PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DAS ROCHAS METAULTRAMÁFICAS DA REGIÃO DE CARRANCAS-MG

Palavras-Chave: ROCHAS METAULTRAMÁFICAS, MINÉRIO, MANGANÊS

GIULIA MONTINI VERDÉRIO, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG

Prof. Dr. WAGNER DA SILVA AMARAL (orientador), INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG

INTRODUÇÃO:

Este resumo expõe o desenvolvimento do trabalho de iniciação científica com ênfase na caracterização petrográfica e química de rochas metaultramáficas do município de Carrancas, Minas Gerais (Figura 1). O objetivo do estudo é aprofundar o entendimento sobre a gênese e metamorfismo dos corpos rochosos bem como caracterizá-los, quanto à sua mineralogia e composição química no que diz respeito à presença de elementos de grande relevância econômica como o manganês, cobalto, níquel e cromo.

O interesse crescente por esses minerais está diretamente ligado à demanda por insumos estratégicos para tecnologias de energia renovável e à transição para uma economia de baixo carbono, onde eles desempenham papel fundamental. Entretanto, a oferta limitada e os desafios no beneficiamento tornam esses recursos escassos e estratégicos, sendo classificados como minerais críticos, especialmente em um cenário de instabilidade geopolítica e regulatória.

Para alcançar os objetivos propostos, o trabalho contou com revisão da bibliografia, mapeamento geológico de campo, coleta de amostras e análises laboratoriais. As amostras foram estudadas por meio de microscopia petrográfica e microscopia eletrônica de varredura (MEV), permitindo a caracterização das rochas.

A área de estudo localiza-se na Faixa Brasília, associada à borda meridional do Cráton São Francisco, cuja gênese está relacionada à fase de colagem Brasiliana, resultante da colisão entre as placas dos crátons São Francisco e Paranapanema (Ebert, 1967). Na região, afloram rochas metassedimentares dos grupos Andrelândia, São João del Rei e Carrancas, de idade proterozoica, encaixadas em gnaisses arqueanos do embasamento. Estes são representados por gnaisses granodioríticos e biotita gnaisses bandados, integrantes do Sistema de *Nappes* Carrancas (Trouw et al., 1986).

O Grupo Carrancas é subdividido entre as formações Campestre e São Tomé das Letras, que ocorrem por vezes interestratificadas (Trouw et al., 1980). A Formação São Tomé das Letras, situada na base da sequência, é composta por

quartzito micáceo, enquanto a Formação Campestre apresenta intercalações de quartzito e xisto, com predominância do último. O grau metamórfico regional progride de norte para sul, variando entre fácies xisto verde e anfibolito (Trouw et al., 1980, 1983).

Os corpos metaultramáficos ocorrem intercalados aos gnaisses arqueanos e às rochas metassedimentares, evidenciando zonas de cavalgamento entre as unidades. Na compartimentação do embasamento proposta por Bittar (1989), são reconhecidas três unidades principais: (I) gnaisse bandado com lentes de rochas metaultramáficas; (II) rochas metaultramáficas associadas a gnaisse granodiorítico; e (III) xistos máficos e ultramáficos associados a rochas metassedimentares. Almeida (1998) ressalta um caráter transicional entre essas unidades, sugerindo que os gnaisses bandados migmatíticos podem integrar o Grupo Mantiqueira, enquanto os gnaisses granodioríticos com faixas vulcano-sedimentares seriam correlacionáveis ao Grupo Barbacena (Pires, 1977).

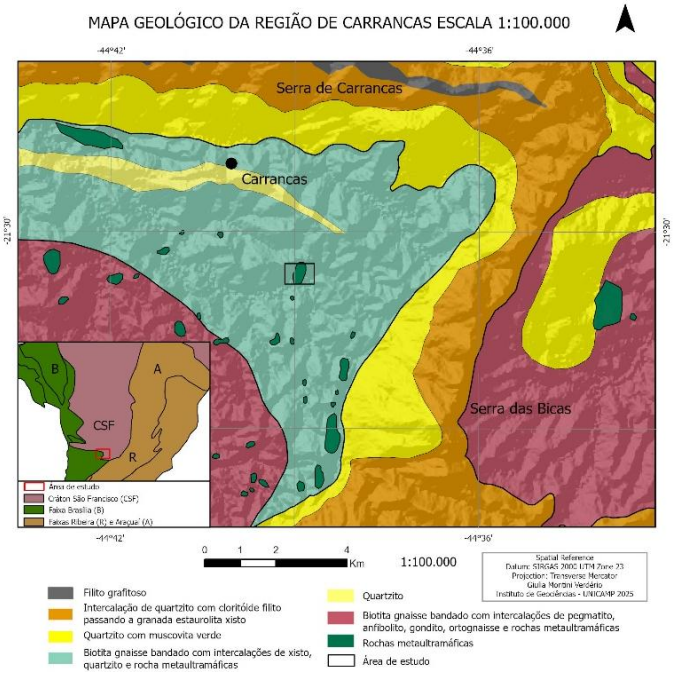

Figura 1: Mapa atualizado da localização da área de estudo. Modificado de Carvalho et al. (2020)

METODOLOGIA:

I. Revisão bibliográfica a respeito do embasamento da *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé, com enfoque nas rochas metamórficas de alto grau que possuem relação com os possíveis depósitos;

II. Trabalho de campo para coleta de amostras (realizado no primeiro semestre de 2024);

III. Microscopia óptica: O estudo petrográfico de luz transmitida foi realizado no Laboratório de Microscopia Didático (LMD) IG-UNICAMP.

IV. Análises de espectroscopia de raios-X de energia dispersiva (EDS) no MEV, cuja finalidade é analisar a composição química elementar de uma amostra de modo qualitativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

As amostras foram nomeadas com o código ICG com os números de cada ponto, como mostra a tabela 1 a seguir:

Amostra	Serpentina	Clorita	Talco	Carbonato	Tremolita	Actinolita	Opacos
ICG-110.A	30%	5%	25%	-	15%	-	15%
ICG-110.B	45%	-		20%	30%	-	5%
ICG-110.C	40%	10%	10%	-	30%	-	10%
ICG-110.D	45%	-	30%	-	10%	-	5%
ICG-111.A	25%	-	25%	10%	25%	-	10%
ICG-111.B	-	45%	50%	-	-	-	5%
ICG-114	-	-	70%	10%	-	10%	10%
ICG-115	40%	-	-	50%	-	-	10%

Tabela 1: Composição modal das amostras contendo, serpentina, clorita, talco e carbonato.

A análise das lâminas delgadas evidenciou uma significativa variação textural e composicional nas rochas metaultramáficas estudadas. As amostras indicam que o corpo rochoso analisado representa uma variação mais hidratada, com predomínio de minerais como serpentina, talco e clorita. Do ponto de vista estrutural, a maioria das lâminas apresenta estrutura foliada, sendo frequente a ocorrência de nódulos carbonáticos.

As texturas predominantes são lepidoblásticas e granoblásticas, com granulação fina a muito fina. Observa-se também a orientação preferencial dos minerais, refletindo indicadores cinemáticos de deformação.

Também foram identificadas texturas reliquiares associadas à substituição de minerais primários, como piroxênios do protólito, por sericita. Na Figura 2, observa-se a predominância de carbonato, que define um bandamento composicional com veios de talco, intercalando níveis lepidoblásticos e granoblásticos. A matriz, de forma geral, apresenta granulação fina com textura nematoblástica.

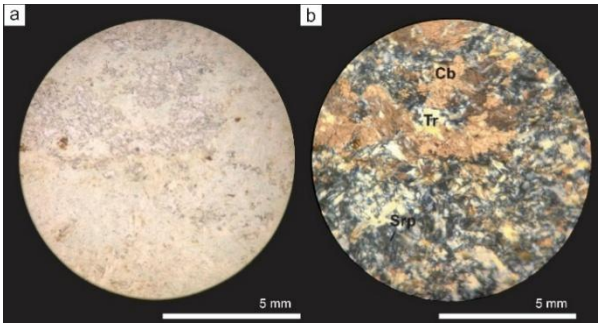

Figura 2: Lâmina 110.C. a) Serpentinito mostrando clorita incolor a nicóis paralelos. Tremolita com pleocroísmo entre verde e amarelo pálido, matriz de granulação fina. b) Cristais de talco orientados segundo a foliação, nicóis cruzados.

Dessa forma, o conjunto das amostras permite caracterizar a rocha como um litotipo formado predominantemente por paragêneses hidratadas, compostas essencialmente por serpentina, anfibólio, clorita e talco. Assim, pode ser classificada como um tremolita-talco serpentinito, em correlação com a composição dos protólitos e os processos de interação com rochas encaixantes, além da percolação de fluidos hidrotermais enriquecidos em elementos móveis. Tais processos resultam em alterações mineralógicas como talcificação, serpentinização e carbonatação (Figura 3). Essa evolução metamórfica é compatível com condições da fácies xisto verde superior, indicando um grau metamórfico intermediário (BEST, 2002).

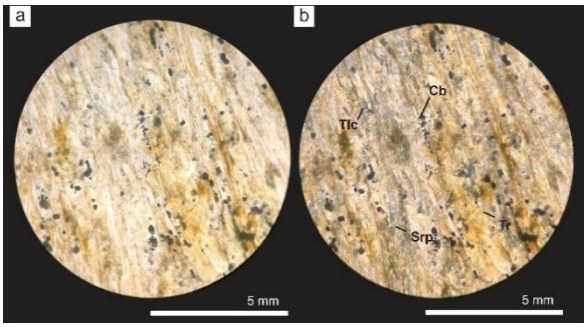

Figura 3: a) Lâmina 111.A. Predomínio de tremolita em serpentinito. Nicóis paralelos. b) Intercalação composicional nos veios de talco com nódulos carbonáticos. Nicóis cruzados.

A fim de identificar fases óxidas que poderão conter elementos como manganês, cromo, níquel e cobalto, foram realizadas análises em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Durante as medidas, foram focalizados minerais opacos de interesse, assim como alguns minerais que puderam ser reconhecidos e distinguidos, como carbonatos e talco.

Os minerais foram identificados com base nos dados MEV/EDS, a interpretação consistiu na comparação entre as quantidades dos elementos detectados (% de massa) e suas respectivas proporções atômicas, considerando as fórmulas químicas ideais dos minerais de acordo com Deer *et al*., 2010 e com os bancos de dados Mineral Species Database e The Mineral Database. Com isso, gerou-se a tabela 2, com que reúne a identificação dos minerais em cada ponto.

Portanto, a interpretação dos dados permitiu reconhecer nas lâminas ICG-110.B e ICG-110.D, alguns minerais opacos como a pirita, hematitas com baixo conteúdo de Cr, Zn e Mn (3~10%), bem como óxidos de ferro e níquel, denominados trevorita. Pode-se identificar entre a serpentinas, a antigorita em função do teor de ferro (KLEIN, *et al*, 2011).

Ponto	ICG-110.B			ICG-110.D		ICG-114	ICG-115			
	IM1	IM3	IM4	IM1	IM3	IM1	IM1	IM2	IM3	IM4
1	trevorita + Mn (1,75%)	hematita (Fe 88,60% e Cr 4,04%)	talco	hematita + Cr (14%)	clorita - clinocloro	hematita + Cr (3,96%)	serpentina - antigorita	carbonato magnesita	hematita	hematita + Cr (2,63%)
2	pirita + Ni (0,87%)	trevorita + Mn (2%)	talco	hematita + Cr (7%)	clorita - clinocloro	hematita + Cr (10%)	serpentina - lizardita	serpentina - antigorita	hematita	hematita + Cr (2,84%)
3	trevorita	hematita + Cr, Si, Mg e Ca baixos	talco	clorita - clinocloro	clorita - clinocloro	hematita + Cr (7%)	actinolita	serpentina - antigorita	hematita - 2%Cr	hematita + Cr (2,63%)
4	hematita + Cr (3,42%)	serpentina - antigorita	talco	clorita - clinocloro	clorita - clinocloro	hematita + Cr (3,75%)	actinolita	-	hematita - 3%Cr	trevorita
5	trevorita	actinolita	carbonato magnesita	clorita - clinocloro	talco	hematita + Cr (3,16%)	hematita + Cr (2,58%)	-	serpentina-antigorita	hematita + Ni (4,16%)
6	serpentina - antigorita	-	serpentina - antigorita	cromita + Mn (1%) e Zn (1%)	talco	talco	hematita + Cr (2,79%)	-	serpentina-antigorita	serpentina-antigorita
7	-	-	serpentina - antigorita	hematita + Cr (10%)	talco	talco	hematita + Cr (2,79%)	-	actinolita	brucita
8	serpentina - antigorita	-	serpentina - antigorita	hematita + Cr (10%) e Mg (4%)	clorita - clinocloro	cromita + Zn (2,4%) e Mn (1,26%)	brucita	-	carbonato magnesita	-
9	-	-	-	-	clorita - clinocloro	cromita + Zn (2,4%) e Mn (1,34%)	brucita	-	serpentina-antigorita	-
10	talco	-	-	-	clorita - clinocloro	-	-	-	serpentina-antigorita	-

Tabela 2: Tabela de identificação mineralógica qualitativa das fases presentes em cada amostra. Destaque para minerais opacos (como hematita e cromita) e suas respectivas porcentagens em massa dos elementos dominantes, como Cr, Mn, Ni, Zn e Fe. Minerais silicatados e carbonáticos, como talco, clorita, serpentina, actinolita e magnesita, também foram registrados.

Na lâmina ICG-110.D a presença predominante das cloritas e talco se confirmou pelos altos teores de Mg, O e Si. Além disso, determinou-se entre o grupo das cloritas o tipo clinocloro, por seu conteúdo de ferro.

Dentre as lâminas ICG-114 e ICG-115, (Figura 4.a) observou-se a presença das cromitas com baixa quantidade de Zn (Figura 5.a) e Mn (1~3%), assim como hematitas com baixo teor de Cr (3~10%). O talco foi predominante na matriz da lâmina ICG-114, já na ICG-115, reconheceu-se a presença dos carbonatos, como a magnesita (Figura 4.b), evidenciada tanto pelos planos de clivagem como pela química mineral. Entre as serpentinas, há lizardita e antigorita. Constatou-se também a ocorrência de brucita, na lâmina ICG-115, um hidróxido de Mg associado às fases hidratadas nas rochas metaultramáficas.

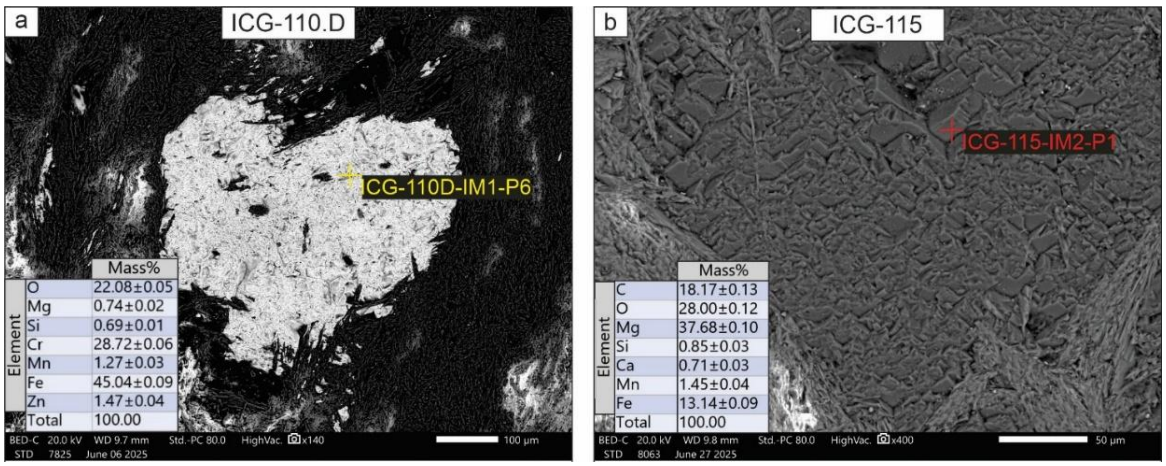

Figura 4: Micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Elementos químicos normalizados para 100% massa. a) Micrografia em cromita ($FeCr_2O_4$), altos teores de Cr e Fe, com presença subordinada de Al e Mg. b)Micrografia em superficie de magnesita ($MgCO_3$). Destaque para textura da fase carbonática e presença majoritária de Mg, O e C.

CONCLUSÕES:

Em síntese, as análises permitiram identificar e caracterizar as fases óxidas e silicáticas presentes nas amostras de rochas metaultramáficas, destacando a ocorrência de fases minerais portadoras de cromo nos óxidos, bem como teores de manganês em hematitas e cromitas. Foi constatada, ainda, a presença de níquel nas fases óxidas, especialmente no mineral trevorita. Esses resultados evidenciam o potencial do estudo para contribuir com investigações futuras voltadas à prospecção mineral e à avaliação do potencial metalogenético da região de Carrancas.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, Soraya. **Petrologia de rochas ultramáficas associadas ao Grupo Andrelândia e seu embasamento, na região de Liberdade, Arantina, Andrelândia, São Vicente de Minas e Carrancas, MG. 1998**. Tese (Doutorado). São Paulo, Universidade de São Paulo, 1998.

BEST, G. Myron. **Petrology of Igneous and Metamorphic Rocks. Segunda edição**. Reino Unido: Waveland Press, 2002. 715 p. ISBN 978-1577661974.

BITTAR, S.M.B. 1989. **Mapeamento geológico estrutural da Folha Caxambú e da Parte Sul da Folha Luminárias**. Dissertação de Mestrado. UFRJ. 255 p.

CARVALHO, R.B.M. Bruno; TROUW, A.J. Rudolph; COSTA, V.C. Rodrigo; RIBEIRO, Andre; HEILBRON, Monica, MARIMON, S. Rodrigo. **Microstructural and metamorphic evolution of the Carrancas Klippe, interference zone of the Neoproterozoic southern Brasilia and Ribeira orogens**. SE Brazil, Journal of South American Earth Sciences. Volume 103, 2020. 102744, ISSN 0895-9811. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102744.

DEER, W.A., HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J. 2010, **Minerais Constituintes das Rochas: Uma Introdução.** 4ª Ed. Fund. C. Gulbenkian, Portugal 727p.

EBERT, H. **A estrutura pré-cambriana do sudoeste de Minas Gerais e áreas adjacentes**. Boletim Paranaense de Geociências. 1967.

KLEIN, C. & DUTROW, B. 2011.**Manual de Ciência dos Minerais** – 23ª Ed. Bookman, São Paulo. 724 p.

MINERALOGICAL SOCIETY OF AMERICA. Mindat.org: The Mineral Database. Disponível em: https://www.mindat.org. Acesso em: ago. 2025.

PIRES, F. R. M. **Geologia do Distrito manganesífero de Conselheiro Lafayete, MG**. Teste de Mestrado. UFRI. Rio de Janeiro. 344 pp. 1977.

TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. **Evolução estrutural e metamórfica de uma área a SE de Lavras - Minas Gerais.** I n. XXX Congresso Brasileiro de Geologia 5: 2733-2789. 1980.

TROUW, R. A. J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. **Contribuição à geologia da folha Barbacena - I:250.000.** An. XXXII Congresso Brasileiro de Geologia. 2: 97 4-986. 1986.

TROUW, R. A. J. **Novos dados sobre os Grupos São João del Reì, Carrancas e Andrelândia.** An. II Simpósio de Geologia, Minas Gerais. 3. 469-477. 1993.

TROUW, R. A. J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P.; HEILBRON, M. **Interference between the Neoproterozoic Brasília and Ribeira Belts, with special emphasis on high pressure granulites.** Pre-Congress Field Trip. In: 31th International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil, August 6-17, 2000.

WEBMINERAL. (n.d.). **Mineral species database**. Acesso em: ago, 2025.