

# GEOLOGIA DO GRANITO ÁGUA COMPRIDA, ANTIFORME SETUVA, ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

## GEOLOGY OF THE ÁGUA COMPRIDA GRANITE, SETUVA ANTIFORM, STATE OF PARANÁ, BRAZIL

Eliane PETERSOHN<sup>1</sup>  
Maria José Maluf de MESQUITA<sup>2</sup>  
Eleonora Maria Gouvêa VASCONCELLOS<sup>3</sup>

### RESUMO

Os granitóides deformados da Antiforme Setuva estão localizados no Escudo Paranaense, entre os terrenos Apiaí e Curitiba, Estado do Paraná. A antiforme é uma estrutura elíptica de direção EW e NE-SW, dividida em porção central, Suíte Granítica Água Comprida (SGAC), composta por sienogranitos e monzogranitos deformados, e faixa periférica, Sequência Santana (SS), composta por mica xistos e quartzitos. O Granito Água Comprida (GAC), porfirítico, é o mais recorrente da SGAC, caracterizado por porfiroclastos de feldspatos. A paragênese magmática é composta por microclínio, quartzo, oligoclásio, biotita, e pelos acessórios alanita, titanita, ilmenita, apatita e zircão. As paragêneses secundárias são: (a) biotita II, mica branca, titanita II, albita e epidoto; e (b) clorita, mica branca, pirita e raro carbonato. O arranjo espacial dessas rochas reúne feições magmáticas, como *schlieren* e embricamento de feldspatos, e feições deformacionais, como quartzo em *ribbons*, sombras de pressão, mantos de recristalização e pertitas tectônicas. Zonas de intensa deformação e ação de fluidos são responsáveis pela geração de faixas de milonitos e filonitos e veios de quartzo. Os filonitos formam um bandamento hidrotermal composto pela alternância de quartzo, mica branca-biotita e relictos de feldspato. O granito e milonitos apresentam uma foliação milonítica marcante ( $S_n$ ), preferencialmente EW, definida por níveis de filossilicatos e quartzo em *ribbons*. A  $S_n$  é afetada por dobras assimétricas e isoclinais, com foliação plano-axial ( $S_{n+1}$ ). Os granitos da SGAC são cálcio-alcalinos alto K, metaluminosos a fracamente peraluminosos, com evidências de fracionamento magmático.

*Palavras-chave:* granitos deformados; geologia; petrografia; Antiforme Setuva.

1 Setor de Ciências da Terra - Programa de Pós-graduação em Geologia - UFPR.

2 Departamento de Geologia - UFPR.

3 Professora Doutora do Departamento de Geografia - UFPR.

## ABSTRACT

The deformed granitoids of the Setuva Antiform are located at the Paranaense Shield, between the Apiaí and Curitiba terrains, in the state of Paraná, southern Brazil. The Setuva Antiform is an elliptical structure approximately E-W to NE-SW, subdivided in an inner portion, Água Comprida Granitic Suite (ACGS), composed of variably deformed sienogranites and monzogranites; enveloped by an outer portion, Santana Sequence (SS), composed of biotite-white mica schists, quartzites and quartz veins. The Água Comprida Granite (GAC) is the main porphyritic body, characterized by feldspar porphyroclasts. The magmatic paragenesis is composed of quartz, microcline, plagioclase and biotite. The accessory minerals are titanite, allanite, apatite, ilmenite and zircon. The secondary paragenesis is: (a) biotite II, white mica, titanite II, albite and epidote; and (b) chlorite, white mica, pyrite and rare carbonate. The rock fabric includes magmatic features, such as schlieren and feldspar imbrication, as well as deformed features, such as quartz ribbon, pressure shadow, core-mantle structure, tectonic perthite and twin. Zones of intense shear deformation and high fluid pressure are responsible for phyllonite, and quartz vein formation. The phyllonites form hydrothermal segregation bands composed of alternating white mica-biotite, quartz ribbon, and relicts of feldspar. Granites and related shear rocks present a prominent E-W mylonitic foliation ( $S_n$ ), defined by levels of mica and quartz ribbons.  $S_n$  is affected by isoclinal and asymmetric folds, which develop an axial plane foliation ( $S_{n+1}$ ). The granites of SGAC are from the high K calc-alkaline series, and metaluminous to peraluminous, revealing some magmatic fractionation.

*Key-words:* deformed granites; petrography; major elements geochemistry; Setuva Antiform.

## INTRODUÇÃO

A Antiforme Setuva localiza-se no Primeiro Planalto do Estado do Paraná, 30 km a NE de Curitiba, no vale do rio Ribeira, abrangendo parcialmente os municípios de Rio Branco do Sul e Bocaiúva do Sul (figura 1). Insere-se no Cinturão de Dobramentos Ribeira, no Escudo Paranaense, entre os terrenos Apiaí e Curitiba (Complexo Atuba, definido por Siga Jr. et al. 1995).

Em muitos trabalhos publicados, as rochas da antiforme são englobadas no que Ebert (1971) chamou de "Pré-Setuva" quando descreveu granitos e gnaisses aflorantes na região. Os primeiros trabalhos na área são de Bigarella & Salamuni (1956), que denominaram de "Setuva" o núcleo de uma grande antiforme, composta por granito pórfiro intrusivo, bordejado por quartzitos e filitos. Mais tarde, Bigarella & Salamuni (1958) reinterpretaram o granito pórfiro intrusivo como migmatito do tipo *augen*.

Inúmeros trabalhos de síntese e integração geológica foram realizados na região, entre eles destacam-se os trabalhos de Schöll et al. (1980, 1982), Fiori et al. (1987), Althoff (1989), Althoff & Fiori (1992), Kaulfuss (2001), entre outros. Althoff (1989) e Althoff & Fiori (1992) desenvolvem estudos petrográficos detalhados e sugerem a presença de três domínios litoestruturais na porção ocidental da Antiforme. Os autores caracterizam paragéneses indicativas de condições de baixo a médio grau metamórfico. Kaulfuss (2001) descreve o núcleo da

Antiforme Setuva, composto por milonitos e protomilonitos de composição sienogranítica, monzogranítica e granodiorítica e rochas gnaissico-miloníticas subordinadas. O Granito Água Comprida, localizado ao norte do núcleo da Antiforme Setuva, apresenta idade geocronológica entre 551,7 e 592,6 Ma, segundo Kaulfuss (2001). Foram datados três zircões pelo método U/Pb na amostra GKM-75 (idades de 551,7; 575,0; 592,6 Ma).

Após mapeamento geológico realizado na região, em escala 1:10.000 (UFPR 2003) e estudo petrográfico minucioso, verificou-se que os "migmatitos", descritos na literatura, correspondem a granitos variavelmente deformados. Dentro desse contexto, propõe-se que a Antiforme Setuva, ou Complexo Setuva, seja dividida em Suíte Granítica Água Comprida, para designar os granitos deformados, e Seqüência Santana, para a faixa externa de mica xistos e quartzitos. O Granito Água Comprida é o mais recorrente da suíte, e por isso empresta seu nome à suíte. Foi caracterizado com ênfase em feições de campo, petrográficas e geoquímica de elementos maiores.

A análise petrográfica foi realizada no Laboratório de Mineralogia e Petrologia (Lapemin) e as análises químicas, para elementos maiores, foram realizadas por fluorescência de raios-X, no Laboratório de Minerais e Rochas (Lamir), ambos do Departamento de Geologia da UFPR. A notação estrutural de foliações e lineações está em azimute e a lineação apresenta o mergulho antes da direção (07°; 270).

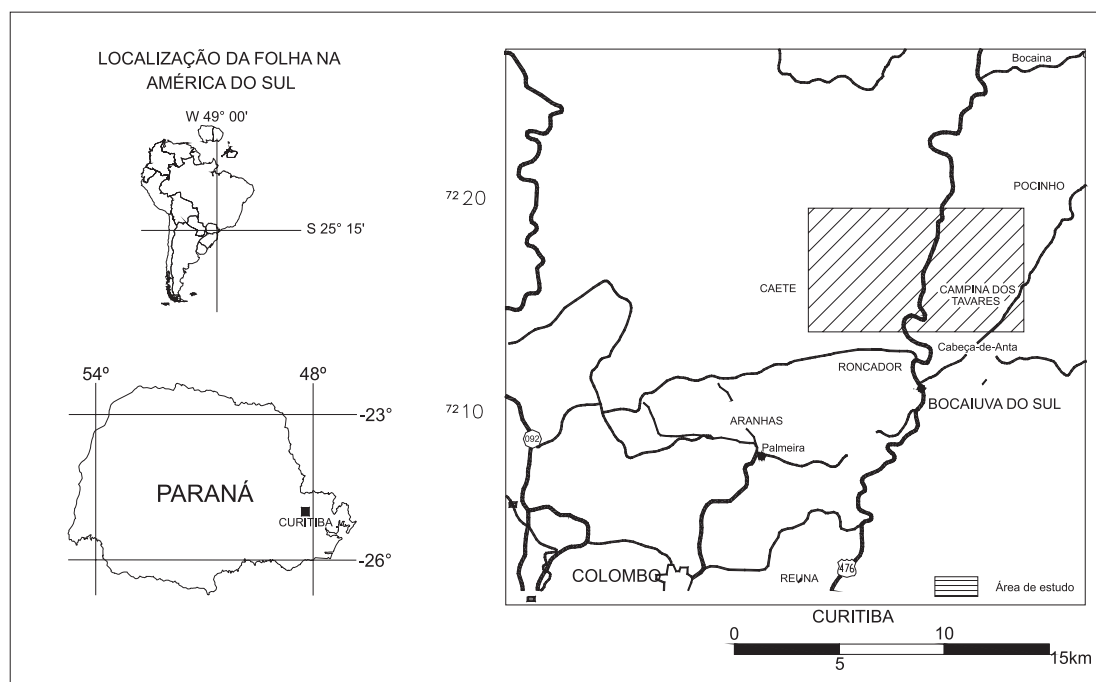


Figura 1 - Mapa esquemático de localização da área estudada. Schematic map of localization of the studied area.

## RELAÇÕES DE CAMPO E CARACTERÍSTICAS MESOSCÓPICAS

A Antiforme Setuva é uma estrutura elíptica de direção aproximadamente EW a NE-SW, limitada por falhas de cavalgamento. É dividida em uma porção central, denominada Suíte Granítica Água Comprida (SGAC), composta por sienogranitos e monzogranitos variavelmente deformados, e uma faixa periférica, denominada Seqüência Santana (SS), composta por mica xistos e quartzitos (figura 2).

Os granitos da SGAC são marcados por forte variação textural, o que permite subdividi-los em diferentes tipos faciológicos, como porfírico, pegmatóide, equigranular e diques aplíticos (figura 3). O Granito Água Comprida (GAC) é o mais abundante da suíte e aflora em grande parte da antiforme, principalmente na porção norte. Orienta-se em faixas de direção EW e ocorre como lajeados e matacões com dimensões variáveis, principalmente no leito de rios.

O GAC é porfírico, composto por porfiroclastos oftálmicos de feldspato, dispostos em uma matriz fina a média. Os porfiroclastos perfazem 45 a 55% da rocha e medem, em média, 2,0 cm até 5,0 cm. Apresenta foliação anastomosada ( $S_n$ ), definida pela orientação dos

porfiroclastos de feldspato, envoltos por níveis de micas e quartzo em *ribbons*. Estrutura do tipo S-C é comum. A foliação  $S_n$  apresenta orientação média  $268^\circ$ ;  $45^\circ$ NW a norte e  $088^\circ$ ;  $45^\circ$ SE a sul da antiforme. A sudoeste da área,  $S_n$  tende a NE,  $220^\circ$ ;  $40^\circ$ NW. A lineação ( $L_n$ ) tem orientação média  $07^\circ$ ;  $280^\circ$  e é definida pelo estiramento de quartzo e orientação de micas e feldspato.  $S_n$  é afetada por dobras assimétricas inversas e isoclinais, com tamanho métrico e vergência predominantemente para S. Os eixos  $\beta$  são sempre subhorizontais, ora para NW-W, ora para E-NE. A foliação plano axial ( $S_{n+1}$ ) é definida pela orientação preferencial de biotita e mica branca.

Nas porções em que a deformação é mais intensa, observam-se zonas de cisalhamento descontínuas e irregulares (1 km a 1 cm de espessura) com formação de milonitos, filonitos e veios de quartzo. Os milonitos apresentam trama tectônica S, com a  $S_n$  definida pela orientação preferencial dos filossilicatos e quartzo em *ribbons*. Os filonitos caracterizam-se pela alternância milimétrica de bandas micáceas e níveis de quartzo, com porfiroclastos de feldspato subordinados. Os veios de quartzo, de espessura centimétrica, apresentam estágios variados de deformação e recristalização, freqüentemente concordantes com a  $S_n$ . Ocasionalmente, apresentam-se extremamente estirados, caracterizando um tectonito L.

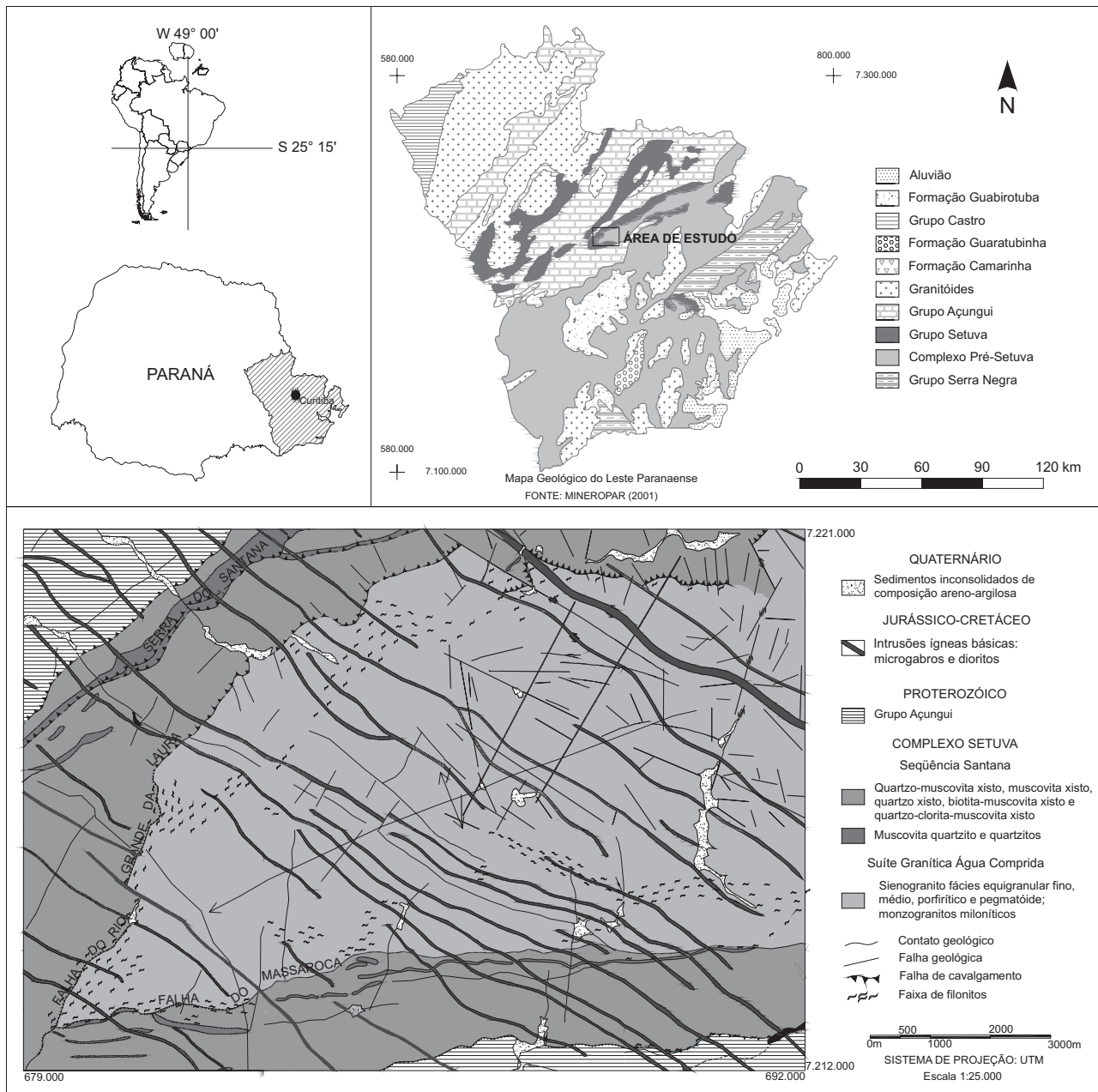


Figura 2 - Mapa geológico da área estudada (extraído e simplificado do mapa integrado da UFPR, 2003). *Geologic map of the studied area (extracted and simplified from the map by UFPR, 2003).*



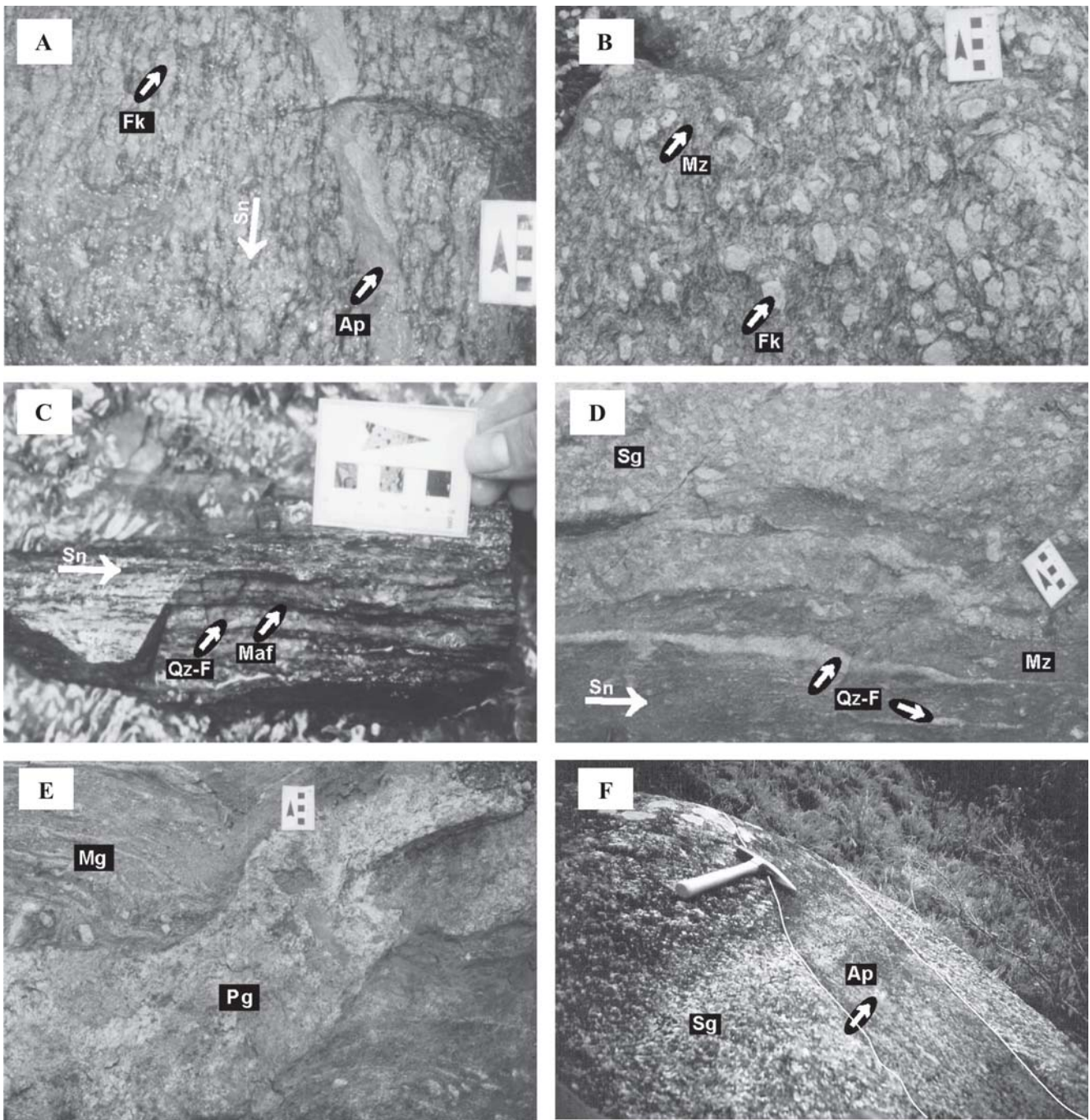


Figura 3 - Relações texturais da Suíte Granítica Água Comprida. (A) Granito Água Comprida típico: textura porfirítica com porfiroclastos oftálmicos (relação clasto/matriz >50%) e foliação milonítica marcante. Observar dique aplítico cortando o granito; (B) granito com textura porfirítica, porém com porfiroclastos prismáticos euédricos (clasto/matriz <30%), dispostos em matriz fina; (C) granito com textura equigranular em zona de alta deformação. Bandamento composicional incipiente, marcado pela intercalação de níveis quartzo-feldspáticos (claros) e níveis máficos (escuros); (D) mesmo granito porfirítico mostrado em (B) em contato com zona de extrema deformação. Notar bandas quartzo-feldspáticas estiradas (Qz-f); (E) granito em zona de extrema deformação, cortado por dique pegmatítico (Pg); (F) Granito Água Comprida afetado por dique de granito equigranular fino. *Textures of the Água Comprida Granitic Suite. (A) Typical feature of the Água Comprida Granite: porphyritic texture with augen porphyroclasts (clast/matrix proportion >50%) and strong mylonitic foliation. Note the granite cut by aplitic dyke ; (B) granite with porphyritic texture, but the porphyroclasts are prismatic euhedral (clast/matrix <30%) in a fine grain matrix; (C) granite with equigranular texture in high mylonitic zone. Compositional banding, marked by quartz-feldspar bands (white) and mica bands (dark); (D) same porphyritic granite at (B), on top, in contact with high deformation zone, bottom. Note high strain quartz-feldspatic bands (Qz-f); (E) same granite in high deformation zone cut by pegmatitic dyke (Pg); and (F) Água Comprida Granite affected by granite dyke of fine grain equigranular texture.*



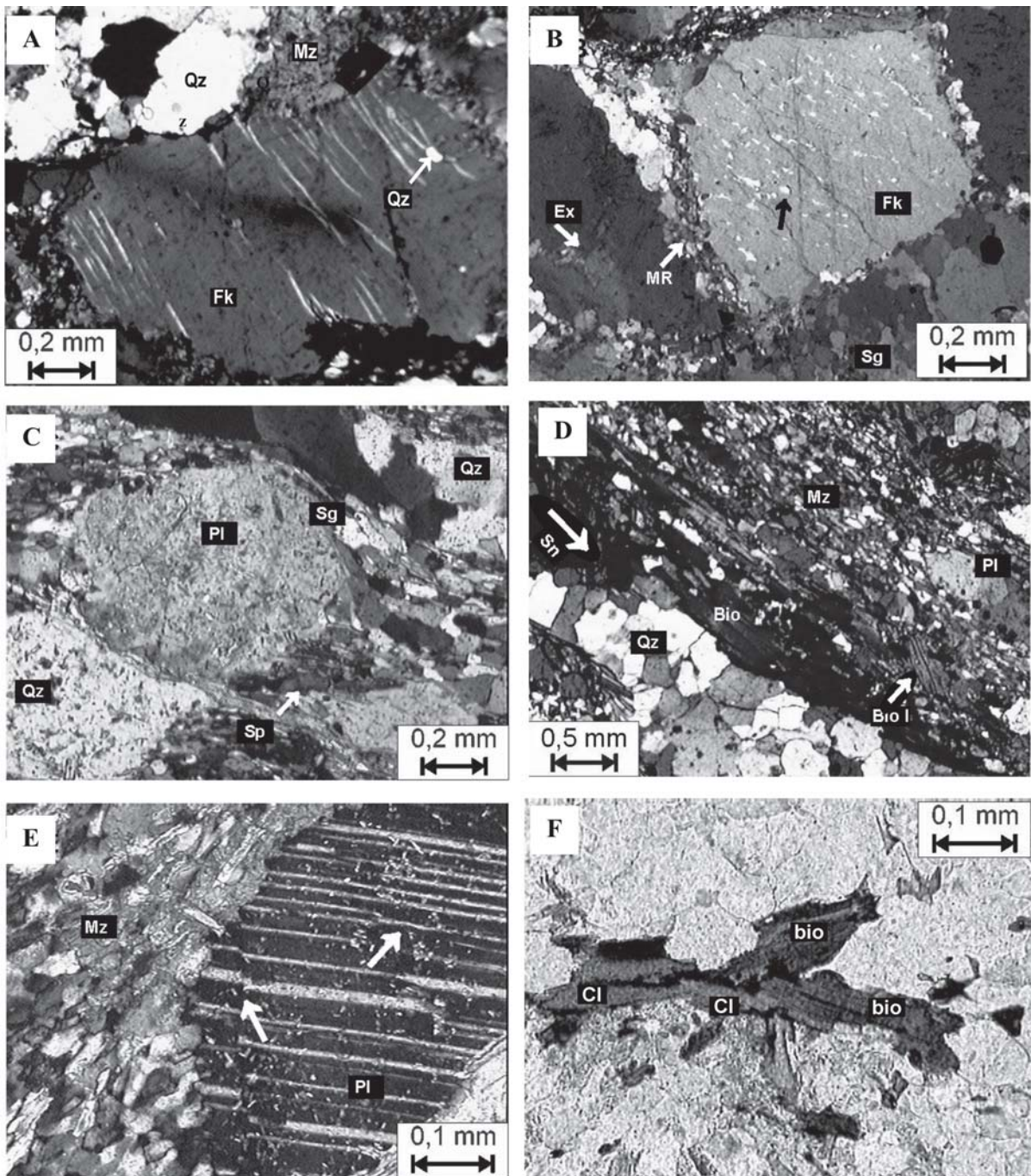


Figura 4 - Fotomicrografias (luz polarizada) – (A) porfiroclasto de microclínio com pertita chama formada a partir dos limites do grão e de inclusão de quartzo (Qz). Matriz (Mz); (B) porfiroclasto de feldspato com manto de recristalização (MR) e com quartzo globular de substituição (gl). Notar quartzo à esquerda do feldspato, com extinção ondulante (Ex), e à direita com subgrãos e grãos recristalizados (Sg); (C) porfiroclasto de plagioclásio com "aspecto sujo" graças à formação de mica branca. Sombra de pressão (sp) levemente simétrica preenchida por biotita II (bio); (D) foliação  $S_n$  marcada por quartzo em *ribbons* (Qz), intercalado a níveis de biotita (Bio). Notar biotita *fish* (Bio I) oblíqua a  $S_n$ . Mz - matriz; (E) plagioclásio com subgrãos irregulares, evidenciados pelo desencontro dos planos de macla da albita (flechas); (F) Biotita (bio) em processo de substituição para clorita (Cl). Photomicrographies (polarized light) - (A) microcline porphyroblast with flame perthite formed from the grain boundaries and quartz inclusion (Qz). Matrix (Mz); (B) feldspar porphyroblast with core-mantle structure (MR) and globular quartz substitution (gl). Note variable microstructures of quartz: undulose extinction (to the left -Ex) and subgrains and new grains (to the right - Sg); (C) plagioclase porphyroblast with "dirty aspect" because of white mica formation. Pressure shadow (sp) s lightly symmetrical filled by biotite II and quartz; (D)  $S_n$  marked by quartz ribbon (Qz), and biotite levels (Bio). Note biotite fish (Bio I) oblique the  $S_n$ . Mz - matrix; (E) plagioclase with irregular subgrains, evidenced by misfit of twin planes of albite (arrows); (F) (plain polarized light) biotite in process of substitution for chlorite.

## PETROGRAFIA

A paragênese magmática do GAC é quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita, e os minerais acessórios, titanita, alanita, apatita, zircão e ilmenita. Duas paragêneses secundárias foram identificadas: (a) quartzo, albita, biotita II, titanita II, epidoto, mica branca; e (b) clorita, mica branca, quartzo, pirita e carbonato (raro).

Os porfiroclastos de microclínio exibem pertitas dos tipos filete e chama (figura 4A). Estas são freqüentes em todos os cristais e ocorrem concentradas nas zonas de maior esforço tensional (pertitas tectônicas) ou distribuídas de forma homogênea por todo o cristal (preferencialmente do tipo filete, pertita ígnea). Os porfiroclastos são límpidos e apresentam microfaturas irregulares preenchidas por quartzo ou pela matriz da rocha. Os limites dos grãos são irregulares e, freqüentemente, acompanhados de mantos de recristalização (figura 4B). Sombras de pressão assimétricas são comuns, preenchidas por quartzo, albita, biotita e mica branca (figura 4C). O microclínio ocorre ainda na matriz da rocha, na forma de cristais prismáticos, milimétricos, anédricos.

O quartzo ocorre em *ribbons*, preferencialmente orientados (figura 4D), definindo a foliação da rocha ( $S_n$ ). As feições deformacionais compreendem extinção ondulante, subgrãos e grãos recristalizados, com redução do tamanho dos grãos. O quartzo ocorre ainda com granulação fina, constituindo a matriz da rocha e, ocasionalmente, apresenta-se em formas globulares e intercrescido com o feldspato.

O oligoclásio ocorre como porfiroclastos (raro) ou constituindo a matriz da rocha. São cristais prismáticos, subédricos a anédricos, milimétricos, intensamente argilizados. Podem ocorrer subgrãos de tamanhos e formas irregulares, evidenciados pelo deslocamento dos planos de macla da albita (figura 4E). Nos planos de clivagem, pode ocorrer substituição de oligoclásio por epidoto, albita e mica branca. Alguns limites de grão estão substituídos por carbonato.

A biotita ocorre na matriz da rocha, preferencialmente orientada, definindo a foliação da rocha. Em luz natural, o

pleocroísmo é de marrom avermelhado a bege. Exibe dobras suaves e *kink bands*. Os limites dos cristais são irregulares e recristalizados, com formação de uma nova geração, biotita II (cristais menores). Ambas as biotitas podem ocorrer substituídas por mica branca e/ou clorita (figura 4F). A clorita também pode ocorrer em veios cortando a  $S_n$ .

O zircão ocorre como inclusão em feldspatos e biotita. Os cristais são, em geral, prismáticos e automórficos, com dimensões inferiores a 0,5 mm. A alanita tem hábito tabular e limites arredondados. Altera-se a epidoto, que forma um manto ao redor do cristal. A titanita I tem hábito navicular, euédrico. A titanita II tem hábito granular arredondado e ocorre associada à biotita II e epidoto, definindo a foliação da rocha. Coroas de titanita II ocorrem sobre núcleos de ilmenita. A pirita ocorre nos níveis máficos ou preenchendo planos de fratura.

## GEOQUÍMICA

Nove amostras foram analisadas, entre elas quatro do Granito Água Comprida (1A, 25A, 49 e 94) e cinco de outros granitóides associados da Suíte Granítica Água Comprida (13, 14, 25B, 78 e 86). Os dados geoquímicos estão apresentados na tabela 1.

A classificação química foi realizada com o apoio dos diagramas TAS ( $(Na_2O+K_2O)$  vs.  $SiO_2$ ) de Le Maitre (1989) e R1 vs. R2 de De La Roche et al. (1980). No diagrama TAS, a maioria das rochas é classificada como álcali granitos e granitos, com apenas uma correspondente a sieno-diorito (figura 5). No diagrama R1 vs. R2, as amostras variam de granitos a quartzozononitos, com uma amostra de monzonito. A disposição dos pontos segue uma tendência com aumento de R1, indicando o fracionamento do monzonito para o granito (figura 6).

No gráfico de saturação em alumina (Maniar & Piccoli 1988, figura 7), os granitos posicionam-se no limiar dos granitos metaluminosos e peraluminosos, mas a maioria das amostras exibe natureza metaluminosa. Apenas uma amostra apresenta A/CNK superior a 1,1 e coríndon normativo superior a 4%, demonstrando caráter fortemente peraluminoso.

Tabela 1 - Resultados de análises químicas de elementos maiores (recalculados em base anidra) e norma CIPW dos granitóides da Suíte Granítica Água Comprida. *Results of major elements chemical analyses (recalculated in anhydrous base) and CIPW norm of the granitoids of Água Comprida Granitic Suite.*

AMOSTRA	1A	13	14	25A	25B	49	78	86	94
SiO <sub>2</sub>	68,7	72,76	63,32	70,06	65,52	70,26	71,91	69,43	71,67
TiO <sub>2</sub>	0,31	0,19	0,62	0,45	0,69	0,46	0,22	0,48	0,31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,08	15,89	15,82	15,09	16,71	14,24	14,93	16,59	14,54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,33	0,21	0,98	0,48	0,78	0,66	0,37	0,63	0,48
FeO	1,19	0,77	3,53	1,74	2,82	2,38	1,34	2,26	1,74
MnO	0,02	0,01	0,11	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,06
MgO	0,93	0,34	2,51	1,03	1,71	0,31	0,31	1,37	0,58
CaO	0,9	1,63	4,34	1,76	2,55	1,6	1,04	0,57	1,37
Na <sub>2</sub> O	5,08	4,95	5,79	6,22	5,56	3,97	4	3,78	4,52
K <sub>2</sub> O	5,34	3,18	2,73	2,91	3,23	5,96	5,78	4,63	4,65
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,06	0,26	0,2	0,38	0,11	0,07	0,24	0,08
LOI	1,52	1,88	0,97	0,53	1,56	0,83	0,87	1,81	0,49
Total	100,00	99,99	100,01	99,99	100,00	100,00	100,00	100,01	100,00
R1	1478,58	2318,57	1389,83	1710,92	1524,06	1786,29	1969,91	2113,23	2017,75
R2	477,83	503,21	900,70	535,95	686,36	466,14	419,67	454,87	460,88
A/CNK	1,08	1,09	0,78	0,91	0,97	0,89	1,01	1,35	0,97
ANK	1,21	1,37	1,27	1,13	1,32	1,10	1,16	1,48	1,16
Quartzo	15,08	27,54	6,99	17,62	12,29	20,16	23,19	25,82	23,05
Plagioclásio	46,67	49,58	58,11	57,29	57,22	37,02	38,55	33,25	43,9
Ortoclásio	31,56	18,79	16,13	17,2	19,09	35,22	34,16	27,36	27,48
Coríndon	1,59	1,48	0	0	0,34	0	0,37	4,9	0
Diopsídio	0	0	8,79	2,27	0	3,27	0,00	0	0,52
Hiperstênio	3,75	1,79	6,79	3,59	7,75	2,24	2,62	6,31	3,58
Wollastonita	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0
Ilmenita	0,59	0,36	1,18	0,85	1,31	0,87	0,42	0,91	0,59
Magnetita	0,48	0,3	1,42	0,7	1,13	0,96	0,54	0,91	0,7
Apatita	0,28	0,14	0,6	0,46	0,88	0,25	0,16	0,56	0,19
Total	100,00	99,98	100,01	99,98	100,01	99,99	100,01	100,02	100,01



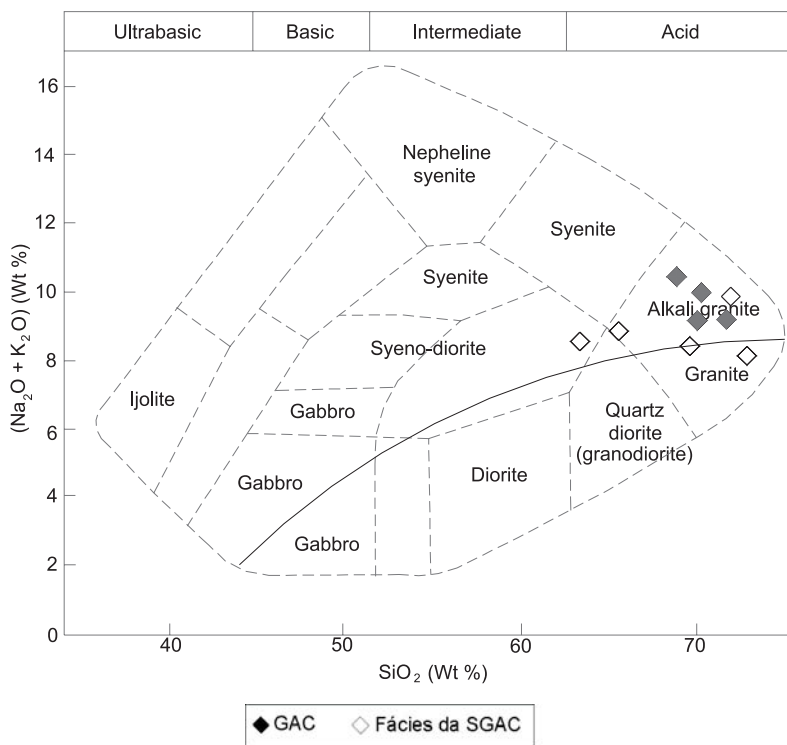


Figura 5 - Classificação das rochas graníticas investigadas segundo sua composição química, pelo Diagrama TAS (Total Álcalis-Silica) de Le Maitre et al. (1989). *Classification of the investigated granitic rocks according to the chemical composition, for the TAS Diagram (Total Alkali-Silica) of Le Maitre et al. (1989).*

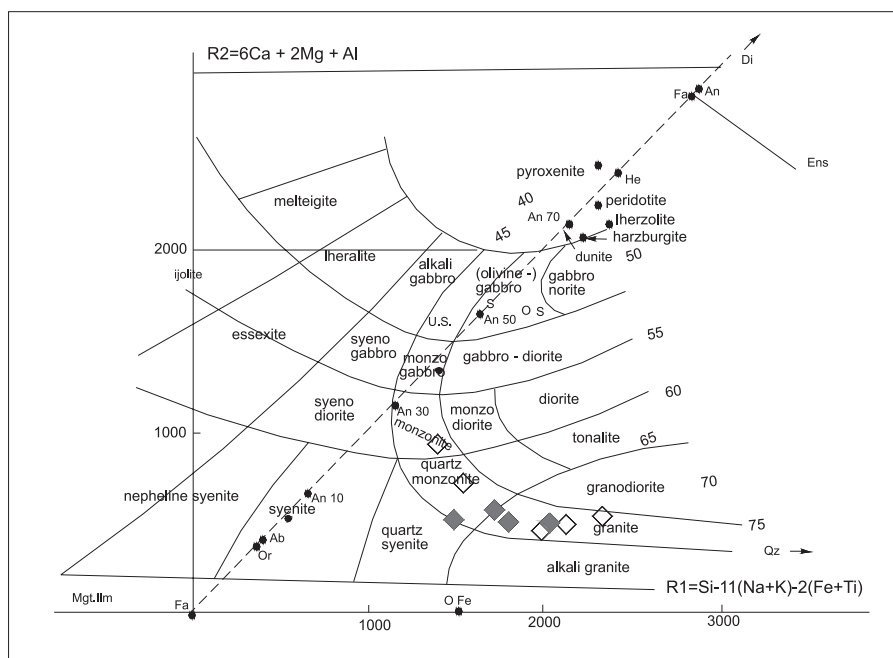


Figura 6 - Diagrama de classificação de rochas plutônicas pelos parâmetros R1 e R2 (De La Roche et al. 1980) para amostras da Suíte Granítica Água Comprida. Símbolos como na figura 5. *Classification diagram of plutonic rocks according to the parameters R1 and R2 (De La Roche et al. 1980), samples of Água Comprida Granitic Suite. Symbols as in figure 5.*

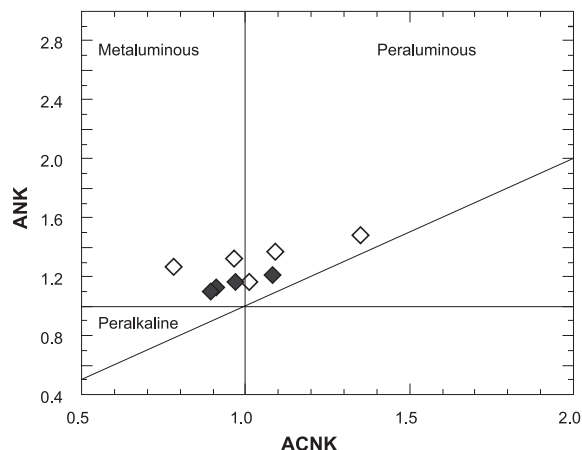


Figura 7 - Diagrama de classificação de rochas segundo as razões  $Al_2O_3/(CaO+K_2O+Na_2O)$  e  $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O)$  (Maniar & Picolli 1989) para amostras da Suíte Granítica Água Comprida. Símbolos como na figura 5. *Diagram classification according to  $Al_2O_3/(CaO+K_2O+Na_2O)$  and  $Al_2O_3/(K_2O+Na_2O)$  (Maniar & Picolli 1989) samples of the Água Comprida Granitic Suite. Symbols as in figure 5.*

Os dados químicos são projetados em diagramas binários, tipo *Harker*, tendo a  $SiO_2$  como índice de diferenciação (figura 8). O conteúdo de sílica dos granitóides varia de 63,26 a 72,49%, tem baixo conteúdo de  $FeO_T+MgO+TiO_2$  (3,9% em média), altos teores de alumínio (>14%) e álcalis (9,0% em média). O  $Na_2O$  e  $K_2O$  apresentam comportamento irregular nos diagramas, exibindo forte dispersão, mas o  $K_2O$  apresenta tendência levemente positiva e o  $Na_2O$ , negativa.  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  e  $P_2O_5$  apresentam correlações negativas com o aumento da  $SiO_2$ . O decréscimo destes elementos com a evolução da diferenciação pode ser atribuído ao fracionamento de fases minerais, como ilmenita, biotita, plagioclásio, titanita e apatita.

O caráter cálcio-alcálico pode ser observado por meio do diagrama triangular AFM [ $(Na_2O+K_2O) - FeO -$

$MgO$ ] de Irvine & Baragar (1971), no qual os granitos da SGAC apresentam um *trend* similar às suítes graníticas cálcio-alcálicas (figura 9). No diagrama  $SiO_2 \times K_2O$  de Le Maitre (1989), as rochas da SGAC inserem-se no campo da série calcio-alcálica alto K, no qual é possível individualizar dois grupos de rochas: um com  $K_2O$  entre 2,5 e 3%, e outro acima de 4,5 até 5,96% (figura 10).

Apesar do número reduzido de amostras para uma classificação de ambiente tectônico, é possível uma breve análise dos granitos da SGAC. Batchelor & Bowden (1985) utilizam os valores catiônico-moleculares de De La Roche et al. (1980) e propõem sete campos tectônicos, segundo uma evolução compatível com um evento completo de colisão de placas (ciclo de Wilson). Neste contexto, as amostras da SGAC situam-se no campo dos granitóides tardi-orogênicos (figura 11).

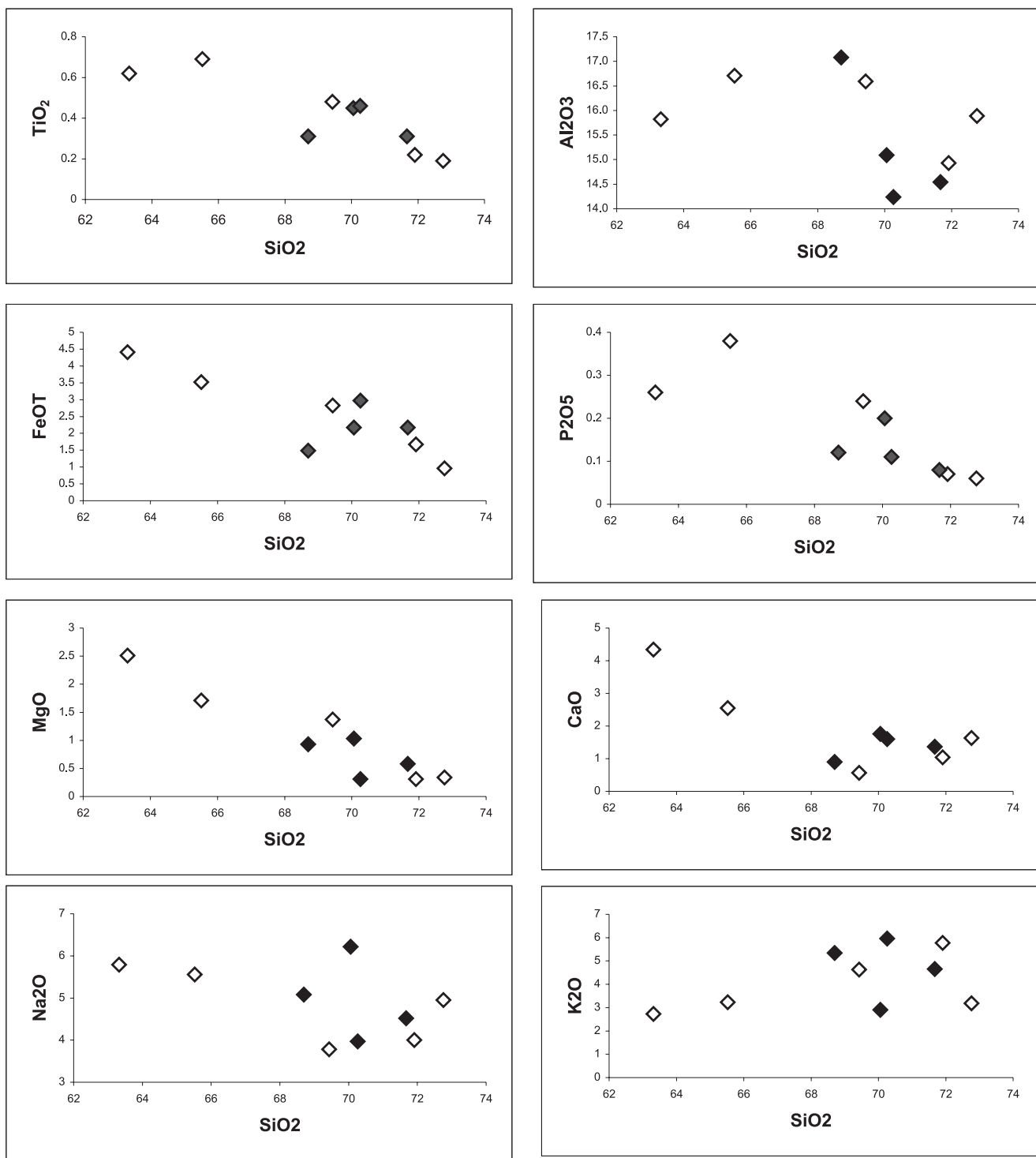


Figura 8 - Diagramas de variação para elementos maiores utilizando a SiO<sub>2</sub> como índice de diferenciação. Símbolos como na figura 5. *Diagrams of variation for major elements using the SiO<sub>2</sub> as differentiation index. Symbols as in figure 5.*



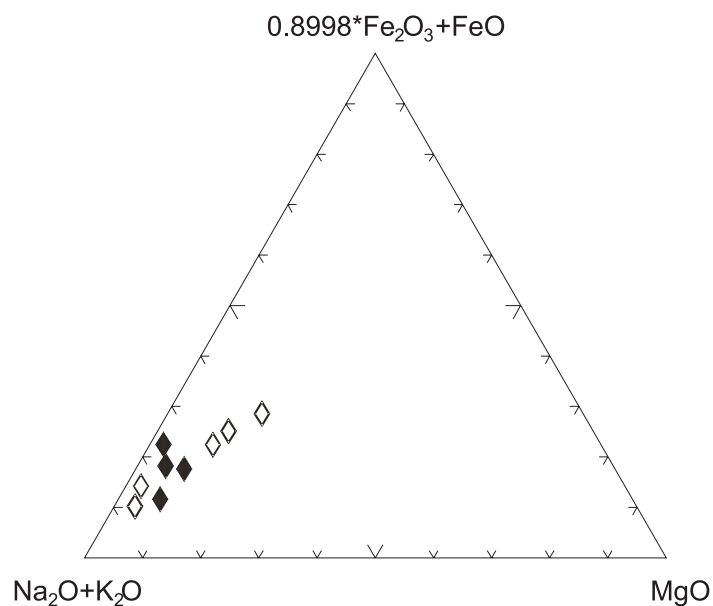


Figura 9 - Diagrama AFM para os granitóides da Suíte Granítica Água Comprida (Irvine & Baragar 1971). Símbolos como na figura 5. *AFM diagram for granitoids of Água Comprida Granitic Suite (Irvine & Baragar 1971). Symbols as in figure 5.*

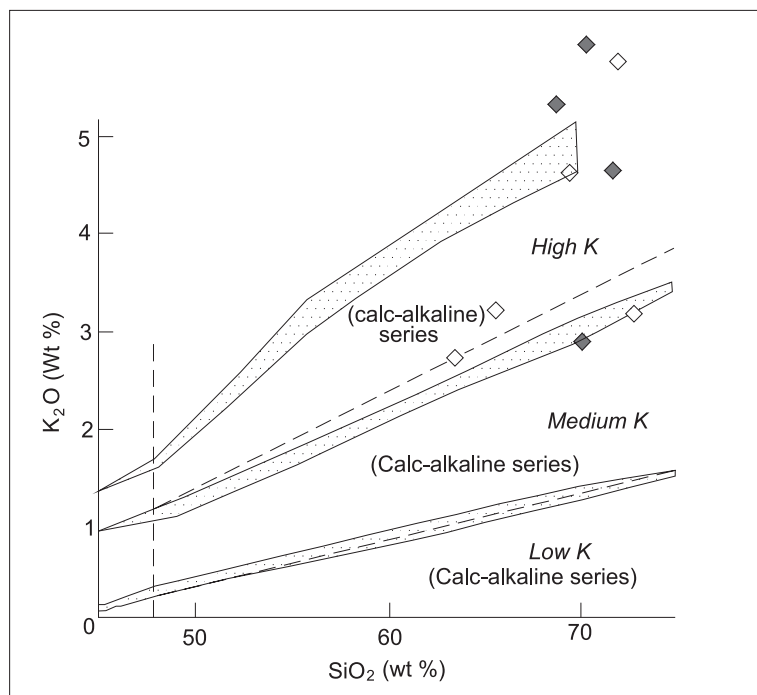


Figura 10 - Diagrama SiO<sub>2</sub> x K<sub>2</sub>O (Le Maitre 1989) para os granitóides da Suíte Granítica Água Comprida. Símbolos como na figura 5. *Diagram SiO<sub>2</sub> x K<sub>2</sub>O (Le Maitre 1989) for the rocks of the Água Comprida Granitic Suite. Symbols as in figure 5.*

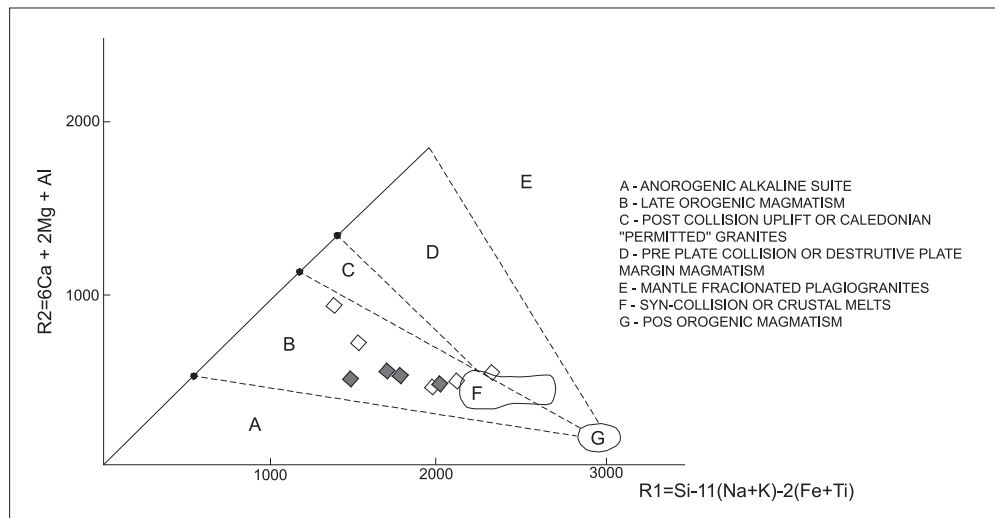


Figura 11 - Diagrama das principais associações de granitóides utilizando a proposta multicatiónica de De La Roche et al. (1980), com divisão de campos tectônicos de Pitcher (1982) para a Suíte Granítica Água Comprida. Símbolos como na figura 5. Diagram of the main associations of granitoids using the multicatiónic proposal of De La Roche et al. (1980), with tectonic associations from Pitcher (1982) for the Água Comprida Granitic Suite. Symbols as in figure 5.

## DISCUSSÃO

As rochas da Antiforme Setuva, anteriormente descritas como gnaisses e migmatitos, são reinterpretadas como granitos deformados, que mantêm muitas características ígneas originais. Uma hipótese que não pode ser descartada é a de estes granitos serem sin-cinemáticos ao evento que gerou as zonas de cavalgamento. A cristalização de um magma representa a transição de um líquido ( $\pm$  sólido) para um sólido cristalino, e durante este processo o magma passa por diferentes estados reológicos, cada um com seus comportamentos característicos (Pawley & Collins 2002). Um corpo magmático não apresenta comportamento uniforme à medida que a razão cristal-líquido aumenta, durante o resfriamento, especialmente se este corpo estiver sujeito a tensões diferenciais, como é o caso em granitos sin-cinemáticos. Nestes granitos, a deformação é simultânea à cristalização e as estruturas ígneas são condicionadas pelos esforços tectônicos.

Muitos estudos em magmas sin-cinemáticos têm descrito a transição de microestruturas magmáticas, para as de alta temperatura (ou chamadas *subsolidus*), e finalmente para as texturas de baixa temperatura (Paterson et al. 1989, Miller & Paterson 1994, Schofield & D'Lemos 1998). A presença de feições como porfiroclastos prismáticos preservados de feldspato, embricamento destes e *schlieren* de biotita corrobora o caráter magmático do Granito Água Comprida. Feições

como porfiroclastos de feldspato fraturados, preenchidos por quartzo, contínuo com os grãos da matriz, sugerem que a deformação dútil do feldspato ocorreu enquanto o corpo não estava inteiramente cristalizado, o que foi observado igualmente por Pawley & Collins (2002).

As feições de mais alta temperatura são intracristalinas em feldspato, como pertitas e maclas tectônicas, subgrãos e grãos recristalizados. As feições de baixa temperatura incluem extinção ondulante no quartzo, *kink bands* em plagioclásio e biotita, sombras de pressão e mantos de recristalização, comuns a paragênese biotita $\pm$ clorita-mica branca.

A deformação de mais baixa temperatura no GAC foi acompanhada de forte ação de fluidos, responsável pela formação de extensas faixas de milonitos, filonitos, e centenas de veios de quartzo, freqüentemente recristalizados e concordantes com a foliação do granito. Como observado por Hippert (1998), os fluidos em rochas graníticas podem levar à destruição dos porfiroclastos de feldspato e conseqüente formação de filonitos à base de quartzo e mica branca. De acordo com Janecke & Evans (1988), a presença dos fluidos tem efeitos importantes na deformação das rochas, alterando as taxas dos processos químicos e mecânicos. Além disso, os fluidos também podem habilitar a dissolução do quartzo e carbonatos, permitindo a acomodação da deformação por meio da perda de volume (Goddard & Evans 1995).

Composicionalmente, os granitos da SGAC assemelham-se aos granitóides gerados em arco

continental (CAG) de Maniar & Piccoli (1989) segundo as diferentes razões de elementos constatadas nessas rochas (p. ex.  $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$ ) e conteúdo de sílica. De acordo com o diagrama de Batchelor & Bowden (1985), é possível posicioná-los na classe dos granitos tardi-orogênicos.

## CONCLUSÕES

A Antiforme Setuva é uma estrutura elíptica de direção EW e NE-SW aflorante na região norte de Curitiba. É dividida em uma porção central, Suíte Granítica Água Comprida (SGAC), composta por sienogranitos e monzogranitos deformados, e por uma faixa periférica, composta por mica xistos e quartzitos, denominada Seqüência Santana (SS). Ambas compõem o Complexo Setuva. A SGAC apresenta diferentes tipos faciológicos, como porfirítico, pegmatóide, equigranular e diques aplíticos. O Granito Água Comprida (GAC), porfirítico, é o mais recorrente da suíte.

A assembléia mineral magmática principal do GAC é composta por quartzo, microclínio, oligoclásio e biotita, e os acessórios são titanita, alanita, apatita, zircão e ilmenita. Duas assembléias secundárias foram identificadas: (a) quartzo, albita, biotita II, titanita II, epidoto, mica branca e turmalina; e (b) clorita, mica branca, quartzo, pirita e carbonato (raro).

Os milonitos e filonitos representam as zonas de intensa deformação e ação de fluidos dentro do corpo granítico, que são descontínuas e irregulares e apresentam espessuras variáveis. O filonito apresenta bandamento hidrotermal composto pela alternância de quartzo e mica branca-biotita. Porfiroclastos de feldspato são comuns.

O granito apresenta uma foliação milonítica, anastomosada ( $S_n$ ), de direção geral EW, definida pela orientação dos filosilicatos e quartzo em *ribbons*. A  $S_n$  apresenta dobras assimétricas e isoclinais associadas, com foliação plano-axial ( $S_{n+1}$ ) marcada pela orientação de biotita e mica branca.

Os granitos da SGAC são metaluminosos a fracamente peraluminosos e têm caráter cálcio-alcálico alto-potássio. O conteúdo de  $\text{SiO}_2$  é variável de 63 a 72%, tem baixo conteúdo de  $\text{TiO}_2 + \text{FeO}_T + \text{MgO}$ , altos teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (> 14 %) e A/CNK de 0,78 a 1,35.

## AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra da UFPR, pelo apoio financeiro durante os trabalhos de mapeamento e relatório final, tão fundamentais para a geologia. Em especial aos professores Renato Eugênio de Lima e Jefferson Picanço, pelo apoio e orientação dos alunos em campo e pelas valiosas discussões.

## REFERÊNCIAS

- ALTHOFF F. J. 1989. *Geologia estrutural da Antiforma Setuva – PR*. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Dissertação de Mestrado, 147 p.
- ALTHOFF F. J. & FIORI A. P. 1992. Sobre a petrografia e o metamorfismo das rochas da Antiforma Setuva – PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, 40:1-20
- BATCHELOR R. A. & BOWDEN P. 1985. Petrogenetic interpretation of granitic rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48:43-55.
- BIGARELLA J. J. & SALAMUNI R. 1956. Estudos preliminares na Série Açungui V: estruturas orgânicas nos dolomitos da Formação Capiru (Estado do Paraná). *Dusenía*, 7:317-323.
- BIGARELLA J. J. & SALAMUNI R. 1958. Contribuição à Geologia da Região Sul da Série Açungui (Estado do Paraná). *Boletim Paulista de Geografia*, 29:3-19.
- DE LA ROCHE H.; LETERRIER J.; GRANDCLAUDE P.; MARCHAL M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2 – diagram and major element analyses – its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29:183-210.
- EBERT H. 1971. Observações sobre a litologia e subdivisão do Grupo Setuva no Estado do Paraná, com sugestões a tectônica geral do geossinclíneo do Açungui. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25, SBG, São Paulo, *Anais...* 1:131-165.
- FIORI A. P.; SALAMUNI E.; FASSBINDER E. 1987. Geologia da Região de Bateias – Bocaiúva do Sul. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 3, SBG, Curitiba, *Atas...* 2:773-787.
- GODDARD J. & EVANS J. 1995. Chemical changes and fluid-rock interaction in faults of crystalline thrust sheets, Northwestern Wyoming, USA. *Journal of Structural Geology*, 17:533-547.
- HIPPERTT J. F. 1998. Breakdown of feldspar, volume gain and lateral mass transfer during mylonitization of granitoid in a low metamorphic shear zone. *Journal of Structural Geology*, 20:175-193.
- IRVINE T. N. & BARAGAR W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Jour. Earth Sci.*, 8:523-548.



- JANECKE S. & EVANS J. 1988. Feldspar-influenced rock rheology. *Geology*, 16:1064–1067.
- KAULFUSS G. A. 2001. *Geocronologia dos núcleos de embasamento Setuva, Betara e Tigre, Norte de Curitiba – Paraná*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 115 p.
- LE MAITRE R. W. 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Great Britain, *Blackwell Sci. Pub.*, 193 p.
- MANIAR P. D. & PICCOLI P. M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. America Bull.*, 101:635-643.
- MILLER R. B. & PATERSON S. R. 1994. The transition from magmatic to high temperature solid state deformation: implications from the Mount Stuart batholith. *Washington. Journal of Structural Geology*, 16:853-865.
- MINEROPAR. 2001. *Atlas geológico do Estado do Paraná*. CD-ROM.
- PATERSON S. R., VERNON R. H., TOBISCH O. T. 1989. A review of criteria for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids. *Journal of Structural Geology*, 11:340-363.
- PAWLEY M. J. & COLLINS W. J. 2002. The development of contrasting structures during the cooling and crystallization of a syn-kinematic pluton. *Journal of Structural Geology*, 24:469-48.
- PITCHER W. 1982. Granite type and tectonic environment. In: HSU K. (Ed). *Mountain building processes*. Londres, Academic Press, 19-40.
- SCHOFIELD D. I. & D'LEMONS R. S. 1998. Relationships between syn-tectonic granite fabrics and regional PTtd paths: an example from the Gander-Avalon boundary of NE Newfoundland. *Journal of Structural Geology*, 20:459-471.
- SCHÖLL W. U., LOPES O. F., ANDRADE E SILVA A. C. G., PROZZI C. R. 1980. Geologia do pré-cambriano da região do Anticlinal do Setuva (municípios de Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul, PR). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31, SBG, Balneário Camboriú, *Anais...* 5:3003-3011.
- SCHÖLL W. U., SILVA A. C. G. A., MONASTIER M. S. 1982. A Formação Setuva do pré-cambriano no Estado do Paraná – uma revisão crítica. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, SBG, Salvador, *Anais...* 1:55-63.
- SIGA Jr. O., BASEI M. A. S., REIS NETO J. M., MACHIAVELLI A., HARARA O. M. 1995. O Complexo Atuba: um cinturão paleoproterozóico intensamente retrabalhado no neoproterozóico. *Boletim IG-USP, Série Científica*, 26:69-98.
- UFPR. 2003. Mapeamento geológico de parte das folhas de Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul em escala 1:10.000. Trabalho de graduação do Curso de Geologia, orientado por Renato Lima (coordenador), Maria José Mesquita e Jefferson Picanço. Universidade Federal do Paraná, Curitiba (inédito).