



**Magnetita vanadifera do Maciço Ponte Nova: uma Abordagem Exploratória**  
Vanadiferous magnetite from Ponte Nova Massif: and Exploratory Approach

Otto Rangel da Silva Vaz<sup>1</sup>; Marcelo Salomão<sup>1</sup>; Enrico Pedroso<sup>1</sup>;  
Ronaldo Pereira<sup>1</sup>; Reiner Neumann<sup>2</sup>; Pedro Garcia<sup>2</sup> & Miguel Tupinambá<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia,

TEKTOS Grupo de Pesquisa em Geotectônica, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, 20550-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup>CETEM Centro de Tecnologia Mineral, Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação,

Av. Pedro Calmon 900, Cidade Universitária, 21941-908, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mails: vaz.otto@gmail.com; salomao.mss@gmail.com; e\_pedroso@hotmail.com;

ronaldo.mellouerj@gmail.com; reiner.neumann@gmail.com; ph.vgarcia@hotmail.com; tupi@uerj.br

Recebido em: 13/09/2017      Aprovado em: 11/10/2017

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2017\\_3\\_75\\_81](http://dx.doi.org/10.11137/2017_3_75_81)

## Resumo

O maciço alcalino máfico-ultramáfico Ponte Nova, localizado a sul do município de Sapucaí Mirim (MG), é um corpo intrusivo estratificado de caráter cumulático contendo horizontes (fácies) de concentração de minerais máfico-ultramáficos. Trabalhos anteriores citam a semelhança petrográfica deste corpo com os maciços estratificados de Skaergaard e Rhum, os quais hospedam mineralizações de Fe, Ti, V, Au e elementos do grupo da platina (EGP). A partir de estudos sobre a geologia local foram selecionadas áreas-alvo para amostragem de rochas e concentrados de bateia. Análises químicas por ICP indicaram ausência de EGP e Au, porém altos teores de Fe (72,1%), Ti (23,98%) e V (2455ppm) nas amostras do concentrado de bateia coletadas em drenagens que cortam a fácies Gabro Bandado (GB-Bnd). Análises por microscopia eletrônica de varredura com espectrometria de energia dispersiva de raios-X (MEV-EDS) e por difração de raios-X (DRX) foram efetuadas nas frações magnéticas de três amostras de rocha da fácies GB-Bnd. Os resultados obtidos nas análises de DRX indicaram as porcentagens de magnetita em relação à amostra de rocha total: 7,38% na amostra PN-BND-01; 1% na amostra PN-BND-02A; e 2,31% na amostra PN-BND-02B. As análises por MEV-EDS indicaram os teores de Fe-Ti-V nos grãos de magnetita: 51,79% de Fe, 13,11% de Ti e 0,25% de V na amostra PN-BND-01; 67,95% de Fe, 0,25% de Ti e 0,28% de V na amostra PN-BND-02A; e 67,35% de Fe e 0,20% de V na amostra PN-BND-02B. Observando os teores relativamente altos de V (0,25%) nas magnetitas da amostra PN-BND-01 e levando em conta a porcentagem de magnetita nessa rocha (7,38%), a fração magnética desta amostra foi analisada por ICP para rocha total, e o resultado confirmou altos teores de V (1.830 ppm). No que tange o potencial mineral do maciço, conclui-se que o mesmo possui uma fácies promissora para o elemento vanádio, porém estudos mais detalhados se fazem necessários para avaliação do potencial econômico de tal ocorrência.

**Palavras-chave:** magnetita vanadifera; Maciço Ponte Nova; MEV-EDS; DRX

## Abstract

The mafic-ultramafic alkaline Ponte Nova Massif, located south of the Sapucaí-Mirim county (MG), is an intrusive body with cumulative stratification containing horizons of mafic-ultramafic mineral concentrations. Previous works cites petrographical similarities of this body with Skaergaard and Rhum stratified massifs, which hosts Fe, Ti, V, Au and platinum group elements (PGE) mineralizations. Focusing on analyses to determine the massif mineral potential, were selected target-areas to collect rock samples and panning concentrates. ICP chemical analyses indicated absence of PGE and Au, however it pointed to high content of Fe (72,1%), Ti (23,98%) e V (2455ppm) in panning concentrates samples from Banded Gabbro Horizon (GB-Bnd). Analysis by scanning electron microscopy with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDS) and by X-ray diffraction (XRD) were conducted in the magnetic fractions of three rock samples from GB-Bnd facies. Results obtained by XRD indicated the magnetite percentages relative to the whole rock sample: 7,38% at sample PN-BND-01; 1% at sample PN-BND-02A; e 2,31% at sample PN-BND-02B. The SEM-EDS analyses determined the Fe-Ti-V contents in magnetite grains: 51,79% of Fe, 13,11% of Ti e 0,25% of V to the sample PN-BND-01; 67,95% of Fe, 0,25% of Ti e 0,28% of V to the sample PN-BND-02A; 67,35% of Fe and 0,20% of V to the sample PN-BND-02B. Thus, with the relatively high content of V (0,25%) in the PN-BND-01 sample, and considering the magnetite percentages relative to whole rock (7,38%), the magnetic fraction of this sample was analysed by ICP, and the result confirmed high contents of V (1830ppm). Concerning the massif mineral potential, we conclude that it has a more promising facies for the element Vanadium, however more detailed studies are needed to evaluate the economic potential of this occurrence.

**Keywords:** vanadiferous magnetite; Ponte Nova Massif; SEM-EDS; XRD

## 1 Introdução

Mineralizações de Fe-Ti-V e elementos do grupo da Platina (EGP) estão geralmente associadas a complexos ígneos máficos e ultramáficos acamadados (Guilbert & Park, 2007). Minas ativas estabelecidas em grandes corpos deste tipo possuem teores entre 0,1% a 1,0% de V e 2 a 20 ppm de EGP (Cawthorn *et al.*, 2005). No Brasil, a principal área mineralizada em EGP e V corresponde a de Maracás (BA), onde foi iniciada recentemente a produção de  $V_2O_5$ .

O maciço alcalino máfico-ultramáfico de Ponte Nova localiza-se na divisa entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, a sul do Município de Sapucaí-Mirim (MG), e está encaixado em granitoides e gnaisses pré-cambrianos, na zona de interferência entre as faixas Ribeira e Brasília, inserido no contexto dos eventos de vulcanismo e intrusões da reativação tectônica mesozoica da Plataforma Sul-Americana, relacionados à abertura do Atlântico Sul (Riccomini *et al.*, 2004). O maciço corresponde a um corpo de idade Cretácea, intrusivo e estratificado, sendo constituído por diversas fácies litológicas dentre as quais destacam-se porções máfica-ultramáficas de origem cumulática que apresentam concentrações médias de 5-10% de minerais opacos. Suas características petrográficas e processos de diferenciação magmática o assemelham às intrusões máficas-ultramáficas acamadadas de Skaergaard e Rhum (Azzone *et al.*, 2009), que hospedam mineralizações de EGP, Au, Ti e V, motivando a investigação do potencial do Maciço Ponte Nova para tais elementos.

Neste trabalho é apresentada uma nova ocorrência de vanádio associada à magnetita vanadífera do Maciço Ponte Nova (SP-MG).

## 2 Amostragem Exploratória do Maciço Ponte Nova

Para a pesquisa exploratória, visando ocorrências minerais de EGP, Fe, Ti e V, utilizou-se como base geológica o mapeamento de Azzone, 2008. Quatro importantes fácies litológicas constituintes do maciço (Figura 1) foram consideradas as mais promissoras do ponto de vista prospectivo, com base em suas características mineralógicas e extensão em mapa: Gabro equigranular (GBEq);

Kaersutita-óxido-apatita clinopiroxenito (Koa); Ilmenita clinopiroxenitos e magnetititos (ICPs-Mts); e Gabro bandado (GB-Bnd). Para amostragem por concentrados de bateia, foram selecionados cinco locais em leitos ativos de córregos que drenam áreas constituídas, quase que exclusivamente, por estas fácies litológicas. Em cada ponto foi coletado 20 litros de material em zonas mais favoráveis à concentração detrítica. A fácies GB-Bnd, devido a sua grande extensão, foi amostrada em dois pontos.

## 3 Metodologia

A preparação das amostras para análises químicas foi realizada no LGPA (Laboratório Geológico de Preparação de Amostras) da Faculdade de Geologia da UERJ. Das cinco amostras de concentrado de bateia, quatro (PN-01(CB), PN-03(CB), PN-04(CB) e PN-05(CB)) foram analisadas por espectrometria *Fire-Assay* para determinação de Pt, Pd e Au. A amostra PN-02(CB), relativa à fácies GB-Bnd, foi analisada para rocha total por ICP, com fusão por fluxo de borato e diluída em ácido nítrico aquoso, com detecção por espectrometria de massa (*MS - Mass Spectrometry*) ou por radiação eletromagnética emitida pelos íons (*OES - Optical Emission Spectrometry*). Todas as análises foram executadas pelo *Activation Laboratories (Actlabs)*, Ontario, Canada.

O resultado possibilitou a determinação da fácies litológica mais relevante para o estudo (GB-Bnd). A partir disso, propôs-se a execução de análises na fração magnética das amostras de rocha dessa fácies, visando localizar a fase mineral que conteria o(s) elemento(s) anômalo(s). Assim três amostras de rocha da fácies GB-Bnd (PN-BND-01 – Gabro porfírico; PN-BND-02A – Banda mais félsica de Gabro bandado; PN-BND-02B – Banda mais máfica de Gabro bandado) foram selecionadas analisadas por microscopia eletrônica (MEV-EDS) e difração de raios-X (DRX). A preparação de amostras e análises foram realizadas no Setor de Caracterização Tecnológica do CETEM.

As amostras cominuídas a granulometria menor que 1 mm foram pesadas (rocha total). Em seguida, com um ímã de mão separou-se os minerais magnéticos, e registrou-se o peso (fração magnética). Os valores pesados são mostrados na Tabela 1.

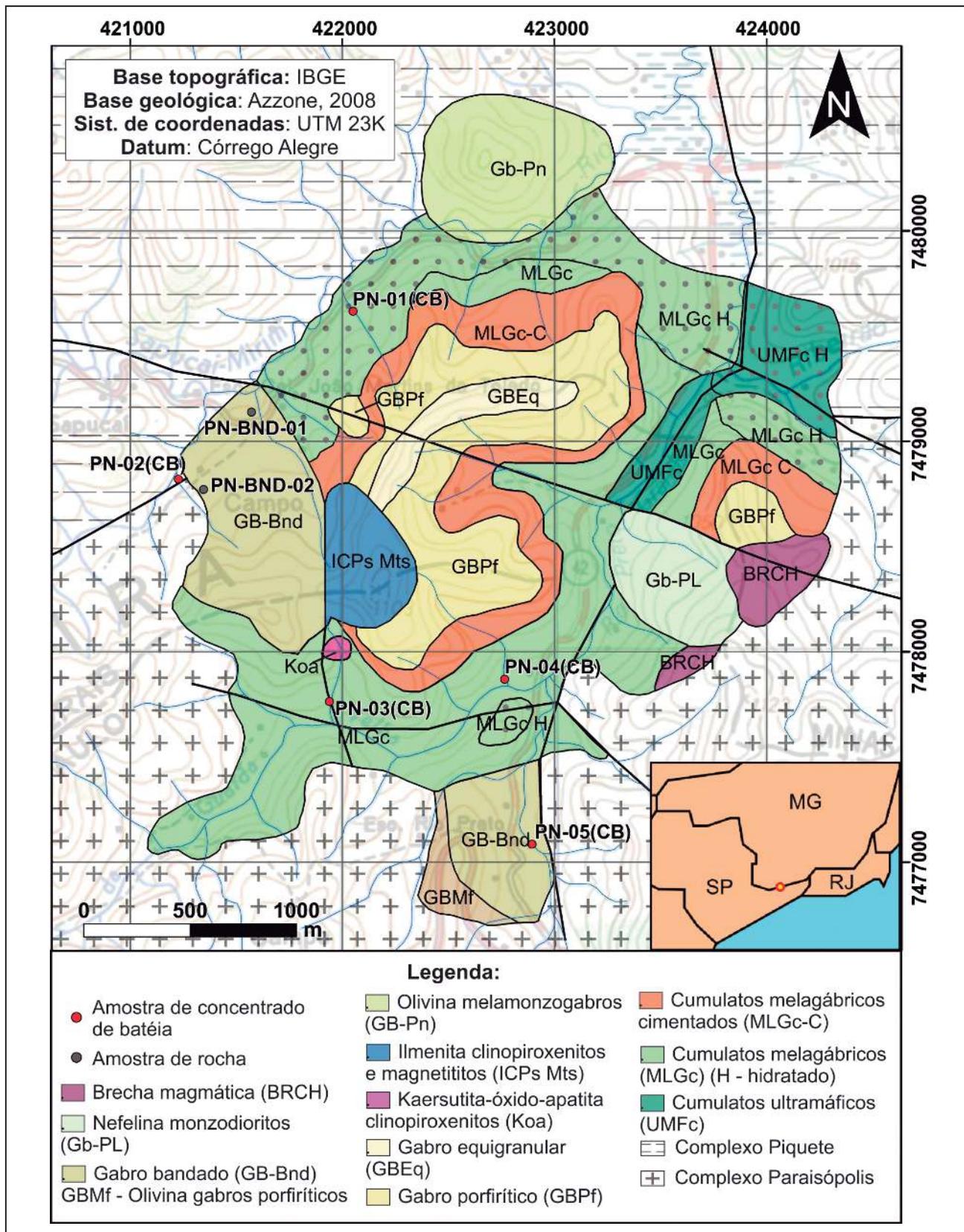


Figura 1 Mapa Geológico do Maciço de Ponta Nova (Azzone, 2008), com localização dos pontos de amostragem de concentrado de batéia e de rocha

Amostra	Rocha Total	Fração Magnética
PN-BND-01	45,179g	14,059g
PN-BND-02A	28,744g	14,204g
PN-BND-02B	51,440g	37,078g

Tabela 1 Peso das amostras: antes da separação pelo imã de mão (rocha total) e após a separação dos minerais magnéticos utilizando o imã de mão (fração magnética)

Para a análise de MEV-EDS, 2g da fração magnética são imersos em resina epóxi, polidos e metalizados com carbono, para contraste dos grãos na análise. Para a análise de DRX, 3g da fração magnética moídos até a granulometria de 5 a 10µm são colocados no porta-amostras com auxílio de bastão de acrílico de forma a não gerar orientação preferencial nos minerais.

As análises em MEV-EDS foram efetuadas no microscópio eletrônico de varredura FEI Quanta 400 com um sistema de microanálise química por dispersão de energia (EDS) Bruker Nano Quantax 800 acoplado e detector Bruker XFlash 5010, tecnologia SSD (*silicon drift* detector), com resolução espectral melhor que 129 eV para Mn K $\alpha$ . O MEV foi operado em alto vácuo, tensão de aceleração de elétrons de 25 kV, e *spot size* de 5 µm.

O difratograma de raios-X da amostra, obtido pelo método do pó, foi efetuado em equipamento Bruker-D4 Endeavor com radiação Co K $\alpha$ ,  $\lambda = 0,179021$  nm, gerador operado a 40 kV e 40 mA; velocidade do goniômetro de 0,02° 2 $\theta$  por passo com tempo de contagem de 1 segundo por passo e coletados de 4 a 105° 2 $\theta$ , com detector sensível à posição LynxEye. As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF-04 (International Centre for Diffraction Data) em *software* Bruker DiffracPlus.

Nas análises por MEV-EDS, detectou-se alto teor de V em uma das amostras (PN-BND-01). Assim, de forma a consolidar essa informação, a fração magnética da amostra PN-BND-01 foi analisada para rocha total por ICP, seguindo a mesma metodologia descrita para a amostra do concentrado de bateria PN-02(CB).

#### 4 Resultados e Discussões

As análises químicas realizadas nas amostras de concentrados de bateria indicaram teores para Pt e Pd abaixo do limite de detecção (<1 ppb) e teores de Au de 2 ppb. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

Análise química por ICP da amostra de concentrado de bateria PN-02(CB) referente à fácies GB-Bnd apontou teores de 2.455 ppm de V, 72% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e 24% de TiO<sub>2</sub> (Tabela 3).

Elemento	PN-01 (CB)	PN-03 (CB)	PN-04 (CB)	PN-05 (CB)	Limite de Detecção
Pd	< 1ppb	< 1ppb	< 1ppb	< 1ppb	1ppb
Pt	< 1ppb	< 1ppb	< 1ppb	< 1ppb	1ppb
Au	2 ppb				

Tabela 2 Análise química para Pd, Pt e Au das amostras PN-01(CB), PN-03(CB), PN-04(CB) e PN-05(CB)

Elemento	Amostra PN-02(CB)	Limite de Detecção	Elemento	Amostra PN-02(CB)	Limite de Detecção
Pd <sup>1</sup>	-	1 ppb	Rb <sup>3</sup>	4ppm	2ppm
Pt <sup>1</sup>	-	1 ppb	Nb <sup>3</sup>	164ppm	1ppm
Au <sup>1</sup>	-	2 ppb	Mo <sup>3</sup>	6ppm	2ppm
SiO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1,5%	0,01%	Ag <sup>3</sup>	1ppm	0,5ppm
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2</sup>	2,32%	0,01%	In <sup>3</sup>	0,2ppm	0,2ppm
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2</sup>	72,15%	0,01%	Sn <sup>3</sup>	14ppm	1ppm
MnO <sup>2</sup>	0,697%	0,001%	Sb <sup>3</sup>	0,9ppm	0,5ppm
MgO <sup>2</sup>	1,51%	0,01%	Cs <sup>3</sup>	< 0,5ppm	0,5ppm
CaO <sup>2</sup>	0,2%	0,01%	La <sup>3</sup>	18,2ppm	0,1ppm
Na <sub>2</sub> O <sup>2</sup>	0,03%	0,01%	Ce <sup>3</sup>	52,6ppm	0,1ppm
K <sub>2</sub> O <sup>2</sup>	0,06%	0,01%	Pr <sup>3</sup>	3,7ppm	0,05ppm
TiO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	23,98%	0,001%	Nd <sup>3</sup>	13,5ppm	0,1ppm
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>2</sup>	0,15%	0,01%	Sm <sup>3</sup>	2,4ppm	0,1ppm
LOI	-2,44%	%	Eu <sup>3</sup>	0,5ppm	0,05ppm
Total	100,2%	0,01%	Gd <sup>3</sup>	1,8ppm	0,1ppm
Sc <sup>2</sup>	12ppm	1ppm	Tb <sup>3</sup>	0,3ppm	0,1ppm
Be <sup>2</sup>	< 1ppm	1ppm	Dy <sup>3</sup>	1,4ppm	0,1ppm
V <sup>2</sup>	2455ppm	5ppm	Ho <sup>3</sup>	0,2ppm	0,1ppm
Sr <sup>2</sup>	10ppm	2ppm	Er <sup>3</sup>	0,6ppm	0,1ppm
Y <sup>2</sup>	< 2ppm	2ppm	Tm <sup>3</sup>	0,08ppm	0,05ppm
Zr <sup>2</sup>	547ppm	4ppm	Yb <sup>3</sup>	0,6ppm	0,1ppm
Ba <sup>2</sup>	111ppm	3ppm	Lu <sup>3</sup>	0,12ppm	0,04ppm
Cr <sup>3</sup>	960ppm	20ppm	Hf <sup>3</sup>	12,1ppm	0,2ppm
Co <sup>3</sup>	135ppm	1ppm	Ta <sup>3</sup>	9,8ppm	0,1ppm
Ni <sup>3</sup>	100ppm	20ppm	W <sup>3</sup>	18ppm	1ppm
Cu <sup>3</sup>	< 10ppm	10ppm	Tl <sup>3</sup>	< 0,1ppm	0,1ppm
Zn <sup>3</sup>	810ppm	30ppm	Pb <sup>3</sup>	156ppm	5ppm
Ga <sup>3</sup>	56ppm	1ppm	Bi <sup>3</sup>	< 0,4ppm	0,4ppm
Ge <sup>3</sup>	< 1ppm	1ppm	Th <sup>3</sup>	5,9ppm	0,1ppm
As <sup>3</sup>	<sup>3</sup> < 5ppm	<sup>3</sup> 5ppm	U <sup>3</sup>	1,2ppm	0,1ppm

Tabela 3 Resultados da análise química por ICP para rocha total do concentrado de bateria da amostra PN-02(CB) (Método Analítico: <sup>(1)</sup> Fire Assay-Mass Spectrometry; <sup>(2)</sup> Fusion-Inductively Coupled Plasma, <sup>(3)</sup> Fusion-Mass Spectrometry)

De forma a detectar, na rocha matriz, a fase mineral portadora da anomalia de vanádio, foram concentradas frações magnéticas de três amostras de rocha (Figura 2) da fácies do GB-Bnd: PN-BND-01; PN-BND-02A e PN-BND-02B para análises de MEV-EDS e DRX.

Nas amostras preparadas para o MEV-EDS, foram analisados diversos grãos de magnetita para quantificar seus teores de Fe, Ti e V (Figura 3). Os resultados das análises MEV-EDS estão sintetizados na Tabela 4.

Amostra	Fe	Ti	V
PN-BND-01	51,79%	13,11%	0,25%
PN-BND-02A	67,95%	0,25%	0,28%
PN-BND-02B	2,66%	-	0,0033%

Tabela 4 Resultado das análises MEV-EDS com o teor médio de Fe, Ti e V nos grãos de magnetita das amostras

Os resultados obtidos das análises de DRX (Tabela 5) forneceram as porcentagens de magnetita vanadifera contida na fração magnética das amostras de rocha. Os baixos teores mostram que magnetita

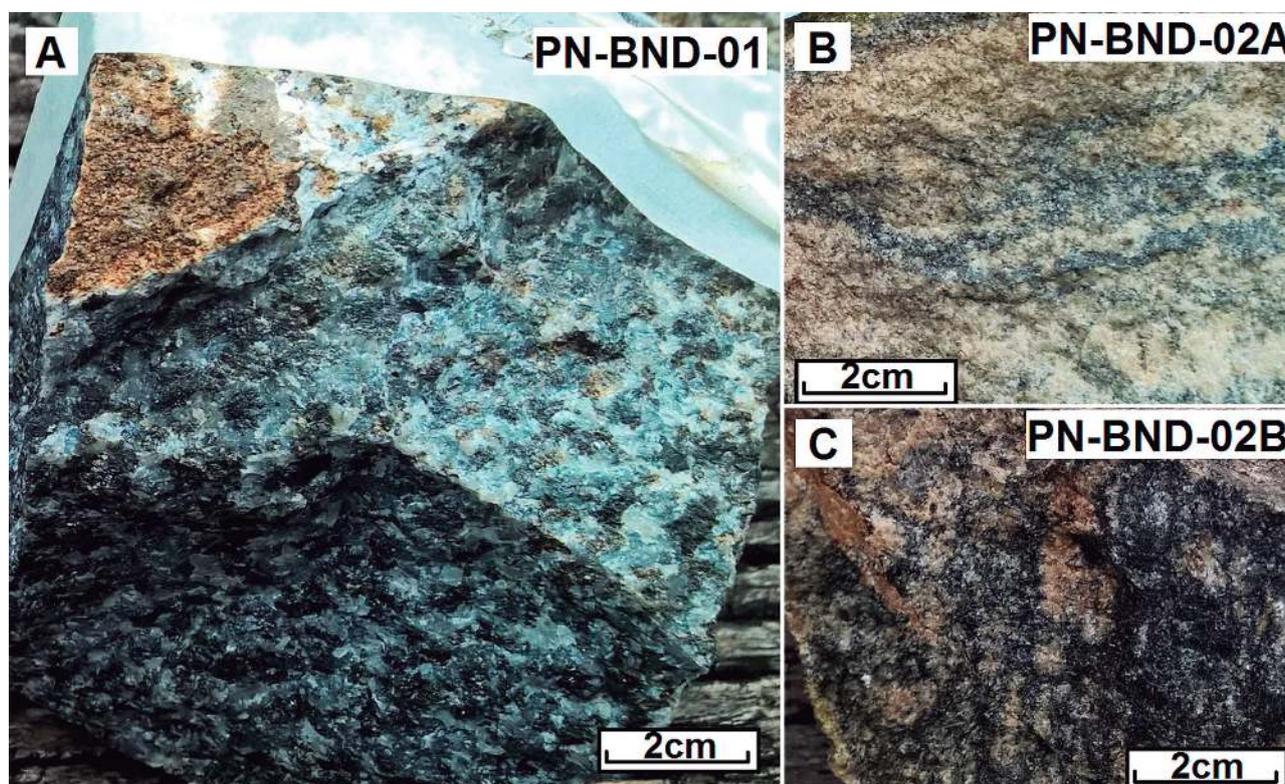


Figura 2 Amostras de rocha pertencentes à fácies GB-Bnd utilizadas para análises de MEV-EDS e DRX. (A) PN-BND-01 – Gabro porfirítico; (B) PN-BND-02A – Banda mais félsica de Gabro bandado; (C) PN-BND-02B – Banda mais máfica de Gabro bandado.

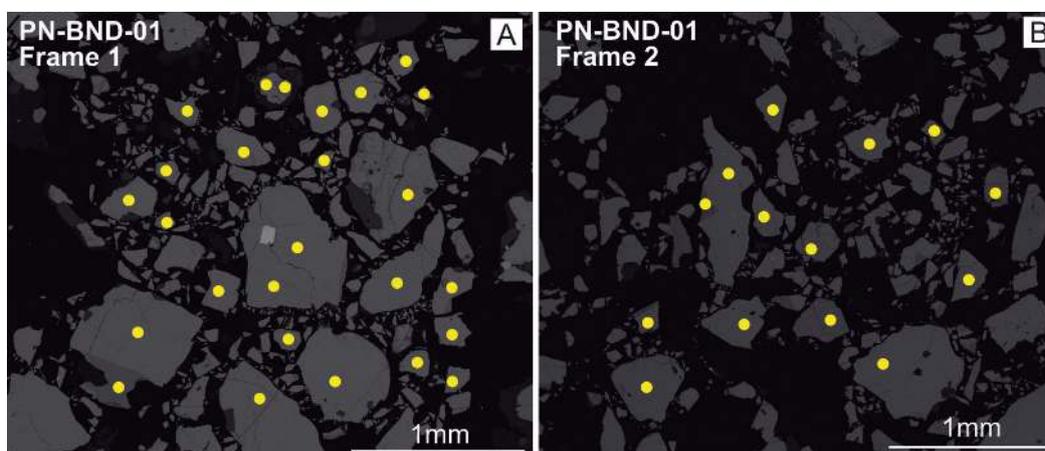


Figura 3 Imagens de MEV-EDS com os pontos analisados na amostra PN-BND-01

e titanomagnetita ocorrem como inclusões nos minerais silicáticos.

A partir dos valores fornecidos pela análise DRX e calculando a proporção da fração magnética em relação a rocha total usando o peso das frações (Tabela 1), obtemos a porcentagem de magnetita e titanomagnetita em cada amostra de rocha, sendo 7,38% na PN-BND-01; 1% na PN-BND-02A; e 2,31% na PN-BND-02B (Figura 4).

PN-BND-01		PN-BND-02A		PN-BND-02B	
Mineral	Wt%	Mineral	Wt%	Mineral	Wt%
Magnetita	25,12	Quartzo	22,68	Quartzo	15,79
Diopsídio	13,03	Magnetita	1,79	Magnetita	2,80
Biotita	6,83	Diopsídio	2,95	Diopsídio	2,69
Anortita	9,95	Biotita	13,94	Biotita	18,56
Ilmenita	6,32	Anortita	24,94	Anortita	23,89
Titanomagnetita	0,68	Ilmenita	0,80	Ilmenita	1,04
Augita	20,27	Titanomagnetita	0,12	Titanomagnetita	0,14
Albita	6,72	Augita	1,99	Augita	2,41
Apatita	2,59	Albita	20,10	Albita	13,44
Ortoclásio	8,50	Apatita	0,65	Apatita	1,56
Total	100,00	Ortoclásio	8,63	Ortoclásio	14,00
Rwp	3,64	Lizardita	1,42	Lizardita	3,70
		Total	100,00	Total	100,00
		Rwp	9,34	Rwp	8,21

Tabela 5 Resultado das análises por DRX com as porcentagens de magnetita e titanomagnetita nas frações magnéticas. A presença de minerais silicáticos mostra que os minerais magnéticos ocorrem como inclusões nos grãos silicáticos.

A variabilidade na concentração modal de magnetita em rocha e no teor de Fe, Ti e V nos grãos de magnetita provavelmente está relacionada a variações composicionais do magma, evidenciadas pelo bandamento composicional da fácies (amostras PN-BND-02A, banda mais félsica e PN-BND-02B, banda mais máfica) e pela ocorrência subordinada de tipos porfíricos (amostra PN-BND-01).

A análise litogeoquímica por ICP da fração magnética da amostra PN-BND-01 (selecionada após os resultados obtidos nas análises de MEV-EDS e DRX) apontou teores de 1.830 ppm de V, 71% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e 23% de TiO<sub>2</sub>. Além dos elementos visados, os teores de 850 ppm de Cr e 750 de Zn destacam-se na Tabela 6.

### 5 Conclusões

O baixo teor de Pt e Pd (<1ppb) encontrado nas amostras de concentrado de bateia representativas de quatro fácies do Maciço de Ponte Nova não indicam potencialidade do corpo para Elementos do Grupo da Platina.

Dentre as fácies plutônicas do maciço, a fácies GB-Bnd pode ser considerada mais promissora à ocorrência de vanádio, de acordo com o teor de 2.455 ppm de V na amostra de concentrado de bateia PN-02(CB), e que o tipo porfírico associado a essa fácies é o que possui maior potencial para esta ocorrência, com teor de 1.830 ppm. A análise por MEV-EDS indicou média de 0,25% (2.500 ppm) de V nas magnetitas na mesma amostra. Tais valores podem sugerir potencial mineral para este

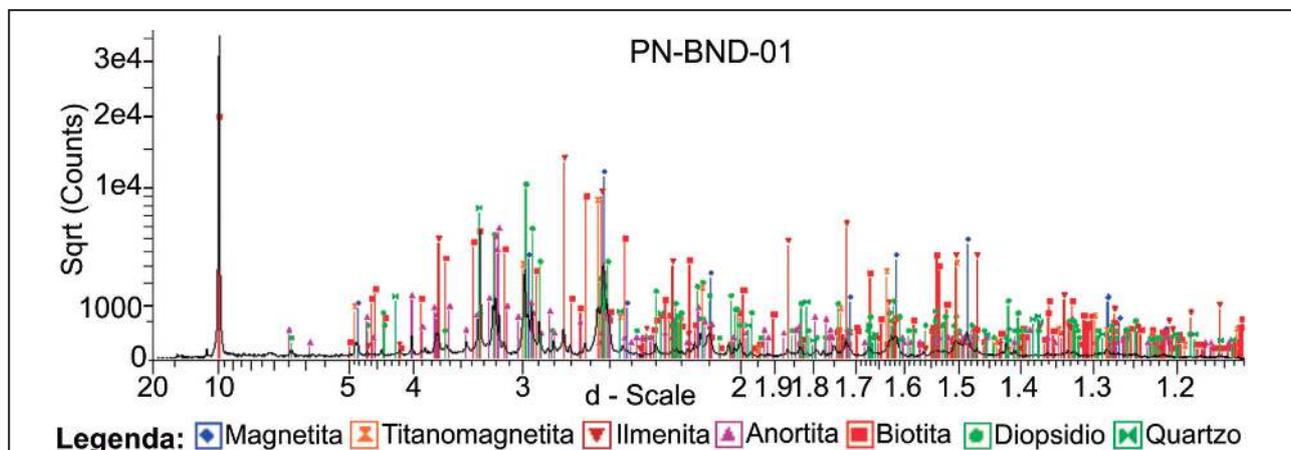


Figura 4 Difratogramas das análises de DRX exibindo a presença de magnetita e titanomagnetita nas amostras (A) PN-BND-01; (B) PN-BND-02A; (C) PN-BND-02B.

Elemento	Amostra PN-BND-01	Limite de Detecção	Elemento	Amostra PN-BND-01	Limite de Detecção
Pd <sup>1</sup>	-	1	Rb <sup>3</sup>	4 ppm	2
Pt <sup>1</sup>	-	1	Nb <sup>3</sup>	155 ppm	1
Au <sup>1</sup>	-	2	Mo <sup>3</sup>	5 ppm	2
SiO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1,4 %	0,01	Ag <sup>3</sup>	1 ppm	0,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2</sup>	2,44 %	0,01	In <sup>3</sup>	0,2 ppm	0,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2</sup>	71,2 %	0,01	Sn <sup>3</sup>	12 ppm	1
MnO <sup>2</sup>	0,595 %	0,001	Sb <sup>3</sup>	0,8 ppm	0,5
MgO <sup>2</sup>	1,23 %	0,01	Cs <sup>3</sup>	< 0,5 ppm	0,5
CaO <sup>2</sup>	0,2 %	0,01	La <sup>3</sup>	18 ppm	0,1
Na <sub>2</sub> O <sup>2</sup>	0,03 %	0,01	Ce <sup>3</sup>	51,6 ppm	0,1
K <sub>2</sub> O <sup>2</sup>	0,05 %	0,01	Pr <sup>3</sup>	3,5 ppm	0,05
TiO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	22,77 %	0,001	Nd <sup>3</sup>	12,5 ppm	0,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>2</sup>	0,14 %	0,01	Sm <sup>3</sup>	2,2 ppm	0,1
LOI	0,23 %		Eu <sup>3</sup>	0,5 ppm	0,05
Total	100,285 %	0,01	Gd <sup>3</sup>	1,6 ppm	0,1
Sc <sup>2</sup>	10 ppm	1	Tb <sup>3</sup>	0,3 ppm	0,1
Be <sup>2</sup>	< 1 ppm	1	Dy <sup>3</sup>	1,2 ppm	0,1
V <sup>2</sup>	1830 ppm	5	Ho <sup>3</sup>	0,2 ppm	0,1
Sr <sup>2</sup>	8 ppm	2	Er <sup>3</sup>	0,5 ppm	0,1
Y <sup>2</sup>	< 2 ppm	2	Tm <sup>3</sup>	0,07 ppm	0,05
Zr <sup>2</sup>	477 ppm	4	Yb <sup>3</sup>	0,7 ppm	0,1
Ba <sup>2</sup>	98 ppm	3	Lu <sup>3</sup>	0,14 ppm	0,04
Cr <sup>3</sup>	850 ppm	20	Hf <sup>3</sup>	10,4 ppm	0,2
Co <sup>3</sup>	120 ppm	1	Ta <sup>3</sup>	8,8 ppm	0,1
Ni <sup>3</sup>	80 ppm	20	W <sup>3</sup>	15 ppm	1
Cu <sup>3</sup>	< 10 ppm	10	Tl <sup>3</sup>	< 0,1 ppm	0,1
Zn <sup>3</sup>	750 ppm	30	Pb <sup>3</sup>	165 ppm	5
Ga <sup>3</sup>	48 ppm	1	Bi <sup>3</sup>	< 0,4 ppm	0,4
Ge <sup>3</sup>	< 1 ppm	1	Th <sup>3</sup>	6,2 ppm	0,1
As <sup>3</sup>	< 5 ppm	5	U <sup>3</sup>	1,4 ppm	0,1

Tabela 6 Resultados da análise química por ICP para rocha total da fração magnética da amostra PN-BND-01 (Método Analítico: <sup>(1)</sup> Fire Assay-Mass Spectrometry; <sup>(2)</sup> Fusion-Inductively Coupled Plasma, <sup>(3)</sup> Fusion-Mass Spectrometry).

elemento. Além disso, os teores de Cr exibidos nas análises litogeoquímicas podem também indicar possibilidade para esse elemento.

Devido ao caráter exploratório deste trabalho, nem todas as fácies foram analisadas para rocha total. Porém, altos teores de óxidos presentes nas fácies “Ilmenita clinopiroxenitos e magnetititos” e “Kaersurtita-Óxido-Apatita Clinopiroxenito” (Azzone et al. 2009) apontam que estas podem ser bons alvos exploratórios de investigação para os elementos Fe, Ti e V.

## 6 Referências

- Azzone, R.G. 2008. *Petrogênese do Maciço Alcalino Máfico-Ultramáfico Ponte Nova (SP-MG)*. Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 228p.
- Azzone, R.G.; Ruberti, E.; Rojas, G.E.E. & Gomes, C.B. 2009. Geologia e Geocronologia do Maciço Alcalino Máfico-Ultramáfico Ponte Nova (SP-MG). *Revista do Instituto de Geociências da USP*, 9(2): 23 - 46.
- Cawthorn, R.G.; Barnes, S.J.; Ballhaus, C. & Malitch, K.N. 2005. Platinum group element, chromium, and vanadium deposits in mafic and ultramafic rocks. *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, p. 215-249.
- Guilbert, J.M. & Park, C.F. 2007. *Geology of Ore Deposits*. Long Grove, Waveland Press. 985p.
- Riccomini, C.; Sant’anna, L.G. & Ferrari, A.L. 2004. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; DAL RÉ CARNEIRO, C. & BRITO NEVES, B.B. (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, p. 383-405.