A ASSOCIAÇÃO SHOSHONÍTICA DE LAVRAS DO SUL, RS

LAURO V. S. NARDI* e EVANDRO F. DE LIMA**

ABSTRACT The Lavras do Sul Shoshonitic Association comprises volcanic and pyroclastic rocks which belong to the Hilário Formation, and granitoids occurring in the Lavras Granite Complex central zone. Such lithologies show Brazilian ages and characterize an extensional environment, probably close to an orogenic belt of similar age. These lithologies are geochemically characterized by trends similar to those observed in calc-alkaline and alkaline series as far as major elements are concerned. However, the high K_2O , Ba and Sr, and the relatively low Zr, Nb and Ti contents are typical of shoshonitic associations. RE elements were determined in seven samples from the central zone of the Lavras Granite Complex. The REE patterns, normalized against chondrites, show relatively high fractionation of heavy-REE in relation to light-REE and slight negative Eu anomalies. Gold-sulphide mineralization occurs in granitic and volcanic lithologies.

INTRODUÇÃO O termo shoshonito foi utilizado originalmente por Iddings (1895), referindo-se a basaltos portadores de ortoclásio. Em 1968, Joplin empregou o termo série magmática shoshonítica para as rochas basálticas e traquíticas enriquecidas em K_2O , considerando-as de afinidade alcalina. A semelhança geoquímica, no que diz respeito aos padrões de elementos maiores das rochas shoshoníticas com aqueles mostrados pelas rochas das séries alcalinas, ocasionou grandes imprecisões na utilização deste nome, conforme observado por Jakes & White (1972).

Pecerillo & Taylor (1976) caracterizaram a série shoshonítica como enriquecida em K_2O , em relação à série calco-alcalina alto potássio, calco-alcalina normal a toleítica de arco de ilhas.

Morrison (1980), numa contribuição relevante, definiu as principais características geoquímicas da série shoshonítica:

- basaltos aproximadamente saturados em SiO_2 ;
- baixo teor de ferro;
- alto teor de álcalis ($Na_2O + K_2O$ superior a 5%);
- elevado K_2O/Na_2O (maior que 0,6 a 50% SiO_2 e maior que 1 a 55% SiO_2);
- forte inclinação positiva do *trend* geoquímico nos diagramas $K_2O \times SiO_2$, para teores entre 45-57% SiO_2 ;
- enriquecimento em P, Rb, Sr, Ba, Pb e terras raras leves;
- baixo teor de TiO_2 (menor que 1,3%);
- conteúdo elevado, mas variável, de Al_2O_3 (14 a 19%);
- elevada relação Fe_2O_3/FeO (maior que 0,5).

Tauson (1983) distinguiu a série magmática latítica ou monzonítica, registrando sua correspondência com a série magmática shoshonítica descrita por Joplin (1968) e Morrison (1980), e ressaltando como feição típica desta série o enriquecimento em K_2O , Ba e Sr.

Pearce (1983) caracterizou as rochas shoshoníticas como enriquecidas em Sr, Rb e Ba, mostrando, entretanto, baixos teores de Nb, Zr e Yb, elementos tipicamente enriquecidos nas suítes alcalinas intraplacas.

Conclui-se das citações anteriores que a associação shoshonítica é constituída de rochas geoquimicamente similares às litologias da série calco-alcalina de arco continental, apresentando, todavia, enriquecimento acentuado em al-

guns elementos litófilos de grande raio iônico, ou seja, K, Ba, Rb e Sr.

O presente estudo divulga alguns resultados referentes às rochas vulcânicas da região situada a leste da cidade de Lavras do Sul, RS (área de Volta Grande), objeto da dissertação de mestrado do segundo autor, e das rochas granitoides da zona central do Complexo Granítico Lavras, sobre as quais desenvolveu-se a tese de doutorado do primeiro autor (Nardi 1984).

As amostras de rochas vulcânicas selecionadas para análise química são de superfície e sub-superfície, tendo sido dedicada especial atenção para a coleta de exemplares isentos de efeitos de alteração hidrotermal.

As amostras da zona central do Complexo Granítico Lavras, selecionadas de um total de 70 amostras representativas, foram analisadas para diversos elementos maiores e traços.

As análises químicas das amostras de rochas vulcânicas foram executadas por fluorescência de raios X, exceto para o Nb, determinado semi-quantitativamente por espectrografia óptica de emissão, no Laboratório de Geoquímica da UFRGS. As amostras do Complexo Granítico Lavras foram analisadas por espectrometria de plasma (plasma de acoplamento indutivo), inclusive para os elementos da família das terras raras, no Laboratório de Geoquímica do King's College - Universidade de Londres. A composição dos carbonatos e a triclinalidade dos feldspatos potássicos foram determinadas por difratometria de raios-X. Teores de Fe e Mg em minerais máficos, bem como a composição química dos anfibólios das rochas granitoides, foram obtidos por meio de análises por microsonda eletrônica.

O objetivo do presente trabalho é divulgar a ocorrência da associação shoshonítica de Lavras do Sul no Escudo Sul-rio-grandense, enfatizando seu significado tectônico e metalogenético.

CARACTERIZAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO SHOSHONÍTICA DE LAVRAS DO SUL

Geologia As principais feições geológicas da região oeste do Escudo Sul-rio-grandense foram revisadas por Hartmann & Nardi (1983), e são representadas na Figura 1.

* Depto. Geologia e Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, R. General Vitorino, 255, CEP 90000, Porto Alegre, RS, Brasil

** Depto. Geologia - UNISINOS e Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, CEP 90000, Porto Alegre, RS, Brasil.

Figura 1 – Distribuição das principais associações litológicas da região oeste do escudo Sul-rio-grandense: 1) Complexo Granítico Santo Afonso; 2) Suíte Intrusiva Saibro; 3) Complexo Granítico Lavras; 4) Granito Jaguari; 5) Complexo Granítico Santa Rita; 6) Complexo Granítico Ramada; 7) Complexo Granítico São Sepé; 8) Complexo Granítico Cacapava. A disposição das simbologias na legenda não corresponde à sequência estratigráfica do Escudo Sul-rio-grandense. Mapa modificado de Hartmann & Nardi (1983).

As rochas graníticas e vulcânicas estudadas representam um evento de idade provavelmente brasileira, desenvolvido sobre uma crosta continental de idade superior a 2000 Ma, constituída por rochas granulíticas do Complexo Santa Maria Chico e seqüências vulcânico-sedimentares de baixo grau.

As rochas vulcânicas e piroclásticas da região de Lavras do Sul ocorrem intimamente associadas com rochas sedimentares clásticas, predominantemente conglomeráticas e areníticas.

Robertson (1966) denominou-as Andesito Hilário, descrevendo-as como uma espessa seqüência de andesitos extrusivos que cobre, em discordância angular, a Formação Maricá. Ocorrem associadas com tufo líticos, conglomerados vulcânicos, *mud flows*, grauvas, diques e massas de rochas intrusivas máficas. Trabalhos mais antigos caracterizavam estas rochas como molassóides e sugeriam que as rochas vulcânicas constituíam uma série calco-alcalina. UFRGS (1981) e posteriormente Roisenberg *et al.* (1983), caracterizavam estas rochas como pertencentes às séries alcalinas, com base na geoquímica dos elementos maiores.

Esta seqüência vulcano-sedimentar foi estudada com maior detalhe na região de Lavras do Sul (Lima 1985), onde as litologias dominantes são siltitos, tufo de cristais, tufo líticos, lápis e conglomerados cuja matriz tem composição de arenito lítico e arcabouço predominantemente constituído

por fragmentos vulcânicos. Ignimbritos e arenitos subarcosianos ocorrem frequentemente intercalados nesta seqüência. Ribeiro & Fantinel (1978) relataram a presença de remanescentes de antigos cones vulcânicos complexos nessa região.

O Complexo Granítico Lavras, de acordo com Nardi (1984) é constituído por um núcleo granodiorítico (zona central), parcialmente assimilado por magmas graníticos mais jovens que geraram os pertita granitos ocorrentes nas bordas sul, oeste e norte do referido plutão. Este processo de assimilação gerou rochas híbridas com características transicionais entre os dois tipos acima citados, e que apresentam texturas rapakivi bastante típicas.

Enquanto os pertita granitos fazem parte de suítes magmáticas alcalinas (Nardi 1984), as litologias do núcleo do Complexo Granítico Lavras apresentam características geoquímicas de rochas shoshoníticas ou das séries monzoníticas (Tauson 1983), conforme será discutido a seguir.

Dados geocronológicos de Cordani *et al.* (1974) e Sartori (1978) sugerem que o núcleo deste complexo tem idade em torno de 640-610 Ma, enquanto os pertita granitos parecem estar associados a um evento de aproximadamente 550-500 Ma. Os pertita granitos são intrusivos nas rochas vulcano-sedimentares da região de Volta Grande e nas rochas sedimentares da Formação Maricá, ocorrentes ao sul do Complexo Granítico Lavras.

O Granito Jaguari, situado imediatamente a oeste do Complexo Granítico Lavras, provavelmente tem relações genéticas com os pertita granitos e com a Suíte Intrusiva Sai-bro, descrita por Hartmann & Nardi (1982) e caracterizada pela presença de anfibólios e piroxênios sódicos (arfvedsonita e aegirina).

A importância geológica da região de Lavras do Sul é acentuada pelas mineralizações auríferas e cupríferas ocorrentes no Complexo Granítico Lavras e na sequência vulcano-sedimentar de Volta Grande; estas mineralizações apresentam várias características de depósitos do tipo cobre pórfiro.

Um perfeito acamamento plano-paralelo, de direção NW com mergulho entre 20° e 50° NE, é observado nos arenitos subarcosianos e siltitos intercalados com as rochas vulcânicas e piroclásticas. Falhamentos de direção NE são os mais evidentes em toda a região, assinalando, muitas vezes, importantes contatos litológicos.

Petrografia As amostras de rochas vulcânicas, selecionadas para os estudos petroquímicos no presente trabalho, são geralmente porfíricas com fenocristais de plagioclásio (ópticamente oligoclásio-andesina) imersos em uma matriz composta essencialmente por plagioclásios ripiformes, por vezes mostrando textura pilotaxítica. Quartzo ocorre subordinadamente na matriz.

Minerais máficos são relativamente escassos e, quando presentes, podem constituir fenocristais. Determinações ópticas indicam que os mesmos são clinopiroxênios (pigeonita). Os tufo contêm cristais de plagioclásio (oligoclásio-andesina), em matriz constituída por pequenos clastos feldspáticos. A presença de vitroclastos é subordinada.

A caracterização petrográfica das rochas graníticas apresentada a seguir é baseada em Nardi (1984). A porção central do Complexo Granítico Lavras (Fig. 1) é constituída predominantemente por granodioritos, estando presentes, em menores proporções, monzogranitos e monzonitos com colorações cinzentas e texturas porfíricas hipidiomórficas. Evidências de deformação ou metamorfismo não foram constatadas. Os megacristais são de plagioclásios e feldspatos potássicos, geralmente ortoclásio, de acordo com determinações de triclincidade.

Os plagioclásios (oligoclásio, com raras ocorrências de andesina sódica) com frequência apresentaram nítidas zónas oscilatórias. Além de constituírem cristais euédricos ou subédricos, os plagioclásios esporadicamente circundam cristais de ortoclásio, caracterizando texturas rapakivi.

Os feldspatos potássicos podem constituir fenocristais que ocorrem disseminados na matriz e, por vezes, mostram evidências de cristalização tardia, englobando quartzo, biotita e outros minerais precoces. Eles podem conter até 2% de Ba, conforme determinações através de microsonda, tendo sido, neste caso, cristalizados nos estágios iniciais da consolidação magmática. Os anfibólios (ferro-edenitas) e as biotitas mostram feições de minerais pertencentes a granitóides de suítes relacionadas com orogênese, como por exemplo, razões $Fe/(Fe + Mg)$ relativamente baixas, em torno de 0,75 (Nardi 1984). Os minerais acessórios típicos destes granitóides são zircão, alanita, esfero, apatita, magnetita (titanífera ou não) e fluorita, esta ocorrendo como diminutas inclusões nos feldspatos.

Em termos petrográficos, estes granitóides assemelham-se aos rapakivis escandinavos (Vorma 1976); entretanto,

Nardi (1984) sugere que as texturas rapakivi são relacionadas com os processos de assimilação pelos magmas alcalinos mais jovens.

Petroquímica As amostras de rochas vulcânicas estudadas no presente trabalho, são classificadas em função dos teores de SiO_2 e álcalis (Cox *et al.* 1979), e definidas como traquiandesitos, benmoreitos, hawaiitos e basaltos. Nas seqüências calco-alcalinas, os tipos dominantes são menos enriquecidos em álcalis, constituindo andesitos basálticos e andesitos (Fig. 2). A composição das amostras estudadas é representada na Tabela 1.

Figura 2 – Diagramas $SiO_2 \times K_2O + Na_2O$ aplicados às rochas vulcânicas da Associação Shoshonítica de Lavras do Sul: 1) nefelinitos fonolíticos; 2) fonolitos; 3) traquitos; 4) riolitos; 5) nefelinitos; 6) basanitos e tefritos; 7) tefritos fonolíticos; 8) benmoreitos; 9) mugearitos; 10) traquiandesitos; 11) hawaiitos; 12) basaltos; 13) andesitos basálticos; 14) andesitos; 15) dacitos (Cox *et al.* 1979)

No diagrama de Pecerrillo & Taylor (1976), parte das amostras estudadas situa-se no campo da série calco-alcalina alto potássio (Fig. 3) e o restante é definido como pertencente à série shoshonítica, constituindo absarquitos, shoshonitos e banaquitos.

As figuras 4a, b, c, d, com base no trabalho de Morrison (1980), ilustram o comportamento dos elementos maiores nas amostras da área de Volta Grande-Lavras do Sul, mostrando um comportamento ora próprio das séries alcalinas, ora das calco-alcalinas, como é típico das associações shoshoníticas.

A geoquímica dos elementos traços, com base principalmente no trabalho de Pearce (1983), caracteriza as amostras estudadas como pertencentes à série shoshonítica, principalmente pelos altos teores de Sr, Ba, Rb e K_2O , associados aos conteúdos relativamente baixos de elementos tipicamente enriquecidos nas séries alcalinas, como o Ti, Zr e o Nb (Fig. 5). Embora nesta figura Pearce (1983) haja plotado apenas rochas basálticas, incluíram-se também traquiandesitos, considerando-se, quando de sua interpretação, os possíveis efeitos do maior grau de diferenciação.

Tabela 1 – Conteúdo de elementos maiores e traços nas rochas vulcânicas da Associação Shoshonítica de Lavras do Sul

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	56,84	56,27	56,18	51,74	58,03	57,88	58,79	53,02	55,33	55,79	50,69	55,73	54,91
TiO ₂	1,00	1,00	0,85	0,93	1,12	1,14	1,13	1,10	0,95	0,99	0,79	0,87	1,04
Al ₂ O ₃	17,71	18,19	19,01	14,06	15,43	15,60	15,78	15,15	17,85	17,60	15,09	16,70	13,11
Fe ₂ O ₃	1,74	2,44	2,61	4,08	3,21	3,40	3,02	3,00	3,07	2,27	4,57	1,27	1,37
FeO	4,84	4,26	3,68	4,04	4,76	4,59	4,42	4,41	4,41	4,48	7,91	6,60	4,41
MnO	0,14	0,12	0,09	0,15	0,11	0,10	0,10	0,11	0,08	0,11	0,22	0,15	0,14
MgO	2,47	2,31	2,79	7,44	1,49	1,49	1,38	7,11	2,15	2,675	6,30	4,30	5,27
CaO	5,04	4,97	5,86	7,52	2,31	2,46	2,18	4,45	5,62	6,10	8,82	6,67	5,18
Na ₂ O	4,14	4,16	3,94	3,23	4,24	4,18	4,24	4,77	4,29	4,10	2,96	3,63	2,14
K ₂ O	2,68	3,01	2,34	3,16	5,84	5,48	5,60	1,98	2,66	3,47	1,47	2,40	4,67
H ₂ O ⁻	0,52	0,70	0,50	0,60	0,82	0,82	0,77	0,83	0,25	0,23	0,19	0,14	0,65
P.F.	2,52	2,47	2,23	2,44	1,44	1,87	1,56	3,23	1,63	1,40	1,16	1,05	5,96
P ₂ O ₅	0,46	0,42	0,41	0,42	0,42	0,47	0,45	0,46	0,42	0,45	0,45	0,40	0,38
Total	100,10	100,32	100,56	99,81	99,22	99,48	99,43	99,62	98,71	99,64	100,59	99,89	99,29
Ba	2021	2246	1959	1508	2179	1619	1686	1173	1774	1853	463	1328	978
Sr	1233	1178	194	468	532	496	510	390	1494	1305	650	656	344
Rb	63	67	56	44	130	117	129	43	69	81	44	80	117
Zr	258	264	256	140	392	380	400	150	290	254	136	160	225
Nb	<25	42	<25	<25	70	56	68	<25	38	<25	<25	<25	45
Y	25	30	<25	25	52	51	58	40	25	37	25	25	25
Ni	33	33	32	200	22	30	22	54	37	41	79	64	140
Co	28	30	24	50	13	10	12	41	20	28	55	48	34

*elementos maiores em % em peso e traços em ppm

Figura 3 – Relação entre o conteúdo de SiO₂ e K₂O nas rochas vulcânicas da Associação Shoshonítica de Lavras do Sul. A definição dos campos ilustrados no diagrama é baseada em Pecerillo & Taylor (1975).

Figura 4 – Variações dos elementos maiores das rochas vulcânicas da Associação Shoshonítica de Lavras do Sul. A definição dos campos e trends calco-alcálico e alcalino é baseada em Morrison (1980). Os itens a, b, c, e d referem-se à ilustração deste mesmo autor.

A Tabela 2 mostra as concentrações de elementos maiores, menores e traços em 14 amostras das rochas da porção central do Complexo Granítico Lavras. O estudo do comportamento geoquímico dos elementos maiores, conforme Nardi (1984), indica que estas rochas não podem ser caracterizadas como pertencentes às séries alcalinas. Os diagramas ilustrados nas Figuras 6, 7 e 8 indicam o seu caráter ora alcalino, ora calco-alcálico.

A geoquímica dos elementos traços, principalmente no que diz respeito aos altos teores de Ba e Sr, sugere que estas rochas pertencem à série monzonítica (Tauson 1983), isto é, à série shoshonítica de Morrison (1980). Devem-se ressaltar os teores relativamente baixos de Nb e Zr, evidenciando que estas rochas não pertencem à série alcalina.

Morrison (1980) salienta algumas feições geoquímicas das rochas da série shoshonítica, verificadas na zona central do Complexo Granítico Lavras, como, por exemplo, os teores relativamente altos de Co, Ni, Sc e P_2O_5 , e baixos de TiO_2 .

A geoquímica das terras raras nas rochas da zona central deste complexo mostra padrões típicos de rochas granitoides associadas a eventos orogênicos (Fig. 9):

- teor de Ce, normalizado pelo padrão condritico, em torno de 70;
- fracionamento das terras raras pesadas em relação às leves de moderado a alto;
- anomalias negativas de Eu pouco significativas.

Estudos isotópicos em andamento por E. Soliani Jr. e L. V. S. Nardi indicam que os magmas que originaram estas rochas possuem razões Sr^{87}/Sr^{86} bastante baixas, em torno de 0,703, sugerindo uma origem por fusão parcial do

Tabela 2 – Conteúdo de elementos maiores e traços em amostras granodioritos e monzogranitos da zona central do Complexo Granítico Lavras

	14A	27A	206	237	224A	204	104	16	23	24	242	18	25	605
SiO ₂	70,35	69,48	69,44	70,90	70,74	70,65	69,83	70,19	69,26	70,20	70,10	70,68	70,25	71,03
TiO ₂	0,31	0,30	0,30	0,39	0,30	0,31	0,35	0,24	0,28	0,36	0,35	0,29	0,33	0,34
Al ₂ O ₃	14,90	15,54	15,72	14,20	14,98	14,95	15,10	15,74	15,40	15,37	14,75	15,65	15,01	15,66
Fe ₂ O ₃	0,07	—	0,54	0,21	0,17	0,29	0,55	—	—	—	0,82	—	0,27	—
FeO	2,36	2,44	2,04	2,70	2,18	2,08	2,08	2,12	2,70	2,13	2,43	2,37	2,37	2,37
MnO	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,06	0,06	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	0,07	0,05
MgO	0,64	0,66	0,61	0,72	0,55	0,58	0,73	0,58	0,48	0,59	0,60	0,51	0,55	0,40
CaO	1,63	2,14	1,69	1,61	1,69	1,64	1,71	1,73	1,90	1,66	1,54	1,66	1,91	2,20
Na ₂ O	4,42	4,75	4,89	4,44	3,86	3,92	4,04	4,66	4,80	4,64	4,26	4,95	4,41	4,55
K ₂ O	3,95	3,48	3,46	3,73	3,60	3,52	3,98	3,62	3,66	3,77	3,90	3,93	3,69	3,59
H ₂ O ⁺	0,86	0,39	0,82	0,54	0,75	0,62	0,78	0,53	0,95	0,87	0,81	0,79	0,30	0,69
H ₂ O ⁻	0,34	0,10	0,24	0,01	0,30	0,09	0,09	0,23	0,08	0,29	0,34	0,22	0,22	0,25
P ₂ O ₅	0,20	0,09	0,08	0,09	0,07	0,11	0,15	0,12	0,09	0,12	0,10	0,11	0,11	0,05
Total	100,07	99,42	99,87	99,68	99,23	99,03	99,45	99,80	99,18	100,61	99,74	101,24	99,49	101,18
Ba	1181	940	1022	789	987	995	1032	1100	1185	870	956	975	895	947
Sr	648	761	849	567	790	705	668	818	828	635	607	755	746	773
Rb	178	121	112	178	140	162	134	142	123	137	156	112	162	144
Zr	192	147	181	280	147	202	256	141	187	241	268	164	167	192
Nb	14	11	17	35	15	<10	24	<10	10	30	25	nd	<10	20
Sc	3	4	3	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4
Y	23	12	14	31	17	14	23	14	13	23	24	20	13	32
Ni	17	14	17	23	15	13	15	14	14	16	14	14	12	16
Co	7	6	7	8	7	6	10	7	9	9	8	6	6	9

*nd = não determinado

** — = abaixo do limite de detecção

Elementos maiores em % em peso e traços em ppm

Figura 5 – Padrões geoquímicos das rochas da Associação Shoshonítica de Lavras do Sul, normalizados pelo padrão MORB. Este padrão e as demais associações foram obtidos de Pearce (1983).

Figura 6 – Diagrama AFM para as rochas da zona central do Complexo Granítico Lavras. A linha tracejada assinala a divisão das suítes extensionais (acima) e compressionais (abaixo). Figura reproduzida de Nardi (1984).

• ZONA CENTRAL DO COMPLEXO GRANÍTICO LAVRAS

Figura 7 – Diagrama de Wright (1969) para as rochas da zona central do Complexo Granítico Lavras.

• ZONA CENTRAL DO COMPLEXO GRANÍTICO LAVRAS

Figura 8 – Diagrama $\text{SiO}_2 \times \log \frac{\text{CaO}}{\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}}$ para as rochas da zona central do Complexo Granítico Lavras. Diagrama de acordo com Brown (1982).

manto, talvez com contaminação crustal de rochas muito empobrecidas em Rb.

MINERALIZAÇÕES E ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL ASSOCIADA

Na seqüência vulcânica da área estudada ocorrem predominantemente sulfetos de chumbo, zinco e cobre associados com ouro, em filões ou em zonas brechadas de direção preferencialmente NW, cortando as rochas ocorrentes na área, com exceção dos conglomerados.

A alteração hidrotermal é predominantemente do tipo propilitização, representada pela associação mineralógica: carbonato-clorita-albita-epidoto (pistacita). Moscovita e biotita

Figura 9 – Padrões geoquímicos dos elementos da família das terras raras nas rochas da zona central do Complexo Granítico Lavras, normalizados pelo padrão condritico. Figura reproduzida de Nardi (1984).

verde ocorrem raramente. Os carbonatos, em geral calcita, estão presentes, tanto substituindo a mineralogia original como preenchendo veios. A clorita é geralmente confinada à matriz das rochas vulcânicas, enquanto a albita tende a envolver os cristais de palgioclásio. Cores avermelhadas parecem refletir condições relativamente oxidantes, resultando na formação de óxido férrico.

No Complexo Granítico Lavras, a propilitização é o tipo de alteração hidrometal que abrange maiores extensões. Entretanto, a sericitização acompanhada de carbonatação é extremamente intensa nos locais mineralizados, gerando alterações de cores esverdeadas que são boas indicadoras das mineralizações. Nardi (1984) relatou a presença de hidrotermalitos do tipo beresitos e episienitos, associados às mineralizações cupríferas e auríferas ocorrentes nestes granitóides.

As mineralizações, por vezes contendo molibdenita, são principalmente do tipo filoneano. As direções destes e das zonas mineralizadas, conforme Reischel (1980), são predominantemente N60E. Dados geoquímicos e mineralógicos referentes aos produtos da alteração hidrotermal são referidos por Nardi (1984).

Importa ressaltar a grande potencialidade aurífera das mineralizações desta região, ora com pesquisas em desenvolvimento pela Companhia Riograndense de Mineração e Companhia Brasileira do Cobre.

CONSIDERAÇÕES FINAIS Os dados obtidos e discutidos no presente trabalho indicam o caráter shoshonítico das rochas vulcânicas e plutônicas estudadas na região de Lavras do Sul. Estudos mais detalhados desta sequência vul-

cânica poderão apontar a existência de um vulcanismo alcalino mais tardio, talvez correspondendo às rochas incluídas na Formação Acampamento Velho, e relacionadas com as rochas plutônicas da Suíte Intrusiva Saibro.

Com base na revisão das várias associações shoshoníticas aqui referidas, conclui-se que altos teores de Ba e Sr, associados a baixos conteúdos de Nb, Ti e Zr, constituem um critério eficiente para a identificação de rochas pertencentes a esta associação.

Definiu-se, assim, nesta porção do Escudo Sul-rio-grandense, uma sequência shoshonítica que grada para associações de caráter nitidamente alcalino e peralcalino. Evidenciou-se desta forma a ocorrência de um estágio eminentemente distensivo, relacionado com o magmatismo shoshonítico que gerou a porção central do Complexo Granítico Lavras e com o magmatismo alcalino gerador da Suíte Intrusiva Saibro e vulcânicas da Formação Acampamento Velho. A zona central do Complexo Granítico Lavras tem idade aproximada de 650 Ma e os granitos alcalinos associados descritos por Nardi (1984), em torno de 550 Ma (Sartori 1978).

As evidências geológicas disponíveis até o presente indicam que a Associação Shoshonítica de Lavras do Sul representa um magmatismo em crosta continental de idade superior a 2.000 Ma, relacionado geneticamente a um evento orogênico em áreas vizinhas. As associações shoshoníticas, segundo a opinião de diversos autores (Cosgrove 1972, Pagel & Leterrier 1980, Morrison 1980, Venturelli *et al.* 1984, entre outros), caracterizam a transição temporal ou espacial do vulcanismo calco-alcalino tipicamente orogênico para o vulcanismo alcalino de ambiente cratônicos.

Pagel & Leterrier (1980) observaram que este tipo de vulcanismo muitas vezes sucede o magmatismo calco-alcalino, temporal e espacialmente, principalmente em margens continentais ativas. O vulcanismo shoshonítico é normalmente associado a processos de formação de *rifts* em zonas de espessamento crustal, causado por mecanismos que envolvem subducção de crosta oceânica (Ciclo de Wilson) ou orogêneses ensiálicas, como sugerido para o Cinturão Damara, por Martin (1983).

Vários trabalhos recentes admitem uma origem por fusão do manto e contaminação crustal para os magmas shoshoníticos.

Tauson (1983) ressalta a grande importância econômica das associações monzoníticas ou shoshoníticas, enfatizando sua potencialidade para mineralizações de cobre, molibdênio, chumbo, zinco, estanho e tungstênio.

Agradecimentos Expressamos nossos agradecimentos aos colegas Léo A. Hartmann, Reinhard Fuck, Maria de Fátima Bitencourt e Maria do Carmo Lima e Cunha pelas críticas e revisões do texto. Agradecemos aos funcionários do Laboratório de Geoquímica da UFRGS pelos trabalhos de preparação e determinação analíticas. Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro do CNPq e Finep.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, G.C. - 1982 - Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution and relation to volcanic arcs. In: THORPE, R. S. ed. *Andesites*, New York, John Wiley & Sons, p. 437-461.
- CORDANI, U.G.; HALPERN, M.; BERENHOLC, M. - 1974 - Comentários sobre as determinações geocronológicas da Folha de

- Porto Alegre. In: SCHOBENHAUS, C. *Carta geológica do Brasil ao milionésimo*, Folha SH.22 e SL.22, Porto Alegre, DNPM, Brasília, p. 70-84.
- COSGROVE, M.E. - 1972 - The geochemistry of the potassium-rich Permian volcanic rocks of Devonshire, England. *Contr.*

- Mineral. Petrol.*, 38: 155-170.
- COX, K.G.; BELL, J.D.; PANKHURST, R.J. - 1979 - *The interpretation of igneous rocks*. London. George Allen & Unwin. 450 p.
- HARTMANN, L.A. & NARDI, L.V.S. - 1982 - Os granitos Santo Afonso, Saibro e Vauthier da região do Arroio Santa Maria Chico, Dom Pedrito, RS. *Acta Geol. Leopoldensia*, 8: 153-178.
- HARTMANN, L.A. & NARDI, L.V.S. - 1983 - Contribuição à geologia da região oeste do Escudo Sul-rio-grandense. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1, Porto Alegre, 1983, *Anais...* Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 9-18.
- IDDINGS, J.P. - 1985 - Absarokite-shoshonite-banakitite series. *J. Geol.*, 3: 935-959.
- JAKES, P. & WHITE, A.J. - 1972 - Major and trace element abundance in volcanic rocks of orogenic areas. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83: 29-39.
- JOPLIN, G.A. - 1968 - The shoshonite association: a review. *J. Geol. Soc. Australia*, 15: 275-294.
- LIMA, E.F. - 1985 - *Petroquímica e prospecção litogeoquímica da área da Merita, região de Volta Grande, Lavras do Sul, RS*. Porto Alegre; UFRGS, Dissertação de Mestrado, 187 p.
- MARTIN, H. - 1983 - Alternative geodynamic models for the Damara Orogeny. A critical discussion. In: MARTIN, H. & EDER, F. E. eds. *Intracontinental fold belts*. Berlin, Springer Verlag, p. 913-945.
- MORRISON, G. W. - 1980 - Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. *Lithos*, 13: 97-108.
- NARDI, L.V.S. - 1984 - *Geochemistry and petrology of the Lavras Granite Complex, RS, Brasil*. Londres, Universidade de Londres, Tese de Doutorado, 268 p.
- PAGEL, M. & LETERRIER, J. - 1980 - The subalkaline potassic magmatism of the Ballons Massif (Southern Vosges, France): shoshonitic affinity. *Lithos*, 13: 1-10.
- PEARCE, J.A. - 1983 - Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: HAWKESWORTH, C. J. & NORRY, W.J. eds. *Continental basalts and mantle xenoliths*. London, Shiva Publish, p. 230-250.
- PECERILLO, A. & TAYLOR, S.R. - 1976 - Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contr. Mineral. Petrol.*, 58: 63-81.
- REISCHEL, J.L. - 1980 - Mineralizações auríferas associadas ao Completo Granítico de Lavras do Sul. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Camboriú, 1980, *Anais...* Camboriú, SBG, v. 3, p. 1700-1712.
- RIBEIRO, M. & FANTINEL, L.M. - 1978 - Associações petrotectônicas do Escudo Sul-rio-grandense. *Iheringia*, 5: 19-54.
- ROBERTSON, J.F. - 1966 - Revision of the stratigraphy and nomenclature of rock units in the Caçapava-Lavras region, State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Notas e estudos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 1: 41-84.
- ROISENBERG, A.; LOSS, E.L.; ALTAMIRANO, J.A.F.; FERREIRA, A.C. - 1983 - Aspectos petrológicos e geoquímicos do vulcanismo Pré-cambriano-Eo-Paleozóico do Rio Grande do Sul, com base nos elementos maiores. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1, Porto Alegre, 1983, *Anais...* Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 273-285.
- SARTORI, P.L.P. - 1978 - *Petrologia do Complexo Granítico São Sepé, RS*. São Paulo, USP, Tese de Doutorado, 196 p.
- TAUSON, L.V. - 1983 - Geochemistry and metallogeny of the latitic series. *Inter. Geol. Rev.*, 25: 125-135.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - 1980 - *Mapeamento geológico de Lavras do Sul*. Instituto de Geociências - UFRGS, Porto Alegre, relatório inédito.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - 1981 - *Mapeamento geológico das folhas de Torquato Severo e Passo do Tigre*. Porto Alegre. Instituto de Geociências - UFRGS (relatório inédito).
- VENTURELLI, G.; THORPE, R.S.; DAL PIAZ, G.V.; DEL MORO, A.; POTTS, P.J. - 1984 - Petrogenesis of calc-alkaline, shoshonitic and associated ultrapotassic Oligocene volcanic rocks from the Northwestern Alps, Italy. *Contr. Mineral. Petrol.*, 86: 209-220.
- VORMA, A. - 1976 - On the petrochemistry of rapakivi granites with special reference to the Laitila Massif, southwestern Finland. *Bull. Geol. Surv. Finland.*, 285: 1-98.
- WRIGHT, J.B. - 1969 - A simple alkalinity ratio and its applications to questions of non-orogenic granites genesis. *Geol. Mag.*, 106: 370-384.

MANUSCRITO

Recebido em 13 de novembro de 1984

Revisão aceita em 05 de setembro de 1985

Instituições científicas, universitárias ou isoladas constroem-se com cérebros e não com edifícios. Escala de prioridades:
a) Cérebros; b) Cérebros; c) Cérebros; d) Biblioteca; e) Equipamentos; f) Edifícios.

Prof. Zeferino Vaz