



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 12, nº 2 (2026)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2026v12n2ID41253>



Caracterização petrográfica e implicações genéticas de pegmatitos de São José da Safira (MG), Província Pegmatítica Oriental do Brasil

Petrographic characterization and genetic implications of pegmatites from São José da Safira (MG), Eastern Brazilian Pegmatite Province

Rafael Madureira^{1,2}; Gláucia Queiroga³; Cristiane Gonçalves⁴; Thiago da Mata⁵; Ricardo Scholz⁶

¹ Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Governador Valadares, Governador Valadares/MG, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas/Departamento de Geologia, Ouro Preto/MG, Brasil. Email: madureira.geo@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3956-743X>

³ Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas/Departamento de Geologia, Ouro Preto/MG, Brasil. Email: glauciaqueiroga@ufop.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1730-0638>

⁴ Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas/Departamento de Geologia, Ouro Preto/MG, Brasil. Email: cristiane.castro@ufop.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9885-0980>

⁵ Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas/Departamento de Geologia, Ouro Preto/MG, Brasil. Email: tdamata2@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1313-6585>

⁶ Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas/Departamento de Geologia, Ouro Preto/MG, Brasil. Email: ricardo.scholz@ufop.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7412-2500>

Resumo: O Distrito Pegmatítico de São José da Safira integra a Província Pegmatítica Oriental do Brasil e está inserido no Orógeno Araçuaí. Além da importância econômica associada à produção de minerais gema e ao enriquecimento em elementos raros, os pegmatitos deste distrito ainda exibem zonamento interno bem definido, o que os torna laboratórios naturais ideais para a investigação da origem e evolução de *melts* pegmatíticos. Este estudo apresenta uma caracterização petrográfica de detalhe de três pegmatitos deste distrito, situados nos setores norte (mina Mutuca), central (mina Pederneira) e sul (mina Golconda). Esses corpos são livres de deformação e metamorfismo regionais. São mineralógica e texturalmente semelhantes entre si, exibindo zonamento complexo formado pelas zonas de contato (Kfs+Qz, textura granular), parede (Kfs+Qz±Pl±Ms±Tur, textura gráfica e crescimento unidirecional em direção ao núcleo), intermediária (Kfs+Ms+Qz+Pl±Spd, textura sacaroidal e crescimento unidirecional em direção ao núcleo) e núcleo (Qz±Spd, textura maciça), além de zonas secundárias de albitização (Ab±Lep±Tur) e abundantes cavidades miarolíticas. Com base na composição mineralógica e geoquímica, foram classificados como Miarolítico, LCT, Grupo 1 e RMG. Evidências de campo, mineralógicas e texturais sugerem que esses pegmatitos foram formados por fracionamento magmático a partir da supersuíte G4 durante os estágios tardi- a pós-colisionais de evolução do Orógeno Araçuaí.

Palavras-chave: Zonamento mineralógico e textural; Classificação de pegmatitos; Gênese de pegmatitos.

Abstract: The São José da Safira Pegmatite District belongs to the Eastern Brazilian Pegmatite Province and is situated within the Araçuaí Orogen. In addition to their economic importance related to the production of gem-quality minerals and enrichment in rare elements, the pegmatites of this district also exhibit well-defined internal zoning, which make them valuable natural laboratories for investigating the origin and evolution of pegmatite-forming melts. This study presents a detailed petrographic characterization of three pegmatites from this district, located in the northern (Mutuca mine), central (Pederneira mine) and southern (Golconda mine) sectors. These bodies are free of regional deformation and metamorphism. They are mineralogically and texturally similar to one another, exhibiting complex zoning composed of border (Kfs+Qz, granular texture), wall (Kfs+Qz±Pl±Ms±Tur, graphic texture and unidirectional growth toward the core), intermediate (Kfs+Ms+Qz+Pl±Spd, saccharoidal texture and unidirectional growth toward the core) and core zones (Qz±Spd, massive texture), in addition to secondary albitization zones (Ab±Lep±Tur) and abundant miarolitic cavities. Based on their mineralogical and geochemical composition, these pegmatites were classified as Miarolitic, LCT, Group 1 and

RMG. Field, mineralogical and textural evidences suggest that these pegmatites were formed through magmatic fractionation of the G4 supersuite during the late- to post-collisional stages the Araçuaí Orogen evolution.

Keywords: Mineralogical and textural zoning; Pegmatite classification; Pegmatite genesis.

Recebido: 25/08/2025; Aceito: 12/06/2026; Publicado: 02/07/2026.

1. Introdução

Pegmatitos têm se tornado cada vez mais foco de estudos devido principalmente à sua associação como potenciais depósitos de lítio, um elemento raro com crescente demanda global na indústria de eletrônicos (AMBROSE e KENDALL, 2020). Essas rochas também podem constituir importantes fontes de outros elementos raros e estratégicos para a indústria tecnológica, como Be, Cs, Ga, Nb, Ta, Ti, Y e ETR, além de minerais industriais (e.g., feldspato, micas, quartzo) e minerais gema (e.g., berilo, granada, turmalina) (LONDON, 2018; SIMMONS *et al.*, 2012).

Pegmatitos são rochas ígneas predominantemente graníticas, caracterizadas por granulação grossa a muito grossa e ampla heterogeneidade granulométrica. Esses corpos podem ser não zonados ou zonados. Nos pegmatitos zonados, variações granulométricas e mineralógicas definem uma estrutura interna composta por zonas primárias (contato, parede, intermédia e núcleo) e, por vezes, zonas secundárias de substituição (LONDON, 2008, 2018). Segundo os principais modelos petrogenéticos, os *melts* pegmatíticos podem ser gerados por anatexia de baixo grau de rochas metassedimentares ou por fracionamento magmático de plútons graníticos parentais (LONDON, 2008; SIMMONS, 2007; SIMMONS e WEBBER, 2008). A origem e evolução desses corpos podem ser investigadas a partir da identificação de suas associações minerais e aspectos texturais, com posterior detalhamento via análises químicas e isotópicas de seus minerais constituintes (e.g., ČERNÝ *et al.*, 2003; LONDON, 2008).

Neste contexto, o Distrito Pegmatítico de São José da Safira (DPSJS) integra a Província Pegmatítica Oriental do Brasil (PPOB), que se estende por uma área de c. 150.000km² no sudeste do Brasil e representa uma das maiores e mais importantes províncias pegmatíticas do mundo (PEDROSA-SOARES *et al.* 2011, 2025). Os pegmatitos do DPSJS destacam-se pela produção de turmalinas, berilos e espécimes para coleção de elevada qualidade gemológica (MORTEANI *et al.*, 2000), além do enriquecimento em Li evidenciado pela ocorrência de espodumênio e lepidolita em quantidades consideráveis (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2011, 2025). Além da importância econômica, o zonamento interno bem definido torna esses corpos importantes laboratórios naturais para investigação da origem e evolução de *melts* pegmatíticos, bem como para a aplicação dos sistemas de classificação de Černý (1991), Černý e Ercit (2005) e Wise *et al.* (2022), que fornecem subsídios fundamentais para discussões petrogenéticas.

Apesar da relevância econômica e científica, os pegmatitos do DPSJS ainda carecem de caracterização petrográfica detalhada voltada à investigação de suas associações minerais, aspectos texturais e possíveis modelos petrogenéticos.

Com base no exposto, este artigo apresenta a caracterização petrográfica macro e microscópica, associada a análises de química mineral via MEV-EDS, de três pegmatitos do DPSJS: um setor norte (mina da Mutuca), outro no setor central (dique Dilo/Novo Dilo – mina da Pederneira) e outro no setor sul (mina da Golconda). Esses corpos foram selecionados pelo seu zonamento interno bem desenvolvido, excelente exposição nas galerias das minas e relevância econômica como fontes de minerais gema. A caracterização petrográfica foi integrada a modelos de classificação e interpretação genética, visando responder: i) quais associações minerais e aspectos texturais ocorrem ao longo das zonas internas desses pegmatitos?; e ii) qual o modelo petrogenético e a fonte mais prováveis para a formação desses corpos?

2. Contexto geológico

2.1. Província Pegmatítica Oriental do Brasil (PPOB)

A PPOB consiste em um enxame de intrusões granito-pegmatíticas reconhecidas como depósitos de elementos raros e economicamente importantes, como Be, Li, Nb e Ta, além de ampla variedade de minerais gema (MORTEANI *et al.*, 2000; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2011). Essas intrusões são agrupadas em 12 distritos pegmatíticos, caracterizados pela combinação do modelo petrogenético, idade de cristalização, tipo de granito parental/rocha fonte e condições P-T de metamorfismo da unidade encaixante. Essas intrusões constituem o arco magmático do Orógeno Araçuaí, no sudeste do

Brasil (PEDROSA-SOARES *et al.* 2011, 2025) (Figura 1).

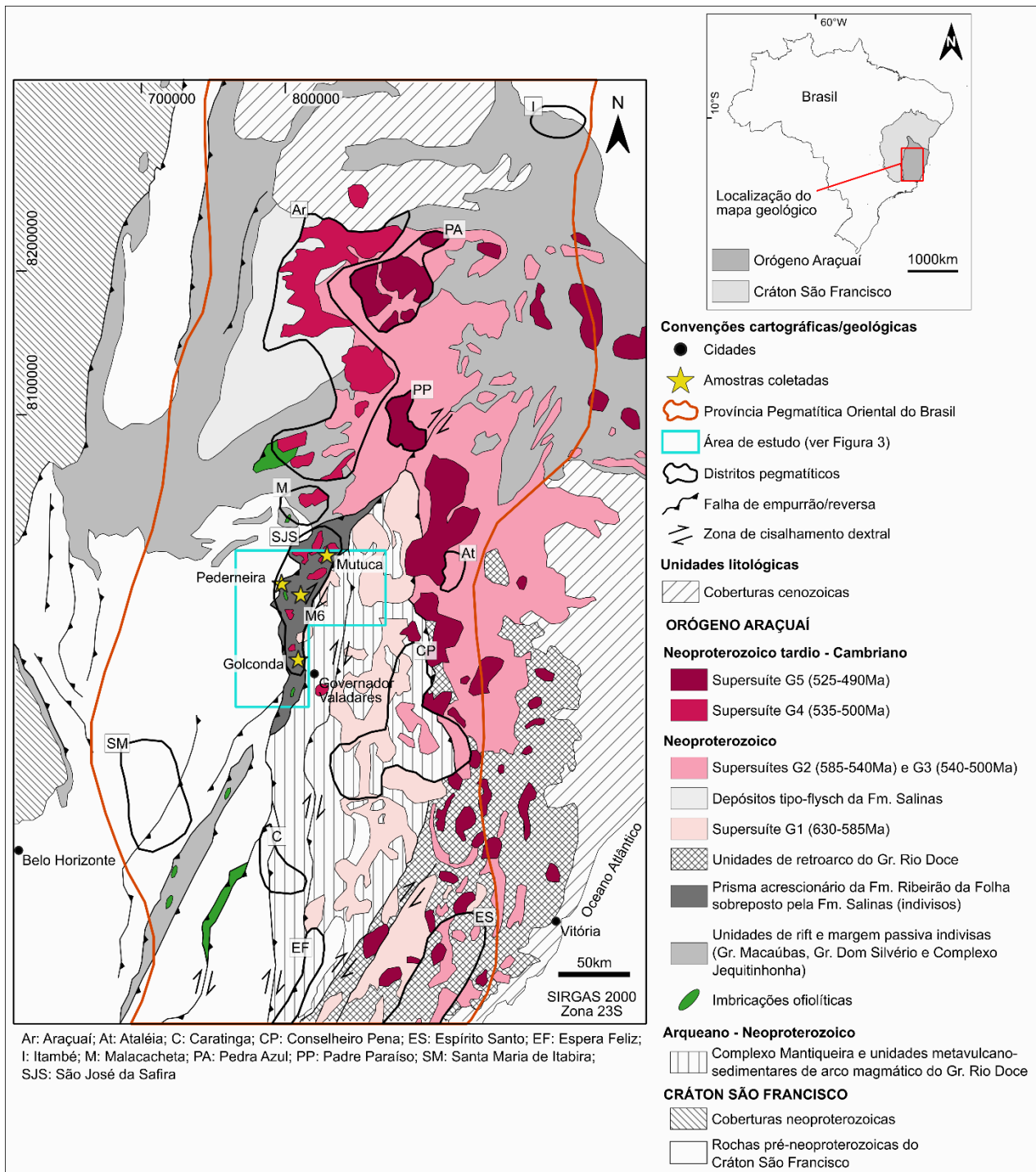


Figura 1 – Mapa geológico simplificado do Orógeno Araçuaí evidenciando as supersuítes G1 a G5.

Fonte: Pedrosa-Soares *et al.* (2011, 2025) e Peixoto *et al.* (2015).

O arco magmático do Orógeno Araçuaí desenvolveu-se em um sistema orogênico parcialmente confinado de margem continental ativa (ALKMIM *et al.*, 2006; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2007, 2011). Sua origem e evolução estão

relacionadas a amalgamação neoproterozoica-cambriana do setor oeste do Supercontinente Gondwana, como resultado da Orogênese Brasileira (630-490Ma; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2025). A formação deste orógeno se destaca pela volumosa produção das intrusões granito-pegmatíticas que compõem a PPOB e materializam os estágios pré- a pós-colisionais de evolução tectônica deste orógeno. Essas intrusões são agrupadas nas supersuítas: G1 (pré-colisional, 630-585Ma), G2 (sin-colisional, 585-540Ma), G3 (tardi- a pós-colisional, 540-500Ma), G4 (tardi- a pós-colisional, 535-500Ma) e G5 (pós-colisional, 525-490Ma) (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2001, 2007, 2011, 2025), sumarizadas na Figura 2.

Supersuíte (Idade U-Pb)	Litotipo	Litoquímica	Tipo genético	Estágio tectônico	Interpretação
G1 (630-585Ma)	tonalito a granodiorito predominante, diorito a gabronorito em menor quantidade, com biotita, anfibólio e/ou piroxênio	metaluminoso a levemente peraluminoso, magnesiano, cálcico a alcali-cálcico, médio a alto K	predominantemente metaluminoso tipo-I, peraluminoso tipo-I menos comum	pré-colisional a início do colisional	subducção de litosfera oceânica com formação de arco magmático em margem continental ativa (arco magmático do Rio Doce), geralmente enriquecido em enclaves meso- a melanocráticos
G2 (585-540Ma)	predomínio de biotita-granada sienogranito a alcali feldspato granito, menor quantidade de monzogranito a tonalito rico em granada, e granada-duas-micas granito, com silimanita pontualmente	peraluminoso, calci-alkalino a sub-alkalino (K>Na)	predominantemente tipo-S, peraluminoso tipo-I menos comum	sin-colisional (pré-colisional tardio a colisional tardio)	fusão parcial de unidades metassedimentares do Grupo Rio Doce durante espessamento e encurtamento crustal, contem restitos e xenólitos de unidades metassedimentares
G3 (540-500Ma)	alcali feldspato granito a sienogranito com cordierita e/ou granada, pouca ou nenhuma biotita	peraluminoso, sub-alkalino (K>Na)	tipo-S	tardi- a pós-colisional	fusão parcial autóctone da supersuíte G2
G4 (535-500Ma)	sienogranitos (leucogranito a duas micas, geralmente com albita-muscovita ou turmalina, com topos ricos em pegmatitos graníticos)	peraluminoso, sub-alkalino (K>Na) a alcalino (Na>K)	tipo-S	tardi- a pós-colisional	fusão parcial alóctone dos granitos da supersuíte G2
G5 (525-490Ma)	álcali feldspato granito a granodiorito, menores quantidades de charnoquito com ortopiroxênio, norito e enderbita	metaluminoso a levemente peraluminoso, alto K e Fe, cálcico-alkalino	tipo-A e tipo-I	pós-colisional	fusão parcial da porção basal da crosta continental associado a contribuições mantélicas, possui características de magma <i>mingling</i> e <i>mixing</i> , com enclaves microgranulares meso- a melanocráticos

Figura 2 – Principais características das supersuítas G1 a G5 do Orógeno Araçuaí.

Fonte: Modificado de Pedrosa-Soares *et al.* (2011, 2025).

2.2. Distrito Pegmatítico de São José da Safira (DPSJS)

O DPSJS está inserido na porção centro-oeste do Orógeno Araçuaí. Este distrito é limitado a oeste pelas rochas pré-neoproterozoicas do Cráton São Francisco, em contato marcado pelo sistema de falhas de empurrão/reversas de Itambacuri (OLIVEIRA *et al.*, 1997; SILVA, 1997), e a leste pela zona de cisalhamento dextral de Abre Campo (PEIXOTO *et al.*, 2015) (Figuras 1 e 3). Esses sistemas de falhas foram gerados pela Orogênese Brasileira (630-490Ma; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2025), e apresentam vergência predominante de leste para oeste (OLIVEIRA *et al.*, 1997; PEIXOTO *et al.*, 2015; RIBEIRO, 1997; SILVA, 1997).

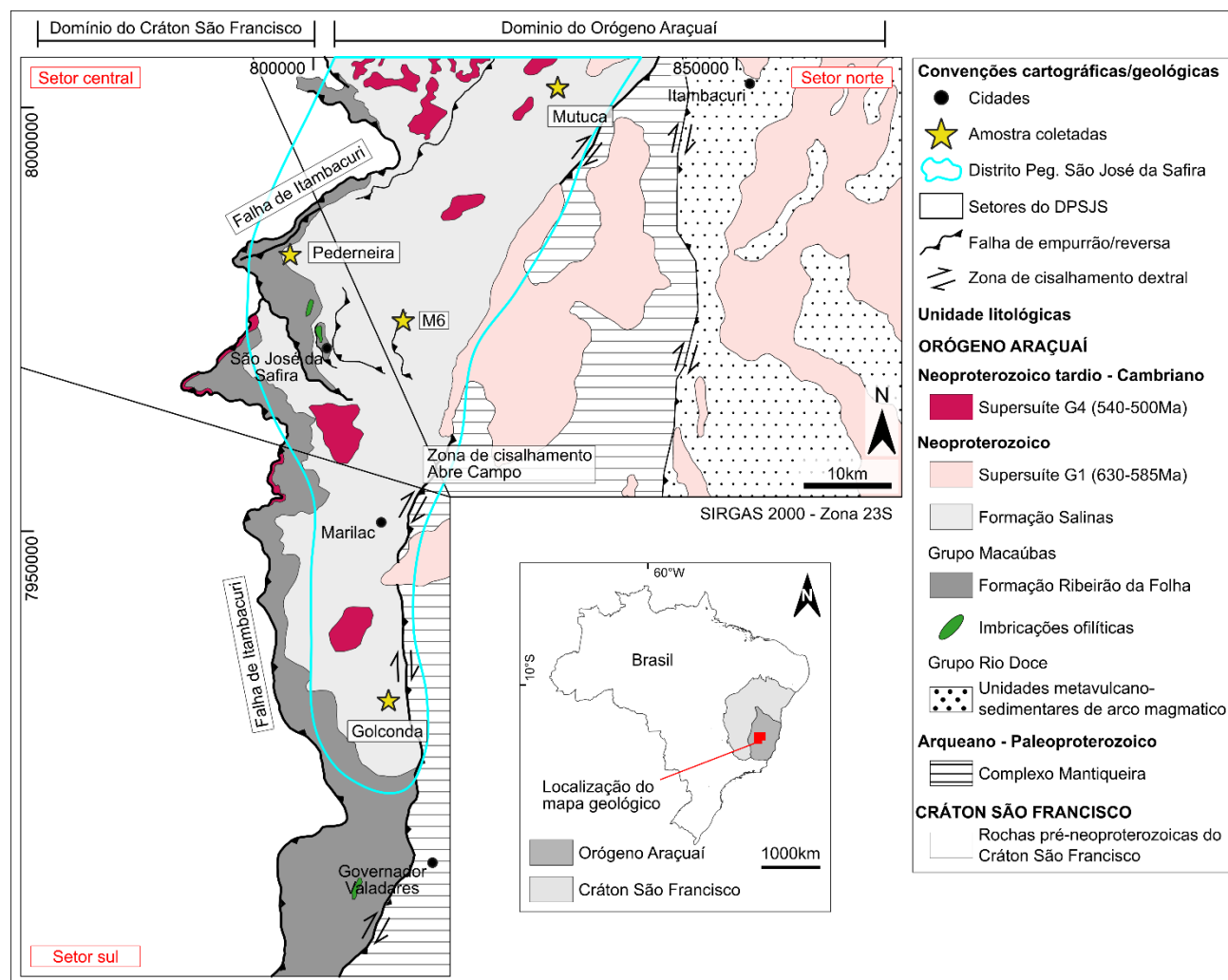


Figura 3 – Mapa geológico simplificado do DPSJS e localização dos pegmatitos estudados.

Fonte: Pedrosa-Soares *et al.* (2007, 2011, 2025), Peixoto *et al.* (2015), Ribeiro (1997), Signorelli (1997) e Silva (1997).

O embasamento do DPSJS é composto por ortognaisses arqueanos a paleoproterozoicos do Complexo Mantiqueira, sobrepostos pelas unidades metavulcanossedimentares neoproterozoicas de arco magmático do Grupo Rio Doce, e pelas sequências neoproterozoicas metassedimentares das formações Ribeirão da Folha (Grupo Macaúbas) e Salinas (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2007, 2011; PEIXOTO *et al.*, 2015; RIBEIRO, 1997; SIGNORELLI, 1997; SILVA, 1997). A Formação Ribeirão da Folha é interpretada como depósito de margem passiva distal associado a geração de crosta oceânica (QUEIROGA *et al.*, 2007), enquanto a Formação Salinas corresponde a depósito sin-orogênico do tipo-flysch relacionado ao fechamento do Orógeno Araçuaí (ALKMIM *et al.*, 2006).

Intrusões graníticas neoproterozoicas da supersuíte G1 ocorrem nas rochas do Complexo Mantiqueira e Grupo Rio Doce, enquanto intrusões graníticas neoproterozoica-cambrianas da supersuíte G4 estão hospedadas nas formações

Ribeirão da Folha e Salinas. A Formação Salinas representa a unidade encaixante para os pegmatitos de estudo (Figura 3).

O metamorfismo regional registrado pelas formações Ribeirão da Folha e Salinas no DPSJS, atinge condições de fácies anfíbolito inferior (5,5kbar e 553°C) a intermediário (6-8kbar e 600-700°C), relacionados ao estágio sin-colisional de evolução do Orógeno Araçuaí (585-540Ma; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2025), como resultado da Orogênese Brasileira (PEIXOTO *et al.*, 2015; QUEIROGA, 2006).

Segundo Pedrosa-Soares *et al.* (2001, 2011, 2025), os pegmatitos do DPSJS foram gerados por fracionamento magmático, tendo os granitos da supersuíte G4 como plútons parentais mais prováveis. As rochas dessa supersuíte consistem em sienogranitos tipo-S, peraluminosos, sub-alcálinos a alcálinos, formados por fusão parcial da supersuíte G2 durante o colapso gravitacional extensional dos estágios tardi- a pós-colisionais de evolução do Orógeno Araçuaí (535-500Ma; Figura 2). Os pegmatitos deste distrito são geralmente ricos em turmalina gemológica, espodumênio e feldspatos industriais, além de exibirem elevadas concentrações em B, Be, Cs, Li, Na, P e Ta (CORREIA-NEVES *et al.*, 1986; NETTO *et al.*, 1998; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2001, 2011).

3. Metodologia

Neste estudo, foram analisados três pegmatitos do DPSJS: um no setor norte (mina da Mutuca), outro no setor central (dique Dilo/Novo Dilo – mina da Pederneira) e outro no setor sul (mina da Golconda), além da unidade encaixante representada pela Formação Salinas (Figuras 1 e 3). As abreviações minerais seguem Whitney e Evans (2010). A relação da amostragem e análises aplicadas está sumarizada na Figura 4. As etapas analíticas incluíram:

- análises petrográficas macroscópicas de campo e de amostras de mão, com lupa de bolso (20x) e lupa binocular de bancada (40x), para identificação das associações minerais e aspectos texturais;
- análises petrográficas em lâminas delgadas polidas sob luz transmitida, utilizando microscópio ZEISS do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/UFOP), para identificação das associações minerais e microestruturas. As descrições petrográficas foram baseadas em Deer *et al.* (2013), Melgarejo (2003) e Shelley (1992). As lâminas delgadas polidas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do DEGEO/UFOP;
- análises químicas de minerais via espectroscopia por dispersão de energia de raios-X (EDS) acoplada a um microscópio eletrônico de varredura (MEV) do Laboratório de Microanálises do DEGEO/UFOP. Os resultados foram comparados com dados de Deer *et al.* (2013) para auxiliar na identificação mineral. As análises utilizaram detector EDS Oxford Instruments acoplado a MEV JEOL JSM-6510, operado a 20kV, *spot size* de 68-72µm e *working distance* de 13-16mm. Minerais identificados com auxílio das análises químicas estão indicados com (MEV). Tabela de resultados das análises químicas via MEV-EDS está disponível como Material Suplementar.

4. Resultados

4.1. Setor norte

O pegmatito analisado no setor norte do DPSJS ocorre na mina da Mutuca, uma mina subterrânea localizada a cerca de 35km a leste da cidade Itambacuri (MG) (Figura 3). O corpo está encaixado em biotita-quartzo xisto da Formação Salinas. Em microscopia ótica, a rocha encaixante exhibe granulação equigranular fina (0,1 – 0,4mm), composta por quartzo (50%), biotita (35%), muscovita (10%), turmalina (3%) e clorita (2%), além de feldspato, pirita (MEV) e arsenopirita (MEV) como minerais acessórios. O pegmatito ocorre como dique tabular, concordante com a xistosidade da rocha encaixante, e mergulho aproximado de 70° para NW (JONCEW *et al.*, 2019). O pegmatito é indeformado, livre de estruturas de deformação e metamorfismo regionais.

O pegmatito exhibe zonamento interno complexo, constituído pelas zonas primárias de parede, intermédia e de núcleo, além de zonas secundárias de substituição. Zonas de contato não foram observadas nas galerias expostas da mina. Destaca-se a abundância em cavidades miarolíticas. Segue a descrição da estrutura interna deste pegmatito, sentido borda para o centro:

- (1) zona de parede: granulação fina a muito grossa (1,0mm a 3,0cm), com textura gráfica (intercrescimento de quartzo + feldspato potássico) e alinhamentos de cristais subédricos a euédricos de granada e turmalina (Figura 5A). Predomínio de feldspato potássico em massas anédricas e quartzo subédrico (Figura 5B). Apatita (MEV), berilo (MEV), granada (almandina-espessartita; MEV), muscovita, plagioclásio albitico (MEV), turmalina (MEV) e zircão (MEV) como minerais acessórios;

- (2) zona intermédia: caracterizada por um aumento abrupto da granulação (1,0cm a 1,5m), composta predominantemente por feldspato potássico, muscovita e quartzo. Contém cristais de espodumênio que crescem em direção à zona de núcleo, além de lepidolita, turmalina e massas anédricas de berilo como minerais acessórios;
- (3) zona de núcleo: granulação muito grossa e textura maciça, com predomínio absoluto de quartzo subédrico a euédrico (Figuras 5C e 5D), podendo ainda conter espodumênio de até 2,0m de comprimento, por vezes com crescimento de turmalina perpendicular ao seu eixo cristalográfico c (textura em pente).

Setor (mina) Coordenadas UTM	Amostra	Litotipo	Unidade / Zona interna	Análises aplicadas		
				macroscópica	microscópica	MEV
Norte (Mutuca) 193607/8002627	M1	pegmatito	cavidade miarolítica	x		x
	M2	pegmatito	zona de parede	x		x
	M3	pegmatito	cavidade miarolítica	x		x
	M4	pegmatito	zona de parede	x		x
810616/7974803	M6	rocha encaixante	Fm. Salinas	x	x	x
Central (Pederneira - dique Dilo/Novo Dilo) 797271/7982586	P-ND1-A	rocha encaixante	Fm. Salinas	x	x	x
	P-ND1-B	pegmatito	zona intermédia	x	x	x
	P-ND1-C	pegmatito	zona intermédia	x		
	P-ND1-D	rocha encaixante	Fm. Salinas	x		
	P-ND2-A	pegmatito	zona intermédia	x	x	x
	P-ND2-B	pegmatito	zona de parede	x		x
	P-ND2-C	pegmatito	zona intermédia	x		
	P-ND2-D	pegmatito	zona intermédia	x		
	P-ND2-E	pegmatito	zona intermédia	x		
	P-ND3-A	pegmatito	zona intermédia	x	x	
	P-ND3-B	rocha encaixante	Fm. Salinas	x	x	
	P-ND3-C	pegmatito	zona intermédia	x		
	P-ND4-A	pegmatito	zona intermédia	x	x	x
P-ND5-A	pegmatito	cavidade miarolítica	x	x	x	
Sul (Golconda) 808894/7929921	G1-A	rocha encaixante	Fm. Salinas	x	x	x
	G1-B	pegmatito	zona de contato	x	x	
	G1-C	pegmatito	zona intermédia	x		
	G2-A	pegmatito	cavidade miarolítica	x		x
	G2-B	pegmatito	zona intermédia	x		x

Figura 4 – Relação de amostragem e análises aplicadas.

Fonte: Autores (2026).

As zonas secundárias de substituição são de albitização, caracterizadas pela substituição de feldspato potássico primário por albita lamelar (cleavelandita) em agregado radial, podendo ainda exibir massas anédricas de lepidolita e cristais subédricos de granada e turmalina (Figura 5C). Essas zonas se concentram nas zonas intermédiadas, no limite com as zonas de núcleo.

As cavidades miarolíticas ocorrem no limite entre as zonas intermédia e de núcleo (Figura 5D), com diâmetro de 10,0cm a 1,0m. Podem conter apatita, albita lamelar (cleavelandita; MEV), cassiterita (MEV; Figura 5E), Fe-columbita (MEV), feldspato potássico, Fe-tantalita (MEV), granada (almandina; MEV), microlita (MEV), muscovita, plagioclásio

albitico (MEV), quartzo, turmalina, zircão (MEV), concreções de óxido/hidróxido de Mn, além de autunita como mineral secundário de U. Granulação modal muito grossa (5,0mm a 7,0cm).

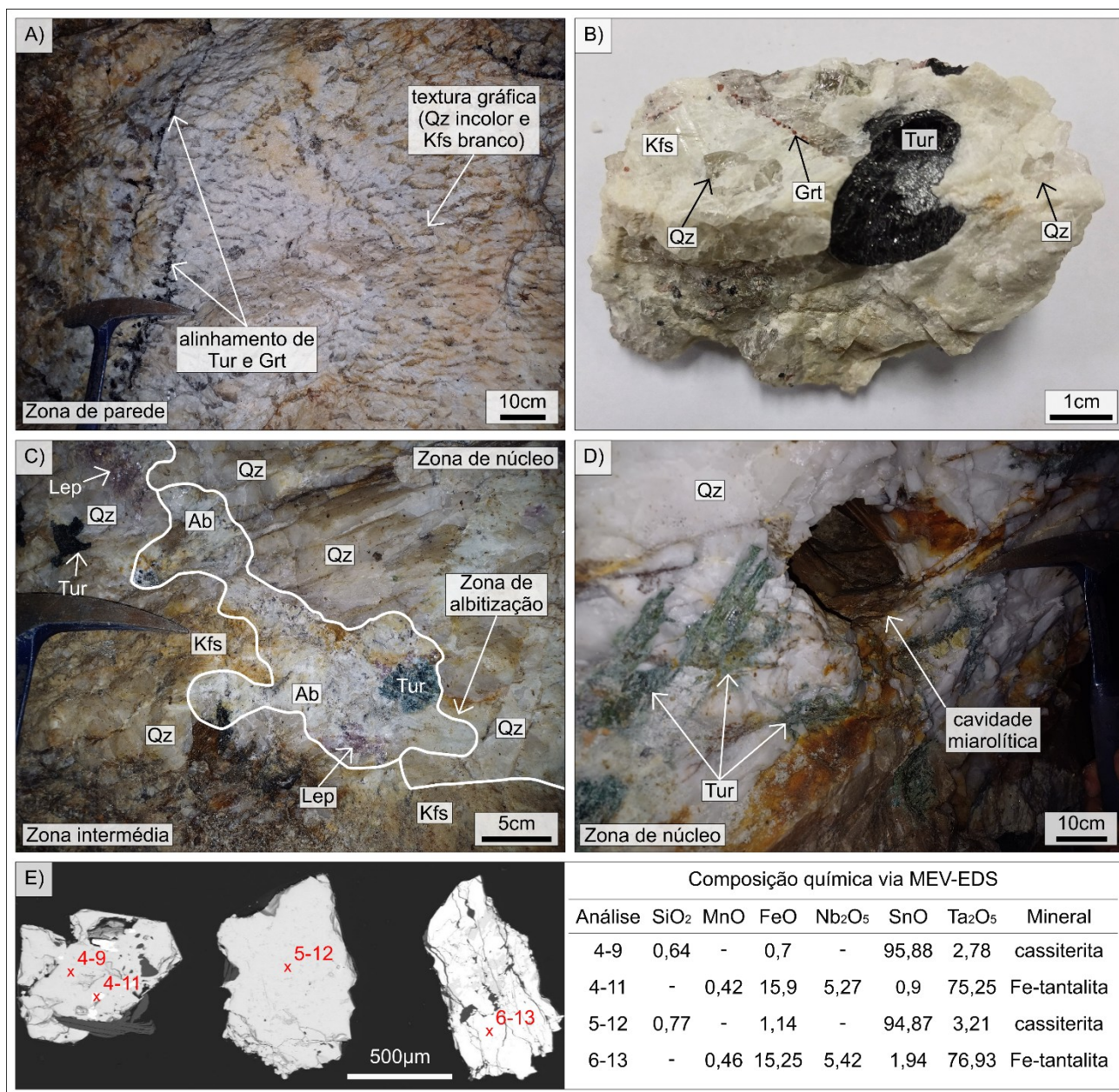


Figura 5 – Pegmatito do setor norte do DPSJS (mina da Mutuca). A) Zona de parede com textura gráfica. B) Amostra de mão da zona de parede evidenciando a associação mineral predominante. C) Zona secundária de albitização no limite entre as zonas intermédia e de núcleo. D) Zona de núcleo com cavidade miarolítica. E) Imagens de elétrons retroespalhados (BSE) de minerais de cavidade miarolítica e resultados de análises químicas via MEV-EDS.

Fonte: Autores (2026).

4.2. Setor central

O pegmatito analisado no setor central do DPSJS corresponde ao dique Dilo/Novo Dilo, situado na mina subterrânea da Pederneira, a cerca de 20km ao norte da cidade São José da Safira (MG) (Figura 3). Este pegmatito está encaixado em biotita-quartzo xisto da Formação Salinas que, sob microscopia óptica, exhibe granulação fina a grossa (0,4 – 8,4mm), composta por quartzo (35 - 50%), biotita (26 - 35%), muscovita (7 - 15%) e plagioclásio (5 - 10%), com possíveis zonas enriquecidas em turmalina (até 25%). Como minerais acessórios, incluem Ce-monazita (MEV), clorita, feldspato potássico (microclina), granada e zircão (MEV). Apatita (MEV) e ilmenita (MEV) foram observadas como inclusões em turmalina.

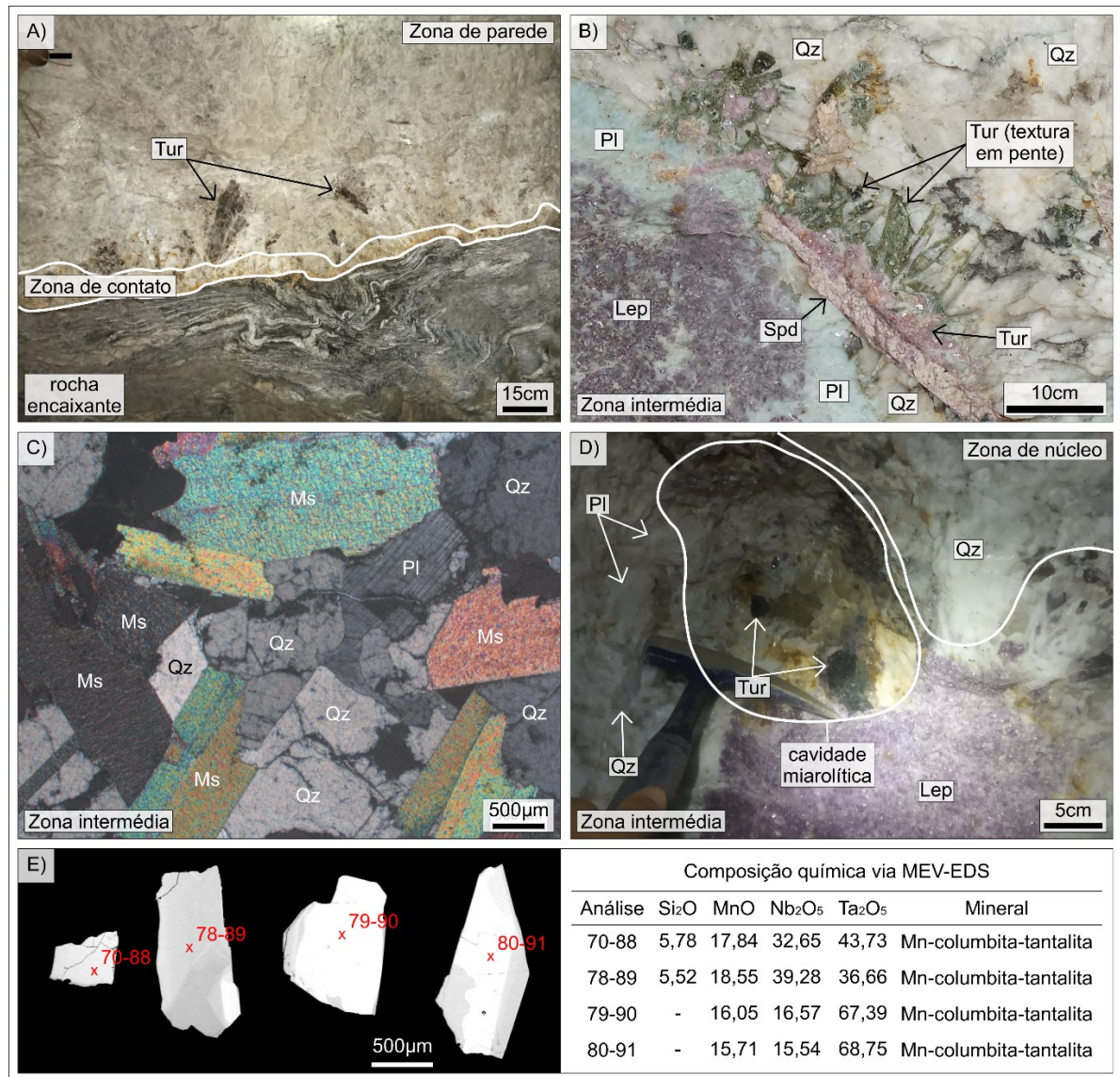


Figura 6 – Pegmatito do setor central do DPSJS (mina da Pederneira). A) Contato abrupto entre pegmatito e rocha encaixante localmente migmatizada. B) Zona intermédia evidenciando associação mineral e turmalina em textura em pente. C) Microfotografia de parte da zona intermédia evidenciando microestrutura inequigranular e contatos retos a interlobados (nicóis cruzados). D) Limite entre zona intermédia e zona de núcleo com indicação de cavidade miarolítica. E) Imagens BSE de minerais de cavidade miarolítica e resultados de análises químicas via MEV-EDS.

Fonte: Autores (2026).

O pegmatito ocorre em forma tabular, concordante com a xistossidade da rocha encaixante, com direção N80W e

mergulho subvertical para SW. Este corpo exibe cerca de 20m de espessura, 40m ao longo da direção da camada e 150m segundo direção de mergulho (SOUZA, 1999). O pegmatito é indeformado, livre de estruturas de deformação e metamorfismo regionais. O contato entre o pegmatito e sua encaixante é abrupto e localmente marcado pela presença de estrutura migmatítica na encaixante (Figura 6A). No entanto, a ausência de deformação/metamorfismo regionais no pegmatito, associada à natureza abrupta desde contato, indica que a migmatização da encaixante predata a intrusão do *melt* pegmatítico.

O pegmatito exibe zonamento complexo, formado pelas zonas primárias de contato, parede, intermédia e de núcleo, além de zonas secundárias de substituição. Cavidades miarolíticas são frequentes. Segue a descrição de suas zonas internas, sentido borda para o centro:

- (1) **zona de contato:** contato abrupto entre o pegmatito e sua encaixante, que se apresenta localmente migmatizada por evento anterior à intrusão do *melt* pegmatítico (Figura 6A). Esta zona exibe cerca de 2,0cm a 5,0cm de espessura, onde o pegmatito exibe granulação média (<4,0mm) e composição predominante formada por feldspato e quartzo em textura granular;
- (2) **zona de parede:** caracterizada por um aumento da granulação, com cristais de turmalina de até 15,0cm de comprimento com crescimento unidirecional em direção ao núcleo (Figura 6A), por vezes, atravessando parte da zona intermédia. Predominam plagioclásio e quartzo, além de muscovita em menor quantidade. Como minerais acessórios, ocorrem apatita (MEV), Ce-monazita (MEV), granada, turmalina, zircão (MEV) e uraninita (MEV) parcialmente recoberta por pirita (MEV);
- (3) **zona intermédia:** granulação grossa (5,0mm) a muito grossa, com espodumênio alterado de até 70,0cm de comprimento. Predomínio de feldspato potássico anédrico e quartzo subédrico ou sacaroidal. Principais minerais acessórios incluem apatita, berilo, biotita, Ce-monazita (MEV), granada euédrica ou em massas anédricas (almandina-espessartita; MEV), lepidolita, microclina, muscovita, por vezes com bordas de lepidolita, plagioclásio albitico maciço, uraninita (MEV), Y-xenotimo (MEV), zircão (MEV) e turmalina, por vezes, em textura em pente em relação a cristais de espodumênio (Figura 6B). Sob microscopia óptica, as porções de menor granulação desta zona exibem microestrutura inequigranular seriada fina a grossa (0,6mm a 2,4cm), com contatos retos a interlobados (Figura 6C);
- (4) **zona de núcleo:** composta por um predomínio de massas anédricas de quartzo em textura maciça (Figura 6D).

As zonas secundárias de substituição são de albitização, caracterizadas pela abundância em albita lamelar (cleavelandita) em agregado radial, comumente associada a espodumênio, quartzo, turmalina e massas anédricas de lepidolita. Estas zonas se concentram nas zonas intermédias, nas proximidades com as zonas de núcleo.

As cavidades miarolíticas ocorrem na zona intermédia, bordejando as zonas de núcleo (Figura 6D), com até 35,0cm de diâmetro. Essas cavidades podem conter apatita, berilo (MEV), espodumênio, feldspato potássico (MEV), lepidolita, Mn-columbita-tantalita (MEV; Figura 6E), muscovita, plagioclásio albitico lamelar (cleavelandita; MEV), quartzo, turmalina e zircão (MEV), além de autunita como mineral secundário de U (MEV) e óxido de Mn (MEV). Granulação média (1,0mm) a muito grossa (2,0cm).

4.3. Setor sul

O pegmatito analisado no setor sul do DPSJS ocorre na mina subterrânea da Golconda, situada a cerca de 30km a noroeste da cidade Governador Valadares (MG) (Figura 3). Este pegmatito está encaixando em biotita-quartzo xisto da Formação Salinas que, sob microscopia óptica, exibe granulação fina a média (0,2 - 4,0mm), composta por quartzo (62%), biotita (20%), muscovita (12%), plagioclásio (4%) e clorita (2%), além de apatita, Ce-monazita (MEV), granada, pirita e zircão como minerais acessórios. O pegmatito consiste em um corpo tabular, com 3 a 11m de espessura, sub-horizontal, alongado segundo N50°W e concordante com a xistosidade levemente ondulada da rocha encaixante (NETTO *et al.*, 1998; PECORA *et al.*, 1950). O corpo pegmatítico é indeformado, livre de estruturas de deformação e metamorfismo regionais. Contato abrupto com a encaixante, observado em escalas macro (Figuras 7A e 7C) e microscópica (Figura 7B).

O pegmatito exibe zonamento interno complexo, constituído por zonas primárias de contato, intermédia e de núcleo, além de zonas secundárias de substituição. Zonas primárias de parede não foram observadas nas galerias expostas da mina. Cavidades miarolíticas são frequentes. A estrutura interna deste pegmatito, da borda para o centro, é descrita como:

- (1) **zona de contato:** caracterizada pelo contato abrupto entre o pegmatito e a rocha encaixante, e pela presença de um enxame de lentes pegmatíticas subordinadas ao corpo principal, concordantes com a xistosidade levemente ondulada da rocha encaixante e livres de deformação e metamorfismo regionais (Figura 7A). Sob microscopia óptica, esse contato é caracterizado por uma porção de granulação fina a grossa (0,2mm a 2,7cm) com escassez de

biotita (pegmatito), em contraste com outra de granulação fina (0,2 – 4,4mm) enriquecida em biotita (rocha encaixante) (Figura 7B). Associação mineral predominante do pegmatito nesta zona consiste em feldspato potássico e quartzo (Figura 7C), além de biotita, granada, muscovita e plagioclásio como minerais acessórios. Textura gráfica é comum;

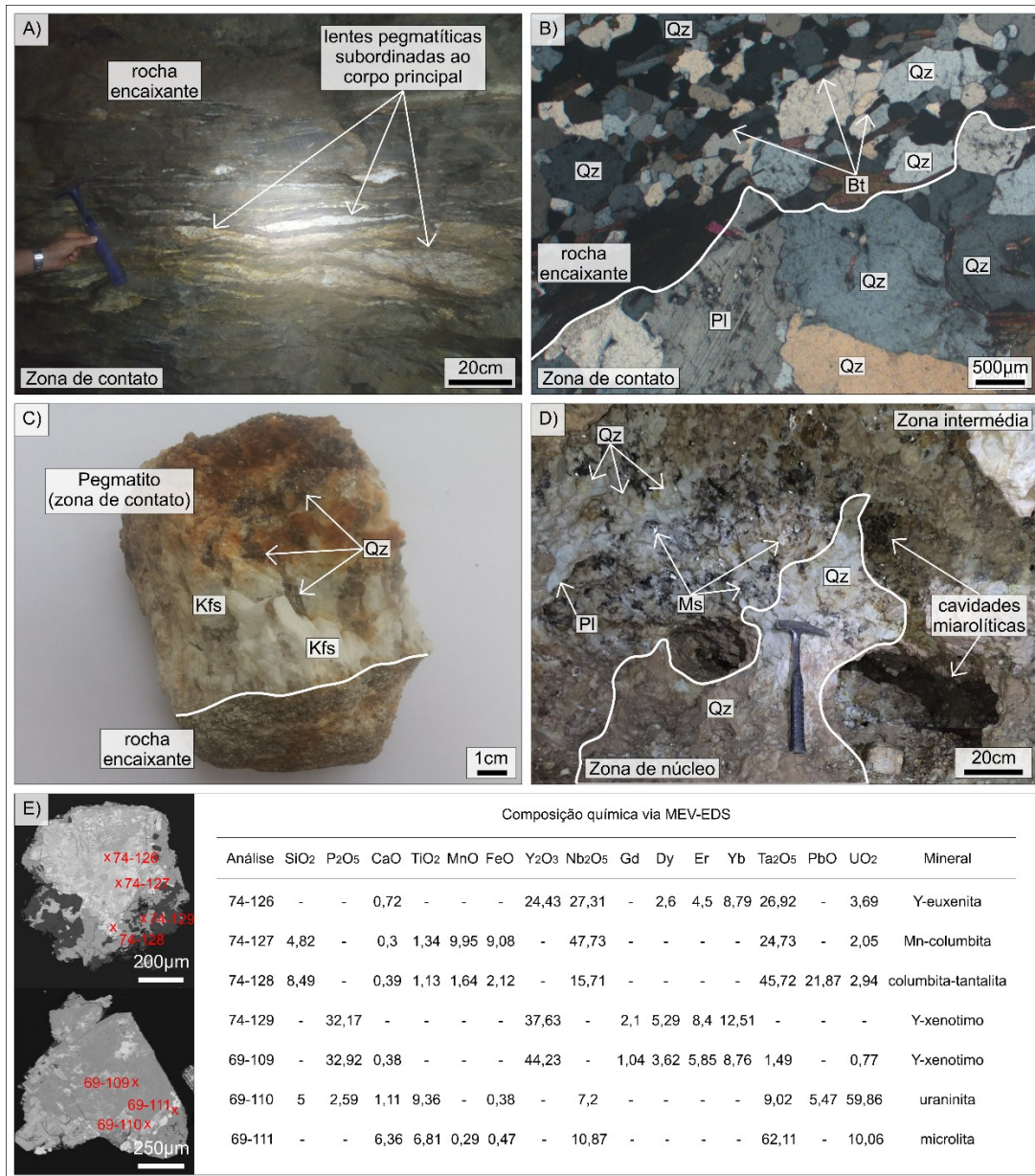


Figura 7 – Pegmatito do setor sul do DPSJS (mina da Golconda). A) Zona de contato com lentes pegmatíticas subordinadas ao corpo principal. B) Microfotografia da zona de contato entre pegmatito e sua encaixante (nicóis cruzados) C) Amostra de mão da zona de contato entre o pegmatito e sua encaixante. D) Limite entre zonas intermédia e de núcleo com indicação de cavidades miarolíticas. E) Imagens BSE de minerais de cavidade miarolítica e resultados de análises químicas via MEV-EDS.

Fonte: Autores (2026).

(2) zona intermédia: caracterizada por um aumento da granulação (2,0 – 8,0cm). Composta predominantemente por

feldspato potássico e quartzo em textura gráfica, além de plagioclásio albitico e muscovita (Figura 7D). Minerais acessórios incluem: apatita com raras inclusões de xenotimo (MEV), berilo, biotita, Ce-monazita (MEV), granada, Y-xenotimo (MEV) e zircão com raras inclusões de uraninita (MEV);

(3) zona de núcleo: composta predominantemente por massas anédricas de quartzo em textura maciça (Figura 7D).

As zonas secundárias de substituição são de albitização, caracterizadas por uma grande quantidade de albita lamelar (cleavelandita) em cristais de cerca de 1,0cm de comprimento, comumente associados a turmalina (até 3,0cm) e massas anédricas de lepidolita. Essas zonas se concentram nas zonas primárias intermédias.

As cavidades miarolíticas ocorrem no limite entre as zonas intermédia e de núcleo, com até 40,0cm de diâmetro (Figura 7D), podendo conter berilo, feldspato potássico (MEV), granada (almandina-espessartita; MEV), muscovita, plagioclásio albitico (MEV), quartzo, turmalina (MEV) e zircão (MEV), além de cristais formados pela associação de Y-euxenita (MEV), columbita-tantalita (MEV), Mn-columbita (MEV), (Mn-Fe)-columbita-tantalita (MEV) e/ou Y-xenotimo (MEV), ora com bordas de uraninita (MEV), ora com inclusões de microlita (MEV) (Figura 7E). Y-xenotimo também ocorre como cristais octaédricos isolados, de cor amarelo, translúcidos e magnéticos (MEV). Presença de óxido de Fe (MEV), além de massas anédricas de nontronita como mineral secundário de Na e Fe. Granulação muito grossa (1,0 - 30,0cm).

5. Discussões

A caracterização petrográfica dos pegmatitos dos setores norte (mina da Mutuca), central (dique Dilo/Novo Dilo – mina da Pederneira) e sul (mina da Golconda) do DPSJS (Figura 3) revela que esses corpos são livres de deformação e metamorfismo regionais, além de serem mineralógica e texturalmente semelhantes entre si, o que sugere uma possível origem e evolução comuns para seus *melts* formadores. Os pegmatitos analisados exibem zonamento complexo formado por zonas primárias (contato, parede, intermédia e núcleo), zonas secundárias de albitização e abundantes cavidades miarolíticas. Correspondem a corpos de composição granítica enriquecidos em minerais de elemento raro, como berilo, columbita-tantalita, espodumênio, lepidolita e turmalina (Figura 8). Esses pegmatitos foram classificados segundo os sistemas de Černý (1991), Černý e Ercit (2005) e Wise *et al.* (2022), por constituírem os sistemas mais abrangentes e amplamente utilizados, além de fornecerem subsídios fundamentais para discussões petrogenéticas.

5.1. Sistema de Classificação de Černý (1991) e Černý e Ercit (2005)

O Sistema de Classificação de Černý (1991) e Černý e Ercit (2005) utiliza a composição mineral e geoquímica como principais critérios, agrupando os pegmatitos em cinco classes: Abissal, Muscovítico, Muscovítico-elemento raro, Elemento raro e Miarolítico. Černý e Ercit (2005) ainda propõem uma classificação geoquímica complementar que distingue os pegmatitos em três famílias: NYF (enriquecidos em Nb-Y-F); LCT (enriquecidos em Li-Cs-Ta); e NYF+LCT (caracterizados por assinatura geoquímica mista).

A ocorrência de quantidades consideráveis de berilo, lepidolita, columbita-tantalita e turmalina nos pegmatitos analisados no DPSJS (Figura 8) evidencia enriquecimento em Be, Li, Nb e B que, associado à abundância em cavidades miarolíticas, permite classificá-los como Miarolíticos (Figura 9). Segundo Černý e Ercit (2005), pegmatitos desta classe também podem apresentar enriquecimento em ETR, F, Ti, U, Y e Zr. Neste contexto, a ocorrência de Ce-monazita (fosfato de ETR leves), uraninita (óxido de U) e xenotimo (fosfato de Y) nos pegmatitos analisados dos setores central e sul reforça essa classificação.

Considerando a assinatura geoquímica, a ocorrência de lepidolita nos pegmatitos analisados nos setores norte, central e sul do DPSJS, associada à presença de espodumênio nos pegmatitos dos setores norte e central, e de microlita nos pegmatitos dos setores norte e sul (Figura 8), evidencia enriquecimento em Li e Ta. Conforme Černý (1991) e Černý e Ercit (2005), esse enriquecimento, associado à ocorrência de muscovita como mineral micáceo predominante, e à presença de apatita, berilo, columbita-tantalita, granada e turmalina como principais minerais acessórios, permite classificar os pegmatitos de estudo como LCT (Figura 9).

Setor do Distrito Pegmatítico de São José da Safira	Norte	Central	Sul
Mina subterrânea	Mutuca	Pederneira	Golconda
Associação mineral dos pegmatitos			
Almandina ¹	x	x	x
Apatita	x	x	x
Autunita	x	x	
Berilo	x	x	x
Biotita		x	x
Cassiterita	x		
Ce-monazita		x	x
Cleavelandita ³	x	x	x
Columbita-tantalita			x
Espessartita ¹	x	x	
Espodumênio	x	x	
Fe-columbita	x		
Feldspato	x	x	x
Feldspato potássico ²	x	x	x
Fe-tantalita	x		
Granada	x	x	x
Lepidolita	x	x	x
Microclina ²		x	
Microlita	x		x
Mn-columbita			x
Mn-columbita-tantalita		x	
Mn-Fe-columbita-tantalita			x
Muscovita	x	x	x
Nontronita	x		x
Pirita		x	
Plagioclásio	x	x	x
Plagioclásio albitico ³	x	x	x
Quartzo	x	x	x
Turmalina	x	x	x
Uraninita		x	x
Xenotimo			x
Y-euxenita			x
Y-xenotimo		x	x
Zircão	x	x	x

Minerais dos grupos da: 1) granada; 2) feldspato; e 3) plagioclásio.

Figura 8 – Associação mineral dos pegmatitos analisados no DPSJS.
Fonte: Autores (2026).

5.2. Novo Sistema de Classificação de Wise *et al.* (2022)

O Novo Sistema de Classificação de Wise *et al.* (2022) utiliza a associação mineral como principal critério de classificação, agrupando os pegmatitos em: Grupo 1 (pegmatitos com berilo ± fosfatos; com espodumênio ± petalita; ou com lepidolita ± turmalina elbaíta); Grupo 2 (pegmatitos com biotita ± faialita ± anfibólio sódico; com magnetita ± uraninita ± óxidos e silicatos de ETR; ou com berilo ± fluorita ± topázio); e Grupo 3 (pegmatitos com andalusita ± cianita ± cordierita ± silimanita; com crisoberilo; ou com borosilita ± dumortierita ± grandidierita ± werdingita). Este sistema ainda propõe uma classificação petrogenética baseada na assinatura geoquímica, distinguindo pegmatitos em: DPA (produto direto de anatexia), ou RMG (*melts* residuais de magmatismo granítico).

O Grupo 1 de Wise *et al.* (2022) pode ser relacionado à família LCT de Černý e Ercit (2005), uma vez que pegmatitos de ambas as classificações são caracterizados por associações minerais enriquecidas em Li. Nesse contexto, a ocorrência de quantidades consideráveis de lepidolita nos pegmatitos dos setores norte, central e sul do DPSJS, associada à presença de espodumênio nos pegmatitos dos setores norte e central, permite inseri-los no Grupo 1. Além disso, assim como na família LCT, pegmatitos do Grupo 1 podem apresentar enriquecimento em B, Be, Cs, F, Ga, P, Rb, Sn e Ta. Desta forma, a presença de fosfatos (apatita + xenotimo), silicatos de Be e B (berilo e turmalina) e óxidos de Sn e Ta (cassiterita, microlita e columbita-tantalita) reforça essa classificação (Figuras 8 e 9).

A classificação desses pegmatitos como Grupo 1, associada ao enriquecimento em B, Be, Li, P, Sn e Ta, permite interpretá-los tanto como DPA quanto como RMG. Entretanto, pegmatitos DPA tendem a ocorrer em terrenos de alto grau metamórfico, sob condições de fácies anfíbolito superior a granulito (WISE *et al.*, 2022). Por outro lado, mesmo que os pegmatitos analisados no DPSJS tenham se formado durante o metamorfismo regional, o pico metamórfico registrado pela unidade encaixante atingiu fácies anfíbolito inferior a intermediário (PEIXOTO *et al.*, 2015). O que indica condições P-T significativamente inferiores às necessárias para a formação de pegmatitos DPA. Assim, a classificação petrogenética mais plausível para os pegmatitos de estudo é RMG (Figura 9).

Classificações e implicações genéticas	Pegmatito do setor norte (mina da Mutuca)	Pegmatito do setor central (mina da Pederneira)	Pegmatito do setor sul (mina da Golconda)
Sistema de Classificação de Černý (1991) e Černý e Ercit (2005)			
Classe	Miarolítico (pegmatitos enriquecidos em Be, Li, Nb, B, ETR, U e Y, com abundância em cavidades miarolíticas)		
Implicações genéticas	Pegmatitos formados por fracionamento magmático de plútons parentais peraluminosos, sin- a tardi-orogênicos, de regime orogênico compressivo		
Família	LCT (pegmatitos enriquecidos em lítio-césio-tântalo)		
Implicações genéticas	pegmatitos peraluminosos, com gênese associada a: i) anatexia de protólitos metavulcânicos e/ou metassedimentares da crosta superior a intermediária não depletada; ou ii) fracionamento magmático de alto grau de plútons graníticos parentais, geralmente peraluminosos, do tipo-S, -I, ou mistura entre ambos		
Novo Sistema de Classificação de Wise <i>et al.</i> (2022)			
Grupo	Grupo 1 (pegmatitos com lepidolita e espodumênio, enriquecidos em lítio)		
Tipo	RMG (<i>melts</i> residuais de magmatismo granítico)		
Implicações genéticas	Pegmatitos formados por fracionamento magmático de plútons graníticos parentais peraluminosos do tipo-S. Pegmatitos e seus plútons parentais tendem a ser orogênicos		

Figura 9 – Classificação dos pegmatitos analisados no DPSJS segundo Černý (1991, Černý e Ercit (2005) e Wise *et al.* (2022).

Fonte: Autores (2026).

5.3. Implicações genéticas

A classificação dos pegmatitos do DPSJS como Miarolíticos (ČERNÝ, 1991; ČERNÝ e ERCIT, 2005), associada à sua inserção no Grupo 1 e tipo RMG (WISE *et al.*, 2022), converge para a hipótese de que esses corpos foram formados por fracionamento magmático de plútons graníticos parentais peraluminosos, do tipo-S, sin- a tardi-orogênicos (Figura 9). Entretanto, sua classificação como LCT (ČERNÝ, 1991; ČERNÝ e ERCIT, 2005) também admite uma hipótese alternativa, na qual esses corpos teriam se originado por anatexia de protólitos metavulcânicos e/ou metassedimentares da crosta superior a intermediária não depletada (Figura 9). A seguir, são discutidas evidências de campo, mineralógicas, geoquímicas e texturais associadas ao contexto geológico regional, visando indicar a hipótese mais plausível.

A ausência de estruturas de deformação e metamorfismo regionais nos pegmatitos de estudo, associada ao seu contato abrupto com a unidade encaixante (biotita-quartzo xistos da Formação Salinas), sugere que a intrusão desses corpos é posterior ao metamorfismo regional, o qual é datado do estágio sin-colisional de evolução do Orógeno Araçuai (585–540Ma; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2011, 2025). Dessa forma, as relações de campo indicam uma origem claramente tardi- a pós-colisional para os *melts* formadores desses pegmatitos.

Além disso, a classificação desses corpos como Miarolíticos (Figura 9) sugere condições P-T de formação entre 1,5 e 3kbar e 400 a 500°C (ČERNÝ, 1991; ČERNÝ e ERCIT, 2005). No entanto, esses valores são significativamente inferiores às condições P-T do metamorfismo regional registradas pela unidade encaixante (Formação Salinas; 5,5-8kbar e 553-700°C; PEIXOTO *et al.*, 2015). Considerando o contexto geológico de evolução do Orógeno Araçuai, essa discrepância entre as condições P-T sugere que o metamorfismo regional precedeu a intrusão dos pegmatitos de estudo, reforçando a hipótese de origem tardi- a pós-colisional para seus *melts* formadores (535-500Ma; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2011, 2025).

Paralelamente, em uma hipótese de origem anatética, os pegmatitos analisados deveriam ter sido formados durante o metamorfismo regional, o qual atuaria como fonte para o aumento de temperatura e pressão necessários à fusão parcial de unidades pré-existentes. No entanto, esses pegmatitos apresentam origem posterior ao metamorfismo regional, conforme evidenciado nos parágrafos anteriores. Além disso, em um cenário de anatexia *in situ*, a unidade encaixante deveria exibir estrutura migmatítica como evidência de fusão parcial e segregação de leucossomas quartzo-feldspáticos neoformados, os quais dariam origem aos *melts* pegmatíticos, assim como ocorre nos pegmatitos anatéticos dos distritos de Caratinga e Itambé (Figura 1) (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2025). No entanto, migmatitos correlatos aos *melts* pegmatíticos não foram observados no DPSJS. Dessa forma, a hipótese de formação dos pegmatitos de estudo por anatexia se mostra pouco provável.

Sendo assim, considerando i) a origem dos pegmatitos como posterior à deformação e metamorfismo regionais; ii) os contatos abruptos entre esses corpos e suas encaixantes; iii) a ausência de migmatitos correlatos aos *melts* pegmatíticos; e iv) a exclusão da hipótese anatética, o modelo petrogenético mais plausível para a origem e evolução dos pegmatitos analisados no DPSJS se trata do modelo de fracionamento magmático de plútons graníticos parentais (Figura 10).

Com base em Černý (1991), Černý e Ercit (2005) e Wise *et al.* (2022), fortes evidências mineralógicas, geoquímicas e de contexto geológico regional reforçam essa hipótese. Os pegmatitos analisados são zonados e quimicamente complexos, com composição mineralógica caracterizada pela ocorrência de quantidades consideráveis de berilo, euxenita, fosfatos de Y e ETR, óxidos de Sn-Nb-Ta, silicatos de Li, turmalina e uraninita (Figura 8), minerais de elemento raro que indicam alto grau de fracionamento magmático. Além disso, o contexto tardi- a pós-colisional de evolução do Orógeno Araçuai no qual esses corpos estão inseridos é caracterizado por colapso gravitacional extensional, condição geotectônica favorável à intrusão de magmas graníticos como possíveis plútons parentais (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2021, 2025).

Dentre as rochas graníticas mapeadas no DPSJS (supersuíte G1 e G4), os sienogranitos da supersuíte G4 são considerados os plútons graníticos mais prováveis para a origem dos pegmatitos de estudo (Figura 10). Os sienogranitos dessa supersuíte são quimicamente compatíveis (peraluminosos, sub-alcalinos a alcalinos, tipo-S; Figura 2) com a composição granítica enriquecida em elementos raros dos pegmatitos de estudo (e.g, B, Be, ETR, Li, Nb, Sn, Ta, U e Y), foram formados no mesmo período (estágio tardi- a pós-colisional de evolução do Orógeno Araçuai; 535-500Ma; PEDROSA-SOARES *et al.*, 2011, 2025), são fartamente mapeados no DPSJS e ocorrem em áreas espacialmente relacionadas aos pegmatitos de estudo (2 a 12km de distância; Figura 3).

Em resumo, as evidências apresentadas sugerem que os pegmatitos analisados no DPSJS foram formados por fracionamento magmático a partir de granitos parentais da supersuíte G4, durante os estágios tardi- a pós-colisionais de evolução do Orógeno Araçuai (535-500Ma) (Figura 10), conforme documentado por Pedrosa-Soares *et al.* (2011, 2025). Este modelo também foi adotado para os distritos pegmatíticos de Malacacheta e Araçuai, ao norte da área de estudo (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2025), indicando que pegmatitos derivados de granito parental não representam um caso

isolado na PPOB.

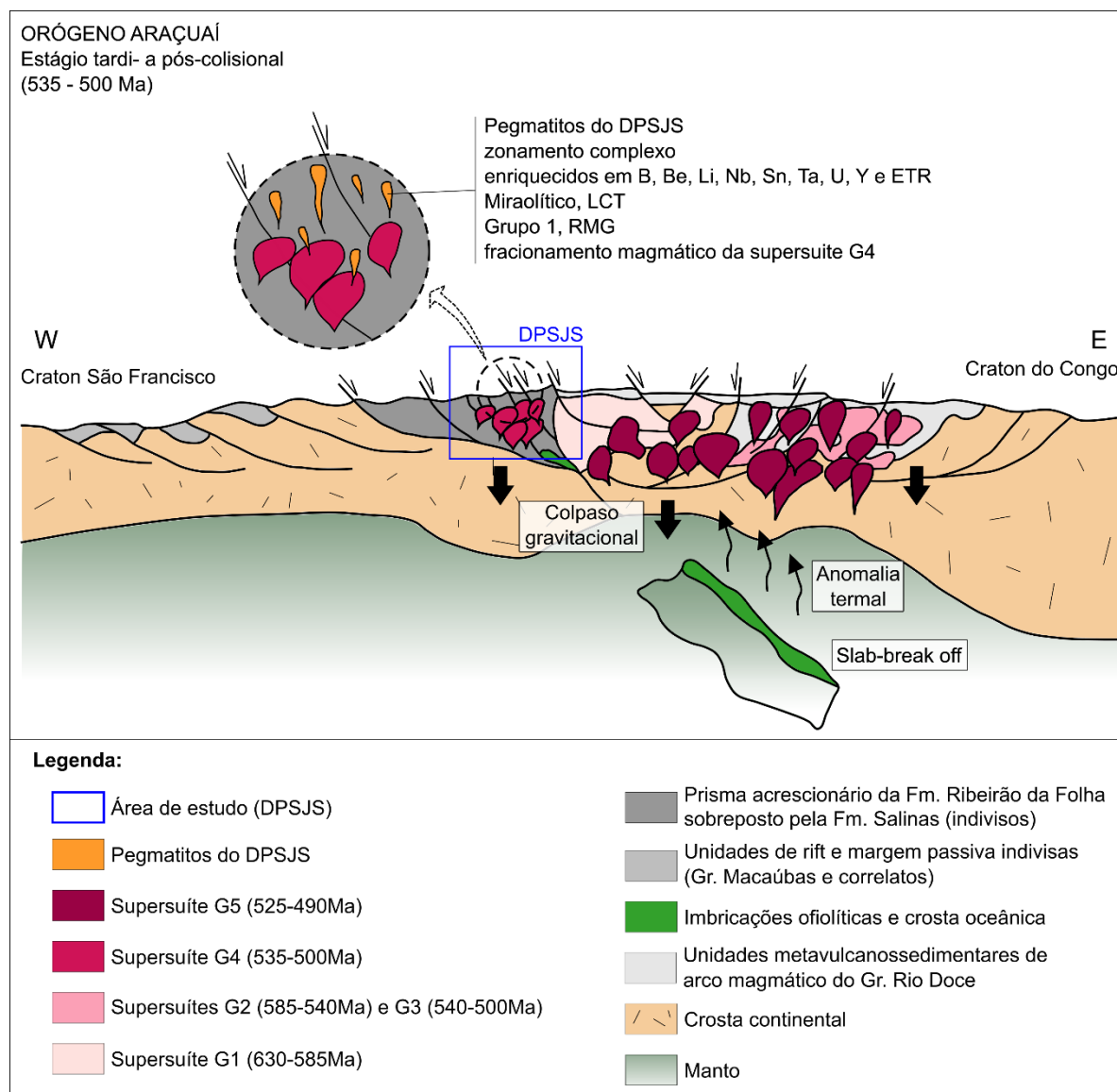


Figura 10 – Modelo esquemático da formação dos pegmatitos do DPSJS por fracionamento magmático.
Fonte: Modificado de Gradim et al. (2014).

6. Considerações finais

A caracterização petrográfica dos pegmatitos analisados nos setores norte (mina da Mutuca), central (diqe Dilo/Novo Dilo – mina da Pederneira) e sul (mina da Golconda) do DPSJS permitiram fazer as seguintes considerações:

- os pegmatitos analisados são livres de deformação e metamorfismo regionais. Esses pegmatitos são mineralógica e texturalmente semelhantes entre si, exibindo zonamento complexo formado por **i) zona de contato** (predomínio de Kfs + Qz, textura granular), **ii) zona de parede** (predomínio de Kfs + Qz ± Pl ± Ms ± Tur, texturas gráfica e de crescimento unidirecional sentido núcleo), **iii) zona intermédia** (predomínio de Kfs + Ms + Qz + Pl ± Spd, texturas sacaroidal e de crescimento unidirecional sentido núcleo), e **iv) zona de núcleo** (Qz ± Spd, textura

maciça); além de zonas secundárias de albitização (albita lamelar ± Lep ± Tur) e abundância em cavidades miarolíticas, ambas concentradas no limite entre as zonas intermédia e de núcleo;

- são pegmatitos graníticos, com enriquecimento em elementos raros evidenciado pela ocorrência de silicatos de B, Be e Li (turmalina, berilo, espodumênio e lepidolita), óxidos de Sn, Nb, Ta, U e ETR (cassiterita, columbita-tantalita, microlita, uraninita e euxenita) e fosfatos de Y e ETR (xenotimo e monazita) como minerais acessórios;
- com base na composição mineralógica e assinatura geoquímica, esses pegmatitos foram classificados como Miarolítico (enriquecidos em Be, Li, Nb, B, ETR, U e Y, com abundância em cavidades miarolíticas); LCT (enriquecidos em Li-Cs-Ta) (ČERNÝ, 1991; ČERNÝ e ERCIT, 2005), assim como Grupo 1 (pegmatitos com lepidolita e espodumênio, enriquecidos em Li) e RMG (formados a partir de *melts* residuais de magmatismo granítico) (WISE *et al.* 2022); e
- as evidências apresentadas sugerem que os pegmatitos de estudo foram formados por fracionamento magmático a partir de granitos parentais da supersuíte G4, durante os estágios tardi- a pós-colisionais de evolução do Orógeno Araçuaí (535-500Ma), conforme documentado por Pedrosa-Soares *et al.* (2011, 2025).

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado por CAPES, IFMG-GV, CNPq (310072/2021-2), Fapemig (PPM-00588-18, APQ-00764-23 e APQ-02529-24), FINEP (1340/24) e Fundação Victor Dequech (SEI/UFOP 31090.008967/2025-93). R. Madureira agradece ao PPG-ECRN, à UFOP, à CAPES pela bolsa de pós-graduação e ao IFMG-GV pelo Afastamento para Programa de Pós-graduação Stricto-Sensu. G. Queiroga e R. Scholz são bolsistas de produtividade em pesquisa PQ-1D do CNPq e agradecem o apoio recebido.

Refererences

- Alkmin, F.; Cruz, S.; Marshak, S.; et al. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, v.149, 43-64, 2006.
- Ambrose, H.; Kendall, A. Understanding the future of lithium. *Journal of Industrial Ecology*, v.24, 80-89, 2020.
- Černý, P. Rare-element granitic pegmatites. Part 1: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. Part 2: Regional to global environments and petrogenesis. *Geoscience Canada*, v.18, 49- 81, 1991.
- Černý, P.; Ercit, T. The classification of granitic pegmatites revisited. *The Canadian Mineralogist*, v.43, 2005-2026, 2005.
- ČERNÝ, P.; ALFONSO, P.; MELGAREJO, J. Pegmatitas graníticas. In: MELGAREJO, J. *Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada*. Edicions Univesitat de Barcelona, 2003. p.129-152.
- Correia-Neves, J.; Pedrosa-Soares, A.; Marciano, V. A Província Pegmatítica Oriental do Brasil à luz dos conhecimentos atuais. *Revista Brasileira de Geociências*, v.16, 106-118, 1986.
- Deer, W.; Howie, R.; Zussman, J. *An introduction to the Rock-Forming Minerals (3rd ed.)*. United Kingdon, Berforts Information Press, 2013. 549p.
- Gradim, C.; Roncato, J.; Pedrosa-Soares, A. et al. The hot back-arc zone of the Araçuaí orogen, eastern Brazil: From sedimentation to granite generation. *Brazilian Journal of Geology*, v.44, 155-180, 2014.
- Joncow, H.; Aranha, P.; Horn, A. Structural and mineralochemical characterization of a pegmatite deposit in the Santa Rosa Pegmatite Field, Minas Gerais Brazil. *REM*, v.72, 425-433, 2019.
- London, D. *Pegmatites*. Canada, The Canadian Mineralogist, 2008. 347p.
- London, D. Ore-forming processes within granitic pegmatites. *Ore Geology Reviews*, v.101, 349-383, 2018.
- Melgarejo, J. *Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada*. Edicions Univesitat de Barcelona, 2003. 1076p.
- Morteani, G.; Preinfalk, C.; Horn, A. Classification and mineralization potential of the pegmatites of the Eastern Brazilian

- Pegmatite Province. *Mineralium Deposita*, v.35, 638-655, 2000.
- Netto, C.; Araújo, M.; Pinto, C.; et al. (org.). *Projeto Leste: Cadastramento de Recursos Minerais – Pegmatitos*. Belo Horizonte, SEME/COMIG/MME/CPRM, 1998. 198p.
- Oliveira, M.; Pinto, C.; Féboli, W.; et al. (org.). *Projeto Leste: relatório integrado geologia estrutural e tectônica etapa I*. Belo Horizonte, SEME/COMIG/MME/CPRM, 1997. 53p.
- Pecora, W.; Switzer, G.; Barbosa, A.; et al. Structure and mineralogy of the Golconda pegmatite, Minas Gerais, Brazil. *American Mineralogist*, v.35, 889-90, 1950.
- Pedrosa-Soares, A.; Noce, C.; Wiedemann, C.; et al. The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, v.110, 307–323, 2001.
- Pedrosa-Soares, A.; Alkmim, F.; Babinski, M.; et al. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos*, v.15, 1-16, 2007.
- Pedrosa-Soares, A.; Campos, C.; Noce, C.; et al. Late Neoproterozoic-Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí orogen (Brazil), the Eastern Brazilian Pegmatite Province and related mineral resources. *Geological Society London Special Publications*, v.350, 25-51, 2011.
- Pedrosa-Soares, A.; Diniz, H.; Costa, C.; et al. Lithium in the Eastern Brazilian Pegmatite Province: a synthesis highlighting spodumene-rich deposits. *Economic Geology*, v.120, 1331-1370, 2025.
- Peixoto, E.; Pedrosa-Soares, A.; Alkmim, F.; et al. A suture-related accretionary wedge formed in the Neoproterozoic Araçuaí orogen (SE Brazil) during Western Gondwana assembly. *Gondwana Research*, v.27, 878-896, 2015.
- QUEIROGA, G. *A seção sedimentar sulfetada do ofiolito de Ribeirão da Folha e seu potencial metalogenético, orógeno Araçuaí, MG*. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- Queiroga, G.; Pedrosa-Soares, A.; Noce, C.; et al. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí orogen: the U-Pb zircon (LA-ICPMS) dating of a plagiogranite. *Geonomos*, v.15, 61-65, 2007.
- Ribeiro, J. *Projeto Leste: Folha Marilac-SE.23-Z-B-VI*. Belo Horizonte, SEME/COMIG/MME/CPRM. 1997.
- Shelley, D. *Igneous and Metamorphic Rocks Under the Microscope*. Chapman & Hall, 1992. 445p.
- Signorelli, N. *Projeto Leste: Folha Itambacuri-SE.24-Y-A-I*. Belo Horizonte, SEME/COMIG/MME/CPRM. 1997.
- Silva, S. *Projeto Leste: Folha Santa Maria do Suaçuí-SE.23-Z-B-III*. Belo Horizonte, SEME/COMIG/MME/CPRM. 1997.
- SIMMONS, W. Gem-Bearing Pegmatites. In: GROAT L (Ed.). *Geology of Gem Deposit*, Canadá: Mineralogical Association of Canadá Short Course 37, 2007. p.169-206.
- Simmons, W.; Webber, K. Pegmatite genesis: state of the art. *European Journal of Mineralogy*, v.20, 421–438, 2008.
- Simmons, W.; Pezzotta, F.; Shigley, J.; et al. Granitic pegmatites as sources of colored gemstones. *Elements*, v.8, 281–287, 2012.
- SOUZA, C. Caracterização mineralógica e geoquímica dos pegmatitos da Pederneira na região de Santa Maria do Suaçuí, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.
- Whitney, D.; Evans, B. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, v.95, 185-187, 2010.
- Wise, M.; Müller, A.; Simmons, W. A proposed new mineralogical classification system for granitic pegmatites. *The Canadian Mineralogist*, v.60, 229-248, 2022.