

## Petrografia, Geoquímica e Geocronologia dos Granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos (Suíte Cunhaporanga, Paraná, Sudeste do Brasil)

### *Petrography, Geochemistry and Geochronology of the Patrimônio Santo Antônio and São Domingos Granites (Cunhaporanga Granitic Suite, Paraná, Southeast Brazil)*

Sérgio Wilians de Oliveira Rodrigues<sup>1</sup> ([sergio.rodrigues@cprm.gov.br](mailto:sergio.rodrigues@cprm.gov.br)),  
Fabrizio Prior Caltabeloti<sup>1</sup> ([fabrizio.caltabeloti@cprm.gov.br](mailto:fabrizio.caltabeloti@cprm.gov.br)), Vidyá Viera de Almeida<sup>1</sup> ([vidya.almeida@cprm.gov.br](mailto:vidya.almeida@cprm.gov.br)),  
Mariane Brumati<sup>1</sup> ([mariane.brumati@cprm.gov.br](mailto:mariane.brumati@cprm.gov.br)), Carlos José Archanjo<sup>2</sup> ([archan@usp.br](mailto:archan@usp.br)),  
Maria Helena B.M. Hollanda<sup>2</sup> ([hollanda@usp.br](mailto:hollanda@usp.br)), Carlos Alejandro Salazar<sup>3</sup> ([csalazar@usp.br](mailto:csalazar@usp.br)),  
Dunyi Liu<sup>4</sup> ([liudunyi@public.bta.net.cn](mailto:liudunyi@public.bta.net.cn))

<sup>1</sup>CPRM - Serviço Geológico do Brasil - Superintendência Regional de São Paulo  
R. Costa 55, CEP 01304-010, São Paulo, SP, BR

<sup>2</sup>Departamento de Mineralogia e Geotectônica - Instituto de Geociências - USP, São Paulo SP, BR

<sup>3</sup>Departamento de Geociências - Instituto de Ciências Exatas - UFAM, Manaus, AM, BR

<sup>4</sup>Beijing SHRIMP Center - Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, CN

*Recebido em 07 de fevereiro de 2011; aceito em 11 de agosto de 2011*

## RESUMO

Os Granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos localizam-se na porção noroeste da Faixa Itaiacoca constituinte do Terreno (ou domínio tectônico) Apiaí segmento do Cinturão Ribeira Meridional da Província Mantiqueira localizada no sudoeste do Brasil. Ambos estão relacionados com a Suíte Granítica Cunhaporanga e são intrusivos em rochas metasedimentares do Grupo Itaiacoca. São constituídos por ocorrências esparsas de sienogranitos e majoritariamente por monzogranitos porfíricos de caráter metaluminoso a peraluminoso, álcali-cálcico de alto K e comportamento ferroso a magnésiano. O comportamento dos elementos traços, por vezes afetado por alteração hidrotermal, é sugestivo de magmatismo pós a tardi-colisional, com assinaturas geoquímicas que sugerem origem a partir de manto enriquecido pela adição de elementos incompatíveis remobilizados de crosta oceânica durante subducção. A idade geocronológica obtida para o Granito Patrimônio Santo Antônio ( $589 \pm 6$  Ma, zircões, U-Pb, SHRIMP) situa o magmatismo destes plútons entre os estágios finais de evolução da Suíte Granítica Cunhaporanga (ca. 650 a 590 Ma) e da colocação dos plútons pós-orogênicos e anorogênicos do Domínio Apiaí (ca. 590 a 570 Ma).

**Palavras-chave:** Cinturão Ribeira; Suíte Granítica Cunhaporanga; Geoquímica e Geocronologia.

## ABSTRACT

The Patrimônio Santo Antônio and São Domingos Granites are located in the northwest portion of the Itaiacoca Belt, which is part of the Apiaí Terrane (or tectonic domain), a segment of the southern Ribeira Belt, the major tectonic unit of the Mantiqueira Province (Southeast Brazil). These granites are related to the Cunhaporanga Granitic Suite and are intrusive into metasedimentary rocks of the Itaiacoca Group. The plutons are represented mainly by porphyritic monzogranites, with rare occurrences of syenogranites. The porphyritic monzogranites are ferroan to magnesian, high-K, alkali-calcic, and metaluminous to peraluminous. Trace elements patterns of the granites, which have been locally affected by hydrothermal alteration, suggest an association with magmas emplaced in a late- to post-tectonic setting. The geochemical signatures suggest a mantle source enriched in incompatible elements remobilized from the oceanic crust during subduction. The geochronological age of the Patrimônio Santo Antônio Granite ( $589 \pm 6$  Ma, zircon, U-Pb SHRIMP) indicates that the magmatism associated with these plutons occurred between the final stages of evolution of the Cunhaporanga Granitic Suite (ca. 650 to 590 Ma) and the emplacement of the post-orogenic and anorogenic plutons of the Apiaí Domain (ca. 590 to 570 Ma).

**Keywords:** Ribeira Belt; Cunhaporanga Granitic Suite; Geochemistry and Geochronology.

## INTRODUÇÃO

Na porção meridional do Cinturão Ribeira (Almeida et al., 1973) integrante da Província Mantiqueira (Almeida et al., 1977, 1981) aflora uma série de rochas graníticas associadas ao Batólito Cunhaporanga (Figura 1). Ocupam uma faixa de cerca de 30 km de largura e 3.700 km<sup>2</sup> de área com direção NE-SW, desde a região de Ponta Grossa (PR) até a região de Doutor Ulysses (PR).

O Batólito Cunhaporanga ou Suíte Granítica Cunhaporanga, tem sido nos últimos dez anos enfoque de trabalhos de mapeamento regional (levantamentos geológicos 1:250.000 da MINEROPAR nas folhas Itararé, Telêmaco Borba e Ponta Grossa) e de cunho acadêmico (Guimarães, 1995, 2000; Prazeres Filho, 2000, 2005 etc.) que contribuíram imensamente para a cartografia e o conhecimento da evolução geológica das rochas graníticas associadas a esta unidade, gerando dados significativos de geoquímica, petrologia e geocronologia. No entanto, ressalta-se que os trabalhos citados apresentam forte cunho regional e que a cartografia da Suíte Granítica Cunhaporanga ainda carece de estudos e mapeamentos geológicos em escala de maior detalhe.

O escopo deste trabalho é um refino da cartografia geológica da Suíte Granítica Cunhaporanga, na região da Folha Ouro Verde (SG-22-X-B-I-3), escala 1:50.000, onde foram individualizados quatro unidades/corpos mapeáveis de rochas graníticas que apresentam diferentes aspectos composicionais, texturais e estruturais, a saber: Granito Santa Rita (*NP3γ2Isr*), Granito Ouro Verde (*NP3γ2Iov*), Granito Patrimônio de Santo Antônio (*NP3γ2Ipa*) e Granito São Domingos (*NP3γ2Isd*). Também são apresentados novos dados geoquímicos referentes aos granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos, que contribuem para a caracterização e entendimento da evolução geológica da Suíte Granítica Cunhaporanga.

## CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Os granitos caracterizados neste estudo são inseridos na porção meridional do Cinturão Ribeira (Almeida et al., 1973) integrante da Província Mantiqueira (Almeida et al., 1977, 1981). O Cinturão Ribeira compreende um largo segmento crustal paralelo à linha costeira do sudeste brasileiro, tendo sido amalgamado, deformado e metamorfozido durante a Orogenia Brasileiro-Pan Africana (Neoproterozoico ao início do Paleozoico). Consiste de um complexo orógeno colisional relacionado às colisões oblíquas entre os crátons Paranapanema, São Francisco e Congo e à consolidação do continente Gondwana Ocidental (Brito Neves, Campos Neto, Fuck, 1999; Campanha e Brito Neves, 2004; Fuck, Brito Neves, Schobbenhaus, 2008). Atualmente,

conforme Faleiros (2008) reconhece-se no Cinturão Ribeira a presença de diversos blocos retrabalhados de origens distintas, incluindo rochas antigas de embasamento alóctones, suítes de rochas vulcano-sedimentares mesoproterozoicas e neoproterozoicas e suítes granitoides intrusivas de afinidades diversas.

Apesar das diferentes denominações e interpretações, podem-se distinguir quatro domínios tectônicos (Figura 1) ou terrenos na Faixa Ribeira Meridional, que consistem de segmentos crustais do Sistema Orogênico Mantiqueira, conforme Faleiros (2008): os Terrenos (ou Domínios) Apiaí, Luís Alves, Embu e Paranaguá (ou Costeiro).

A área de estudo situa-se no Domínio Apiaí a norte da Zona de Cisalhamento de Itapirapuã (ZCI) (Figura 1). Esta região apresenta na literatura diversas denominações como Faixa Itaiacoca (Reis Neto, 1994), Compartimento Campina dos Veados (Siga Jr. et al., 2003) e Compartimento Abapã (Prazeres Filho, 2005). O termo “Faixa Itaiacoca” é o mais amplamente utilizado e reconhecido.

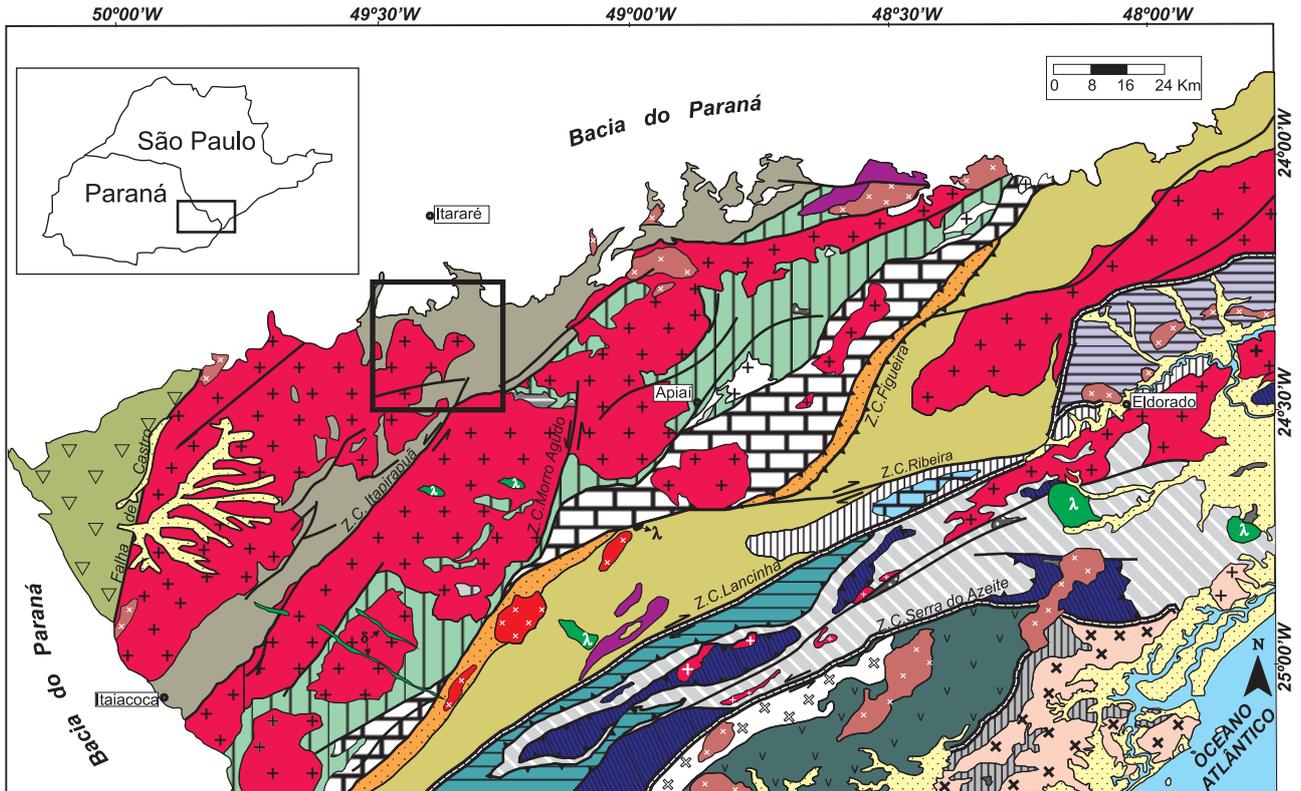
A Faixa Itaiacoca é limitada a SSE pela Zona de Cisalhamento Itapirapuã e a NNW pelas rochas do Grupo Castro. Ela é constituída predominantemente pelo grupo homônimo que é intrudido pela Suíte Granítica Cunhaporanga e por *stocks* graníticos tardios (granitos Carambeí, Joaquim Murtinho, Rio Pirituba e Campina do Veado).

Conforme o mapa geológico apresentado na Figura 2, ainda ocorrem sedimentos paleozoicos da Formação Furnas (Bacia do Paraná) e sedimentos inconsolidados recentes. A seguir serão discutidas as principais unidades cartografadas na área de estudo.

## Grupo Itaiacoca

O Grupo Itaiacoca representa a unidade mais antiga na área estudada, corresponde a uma sequência de rochas metavulcano-sedimentares de baixo grau metamórfico que ocorre numa faixa de direção NE-SW (Figura 2). Estas rochas são afetadas por zonas de cisalhamento, falhas dúcteis e rúpteis, além de intrusões graníticas associadas aos plútons da Suíte Granítica Cunhaporanga e *stocks* graníticos tardios.

Nos últimos anos, a partir de dados geocronológicos U-Pb da região paranaense de Abapã e Socavão, Siga Jr. et al. (2009, 2003) definiram o empilhamento estratigráfico deste grupo em duas grandes unidades litoestratigráficas, a saber: uma sequência basal de rochas metacarbonáticas e metapelíticas, de idades associadas ao final do Mesoproterozoico e início do Neoproterozoico (1030 - 908 Ma: U-Pb em zircões de rochas metabásicas, Siga Jr. et al., 2009); e uma sequência superior de rochas metavulcanoclásticas, metarenitos arcoceanos e metapelitos, do final do Neoproterozoico (645 - 628 Ma: U-Pb, em zircões de rochas metavulcânicas, Siga Jr. et al., 2003).



**Legenda**

- Coberturas sedimentares inconsolidadas
- Rochas alcalinas ( $\lambda$ ) e básicas ( $\delta$ ) mesozoicas
- Grupo Castro (540 Ma)
- Limites de terrenos
- zona de cisalhamento transcorrente
- zona de cisalhamento de empurrão
- Área de Estudo

**Terreno Apiaí**

- Bacias de transição Proterozoico-Fanerozoico
- Granitos Pós-tectônicos
- Formação Iporanga (Ediacarano)
- Granitos Sintectônicos
- Grupo Itaiacoca (Neoproterozoico)
- Grupo Lajeado (Meso a Neoproterozoico)
- S. das Andorinhas (Meso a Neoproterozoico)
- Mármore da Tapagem (Meso a Neoproterozoico)
- Grupo Votuverava (Mesoproterozoico)
- Formação Água Clara (Mesoproterozoico)
- Embasamento Gnáissico (Paleoproterozoico)**
- Núcleos Tigre, Betara e Apiaí-Mirim

**Terreno Curitiba**

- Bacias de transição Proterozoico-Fanerozoico
- Granitos Pós-tectônicos
- Granitos Sintectônicos
- Supracrustais (Neo a Mesoproterozoico)**
- Formação Capiru
- Complexo Turvo-Cajati
- Embasamento Gnáissico (Paleoproterozoico)**
- Complexo Atuba

**Terreno Luís Alves**

- Granitos Pós-tectônicos
- Suíte Rio Piên-Mandirituba (Ediacarano)
- Embasamento Granulítico (Paleoproterozoico a Arqueano)**
- Complexo Serra Negra

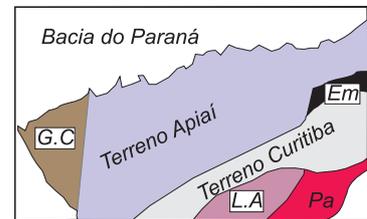
**Terreno Paranaguá**

- Granitos Pós-tectônicos
- Granitoides Cálcio-Alcalinos (Ediacarano)
- Supracrustais (Neo a Mesoproterozoico)**
- Sequência Cachoeira

**Terreno Embu**

- Granitos Pós-tectônicos
- Supracrustais (Neo a Mesoproterozoico)**
- Complexo Embu

**Domínios Geotectônicos**



Em: Terreno Embu; L.A: Terreno Luís Alves; Pa: Terreno Paranaguá; G.C: Grupo Castro

**Figura 1.** Mapa tectônico simplificado mostrando as relações entre o fragmento cratônico Luís Alves (Terreno Luís Alves) e os terrenos Apiaí, Curitiba e Paranaguá integrantes do Cinturão Ribeira (modificado de Faleiros, 2008). O retângulo em destaque delimita a área de estudo (Folha Topográfica Ouro Verde – SG-22-X-B-I).



e cor cinza escuro. A Unidade de metarenitos e metarcóseos (*NP3aba*) é caracterizada por metarenitos puros (quartzitos) e impuros (metarcóseos e metarenitos feldspáticos). A Unidade terrígena (*NP3abt*) é composta por filitos e ardósias com textura granolepidoblástica, granulometria muito fina e bandamento composicional milimétrico.

### Suíte Granítica Cunhaporanga

A Suíte Granítica Cunhaporanga é, no geral, constituída por monzo a sienogranitos de coloração rósea a cinza e subordinadamente por granodioritos e quartzo-monzonitos (Prazeres Filho, 2005). Ocorrem ainda corpos subvulcânicos intrusivos, de composição álcali-feldspato granítica, a exemplo dos Granitos Carambei e Joaquim Murтинho. Descrições petrográficas são apresentadas nos trabalhos de Fuck, Marini e Trein (1967), Algarte, Daitx e Cunha (1972), Santos e Felipe (1980), Wernik et al. (1990), Guimarães (1995, 2000) e Prazeres Filho (2000, 2005).

Guimarães (2000), a partir de dados geoquímicos e petrográficos, sugere duas associações principais de rochas graníticas. A predominante é constituída por granitos de caráter cálcio-alcalinos de alto K, com afinidades shoshoníticas e associados a granitos do “Tipo I” (Chappell e White, 1974; Pitcher, 1983, 1993; White e Chappell, 1983; Barbarin, 1990 etc.). A outra série é caracterizada por álcali-feldspato granitos (alaskítico) muito semelhantes a granitos do tipo “A” (Granitos Anorogênicos - Whalen, Currie, Chappell, 1987; Pitcher, 1993; Barbarin, 1990). Prazeres Filho (2005) identifica uma terceira associação de rochas graníticas caracterizada pela linhagem cálcio-alcalina de alto K, deformadas, leucocráticas e peraluminosas.

A Suíte Granítica Cunhaporanga apresenta um grande conjunto de dados geocronológicos de idades U-Pb (TIMS e SHRIMP) em zircões que variam no intervalo de 650 a 590 Ma (Prazeres Filho, 2000, 2005). Este conjunto de idades também é observado em análises realizadas por outros métodos geocronológicos, como K-Ar (biotita e rocha total) e Rb-Sr (rocha total), apresentadas nos trabalhos de Reis Neto (1994) e Prazeres Filho (2000).

Os plútons subalcalinos de tipologia “A” (granitos anorogênicos) do Domínio Apiaí, também apresentam um grande conjunto de dados geocronológicos que variam de 590 Ma a 570 Ma, conforme determinado nos corpos graníticos de Sguário ( $580 \pm 10$  Ma, U-Pb, ID-TIMs, zircão; Prazeres Filho, 2005), Capão Bonito ( $586 \pm 3$  Ma, U-Pb, ID-TIMs, zircão e monazita; Leite et al., 2007), Carambei ( $569 \pm 2$  Ma, U-Pb, ID-TIMs, zircão; Prazeres Filho, 2005) e entre outros.

Na região de estudo a Suíte Granítica Cunhaporanga, conforme já exposto, foi dividida em quatro unidades que são individualizadas por apresentarem diferentes aspectos

composicionais, texturais e estruturais: Granito Santa Rita (*NP3 $\gamma$ 2Isr*), Granito Ouro Verde (*NP3 $\gamma$ 2Iov*), Granito Patrimônio de Santo Antônio (*NP3 $\gamma$ 2Ipa*), Granito São Domingos (*NP3 $\gamma$ 2Isd*) e corpos graníticos indiferenciados (*NP3 $\gamma$ 2It*). A seguir serão detalhadas estas unidades juntamente com os aspectos petrográficos, litogeoquímicos e geocronológicos.

### CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E LITOGEOQUÍMICA E GEOCRONOLÓGICA

Para caracterização destes granitoides foram realizadas análises petrográficas e análises químicas de rocha total em amostras pertencentes aos corpos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos, juntamente com uma análise geocronológica U-Pb (SHRIMP) do principal corpo mapeado (Patrimônio Santo Antônio).

As análises litogeoquímicas foram realizadas na Acme Analytica Laboratórios Ltda.. A análise dos elementos maiores e parte dos menores (e.g., SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) foi feita por ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry*) após fusão de 0,2 g de amostra com metaborato de lítio (LiBO<sub>2</sub>) e digestão de ácido nítrico diluído. Os elementos terras-raras e refratários (e.g., La, Ce, Ba e Nb) foram analisados por ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry*) também após fusão de 0,2 g de amostra com metaborato de lítio (LiBO<sub>2</sub>) e digestão em ácido nítrico. Os metais básicos e metais preciosos (e.g., Mo, Cu, Ni, Zn e Pb) foram analisados por ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry*) a partir de uma alíquota separada de 0,5 g digerida em água régia. A perda ao fogo (LOI) foi feita através da diferença de peso da amostra após aquecimento a 1.000°C. Os dados analíticos obtidos são apresentados na Tabela 1.

A datação isotópica obtida foi realizada no Beijing Geochronological Center, sendo que os zircões analisados foram extraídos e processados no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP (CPGeo/USP).

### Granito Santa Rita

O termo Granito Santa Rita (*NP3 $\gamma$ 2Isr*) utilizado neste trabalho equivale aos termos: domínios petrográficos Santa Rita (*NPcsr*) e Passo da Anta-Boa Esperança (*NPcpac*) de Guimarães (2000) caracterizados por rochas graníticas geralmente foliadas. Prazeres Filho (2005) agrega estes domínios como pertencentes a uma mesma unidade litoestratigráfica granítica a qual denomina Santa Rita-Vila Branca.

Esta unidade aflora no extremo sudoeste da área estudada. Apresenta direção NE-SW, sendo afetada por zonas de cisalhamento ENE-WSW, e ocorre em contato intrusivo com as rochas metassedimentares do Grupo Itaiacoca.

Tabela 1. Dados químicos em rocha total para os Granitos Patrimônio Santo Antônio, São Domingos (Suíte Granítica Cunhaporanga).

Amostra	Granito Patrimônio Santo Antônio						Granito São Domingos			
	SW-411	SW-594	SW-593	SW-574	SW-298	SW-305	SW-500	SW-501	SW-503	SW-498
Rocha	Biotita granito	Biotita granito porfirítico	Biotita granito	Biotita granito porfirítico	Biotita sienogranito	Anf-bt sienogranito	Biotita granito	Sienogranito	Biotita monzogranito	Granito
SiO <sub>2</sub> (%)	65,75	68,76	69,00	70,35	70,19	69,46	64,37	72,03	74,55	74,09
TiO <sub>2</sub>	0,73	0,72	0,65	0,45	0,60	0,52	0,80	0,26	0,08	0,09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,86	14,32	14,21	14,49	13,94	14,52	15,50	14,04	13,99	13,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (T)	4,23	3,66	3,52	2,61	3,31	2,90	4,37	1,96	1,30	1,47
MnO	0,06	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04
MgO	1,29	0,98	0,91	0,52	0,80	0,61	1,28	0,41	0,11	0,17
CaO	2,74	2,16	1,99	1,51	1,85	1,02	2,90	1,24	0,84	0,82
Na <sub>2</sub> O	3,66	3,69	3,60	3,55	3,74	3,81	3,81	3,60	4,23	4,42
K <sub>2</sub> O	4,53	4,58	4,77	5,42	4,45	5,63	4,38	4,90	4,36	4,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,32	0,28	0,26	0,15	0,23	0,17	0,24	0,07	0,03	0,03
LOI	1,50	0,50	0,80	0,70	0,60	1,10	1,90	1,30	0,40	1,20
Total	99,67	99,70	99,75	99,78	99,76	99,78	99,60	99,84	99,92	99,99
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1,24	1,24	1,33	1,53	1,19	1,48	1,15	1,36	1,03	0,92
mg#	37,66	34,66	33,87	28,30	32,38	29,41	36,72	29,30	14,36	18,64
Ni (ppm)	9,90	10,20	6,50	8,50	6,10	4,70	8,30	4,00	6,40	3,20
Co	7,90	5,80	5,50	3,10	5,00	3,60	7,70	1,90	0,90	1,50
V	60,00	50,00	44,00	27,00	38,00	32,00	67,00	18,00	< l.d.	< l.d.
Cu	14,30	9,70	9,40	8,70	19,00	5,10	14,20	5,80	2,50	3,00
Pb	3,20	4,10	5,70	8,00	5,30	9,20	5,30	6,30	18,50	19,90
Zn	62,00	73,00	59,00	58,00	61,00	45,00	78,00	42,00	27,00	38,00
Rb	142,70	146,10	140,40	199,40	144,30	144,50	106,40	140,50	265,50	302,40
Cs	1,70	1,10	1,80	1,80	0,80	0,60	1,20	1,70	3,60	3,20
Ba	1.253,00	1.213,00	1.336,00	1.076,00	938,00	1.315,00	1.661,00	750,00	90,00	84,00
Sr	627,20	729,70	735,50	448,40	570,10	599,00	873,80	395,30	86,50	87,80
Ga	19,80	21,40	20,50	21,60	19,30	18,60	22,00	20,40	30,60	30,20
Ta	0,70	0,70	0,60	0,60	0,50	0,60	1,00	0,70	0,60	0,50

(continua...)

Tabela 1. (continuação)

Amostra	Granito Patrimônio Santo Antônio										Granito São Domingos		
	SW-411	SW-594	SW-593	SW-574	SW-298	SW-305	SW-500	SW-501	SW-503	SW-498			
<b>Rocha</b>	<b>Biotita granito</b>	<b>Biotita granito porfirítico</b>	<b>Biotita granito</b>	<b>Biotita granito porfirítico</b>	<b>Biotita sienogranito</b>	<b>Anf-bt sienogranito</b>	<b>Biotita granito</b>	<b>Sienogranito</b>	<b>Biotita monzogranito</b>	<b>Granito</b>			
Nb	12,60	12,50	10,70	11,30	9,90	8,60	14,00	7,20	7,50	6,50			
Hf	5,80	7,20	6,50	7,30	6,80	5,20	6,90	4,00	2,50	4,40			
Zr	212,80	274,00	233,00	265,80	249,80	192,00	252,10	136,80	49,30	80,10			
Y	13,20	15,90	15,50	9,10	94,10	8,10	15,30	6,60	123,20	2,10			
Th	12,10	19,70	15,90	25,50	18,80	13,20	10,80	9,60	14,80	20,80			
U	2,00	2,70	2,20	2,10	2,80	2,70	1,80	2,60	10,30	8,80			
La	50,60	71,50	63,30	76,30	81,00	57,20	63,60	26,70	191,50	8,70			
Ce	100,90	129,80	117,30	151,40	107,90	100,30	133,10	50,50	19,60	13,60			
Pr	10,91	13,67	12,44	15,66	14,10	10,20	14,68	5,51	34,00	1,50			
Nd	40,50	49,50	45,90	53,40	51,70	36,30	55,50	20,00	138,80	4,90			
Sm	6,37	7,23	6,63	7,29	8,21	5,27	8,31	3,15	19,03	0,53			
Eu	1,50	1,64	1,54	1,25	1,97	1,22	1,98	0,73	5,71	0,13			
Gd	4,16	4,17	4,01	3,73	6,47	3,08	5,16	1,94	24,24	0,34			
Tb	0,49	0,46	0,45	0,39	0,81	0,34	0,59	0,23	3,21	0,05			
Dy	2,63	2,40	2,39	2,00	5,61	1,73	3,21	1,29	15,93	0,25			
Ho	0,43	0,35	0,38	0,27	1,53	0,25	0,50	0,20	3,10	0,03			
Er	1,17	0,94	1,01	0,76	5,65	0,68	1,30	0,57	8,00	0,15			
Tm	0,17	0,12	0,14	0,11	0,95	0,09	0,19	0,09	1,10	0,03			
Yb	1,04	0,78	0,85	0,64	6,11	0,55	1,15	0,52	5,86	0,32			
Lu	0,15	0,11	0,12	0,09	1,08	0,08	0,15	0,08	0,93	0,06			
Ba/Sr	2,00	1,66	1,82	2,40	1,65	2,20	1,90	1,90	1,04	0,96			
(La/Yb) <sub>N</sub>	32,80	61,80	50,21	80,38	8,94	70,12	37,29	34,62	22,03	18,33			
Eu/Eu*	0,89	0,91	0,91	0,73	0,83	0,93	0,92	0,90	0,81	0,94			
Sc	5,00	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00			
Sn	2,00	2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	< l.d.			
Mo	1,70	2,00	7,60	2,00	6,60	6,20	1,50	5,30	2,00	5,60			

Predomina nesta unidade um (hornblenda)-biotita monzogranito porfirítico (Figura 3A), cor cinza clara, hololeucocrático a leucocrático ( $M \sim 10 - 20\%$ ), granulação grossa a média, inequigranular e com forte orientação mineral dos feldspatos e da biotita. São observados megacristais eudrícos de feldspato potássico com até 4 cm. Subordinadamente ocorre uma fácies de hornblenda-biotita monzogranito fanerítico, cor cinza clara, hololeucocrático ( $M < 10\%$ ), granulação média a fina e inequigranular. São frequentes a presença de vênulas e aplitos quartzo-feldspáticos de dimensão milimétrica a centimétrica.

A mineralogia principal do (hornblenda)-biotita monzogranito porfirítico é caracterizada por plagioclásio (oligoclásio), feldspato potássico (em mirmequitais e microclínio), quartzo, biotita e hornblenda. Os minerais acessórios observados são apatita, titanita e zircão.

Junto às zonas de cisalhamento foi observada e caracterizada uma fácies de hornblenda-biotita sienogranito, de textura fanerítica, cor vermelha, granulação grossa a média e com vênulas de fluorita. É associada à milonitização e alteração hidrotermal (potassificação).

Prazeres Filho et al. (2003) e Prazeres Filho (2005) destacam para essas rochas o alto teor de sílica ( $\text{SiO}_2 > 70\%$ ), a pouca variação no conteúdo dos elementos maiores e traços, o caráter fracamente peraluminoso e a associação à série cálcio alcalina de alto K. As características apresentadas são relacionadas a ambientes sin-colisionais.

Prazeres Filho (2000, 2005) analisando biotita monzogranitos obteve as seguintes idades:  $480 \pm 11$  Ma (K-Ar, biotita),  $588 \pm 70$  Ma (U-Pb, ID-TIMS, zircão) e  $626 \pm 8$  Ma (U-Pb, SHRIMP, zircão), sendo esta última utilizada pelo referido autor para caracterizar o período de cristalização desta unidade.

## Granito Ouro Verde

A designação “Ouro Verde-Patrimônio” como fácies da Suíte Granítica Cunhaporanga é utilizado por Guimarães (2000) e Prazeres Filho (2005) para designar a série de rochas graníticas que afloram nas localidades de Patrimônio de Santo Antônio e Ouro Verde (município de Sengés-PR). Guimarães (2000) e Guimarães et al. (2001) destacam a assinatura geofísica em mapas aerogamaespectrométricos (principalmente na composição Ternária) das rochas graníticas desta região. Neste trabalho, o termo “Ouro Verde-Patrimônio” foi desmembrado para caracterizar corpos diferenciados.

O Granito Ouro Verde aflora na localidade homônima, sendo delimitado por zonas de cisalhamento ENE-WSW e em contatos intrusivos com as rochas metassedimentares do Grupo Itaiacoca. Caracteriza-se como um biotita granito fanerítico de granulação média a fina (Figura 3B),

equigranular e leucocrático ( $M \sim 5\%$ ). No geral, as rochas desta unidade são muito intemperizadas o que impossibilitou análises petrográficas e litogeoquímicas.

## Granito Patrimônio Santo Antônio

O Granito Patrimônio Santo Antônio (*NP3γ2lpa*) aflora na região homônima e nas localidades de Bairro da Roseira (Jaguariaíva-PR) e Canastrão (Doutor Ulysses-PR). Com dimensão de cerca de 100 km<sup>2</sup>, apresenta uma forma em gota e contatos intrusivos com rochas metassedimentares do Grupo Itaiacoca, e tectônicos com zonas de cisalhamento ENE-WSW. Os afloramentos desta unidade são escassos, sendo que no geral são observados blocos e grande matacões (Figura 3C), ocorrendo algumas lajes mais extensas em drenagens.

A principal fácies deste granito é caracterizada como um (hornblenda)-biotita monzogranito porfirítico, de granulação grossa, inequigranular, leucocrático ( $M = 10 - 15\%$ ) e cor cinza clara a levemente rosada (Figura 3D). Ocorrem fenocristais de feldspato potássico róseos, que localmente apresentam textura rapakivi. A mineralogia principal é constituída por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda. Como minerais acessórios primários são observados apatita monazita, zircão, titanita e allanita. Clorita (substituindo a hornblenda) e sericita caracterizam minerais acessórios secundários.

Outra fácies deste granito é caracterizada por um sienogranito fanerítico de cor vermelha a rosa clara (Figura 3E), granulação grossa a média, inequigranular, e hololeucocrático a leucocrático ( $M \sim 10\%$ ). Em seção delgada são observados como minerais principais feldspato potássico, plagioclásio, quartzo e biotita, sendo que titanita e zircão ocorrem como minerais acessórios. Sericita é observada substituindo o plagioclásio.

Junto ao contato com os metacalcários da Formação Bairro dos Campos (*NP1ic*), na região do Bairro do Cerrado da Roseira (Jaguariaíva-PR), ocorrem *hornfels* (escarnitos), caracterizados por minerais associados a metamorfismo de contato, como talco, tremolita, diopsídio e olivina. Na região citada, o diopsídio é lavrado e beneficiado para uso na indústria cerâmica e na siderurgia.

Nas análises químicas (ver Tabela 1) observa-se pouca variação dos teores de  $\text{SiO}_2$  (65,75 a 70,35%), caracterizando as rochas no diagrama TAS (Cox, Bell, Pankhurst, 1979) como granitos (Figura 4A), com exceção de uma amostra caracterizada como granodiorito. No diagrama R1-R2 (De la Roche et al., 1980) as rochas também são classificadas no campo entre granito e granodiorito (Figura 4B). Apresenta caráter metaluminoso à levemente peraluminoso, conforme ilustrado no diagrama de classificação de rochas em relação à saturação de alumínio (Índice de Shand conforme Maniar



**Figura 3.** **A.** Hornblenda-biotita granito porfirítico de cor cinza, do Granito Santa Rita (NP3 $\gamma$ 2lsr). (Afloramento SW-608, Caçador, Doutor Ulysses-PR). **B.** Biotita granito fanerítico leucocrático de cor branca, do Granito Ouro Verde (NP3 $\gamma$ 2lov) (Afloramento SW-621, Ouro Verde, Sengés - PR). **C.** Afloramento típico observado no Granito Patrimônio de Santo Antônio (NP3 $\gamma$ 2lpa) no qual ocorrem grandes matacões e pequenas lajes (Afloramento SW-299, Patrimônio de Santo Antônio, Sengés - PR). **D.** Biotita granito porfirítico, leucocrático, cor branca a rosa clara, do Granito Patrimônio Santo Antônio (NP3 $\gamma$ 2lpa) (Afloramento SW-594, Canastrão, Doutor Ulysses - PR). **E.** Biotita granito fanerítico, hololeucocrático, cor vermelha a rosa clara, granulação grossa, do Granito Patrimônio Santo Antônio (NP3 $\gamma$ 2lpa) (Afloramento SW-333, 2 km a leste de Patrimônio de Santo Antônio, Sengés - PR). **F.** Biotita granito fanerítico, hololeucocrático, cor vermelha a rosa clara, granulação fina a média, do Granito São Domingos (NP3 $\gamma$ 2ls). (Afloramento SW-498, 4 km a sudeste do Bairro São Domingos, Sengés - PR).

e Piccoli, 1989 - Figura 5A), tal comportamento evidencia a presença de hornblenda e biotita.

No diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) a série magmática é definida como cálcio-alcálica (Figura 5B). No diagrama proposto por Frost et al. (2001) para classificação de séries magmáticas as rochas são classificadas como álcali-cálcicas (Figura 5C). Este autores também utilizam diagramas que classificam as série magmáticas em ferrosa ou magnesiânica, no gráfico apresentado na Figura 5D, há um comportamento de transição entre estas séries para as rochas do Granito Patrimônio de Santo Antônio. No diagrama  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$  (Le Maitre et al., 1989 - Figura 5E) apresentam uma assinatura de rochas ricas em potássio (campo alto K).

Nos diagramas de Harker para elementos maiores (Figura 6) observam-se *trends* negativos para  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , característicos de diferenciação magmática por cristalização fracionada. Os elementos  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  não apresentam comportamento lineares, no entanto, há um claro enriquecimento dos mesmos com o aumento da  $\text{SiO}_2$ .

No diagrama multielementar normalizado para manto primordial (Wood et al., 1979) apresentado na Figura 7A observam-se um padrão geral decrescente com anomalias fortemente negativas de Ta, Nb, pequenas anomalias negativas de U, Sr, P e Ti e pequenas anomalias positivas de Rb, K, Ce e Tb.

O padrão de elementos terras raras (ETR) normalizado para condrito (Boyton, 1984; vide Figura 7B) é fortemente fracionado com enriquecimento nos leves e depleção dos pesados.

Somente uma amostra (SW-298) foge do padrão geral observado nos diagramas de elementos traços (principalmente em relação aos Y e Tb) e deste modo foi discriminada em diagramas à parte (Figura 7C e 7D), sendo que tal variação pode estar associada à alteração hidrotermal. Na amostra citada foi observada leve sericitização no feldspato alcalino, além de ocorrência de epidoto secundário.

No Granito Patrimônio Santo Antônio foi realizada uma datação geocronológica utilizando uma microsonda iônica de alta resolução (SHRIMP). Os zircões foram extraídos de um biotita monzogranito porfirítico (amostra SW-304) localizado na porção central do corpo (Figura 2). Os zircões variam de 100  $\mu\text{m}$  a 300  $\mu\text{m}$  de comprimento e ocorrem como prismas alongados com razão comprimento:largura (c:l) entre 3:1 e 5:1 (Figura 8). Alguns primas mais alongados podem exibir uma razão c:l da ordem de 10:1, enquanto alguns poucos grãos mais curtos situam-se em torno de 2:1. A catodoluminescência mostrou que os zircões apresentam um marcante zoneamento magmático sem a presença aparente de núcleos herdados. Os dados isotópicos foram extraídos nos setores do grão com zoneamento de forma a obter a idade de cristalização magmática. O chumbo comum em todas as amostras foi

corrigido utilizando o valor medido de  $^{204}\text{Pb}$ . Os dados isotópicos foram tratados pelo software ISOPLOT de Ludwig (2001) seguindo os procedimentos analíticos presentes em Compston et al. (1992).

Os resultados provenientes dos dados isotópicos de quinze diferentes cristais de zircão estão indicados na Tabela 2. Duas análises fortemente discordantes (#2 e #7), uma análise com baixo teor de U (#4) e duas análises embora pouco discordantes porém com idade  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  muito antiga (#10) ou muito jovem (#11) foram excluídas do cálculo. As dez análises restantes foram plotados em um diagrama de Wetherill (Figura 9A) para fornecer uma idade concórdia de  $588,7 \pm 6,5$  Ma (MSWD = 0,38). As dez análises também se agrupam para fornecer uma idade média  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de  $589 \pm 6,4$  Ma (MSDW = 0,80, Figura 8B) semelhante à idade concórdia.

## Granito São Domingos

O termo Granito São Domingos (*NP3 $\gamma$ 2lsd*) foi originalmente proposto por Soares, Stevanatto e Camargo (1987), para definir o corpo granítico aflorante próximo à localidade homônima. Os autores também descrevem a forte alteração hidrotermal observada neste corpo, com a ocorrência de fluorita e sulfetos disseminados. Trabalhos posteriores caracterizam o corpo de São Domingos como um *stock* representante de magmatismo tardio e pós-colisional. Neste trabalho, o termo agrega também o “Domínio petrográfico Limeira” (Guimarães, 2000; MINEROPAR, 2006), pois há continuidade física entre ambas as unidades e similaridades entre as rochas.

Este granito, com área de cerca de 15  $\text{Km}^2$ , ocorre na porção central da área de estudo, como um corpo trapezoidal intrusivo nas rochas metassedimentares do Grupo Itaicooca. Seus afloramentos são muito descontínuos, tratando-se geralmente de blocos e pequenos matacões. Apresenta na porção sul contato tectônico balizado por zona de cisalhamento transcorrente de direção ENE-WSW, onde ocorrem termos cataclásticos.

Predomina um biotita monzogranito fanerítico/porfirítico (Figura 3F), muito semelhante ao observado no Granito Patrimônio Santo Antônio (porém sem anfibólio). Apresenta granulação grossa a média, inequigranular, leucocrático (M = 10 - 15%) e cor cinza clara a levemente rosada. Há porções onde predomina textura fanerítica de granulação fina com ocorrência de veios/vênulas de quartzo onde ocorrem mineralizações de fluorita e sulfetos. A mineralogia principal é constituída por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo e biotita. Como minerais acessórios primários são observados titanita, zircão, apatita, monazita, titanita e allanita. Clorita e sericita ocorrem como minerais acessórios secundários.

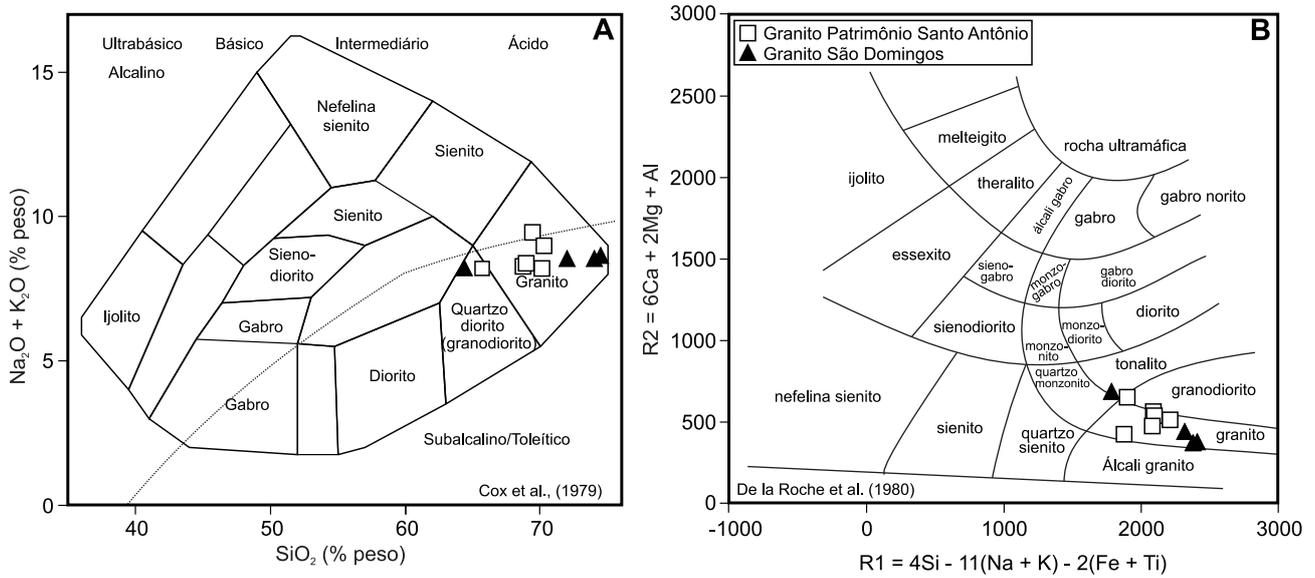


Figura 4. Diagramas de classificação química para as rochas dos granitos Patrimônio de Santo Antônio e São Domingos (Suíte Granítica Cunhaporanga): A. TAS (Cox, Bell, Pankhurst, 1979). B. R1-R2 (De la Roche et al., 1980).

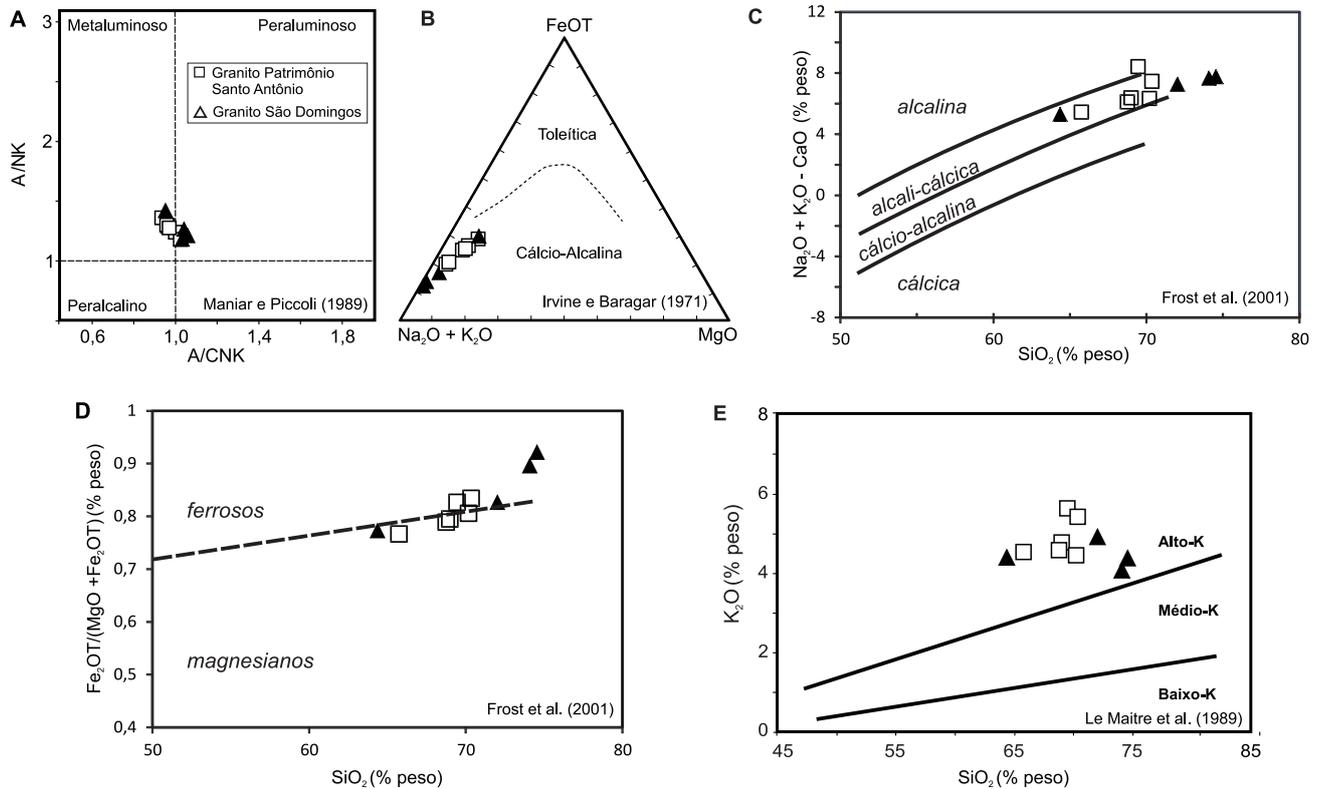
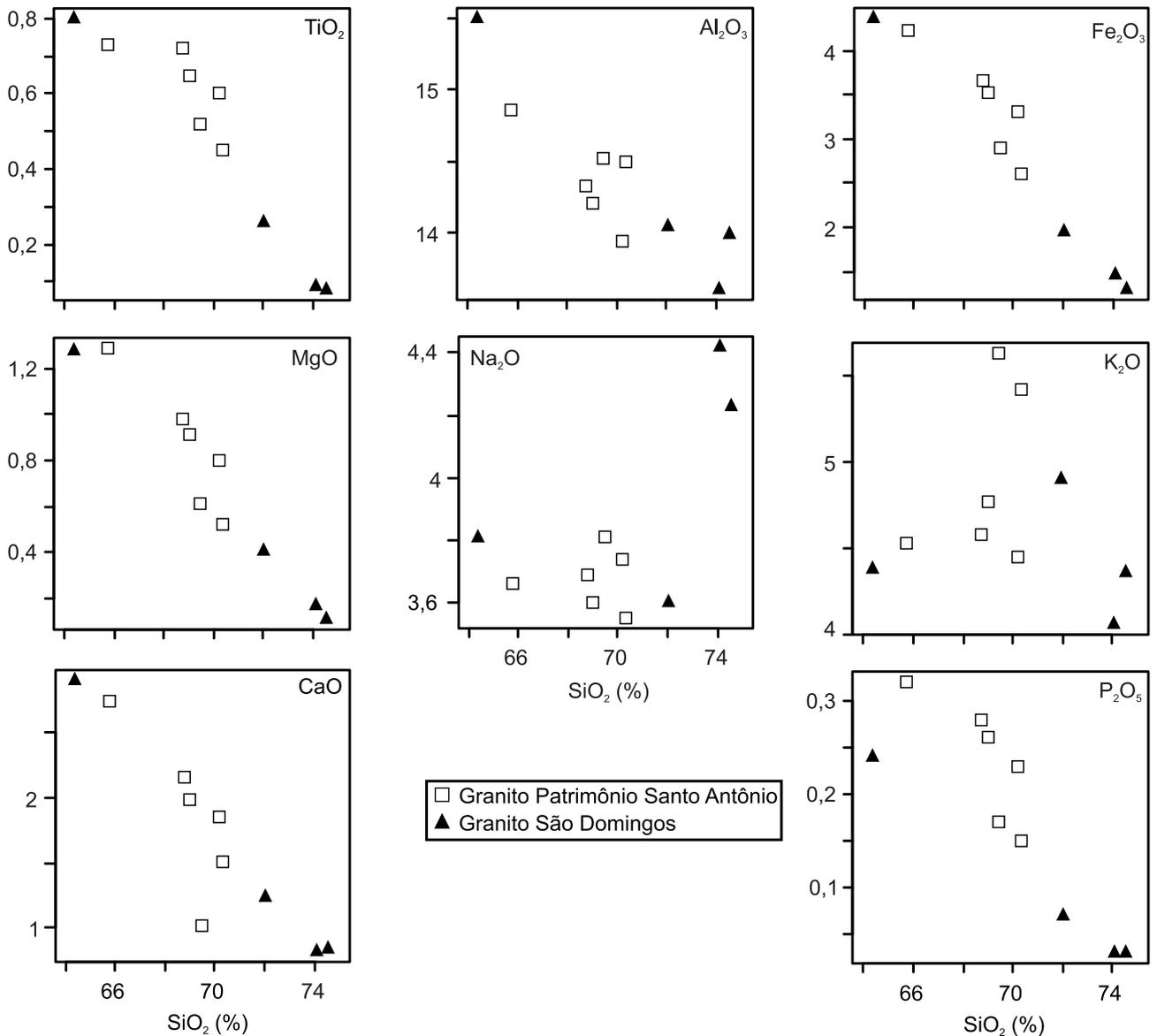


Figura 5. Diagramas discriminantes aplicados às rochas dos granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos (Suíte Granítica Cunhaporanga): A. Índice de SHAND, segundo diagrama de Mandar e Pecúlio (1989). B. Diagrama AFM (Irvine e Bar Agar, 1971). C. Diagrama de variação de  $SiO_2$  x  $K_2O$  com os campos das rochas das séries ígneas cálcio alcalinas de alto K, médio K, baixo K e shoshoníticas (Rickwood et al., 1989).



**Figura 6.** Diagramas de Hacker que apresentam a variação  $\text{SiO}_2$  x principais óxidos nas rochas dos granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos.

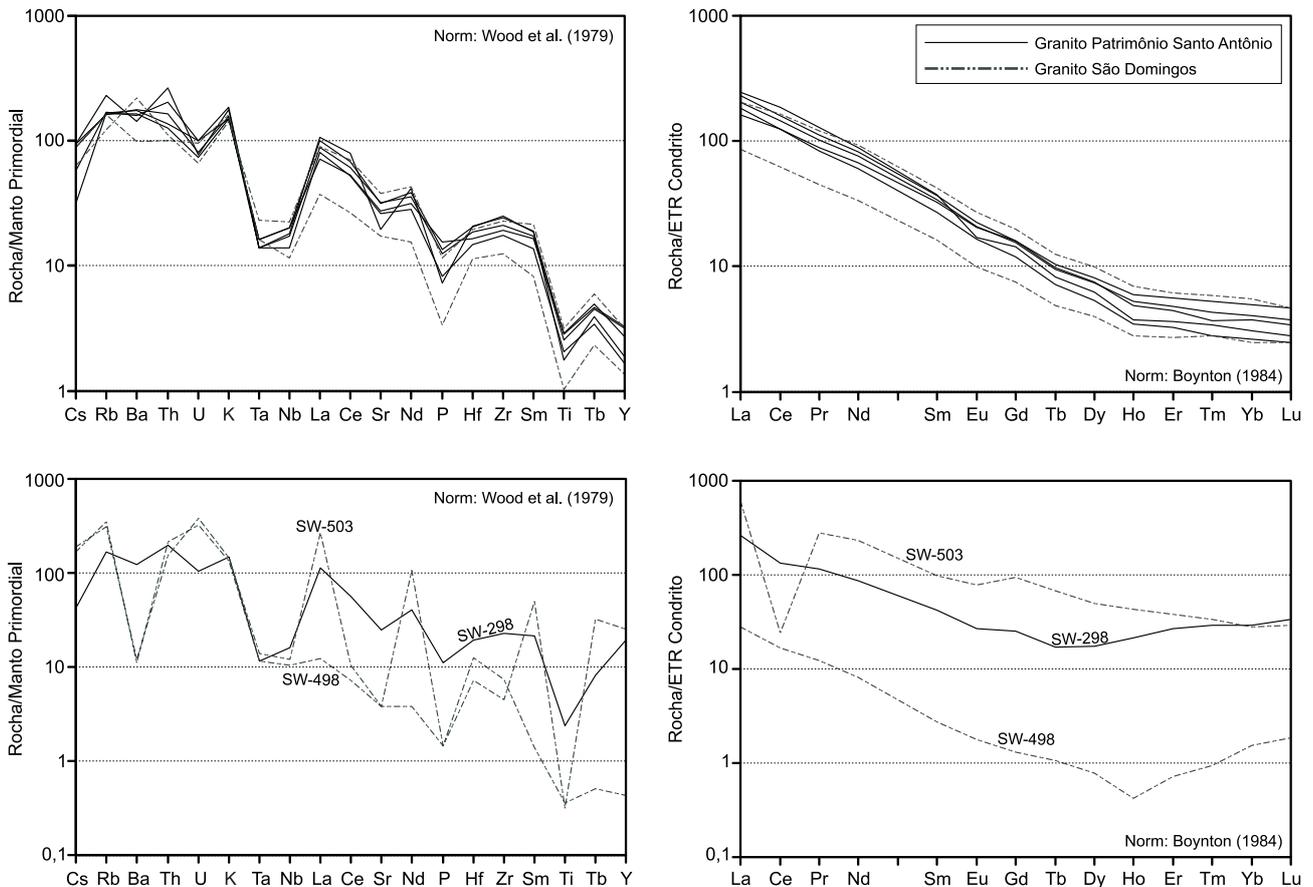
As análises químicas das rochas graníticas do Granito São Domingos (Tabela 1) apresentam teores de  $\text{SiO}_2$  de 64,37 a 74,55%. Apresenta características litogeoquímicas muito próximas a observadas no Granito Patrimônio Santo Antônio. Também são observados padrões diferenciados nos diagramas multielementar e de ETR's (amostras SW-503 e SW-498) que podem ser associados à alteração hidrotermal, evidenciada na petrografia pela presença de sericita.

As rochas do Granito São Domingos são classificadas no diagrama TAS (Figura 4A) como granitos, com exceção de uma amostra de granodiorito. No diagrama R1-R2 (Figura 4B) as rochas variam de granito a quartzo monzonito.

O índice de saturação em alumina ilustrado na Figura 5A posiciona as rochas muito próximas ao limite entre metaluminoso e peraluminoso.

No diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971) a série magmática é definida como cálcio-alcalina (Figura 5B). Nos diagramas propostos por Frost et al. (2001) são classificadas como álcali-cálcicas (Figura 5C) e no limite entre a séries ferrosa e magnesianas (Figura 5D). No diagrama  $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$  (Le Maitre et al., 1989 - Figura 5E) apresentam uma assinatura de rochas ricas em potássio (campo alto K).

O comportamento dos elementos maiores em diagramas de Harker (Figura 6) é muito similar ao descrito no



**Figura 7.** Diagramas de elementos traços para as rochas dos granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos (Suíte Granítica Cunhaporanga). **A.** Multielementar normalizado para manto primordial. **B.** Elementos terras-raras normalizado para condrito. **C e D.** Diagramas para amostras deste estudo com padrões anômalos.

Granito Patrimônio de Santo Antônio, sendo que as características observadas indicam trajetórias (*trends*) similares de evolução magmática. No caso, o Granito São Domingos representaria rochas mais ricas em  $\text{SiO}_2$  associados a estágios mais tardios da evolução da série magmática.

## DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Os estudos petrográficos e litogeoquímicos e a integração de dados oriundos de trabalho anteriores permitiram individualizar corpos graníticos distintos na Suíte Granítica Cunhaporanga na área de estudo (Folha topográfica Ouro Verde, SG-22-X-B-I-3, escala 1:50.000).

O Granito Santa Rita possivelmente representa o estágio mais antigo de magmatismo da área de estudo, confirmado por datação geocronológica U-Pb em zircões ( $626 \pm 8$  Ma, SRHIMP, Prazeres Filho, 2005). Com base nos dados geoquímicos de Prazeres Filho et al. (2003) e Prazeres

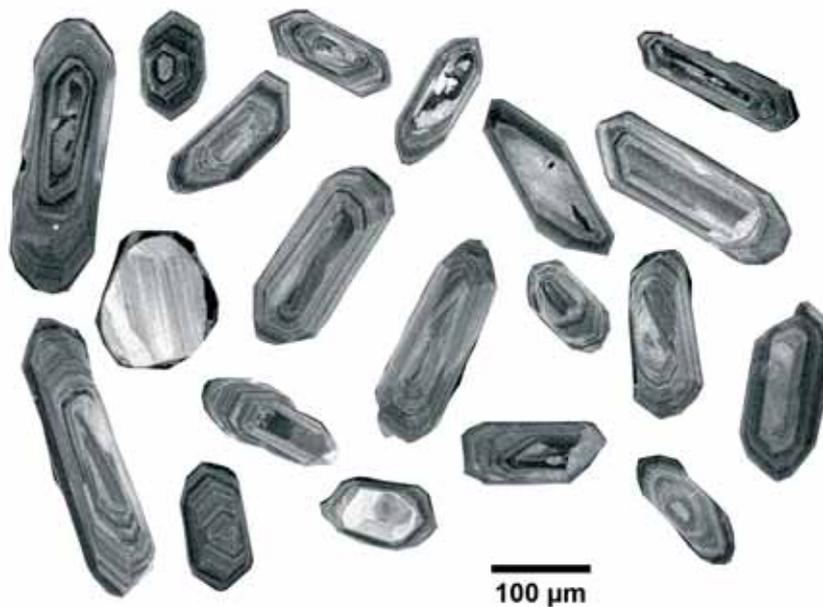
Filho (2005) nas rochas desta unidade destaca-se o alto teor de sílica ( $\text{SiO}_2 > 70\%$ ), pouca variação no conteúdo dos elementos maiores e traços, caráter fracamente peraluminoso e afinidade cálcio alcalina de alto K, sendo interpretadas como rochas associadas a ambientes sin-colisionais.

O Granito Ouro Verde ainda carece de uma investigação complementar de seus aspectos litogeoquímicos e petrográficos, no entanto, ressaltam-se suas características litológicas e texturais que o distinguem dos demais corpos da área de estudo.

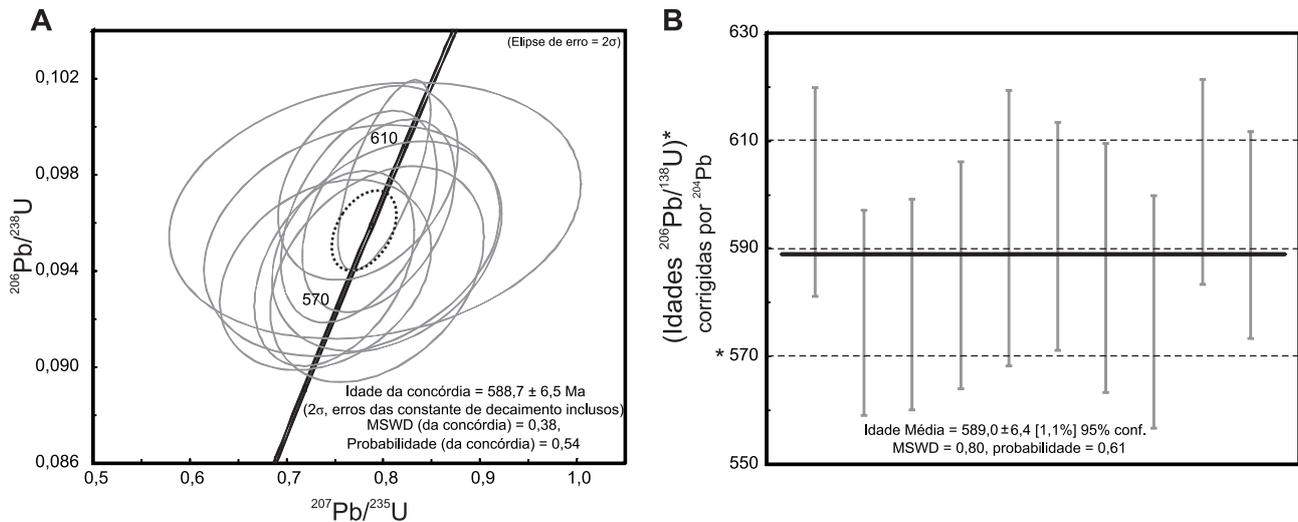
Os granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos apresentam características petrográficas e litogeoquímicas muito semelhantes, que sugerem uma mesma associação magmática. São compostos predominantemente por rochas monzograníticas porfíricas, com ocorrências de sienogranitos, contendo K-feldspato, biotita, anfíbólio e titanita. Apresentam caráter metaluminoso a peraluminoso, álcali-cálcico de alto K e comportamento ferroso a magnésiano.

**Tabela 2.** Dados analíticos dos cristais de zircão do granito Patrimônio Santo Antônio (amostra SW-304). Erros são 1 sigma ( $\delta$ ); Pb<sub>c</sub> indica chumbo comum e Pb\* indica chumbo radiogênico. Erro na calibração do padrão foi de 0,57% (não incluído nos erros calculados abaixo, porém, necessário quando comparar com dados de diferentes amostras). (1) Em todas as razões e idades, a correção para o chumbo comum foi realizada utilizando o valor do <sup>204</sup>Pb medido.

Análise	Razões radiogênicas (1)				Idade (1)				% Discordância			
	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	<sup>206</sup> Pb* (ppm)	<sup>206</sup> Pb <sub>c</sub> (%)	<sup>207</sup> Pb*/ <sup>235</sup> U	± %	<sup>206</sup> Pb*/ <sup>238</sup> U		± %	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb
1.1	110	168	1,58	9,46	1,13	0,862	5,4	0,0993	1,9	611,0 ±11	705 ±110	13
2.1	160	139	0,90	13,40	1,69	0,734	6,4	0,0962	1,8	592,0 ±10	426 ±140	-39
3.1	236	296	1,30	20,00	1,20	0,785	4,8	0,0976	1,7	600,6 ± 9,7	540 ± 99	-11
3.1r	204	232	1,17	16,70	1,60	0,741	6,0	0,0938	1,7	578,0 ± 9,5	501 ±130	-15
4.1	97	61	0,65	8,64	3,48	0,810	18,0	0,1002	2,3	616,0 ±14	565 ±400	-9
5.1	310	307	1,02	25,30	0,99	0,750	4,5	0,0941	1,8	579,6 ± 9,8	522 ± 91	-11
6.1	158	157	1,03	13,10	1,55	0,804	6,0	0,0950	1,9	585,0 ±11	653 ±120	10
7.1	336	408	1,25	27,40	1,81	0,704	6,6	0,0934	1,8	576,0 ±10	397 ±140	-45
8.1	86	126	1,52	7,31	2,58	0,792	11,0	0,0965	2,3	594,0 ±13	585 ±230	-1
9.1	190	175	0,95	15,80	0,61	0,775	4,3	0,0962	1,9	592,0 ±11	545 ± 83	-9
10.1	259	297	1,19	23,00	0,70	0,867	3,7	0,1028	1,8	631,0 ±11	646 ± 71	2
11.1	135	106	0,82	11,30	1,99	0,768	8,1	0,0952	2,1	586,0 ±12	548 ±170	-7
12.1	215	226	1,08	18,70	0,69	0,815	3,8	0,1007	1,7	618,0 ±10	556 ± 75	-11
13.1	214	237	1,14	17,50	1,18	0,794	5,7	0,0938	2,0	578,0 ±11	652 ±110	11
14.1	279	251	0,93	23,30	1,16	0,795	4,1	0,0963	1,7	592,5 ± 9,6	601 ± 80	1
15.1	320	297	0,96	27,10	0,49	0,801	2,4	0,0980	1,7	602,5 ± 9,5	579 ± 39	-4



**Figura 8.** Cristais de zircão analisados (amostra SW-304) do Granito Patrimônio Santo Antônio em imagens obtidas por catodoluminescência nos quais os grãos apresentam marcante zoneamento magmático.



**Figura 9. A.** Idade concórdia do granito Patrimônio Santo Antônio obtida em zircões de um monzogranito porfiritico (amostra SW-304). **B.** Respectiva idade aparente (ver texto).

Apresentam assinaturas geoquímicas muito parecidas, com *trends* lineares observados nos diagramas de Hacker (Figura 6) e padrões de elementos traços muito parecidos. São exceções, três amostras (SW-298, SW-498 e SW-593) que apresentam padrões de elementos traços diferentes, possivelmente afetados por alteração hidrotermal.

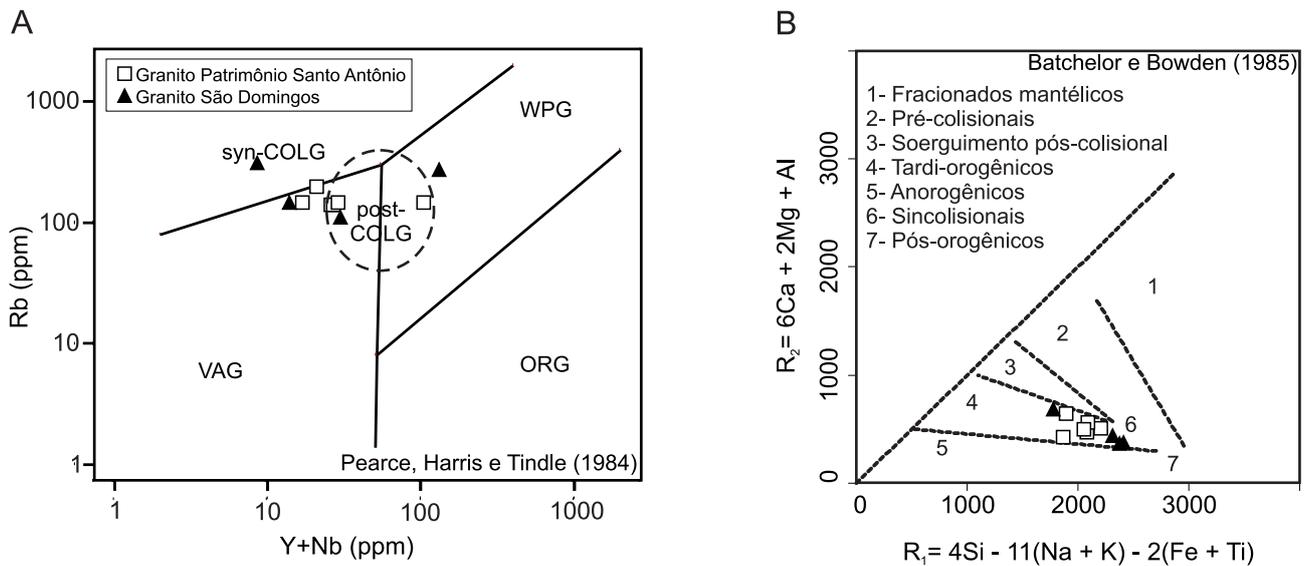
Os dados litogeoquímicos apresentados são muito próximos aos obtidos por Guimarães (2000). Estes dados são referentes ao Domínio Petrográfico Ouro Verde-Patrimônio Santo Antônio que é correlacionado ao Granito Patrimônio Santo Antônio. A partir dos mesmos o autor associa este domínio petrográfico a granitos de caráter cálcio-alcalinos de alto K, com afinidades shoshoníticas e associados a granitos de tipologia “Tipo I”. Prazeres Filho (2005) interpreta o caráter tardi-colisional para estas rochas, indicando o estágio de 600 a 590 Ma para a geração destes granitos.

No diagrama multielementar normalizado para manto primordial (Wood et al., 1979) dos granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos destacam-se as anomalias fortemente negativas de Ta, Nb, pequenas anomalias negativas de U, Sr, P e Ti. Este padrão é muito similar ao observado em séries shoshoníticas pós-colisionais (Morrison, 1980; Bitencourt e Nardi, 2000; Williams et al., 2004 etc.) e em séries cálcio-alcalinas de alto K de diferentes ambientes tectônicos (Bertrand et al., 1984; Ayuso e Arth, 1992; Pimentel, Fuck, Alvarenga, 1996 etc.). Os padrões caracterizados por depressões em Nb e Ti, picos em Ba e elevadas razões LILE/HFSE (elementos de grande raio iônico/elementos de grande força de campo) são associados a magmas relacionados a ambientes de subducção (Pearce,

1983; Pearce, Harris, Tindle, 1984; Wilson, 1989) e também em magmas posteriores a subducção gerados em ambientes pós-colisionais (Sloman, 1989; Feldestein e Lange, 1999). As assinaturas relacionadas à subducção são atribuídas ao metassomatismo do manto litosférico por fluidos derivados da placa subductada antes da colisão (Pearce et al., 1990; Turner, Foden, Morrison, 1992; Turner et al., 1993, 1996; Platt e England, 1994, *apud* Liz, Lima, Nardi, 2009).

Ressalta-se a dificuldade de interpretação do ambiente tectônico dos granitos estudados por diagramas discriminantes como os de Pearce, Harris e Tindle (1984) e Batchelor e Bowden (1985) apresentados na Figura 10. No diagrama de Pearce, Harris e Tindle (1984) as rochas analisadas (vide Figura 10A) variam do “tipo VAG” (*Volcanic arc granites*) a “tipo post-COLG” (*Post collision Granite*). No diagrama de Batchelor e Bowden (1985) as rochas são discriminadas como tardi-orogênicas a sin-colisionais (Figura 10B).

A idade concórdia de  $589 \pm 6$  Ma (U-Pb, SHRIMP) é considerada a melhor estimativa da cristalização dos granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos. Essa idade é muito próxima às idades encontradas em alguns dos plútons subalcalinos de tipologia “A” (granitos anorogênicos) do Domínio Apiaí, como os granitos Sguário ( $580 \pm 10$  Ma, zircão, U-Pb, ID-TIMs, zircão; Prazeres Filho, 2005) e Capão Bonito ( $586 \pm 3$  Ma, U-Pb, ID-TIMs, zircão e monazita; Leite et al., 2007), cuja evolução se dá tipicamente em ambiente intracontinental associado à deformação predominantemente transtraccional (White e Chappel, 1983; Whalen, Currie, Chappel, 1987; Barbarin, 1999). Deste modo, há a sugestão de que a idade do magmatismo



**Figura 10. A.** Diagrama  $(Y + Nb) \times Rb$  de discriminação de rochas graníticas (Pearce, Harris, Tindle, 1984) aplicado às rochas dos Granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos. VAG = granitos de arcos vulcânicos, Syn-COLG = granitos sin-colisionais, WPG = granitos intraplacas, ORG = granitos de cadeias meso-ocênicas. O círculo indica o campo dos granitos pós-colisionais (post-COLG), conforme Pearce (1996). **B.** Diagrama discriminante  $R_1 \times R_2$  (Batchelors e Bownden, 1985) aplicado às rochas dos Granitos Patrimônio Santo Antônio e São Domingos.

dos granitos Patrimônio de Santo Antônio e São Domingos possa ser situada no final de evolução da Suíte Granítica Cunhaporanga em estágios tardi a pós-colisionais, próximo ao período de colocação dos plútons anorogênicos do Domínio Apiaí. Os dados litogeoquímicos corroboram a caracterização dos granitos Patrimônio de Santo Antônio e São Domingos como pertencentes a séries magmáticas desenvolvidas em estágios tardi a pós-colisionais, sendo que as relações entre os diferentes estágios de desenvolvimento da Suíte Granítica Cunhaporanga ainda não são totalmente delimitados e carecem de maior detalhamento em estudos futuros.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (processo: 08/04596-7) e a CPRM pelo apoio financeiro, ao Msc. Rafael A. Furuie pelo apoio nas etapas de campo, ao Dr. Frederico Meira Faleiros pelas discussões dos dados litogeoquímicos e aos revisores pelas importantes contribuições sugeridas no trabalho.

## REFERÊNCIAS

ALGARTE, J. P.; DAITX, E. C.; CUNHA, H. C. S. Projeto Sudeste do Estado de São Paulo; Folha Itararé (SG.22-X-B)- mapa geológico. São Paulo: DNPM/CPRM, 1972.

ALMEIDA, F. F. M.; AMARAL, G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazonas River. In: NAIRN, A. E. M.; STILLE, F. G. (Ed.). *The ocean basin and margins*. New York: Plenum, 1973. v. 1. p. 411-446.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande. *Atas...* Campina Grande: SBG, 1977. p. 363-391.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Sci.Reviews*, v. 17, p. 1-21, 1981.

AYUSO, R.; ARTH, J. G. The Northeast Kingdom batholith, Vermont: magmatic evolution and geochemical constraints on the origin of Acadian granitic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 111, p. 1-23, 1992.

BARBARIN, B. Granitoids: main petrogenetic classifications in relation to origin and tectonic setting. *Geological Journal*, v. 25, n. 3-4, p. 227-238, 1990.

- BARBARIN, B. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, v. 46, n. 3, p. 605-626, 1999.
- BATCHELOR, R. A.; BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, v. 48, n. 4, p. 43-55, 1985.
- BERTRAND, J. M.; DUPUY, C.; DOSTAL, J.; DAVIDSON, I. Geochemistry and geotectonic interpretation of granitoids from Central Iforas (Mali, West Africa). *Precambrian Research*, v. 26, n. 3-4, p. 265-283, 1984.
- BITENCOURT, M. F.; NARDI, L. V. S. Tectonic setting and sources of magmatism related to the Southern Brazilian Shear Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 30, p. 184-187, 2000.
- BOYNTON, W. V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: HENDERSON, P. (Ed.). *Rare Earth Element Geochemistry*, Amsterdam: Elsevier, 1984. p. 63-114.
- BRITO NEVES, B. B.; CAMPOS NETO, M. C.; FUCK, R. A. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, v. 22, n. 3, p. 155-166, 1999.
- CAMPANHA, G. A. C.; BRITO NEVES, B. B. Frontal and oblique tectonics in the Brazilian shield. *Episodes*, v. 27, n. 4, p. 255-259, 2004.
- CHAPPELL, B. W.; WHITE, A. J. R. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, v. 8, p. 173-174, 1974.
- COMPSTON, W.; WILLIAMS, I. S.; KIRSCHVINK, J. L.; ZICHAU, Z.; GUOGAN, M. A. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time-scale. *Journal of the Geological Society of London*, v. 149, p. 171-184, 1992.
- COX, K. G.; BELL, J. D.; PANKHURST, R. J. *The interpretation of igneous rocks*. London: George Allen and Unwin, 1979. 450 p.
- DELA ROCHE, H. A.; LETERRIER, J.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. Classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analyses - its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, v. 29, n. 1-4, p. 183-210, 1980.
- FALEIROS, F. M. *Evolução de terrenos tectono-metamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP, PR)*. 2008. 306 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- FELDESTSTEIN, S. H.; LANGE, R. A. Pliocene potassic magmas from the Kings River Region, Sierra Nevada, California: Evidence for melting of a subduction-modified mantle. *Journal of Petrology*, v. 40, n. 8, p. 1301-1320, 1999.
- FROST, B. R.; BARNES, C. G.; COLLINS, W. J.; ARCULUS, R. J.; ELLIS, D. J.; FROST, C. D. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, v. 42, n. 11, p. 2033-2048, 2001.
- FUCK, R. A.; BRITO NEVES, B. B.; SCHOBENHAUS, C. Rodinia descendants in South América. *Precambrian Research*, v. 160, n. 1-2, p. 108-126, 2008.
- FUCK, R. A.; MARINI, O. J.; TREIN, E. Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 23-25, p. 183-221, 1967.
- GUIMARÃES, G. B. *O Complexo Granítico Cunhaporanga na região de Joaquim Murтинlio, Piraí do Sul (PR): caracterização faciológica das rochas granitoides*. 1995. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- GUIMARÃES, G. B. *As Rochas Granitoides do Complexo Granítico Cunhaporanga, Paraná: aspectos geológicos, geofísicos, geoquímicos e mineralógicos*. 2000. 230 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- GUIMARÃES, G. B.; FERREIRA, F. J. F.; ULBRICH, H. H. G. J.; FORLIN, M. The aerogeophysical Project Serra do Mar Sul in the region of the Cunhaporanga granit complex, Paraná, Southern Brazil: analysis of the gamma-ray spectrometric survey. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 19, p. 3-16, 2001.
- IRVINE, T. N.; BARAGAR, W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, n. 5, p. 523-548, 1971.
- LE MAITRE, R. W.; BATEMAN, P.; DUDEK, A.; KELLER, J.; LAMERY, J.; LE BAS, M. J.; SABINE, P. A.; SCHMID, R.; SORENSEN, H.; STRECKEISEN, A.; WOOLEY, A. R.; ZANETTIN, B. (Ed.). *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. Oxford: Blackwell, 1989. 193 p.

- LEITE, R. J.; HEAMAN, L. M.; JANASI, V. A.; MARTINS, L.; CREASER, R. A. The late- to postorogenic transition in the Neoproterozoic Agudos Grandes Granite Batholith (Apiáí Domain, SE Brazil): constraints from geology, mineralogy, and U-Pb geochronology. *Journal of South American Earth Science*, v. 23, p. 193-212, 2007.
- LIZ, J. D.; LIMA, E. F.; NARDI, L. V. Avaliação de fontes magmáticas de séries shoshoníticas pós-colisionais com base na normalização pela Associação Shoshonítica de Lavras do Sul - aplicação de *sliding normalization*. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 39, p. 55-66, 2009.
- LUDWIG, K. R. *ISOPLOT v. 3.0: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center, Special publications 1a. 2001.
- MANIAR, P. D.; PICOLLI, P. M. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, v. 101, n. 5, p. 635-643, 1989.
- MINEROPAR. Mapa Geológico da Folha Itararé (SG-22-X-B). Curitiba: MINEROPAR, 2006. 1 mapa, color. Escala 1:250.000.
- MORRISON, G. W. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rocks association. *Lithos*, v. 13, n. 1, p. 97-108, 1980.
- PEARCE, J. A. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: HAWKESWORTH, C. J.; NORRY, M. J. (Ed.). *Continental basalts and mantle xenoliths*. Nantwich: Shiva, p. 1983. p. 230-249.
- PEARCE, J.A. Sources and settings of granitic rocks. *Episodes*, v. 19, p. 120-125, 1996.
- PEARCE, J. A.; BENDER, J. F.; DE LONG, S. E.; KIDDD, W. S. F.; LOW, P. J.; GUNER, Y.; SAROGLU, F.; YILMAZ, Y.; MOORBATH, S.; MITCHELL, J. G. Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. v. 44, n. 1-2, p. 189-229, 1990.
- PEARCE, J. A.; HARRIS, N. B. W.; TINDLE, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, v. 25, n. 4, p. 956-983, 1984.
- PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; ALVARENGA, C. J. S. Post-Brasiliano (Pan-African) high-K granitic magmatism in Central Brazil: the role of Late Precambrian-early Palaeozoic extension. *Precambrian Research*, v. 80, n. 3-4, p. 217-238, 1996.
- PITCHER, W. S. Granite: typology, geological environment and melting relationships. In: ATHERTON, M.P.; GRIBBLE, C.D. (Ed). *Migmatites, Melting and Metamorphism*. Nantwich: Shiva, 1983, p. 277-285.
- PITCHER, W. S. *The Nature and Origin of Granite*. Black Academic & Professional. Londres: Chapman & Hall, 1993, 321 p.
- PLATT, J. P.; ENGLAND, P. C. Convective removal of lithosphere beneath mountain belts: Thermal and mechanical consequences. *American Journal of Science*, v. 294, p. 307-336, 1994.
- PRAZERES FILHO, H. J. *Litogeoquímica, geocronologia (U-Pb) e geologia isotópica dos complexos graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, Estado do Paraná*. 2000. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- PRAZERES FILHO, H. J. *Caracterização geológica e petrogenética do Batólito Granítico Três Córregos (PR-SP): geoquímica isotópica (Nd-Sr-Pb), idades (ID-TIMS/SHRIMP) e  $\delta^{18}O$  em zircão*. 2005. 207 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- PRAZERES FILHO, H. J. HARARA, O. M., BASEI, M. A. S.; PASSARELLI, C. R.; SIGA JÚNIOR, O. Litoquímica, geocronologia U-Pb e geologia isotópica (Sr-Nd-Pb) das rochas graníticas dos batólitos Cunhaporanga e Três Córregos na porção sul do Cinturão Ribeira, estado do Paraná. *Geologia USP. Série Científica*, v. 3, p. 51-70, 2003.
- REIS NETO, J. M. *Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no Neoproterozóico*. 1994. 296 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- RICKWOOD, P. C. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos*, v. 22, n. 4, p. 247-263, 1989.
- SANTOS, M. S.; FELIPE, R. S. *Reconhecimento geológico da Faixa Três Córregos*. Curitiba: MINEROPAR, 1980. Relatório Interno.
- SIGA JÚNIOR, O.; BASEI, M. A. S.; PASSARELLI, C. R.; SATO, K.; CURY, L. F., McREATH, I. Lower and

- Upper Neoproterozoic magmatic records in Itaiacoca Belt (Paraná-Brazil): zircon ages and lithostratigraphy studies. *Gondwana Research*, v. 15, p. 197-208, 2009.
- SIGA JÚNIOR, O.; BASEI, M. A. S.; SATO, K.; PRAZERES FILHO, H. J.; CURY, L. F.; WEBER, W.; PASSARELLI, C. R.; HARARA, O. M. M.; REIS NETO, J. M. U-Pb (Zircon) Ages of Metavolcanic Rocks From the Itaiacoca Group: tectonic implications. *Geologia USP. Série Científica*, v. 3, p. 39-49, 2003.
- SLOMAN, L. E. Triassic shoshonites from the dolomites, northern Italy: alkaline arc rocks in the strike-slip setting. *Journal of Geophysical Research*, v. 94, p. 4655-4666, 1989.
- SOARES, P. C.; STEVANATTO, R.; CAMARGO, C. R. Geologia do noroeste da Faixa Itaiacoca - Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. *Atas...* Curitiba: SBG, 1987, v. 1, p. 245-262.
- SOUZA, A. P. *Mapa Geológico na escala 1:50.000 e esboço de evolução tectônica e sedimentar do Grupo Itaiacoca, nas folhas Barra do Chapéu e Ouro Verde (SP-PR)*. 1990. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
- TURNER, S. P.; ARNAUD, N.; LIU, J.; ROGERS, N., HAWKESWORTH, C.; HARRIS, N.; KELLEY, S.; VAN CALSTEREN, P.; DENG, W. Postcollision shoshonitic volcanism on the Tibetan Plateau: Implications for convective thinning of the lithosphere and the source of ocean island basalts. *Journal of Petrology*, v. 37, n. 1, p. 45-71. 1996.
- TURNER, S. P.; FODEN, J. D.; MORRISON, R. S. Derivation of some A-type magmas by fractionation of basaltic magma: an example from the Padthaway ridge, South Australia. *Lithos*, v. 28, n. 2, p. 151-179, 1992.
- TURNER, S. P.; HAWKESWORTH, C.; LIU, J.; ROGERS, N., KELLEY, S.; VAN CALSTEREN, P. Timing of Tibetan uplift constrained by analysis of volcanic rocks. *Nature*, v. 364, p. 50-53, 1993.
- WERNICK, E.; RIGO JÚNIOR, L.; GALEMBECK, T. M. B.; WEBER-DIEFENCACH, K. Os complexos granitóides Cunhaporanga e Três Córregos (PR): zoneamento magmático e implicações geotectônicas. *Geociências*, v. 9, p. 67-85, 1990.
- WHALEN, J. B., CURRIE, K. L., CHAPPELL, B. W. A-type granite: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 95, n. 4, p. 407-419, 1987.
- WHITE, A. J. R.; CHAPPELL, B. W. Granitoid types and their distribution in the Lachand Fold Belt, southeastern Australia. *Geological Society of America, Bulletin*, v. 159, p. 21-34, 1983.
- WILLIAMS, H. M.; TURNER, S. P., PEARCE, J. A.; KELLEY, S. P.; HARRIS, N. B. W. Nature of the Source Regions for Post-collisional, Potassic Magmatism in Southern and Northern Tibet from Geochemical Variations and Inverse Trace Element Modelling. *Journal of Petrology*, v. 45, n. 3, p. 555-607, 2004.
- WILSON, M. *Igneous petrogenesis: a global tectonic approach*. London: Unwin Hyman, 1989. 466 p.
- WOOD, D. A.; JORON, J. L.; TREUIL, M.; NORRY, M.; TARNEY, J. Geochemistry of basic lavas from Iceland and surrounding ocean floor. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 70, n. 3, p. 319-339, 1979.