletiva, atestem a participação de fluidos hidrotermais já no estágio tardemagmático na maioria das fácies graníticas tardias estudadas (Pollard, 1983; Brown & Parsons, 1989; Haapala, 1997; Rong & Wang, 2016).

Dois variedades de greisen foram identificadas neste trabalho, todas ricas em quartzo (> 60% vol.) e com mica (mica-quartzo greisen) ou mica e topázio (topázio-mica-quartzo greisen) como minerais essenciais complementares (Figuras 6C, D, E e F).

O quartzo se apresenta em até quatro tipos texturais, o Qz I é aqui interpretado como magmático e herdado do granito hospedeiro, já os Qz II, Qz III e Qz IV são hidrotermais e relacionados com a greisenização.

A mica tem composição variando de fengita à muscovita nos mica-quartzo greisen e de siderofilita com lítio a fengita com lítio nos topázio-mica-quartzo greisen (Silva, 2023), enquanto a cassiterita está quase sempre presente e, aparentemente, é mais frequente nas fácies com mica com lítio e topázio.

Os topázio-mica com lítio-quartzo greisens se apresentam quase sempre cloritizados em proporções variadas. A clorita preenche microcavidades miarolíticas e/ou substitui a mica com lítio e, normalmente, está acompanhada por carbonato, fluorita e sulfetos.

A presença de clorita não é comum no sistema

greisen e pode estar relacionada com a ocorrência de rochas básicas no distrito. Não raramente e, por sua vez, a clorita se encontra parcialmente sericitizada/muscovitizada (Figura 6G). Desse modo, uma sequência de processos de alteração hidrotermal pós-magmáticos pode ser assim definida: greisenização I → cloritização → greisenização II.

A greisenização I tem como produto os topázio-mica com lítio (siderofilita ou fengita) - quartzo greisen, a cloritização as zonas cloritizadas com carbonato, fluorita e sulfeto que afetam os topázio-mica com lítio greisen e a greisenização II os mica (fengita ou muscovita) - quartzo greisen que se sobrepõe os tipos anteriores.

Além desses, um quarto processo (silicificação) é responsável pela formação dos veios e vênulas de quartzo com topázio, mica com lítio (siderofilita ou fengita) e cassiterita ou com carbonato, clorita, fluorita e sulfeto e ocorrem associados aos processos de greisenização I e cloritização, respectivamente. Veios e vênulas de quartzo tardios associados à greisenização II ou não provavelmente ocorrem no distrito, mas não foram reconhecidos neste trabalho.

Assim, para o distrito, uma sequência de processos de hidrotermais pós-magmáticos pode ser assim estabelecida: greisenização I / silicificação I → cloritização / silicificação II → greisenização II / silicificação III (?).

A cassiterita foi observada nos greisens e nos veios e vênulas de quartzo com topázio e mica com ou sem lítio, já os sulfetos aparecem nas zonas cloritizadas e nos veios e vênulas de quartzo com carbonato, clorita e fluorita e são representados, principalmente, por esfalerita, calcopirita, galena, pirita e arsenopirita.

## CONCLUSÕES

Sienogranitos e álcali-feldspato granitos com ± biotita de diferentes tipos texturais são os principais representantes das fácies intrusivas tardias da SISLC no distrito São Lourenço-Macisa e ocorrem, preferencialmente, nos *stocks* Pascana e Saubinha.

Essas rochas mostram características petrográficas semelhantes quando comparados com outros granitos com biotita relacionados espacialmente com os depósitos primários de estanho e metais associados na província, assim como com os biotita rapakivi granitos evoluídos do sul

da Finlândia.

A relação genética dos granitos com biotita com os depósitos primários de estanho e metais associados ainda não está bem estabelecida na província. Contudo, no distrito, os sienogranitos com ± biotita e os sienogranitos e álcali-feldspato granitos pórfiros com biotita parecem representar as fácies precursoras, ao passo que os sienogranitos com ± biotita (siderofilita) ± topázio e o topázio-mica-albita granito as fácies especializadas e mais diretamente ligada com a origem dos depósitos hidrotermais de estanho tipo greisen.

Veios e vênulas de greisen e de quartzo são os depósitos primários de estanho e de metais base no distrito e aparecem associados ou não em sistemas subparalelos ou em *stockwork*. A cassiterita ocorre principalmente nos greisens e nos veios e vênulas de quartzo com topázio e mica com lítio, enquanto esfalerita, calcopirita e galena

aparecem preferencialmente nos veios e vênulas de quartzo com carbonato, clorita e fluorita.

Uma sequência de processos de hidrotermais pós-magmáticos pode ser assim estabelecida para o distrito: greisenização I / silicificação I → cloritização / silicificação II → greisenização II / silicificação III (?).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Cooperativa de Garimpeiros de Mutum Paraná (COOGAMPA) pelo apoio logístico e pela disponibilidade dos testemunhos de sondagem e ao Departamento de Geologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP por proporcionar a infraestrutura laboratorial para o desenvolvimento da pesquisa. Os autores Marly Aparecida da Silva e Matheus Ramos Ciotta agradecem também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão das bolsas de doutorado processo 140649/2020-4 e de mestrado processo 130975/2020-6, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- BETTENCOURT, J. S. & KAEDEI, M. Reconhecimento dos granitos rapakivi (sensu stricto) da região do rio Caripunás, RO. In: II SYMPOSIUM AMAZÔNICO, Anais do II Symposium Amazônico, 2, 1984, Manaus, p. 271-285.
- BETTENCOURT, J.S.; TOSDAL, R.M.; LEITE JÚNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L. Overview of the rapakivi granite of the Rondônia Tin Province (RTP). In: SYMPOSIUM ON RAPAKIVI GRANITES AND RELATED ROCKS. Excursion guidebook: The rapakivi granites of the Rondônia tin province and associated mineralization, 1, 1995, Belém, p. 5-15.
- BETTENCOURT, J.S.; TOSDAL, R.M.; LEITE JR, W.B.; PAYOLLA, B.L. Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondônia Tin Province, southwestern border of the Amazonian craton, Brazil - I. Reconnaissance U-Pb geochronology and regional implications. *Precambrian Research*, v. 95, n. 1-2, p. 41 – 67, 1999.
- BETTENCOURT, J. S.; LEITE JÚNIOR, W. B.; GORAIEB, C. L.; SPARRENBERGER, I.; BELLO, R. M. S.; PAYOLLA, B. L. Sn-polymetallic greisen-type deposits associated with late-stage rapakivi granites, Brazil: fluid inclusion and stable isotope characteristics. *Lithos*, v. 80, issues 1-4, p. 363-386, 2005.
- BETTENCOURT, J.S.; PAYOLLA, B.L.; LEITE JÚNIOR, W.B.; TOSDAL, R.M.; WOODEN, J.L.; SPARRENBERGER, I. SHRIMP-RG U-Pb zircon geochronology or gneiss from the Rio Crespo Intrusive Suite, SW Amazonian Craton, Rondônia, Brazil: New insight about protolith crystallization and metamorphic ages. In: V SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 2006, Punta del Este, Uruguay. **Program and Abstracts...** Punta del Este, 2006, p. 49-52.
- BETTENCOURT, J. S.; LEITE JÚNIOR, W. B.; RUIZ, A. S.; MATOS, R.; PAYOLLA, B. L.; TOSDAL, R. M. The Rondonian-San Ignacio Province in the SW Amazonian Craton: An overview. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, issue 1, p. 28-46, 2010a.
- BETTENCOURT, J.S.; PAYOLLA, B.L.; LEITE JÚNIOR, W.B.; FUCK, R.A.; DANTAS, E.L. LA-MC-ICP-MS U-Pb zircon geochronology and Sm-Nd isotopes of granites of the Teotônio and Santo Antônio intrusive suites, SW Amazonian craton, Rondônia, Brazil: new insights about crystallization ages and tectonic implications. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, VII, 2010, Brasília, Distrito Federal, Brasil. Short Papers Volume, Brasília: Universidade de Brasília - UnB and Rede GeoChronos, 2010b.
- BETTENCOURT, J.S.; PAYOLLA, B.L.; LEITE JÚNIOR, W.B. U-Pb detrital and metamorphic zircon ages of paragneisses from Rondônia (Brazil), SW margin of the Amazonian Craton: passive continental margin basin sedimentation related to the evolution of the Rondonian-San Ignacio Province. In: 11<sup>th</sup> SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 63, 2018, Cochabamba, Bolívia. **Program and Abstracts...** Cochabamba, 2018.
- BROWN, W.L. & PARSONS, I. Alkali feldspars: ordering rates, phase transformations and behavior diagrams for igneous rocks. *Mineralogical Magazine*, v. 53, p. 25-42, 1989.
- BUCH, T.; DALL'IGNA, L.G.; GRAÇA, M.C.; SILVA, D.R.V. **Áreas de relevante interesse mineral: reavaliação da Província Estanífera de Rondônia**. Porto Velho: CPRM, 2019
- CEMBRANI, J.C. & BETTENCOURT, J.S. **Projeto Granito São Lourenço**. Relatório final de mapeamento do Maciço São Lourenço, 73 p., 1985, (Inédito).
- CIOTTA, M.R. **Petrologia dos granitos associados aos depósitos primários de estanho e metais base da mina Bom Futuro**. Rio Claro, 2022. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- CIOTTA, M.R.; LEITE JUNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L.; SILVA, M.A.; MUZZOLON, R.; BETTENCOURT, J.S. Petrologia e metalogenia do maciço Palanqueta, mina de estanho Bom Futuro, Rondônia, Brasil: I: geologia, petrologia e geocronologia. *Revista Geociências*, v. 43, n. 3, p. 351 - 371, 2024.
- COSTA, H.F. Jazidas de Estanho no Brasil. *Revista de Engenharia. Mineração e Metalurgia*, n. 36, p. 249-259, 1962.
- COSTA, M.A.C.; RODRIGUES, J.B.; QUADROS, M.L.E.S.; SCANDOLARA, J.E.; FIGUEIREDO, E.R.H.I. New detrital zircon U-Pb ages on Igarapé Lourdes Formation, southwest of the Amazonian Craton, Ji-Paraná, Rondônia, Brazil. In: 9<sup>th</sup> SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 9. São Paulo, 2014. **Program and Abstracts...**São Paulo: CPGeo. 2014
- COSTA, M.A.C.; SOUSA, M.Z.A.; DALL'AGNOL, R.; SCANDOLARA, J.E.; RUIZ, A.S. Geochemistry and geochronology of the rapakivi granites and associated rocks in the midwest portion of the Serra da Providência composite batholith, SW of Amazonian craton, Rondônia, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 69, p. 194 – 212, 2016.
- DALL'AGNOL, R.; COSTI, H.T.; LEITE, A.A.S.; MAGALHÃES, M.S.; TEIXEIRA, N.P. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. *Precambrian Research*, v. 95, n. 1-2, p. 9-39, 1999.
- DEBOWSKI, B.P.; POTRATZ, G.L.; TAVARES JÚNIOR, A.D.; MARTINS, M.V.A.; GERALDES, M.C. Age and origin of the Massangana Intrusive Suite and Associated Mineralization in the Rondônia Tin Province: Petrography, U-Pb, and Lu-Hf isotopes zircons. *Minerals*, v. 12, n. 10, p. 1 - 40, 2022.

- FARIAS, V. **Geologia e petrologia do plúton Saubinha e os depósitos de estanho associados, Rondônia.** Rio Claro, 2020. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- FOSTER, P.L.L. **Geologia e petrologia do Maciço Palanqueta, Mina Bom Futuro, Rondônia.** Rio Claro, 2016. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade do Estado de São Paulo.
- GERALDES, M.C.; TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M. Lithospheric versus asthenospheric source of the SW Amazonian Craton A-type granites: the role of the Paleo- to Mesoproterozoic accretionary belts for their coeval continental suites. *Episodes*, v. 27, p.185-189, 2004
- HAAPALA, I. Magmatic and post magmatic processes in tin-mineralized granites: topaz-bearing leucogranite in the Eurajoki Rapakivi Granite Stock, Finland. *Journal of Petrology*, v. 38, p. 1645–1659, 1997
- HAAPALA, I. & RÄMÖ, O.T. Tectonic setting and origin of the Proterozoic rapakivi granites of southeastern Fennoscandia. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences*, v. 83, p. 165-171, 1992.
- HEINONEN, A. **Introduction to the rapakivi granites and associated rocks of southeastern Finland.** In: HEINONEN, A.; LUKKARI, S.; RÄMÖ, T. (Org.), Guide to the IGCP-510 (A-type granites and Related Rocks through Time) Field Trip, Southeastern Finland, 14-18, Department of Geosciences and Geography C3. Helsinki University Print, Helsinki, Finland, p. 8-12, 2010.
- ISOTTA, C.A.L.; CARNEIRO, J.M.; KATO, H.T.; BARROS, R.J.L. **Projeto província estanífera de Rondônia: relatório final.** Porto Velho: DNPM/CPRM, v. 16, 1978.
- KLOOSTERMAN, J.B. Granites and rhyolites of São Lourenço: a volcano-plutonic complex in southern Amazonia. *Revista de Engenharia, Mineração e Metalurgia*, x. 44, p. 169-171, 1966.
- KÜHNE, R.; WASTERNAK J.; SCHULZE H. Postmagmatische Metasomatose im Endo-Exokontakt der jüngeren postkinematischen Granite des Erzgebirges. *Geologie*, x. 21, p. 457-493, 1972.
- LEHMANN, B. Formation of tin ore deposits: A reassessment. *Lithos*, v. 402, p. 1 – 14, 2021.
- LEITE JÚNIOR, W.B. **A Suíte Intrusiva Santa Clara (RO) e a mineralização primária polimetálica (Sn, W, Nb, Ta, Zn, Cu, Pb) associada.** São Paulo, 2002. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- LEITE JÚNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L.; BETTENCOURT, J.S.; DIAS, C.A.T. 1.38- Ga A-type granites related to the evolution of the Rondonian-San Ignacio orogenic system, SW Amazonian Craton, Brazil: a geochemical overview. *Comunicações Geológicas*, v. 101, n. Especial I, p. 125-129, 2014a.
- LEITE JÚNIOR, W.B.; LESSI, L.F.; SANTIAGO, S.G.; DIAS, C.A.T.; BETTENCOURT, J.S. Petrografia de granitos do maciço Santa Cruz, Rondônia: evidência de granito peralcalino na Suíte Intrusiva Granitos Últimos de Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46, 2014, Salvador. Anais...salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 2014b.
- LEITE JÚNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L.; BETTENCOURT, J.S. Petrogenesis of two Grenvillian tin-bearing rapakivi granites suites, SW Amazonian Craton, Rondônia, Brazil. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31, Rio de Janeiro. 2000. **Resume Expanded**...Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000.
- LOBATO, F. P. N. S.; APEEL, L. E.; GODOY, M. C. F. T.; RITTER, J. E. Pesquisa de cassiterita no Território Federal de Rondônia. Relatório Final, Boletim n. 125, p. 209, MME/DNPM/DFPM, 1966.
- MOUNT, M. Technical Report on the São Lourenço Tin Project, Brazil. Anglo Latina Consultores S.A.C., Lima, Peru, 59p. 2009. (Inédito).
- NASCIMENTO, T.M.F. & SOUZA, V.S. Mineralogy, stable isotopes ( $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{34}\text{S}$ ) and  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  geochronology studies on the hydrothermal carapace of the Igarapé Manteiga W-Sn deposit, Rondônia. *Brazilian Journal of Geology*, v. 47, n. 4, p. 591-613, 2017.
- OLIVEIRA, C.E.S.; BERGAMI, G.N.; VALENTIM DA SILVA, D.R.; MEDEIROS, C.G.; RIBEIRO, T.J.; SCANDOLARA, J.E.; OLIVEIRA NETO, W.L. **Mapa Geológico do Projeto Geologia e Recursos Minerais da Porção Noroeste do Estado de Rondônia**, 2022, Porto Velho: SGB/CPRM, 1 mapa, color., Escala 1:250.000.
- PAYOLLA, B.L.; BETTENCOURT, J.S.; KOZUCH, M.; LEITE JR, W.B.; FETTER, A.H.; SCHMUS, W.R.V. Geological Evolution of the Basement Rocks in the East-Central part of the Rondônia Tin Province, SW Amazonian Craton Brazil: U-Pb and Sm-Nd Isotopic Constraints. *Precambrian Research*, v. 119, p. 141 – 169, 2002.
- PAYOLLA, B.L.; BETTENCOURT, J.S.; TOSDAL, R. M.; WOODEN, J. L.; LEITE JÚNIOR, W.B. SHRIMP-RG zircon geochronology of high-grade paragneisses from NE Rondônia, SW Amazonian craton, Brazil: constraints of provenance and metamorphism. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, IV, 2003, Salvador. **Short Papers Volume**...Salvador: Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM e Instituto de Recherche Pour le Développement - IRD, 2003. v. 1. p. 248 – 251.
- PAYOLLA, B.L.; BETTENCOURT, J.S.; LEITE JÚNIOR, W.B.; TOSDAL, R.; WOODEN, J. Late Statherian (1.69-1.65 Ga) Orogeny in SW Amazonian Craton, Rondônia, Brazil: Review and New U-Pb SHRIMP Zircon Ages. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, XIII, 2024, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil. **Proceedings**... Armação de Búzios, Rio de Janeiro, Brasil: Sociedade Brasileira de Geologia, 2024.
- POLLARD, P.J. Geochemistry of granites associated with tantalum and niobium mineralization. In: MÖLLER, P., CERNÝ, P., SAUPÉ, F. (Eds) **Lanthanides, Tantalum and Niobium**. Special Publication n. 7 of the Society for Geology Applied to Mineral Deposits, 7, Springer, Berlin, Heidelberg, 1989.
- POLLARD, P.J. Magmatic and post magmatic processes in the formation of rocks associated with rare-element deposits. *Transactions Institute of Mining and Metallurgy*, v. 92: B1-B9, 1983.
- QUADROS, M.L.E.S. & RIZZOTTO, G.J. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia.** Porto Velho: CPRM. 2007.
- QUADROS, M.L.E.S.; PALMEIRA, L.C. M.; CASTRO, CC. **Geologia e recursos minerais da Folha Rio Machadinho (SC.20-X-C).** Sistema de Informações Geográficas - SIG: Texto Explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais da Folha Rio Machadinho, Porto Velho: CPRM, Escala 1:250.000, 194 p., 2011.
- RÄMÖ, O.T. & HAAPALA, I. One hundred years of rapakivi granite. *Mineralogy and Petrology*, v. 52, p. 129-185, 1995.
- RÄMÖ, O.T.; NIRONEN, M.; KOSUNEN, P.; ELLIOT, B.A. Proterozoic granites of south-central Finland – traverse across a Paleoproterozoic terrane boundary, field trip to southern and central Finland. ICGP Project 426, granite systems and Proterozoic lithosphere process. Field trip to southern and central Finland, 109, Helsinki University Press, 1999.
- RIZZOTTO, G.J.; OLIVEIRA, J.G.F.; QUADROS, M.L.E.S.; CASTRO, J.M.R.; CORDEIRO, A.; ADAMY, A.; MELO JUNIOR, H.R.; DANTAS, M.E. **Projeto rio Madeira.** Levantamento de informações para subsidiar o estudo de viabilidade do aproveitamento hidrelétrico (AHE) do rio Madeira. Aproveitamento hidrelétrico de Jirau. Relatório final. Porto Velho: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2005.
- ROMANINI, S.J. **Geologia e geoquímica do complexo granitoide de Massangana e suas relações com as**

- mineralizações de estanho.** Salvador, 1982. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal da Bahia.
- RONG, J. & WANG, F. **Metasomatic Textures in Granites, Evidence from Petrographic Observation.** Beijing: Springer Mineralogy, jointly published with Science Press Ltd., 2016.
- SANTOS, J.O.S.; RIZZOTTO, G.J.; POTTER, P.E.; MCNAUGHTON, N.J.; MATOS, R.S.; HARTMANN, L.A.; CHEMALE, F.; QUADROS, M.E.S. Age and autochthonous evolution of the Sunsás Orogen in West Amazon Craton based on mapping and U-Pb geochronology. **Precambrian Research**, v. 165, p. 120 – 152, 2008.
- SANTOS, J.O.S.; RIZZOTTO, G.A.; HARTMANN, L.A.; MCNAUGHTON, N.J.; FLETCHER, I.R. Ages of sedimentary basins related to the Sunsás and Juruena orogenies, Southwest Amazon craton, established by U-Pb geochronology. In: WORKSHOP GEOLOGY OF THE AMAZONIAN CRATON: STATE-OF-THE-ART, 2001, São Paulo, São Paulo, Brazil. **Extended Abstracts** ...São Paulo: IGCP-Project 426 – Granite Systems and Proterozoic Lithosphere Processes, p. 114-118, 2001.
- SANTOS, J.O.S.; RIZZOTTO, G.J.; CHEMALE JUNIOR, F.; HARTMANN, L.A.; QUADROS, M.L.E.S.; MCNAUGHTON, N.J. Three distinctive collisional orogenies in the southwestern Amazon Craton: Constraints from U-Pb geochronology. In: 4<sup>th</sup> SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPIC GEOLOGY, 2003, Salvador, Brazil. **Short Papers**...Salvador: Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM e Institute de Recherche Pour le Développement - IRD, v. 1, p. 282-285, 2003.
- SCANDOLARA, J.E. **Geologia e evolução do terreno Jamari, embasamento da faixa Sunsás/Aguapeí, centro-leste de Rondônia, sudoeste do Cráton Amazônico.** Brasília, 2006. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
- SCANDOLARA, J.E.; FUCK, R.A.; DALL'AGNOL, R.; DANTAS, E.L. Geochemistry and origin of the early Mesoproterozoic mangerite-charnockite-rapakivi granite association of the Serra da Providência suite and associated gabbros, central-eastern Rondônia, SW Amazonian Craton, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 45, p. 166 – 193, 2013
- SCANDOLARA, J.E.; CORREA, R.T.; FUCK, R.A.; SOUZA, V.S.; RODRIGUES, J.B.; RIBEIRO, P.S.E.; FRASCA, A.A.S.; SABOIA, A.M.; LACERDA FILHO, J.V. Paleoproterozoic arc-accretion along the southwestern margin of the Amazonian craton: The Juruena accretionary orogen and possible implications for Columbia supercontinent. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 73, p. 223 – 247, 2017.
- SILVA, M.A. **Petrologia e Metalogenia da suíte intrusiva São Lourenço-Caripunas na região do distrito mineiro de São Lourenço-Maciça, Rondônia.** Rio Claro, 2023. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- SILVA, L.C.A.R.; PIMENTEL, M.M.; SCANDOLARA, J.E.; RAMGRAB, G.; WILDNER, W.; ANGELIM, L.A.A.; VASCONCELOS, A.M.; RIZZOTTO, G.J.; QUADROS, M.L.E.S.; SANDER, A.; ROSA, A.L.Z. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte III: Províncias Borborema, Mantiqueira Meridional e Rio Negro-Juruena. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, p. 529-544, 2002.
- SILVA, M.A.; LEITE JÚNIOR, W.B.; PAYOLLA, B.L.; CIOTTA, M.R.; BETTENCOURT, J.S. Granitos rapakivi e rochas associadas da Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas (1,32 – 1,30 Ga) no distrito mineiro São Lourenço- Macisa, NW da Província Estanífera de Rondônia: I - Petrografia das fácies precoces e evidências de interação de magmas. **Geologia USP. Série Científica**, v. 22, n. 1, p. 39-54, 2022.
- SOUZA, S.V. & BOTELHO, N.F. Geologia do depósito de estanho do Bom Futuro (Rondônia) e composição dos fluidos nos sistemas de veios e greisens. In: KLEIN, E.L., VASQUEZ, M.L., ROSA-COSTA, L.T. (Ed). **Contribuições à Geologia da Amazônia.** Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 199 – 214, 2002.
- SOUZA, V.S. & NASCIMENTO T.M.F. Depósito de W-Sn Igarapé manteiga (RO): aspectos geológicos e metalogenéticos. In: XI SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, SEÇÃO METALOGENIA/GEOLOGIA ECONÔMICA, 2009, Manaus: SBG-NO.
- SPARRENBERGER, I. **Evolução da mineralização primária estanífera associada ao Maciço Granítico Santa Bárbara, Rondônia.** São Paulo. 2003. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- ŠTEMPROK, M. Greisenization (a review). **Geologische Rundschau**, v. 76, p. 169-175, 1987.
- STRECKEISEN, A. To each plutonic rock its proper name. **Earth-Science Reviews**, v. 12, p. 1–33, 1976.
- TASSINARI, C.C.G. & MACAMBIRA, M.J.B. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: Matesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D., Brito Neves, B. B., 2004. **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo. Beca. p. 471-485, 2004
- TASSINARI, C.C.G.; CORDANI, U.G.C.; NUTMAN, A.P.; SCHMUSS, W.R.V.; BETTENCOURT, J.S.; TAYLOR, P.N. Geochronological systematics on basement rocks from the Rio Negro Juruena Province (Amazonian Craton) and tectonic implications. **International geology review**, v. 38, n. 2, p. 161-175, 1996.
- TEIXEIRA, W.; GERALDES, M.C.; MATOS, R.; RUIZ, A. S.; SAES, G.; VARGAS-MATTOS, G. A review of the tectonic evolution of the Sunsás belt, SW Amazonian Craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, p. 47–60, 2010.
- TOHVER, E.; VAN DER PLUIJM, B. A.; SCANDOLARA, J. E.; ESSENE, E. J. Late Mesoproterozoic Deformation of SW Amazonia (Rondônia, Brazil): Geochronological and structural evidence for collision with southern Laurentia. **The Journal of Geology**, v. 113, n. 3, p. 309-323, 2005.
- TOHVER, E.; VAN DER PLUIJM, B.A.; VAN DER VOO, R.; RIZZOTTO, G.J.; SCANDOLARA, J.E. Paleogeography of the Amazon craton at 1.2 Ga: early Grenvillian collision with the Llano segment of Laurentia. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 199, p. 185–200, 2002.
- VORMA, A. On the petrochemistry of rapakivi granites with special reference to the Laitila massif, southwestern Finland. Geological Survey of Finland. **Bulletin**, n. 285, p. 1-98, 1976.
- WAGHORN, J.G. **The Geology of Rondônia (western Brazil), with special reference to the tin-bearing granite complexes and placers deposits.** London, 1974. Thesis (Ph.D.), Faculty of Science of the University of London.
- WARR, L.N. IMA-CNMNC approved mineral symbols. **Mineralogical Magazine**. v. 85, n. 3, p. 291-320, 2021.

*Submetido em 30 de outubro de 2024  
Aceito para publicação em 29 de janeiro de 2025*