

ESTUDOS GEBOTÂNICOS NA REGIÃO DE VAZANTE, MINAS GERAIS, E SUA IMPORTÂNCIA NA PROSPECÇÃO DE NOVOS DEPÓSITOS NO GRUPO BAMBUÍ

Gilberto Amaral *

RESUMO

*Durante trabalhos de campo na região de Vazante para estudo dos depósitos de Zn-Pb-Ag-Cu, o autor notou uma íntima associação entre as áreas de ocorrência de minério oxidado com determinadas espécies vegetais. Um pequeno arbusto (*Gomphrena* sp.) e três gramíneas (*Heteropogon villosus*, *Paspalum trachycoleon* e *Axonopus chrysodactylus*) ocorrem conspicuamente sobre as áreas de minério oxidado. Análises químicas em planta total forneceram respectivamente 8360, 7460, 4152 e 14400 ppm de Zn e traços, 60, 36 e 375 ppm de Pb. O teor em Cu é menor que 6 ppm para todas, mas análises colorimétricas executadas em cinzas forneceram, respectivamente, 40, 100, 70 e 90 ppm. Uma espécie de gramínea (*Panicum* sp.) vulgarmente denominada "barba de bode" é muito comum na zona estéril e suas análises forneceram 1320 ppm de Zn, 60 ppm de Pb e 60 ppm de Cu (cinzas).*

O valor daqueles vegetais como indicadores geobotânicos para minério oxidado de Zn-Pb foi amplamente demonstrado durante os trabalhos de campo e, o que é mais importante, durante missões fotográficas utilizando filme colorido infravermelho executadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em 1972. As espécies acima mencionadas são freqüentes na região do cerrado e os resultados obtidos para a região de Vazante indicam que resultados semelhantes poderão ser obtidos para outros depósitos na região.

ABSTRACT

*During field work at the Vazante Zn-Pb-Ag-Cu deposits it was noted a close relationship between oxidized ore and certain plant specimens: a small shrub (*Gomphrena* sp) and three grasses (*Heteropogon villosus*, *Paspalum trachycoleon* and *Axonopus chrysodactylus*). Chemical analyses on leaves plus stem yielded respectively 8360, 7460, 4152 and 14400 ppm of Zn and traces, 60, 36 and 375 ppm of Pb. The Cu content was less than 6 ppm for all specimens. However in ashes the analyses yielded respectively 40, 100, 70 and 90 ppm. Another grass (*Panicum* sp) is very common in the barren zone and chemical analyses yielded 1320 ppm Zn, 60 ppm Pb and 60 ppm Cu (ashes). The value of those plant specimens as geobotanical indicators for oxidized Zn-Pb ore was clearly demonstrated during field work and, what is more important, during aerial photographic missions using color infra-red film carried out by the Brazilian Institute for Space Research. As the above mentioned species are very common and widespread in central Brazil we strongly suggest that further research, specially in the remote sensing area, should be carried out for search of new deposits.*

INTRODUÇÃO

A associação de vegetais com o minério oxidado de Vazante já havia sido notada anteriormente (Sociedade Excursionista e Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas de Ouro Preto, 1959). No decorrer de trabalhos de campo que o autor desenvolveu no período 1965 a 1968 foi constatado que diversas espécies vegetais se associam ao minério oxidado tendo esse fato sido usado para o mapeamento dos mesmos. Isso motivou o autor a desenvolver um estudo mais detalhado dessa associação com vistas a determinar sua utilidade para a prospecção de novos depósitos. A foto da figura 1 mostra a nítida distinção entre zona mineralizada e zona estéril, marcada por profunda modificação na fitofisionomia.

* Instituto de Geociências — USP

Vazante, sede do município de mesmo nome, está localizada na porção WNW do Estado de Minas Gerais, a aproximadamente 46° 47' W e 17° 59' S. O acesso é feito por duas estradas de terra, ambas com cerca de 120 km de extensão, que ligam Vazante a Paracatu ao norte e a Patos de Minas ao sul. Os depósitos de minério estão distribuídos ao longo de um conjunto de elevações, alinhadas segundo NE, denominadas de SW para NE: M^o da Lapa Nova, Serra do Poço Verde, Serra do Sucuri, Serra do Ouro Podre e M^o das Minas. O Morro da Lapa Nova está situado a cerca de 2 km a leste de Vazante.

Agradecimentos: Somos gratos ao Dr. João Rodrigues de Mattos, do Instituto de Botânica de São Paulo, pela identificação das espécies vegetais; ao colega Prof. Dr. Eduardo Camilher Damasceno pelas análises colorimétricas e ao Instituto de Pesquisas Espaciais pelas facilidades concedidas para o desenvolvimento de pesquisas por sensoriamento remoto.

Os trabalhos de campo foram realizados com auxílio concedido pela FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO.

ASPECTOS GEOLÓGICOS E FISIOGRAFICOS

A geologia da região de Vazante foi descrita por BRANCO (1962), CARVALHO et al. (1962) e por AMARAL (1968).

Os depósitos de minério estão encaixados em calcários com intercalações de folhelhos (ar-dósias) possivelmente pertencentes à Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí, de idade Pré-Cambriana Superior. Essas rochas apresentam-se pouco ou nada metamorizadas. Junto à zonas mineralizada os calcários apresentam-se dolomitizados e/ou silicificados. A Formação Sete Lagoas constitui o soalho de uma depressão limitada a NW e SE por rochas pelíticas possivelmente da Formação Serra de Santa Helena do Grupo Bambuí. Essas rochas apresentam-se fortemente deformadas devido à sua menor competência e afastando-se de Vazante para NW o metamorfismo aumenta, manifestado pelo desenvolvimento de filitos. Essas deformações estão associadas ao desenvolvimento da Faixa de Dobramentos Brasília cujo clímax ocorreu a aproximadamente 500 m.a.

Os contatos entre a Formação Sete Lagoas e a Formação Serra de Santa Helena são claramente tectônicos, exercidos por falhas normais e inversas de alto ângulo. A mineralização hipógena está encaixada numa zona de falha, de direção NE, aproximadamente paralela às falhas acima mencionadas.

A depressão ocupada pela Formação Sete Lagoas tem seu fundo a uma cota aproximada de 630 m, do qual ressaltam-se as serras mineralizadas. Estas, apresentam uma linha de crista a uma altitude média da ordem de 740 m.

A região de Vazante está incluída na região do cerrado. Todavia, a associação vegetal típica somente se manifesta nas áreas calcárias onde o solo é do tipo "terra rossa". Nas áreas ocupadas por rochas pelíticas o solo é bastante pobre permitindo apenas o desenvolvimento de vegetação de pequeno porte, principalmente gramíneas. A vegetação típica do cerrado, nessas áreas, aparece sob a forma de matas galeria, ao longo dos principais cursos d'água.

AMOSTRAGEM E MÉTODOS ANALÍTICOS

As amostras de vegetais foram coletadas em julho de 1967, na estação seca. Conseguiu-se identificar, associadas ao minério oxidado, quatro espécies vegetais: um pequeno arbusto (*Gomphrena* sp) e três gramíneas (*Heteropogon villosus*, *Paspalum trachycoleon* e *Axonopus chrysodactylus*). Coletamos ainda, exemplares de uma gramínea muito comum na zona estéril (*Panicum* sp).

As amostras coletadas foram cuidadosamente lavadas em água destilada de modo a remover quaisquer partículas de pó, que poderiam introduzir erros nas análises. A seguir, as amostras foram deixadas para secar ao ar.

Para a análise de cobre em cinzas, cerca de 30 g de vegetal (caule e folhas) foram calcinados durante 8 horas a 400°C. A cinza resultante foi pesada e diluída para 20 ml em solução de HCl 1:1. Uma alíquota dessa solução foi tratada com solução complexante e, posteriormente por solução tampão de cobre (biquinolina em álcool iso-amílico). A solução colorida resultante foi comparada com padrões através de espectrofotocolorímetro.

Para a análise de Zn, Pb e Cu em planta total, cerca de 1 g de vegetal seco foi tratada com uma solução de 20 ml de H₂SO₄, 20 ml de HNO₃ e 10 ml de HClO₄, todos concentrados. Essa operação foi efetuada em frascos Erlenmeyer de 150 ml, com aquecimento em banho-maria a 80°C por duas horas. Após a completa digestão do vegetal a solução foi diluída a 100 ml. O Zn e o Cu foram dosados por espectrofotometria de absorção atômica comparando-se as soluções obtidas com padrões previamente preparados e corrigindo-se as medidas para contaminação pelos reagentes pelo método da amostra em branco. O chumbo foi dosado por colorimetria usando-se extração com dietiona. A tabela I mostra o resultado das análises.

TABELA I

Vegetal	ppm Zn	ppm Pb	ppm Cu	ppm Cu (cinzas)
<i>Panicum sp.</i>	1.320	60	menor que 6	45
<i>Paspalum trachycoleon</i>	4.152	36	menor que 6	70
<i>Heteropogon villosus</i>	7.460	60	menor que 6	100
<i>Gomphrena sp.</i>	8.360	traços	menor que 6	40
<i>Axonopus chrysodactus</i>	14.400	375	menor que 6	90

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A utilização de indicadores geobotânicos para a localização de depósitos minerais foi iniciada já no século XV. Referências a associações entre certas espécies vegetais e determinados depósitos minerais são abundantes na literatura (ROBINSON et al., 1947, HARBAUCH, 1950, CANNON, 1960, HAWKES e WEBB, 1962, COLE et al, 1968, dentre muitos outros). A associação de *Viola calaminaria* e *Thlaspi alpestre* variedade *calaminaria* com minerais de zinco, foi usada no século passado para a descoberta de diversos depósitos na Europa, sendo que as folhas de *Thlaspi alpestre* podem conter até 12.000 ppm de Zn. É interessante notar que COLE et al. (1968) mencionam e discutem a associação de plantas do gênero *Gomphrena* com depósitos de zinco no norte da Austrália.

O mapeamento que executamos na região de Vazante demonstrou a constância da associação entre os vegetais acima mencionados e zonas de minério oxidado. Esses vegetais crescem preferencialmente em áreas desprovidas de árvores, onde possam receber maior insolação. Isto foi comprovado numa pequena mancha de minério que ocorre em área bastante arborizada e na qual não conseguimos identificar nenhuma daquelas espécies. A associação entre vegetais e zonas mineralizadas é decorrente da ação de vários fatores, dos quais dois são os mais importantes:

- 1) Maior afinidade do vegetal com um ou mais elementos químicos presentes no depósito;
- 2) Maior resistência às condições químicas do solo (toxicidade, pH, etc.).

Em Vazante, a porção superficial da zona de minério apresenta pH alcalino favorecendo a formação de hidrozincita, estável apenas em pH maior que 8,5 (TAKAHASHI, 1960). Segundo HAWKES e WEBB (1962) a absorção de cátions através das raízes é favorecida por um pH ácido do solo. Assim, no caso de Vazante, a absorção de cátions deveria ser inibida pela alcalinidade do solo. Entretanto, os resultados das análises químicas (v. Tabela I) mostram que os vegetais apresentam concentrações anômalas em zinco (e, em menor escala, de chumbo), se compararmos com os dados de ROBINSON et al. (1947) e CANNON (1960), sugerindo uma certa afinidade entre os vegetais e aqueles elementos. Isto é notavelmente mostrado pela *Gomphrena* que em poucas semanas se desenvolve sobre montes de minério extraídos das frentes de lavra e empilhados em locais afastados (v. fig. 2). O *Heteropogon villosus* também apresenta grande afinidade com a zona mineralizada, delimitando seus contornos de maneira claramente visível. Estas duas espécies são as mais abundantes, muito embora o *Axonopus chrysodactus* apresente os teores mais elevados em zinco e chumbo.

CHEN (1975) ao apresentar os resultados preliminares de estudo geobotânico mais detalhado menciona a ocorrência de drusas de oxalato de cálcio no mesófilo da *Gomphrena* e novas análises químicas forneceram teores de 21.670 ppm de Zn e 969 ppm de Pb para esta espécie. Essa autora descreve uma série de modificações que os vegetais da zona mineralizada apresentam com relação aos da zona estéril. São eles: mesófilo mais solto; maiores espaços intra-celulares; maior quantidade de fibras nos caules; folhas menores; parênquima com menos cloroplastos (clorose).

Com seu envolvimento, em princípios de 1971, nos programas de sensoriamento remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o autor propôs um projeto de pesquisa para investigar a aplicabilidade de técnicas de sensoriamento remoto à prospecção de depósitos do tipo Vazante. Tal

proposta foi fundamentada no fato de que os vegetais têm sua refletividade na região do infravermelho afetada quando submetidos a alterações metabólicas. Com base nisso, uma missão aerofotográfica foi executada em julho de 1972 com o objetivo principal de testar o comportamento da vegetação da zona mineralizada através de fotografias coloridas infravermelhas. O autor participou dessa missão como fotógrafo operando quatro câmeras Hasselblad com as seguintes combinações de filtros e filmes:

Câmera 1 — Filme Panatomic —X Aerial e filtro verde;

Câmera 2 — Filme Panatomic —X Aerial e filtro vermelho;

Câmera 3 — Filme Ektachrome MS Aerographic e filtro anti-haze;

Câmera 4 — Filme Aerochrome Infrared e filtro laranja.

Os vôos foram executados em quatro alturas de maneira a serem obtidas fotos em escalas 1:90.000; 1:60.000; 1:30.000 e 1:15.000, com a finalidade de se definir qual a escala mais adequada para futuras missões. Devido a problemas de estabilidade o filme colorido infravermelho em escala 1:90.000 não pode ser utilizado. Entretanto, as fotografias nas demais escalas mostraram claramente a zona mineralizada em contraposição às zonas estéreis, estas com coloração esverdeada e



Figura 1

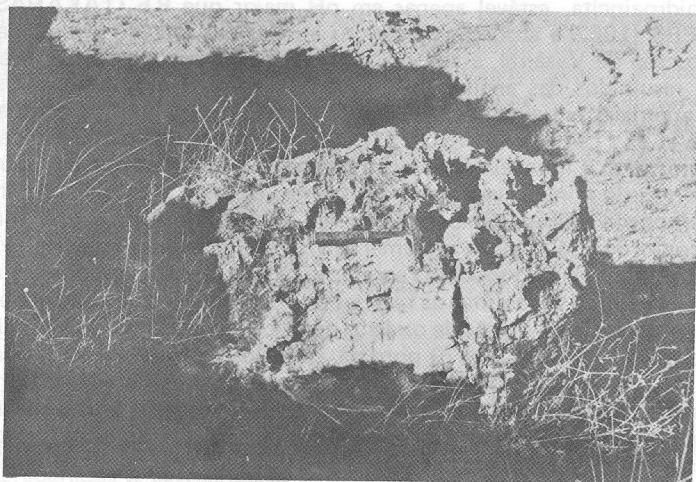


Figura 2

aquela com coloração azulada. CARRARO (1972) desenvolveu um detalhado estudo dessas fotografias que incluiu medidas colorimétricas e controle de campo. Suas principais conclusões foram:

- 1) A quase totalidade das anomalias detetadas por fotointerpretação corresponderam a zonas mineralizadas no terreno;
- 2) A maior parte das anomalias é devida à distribuição do *Heteropogon villosus*;
- 3) Medidas quantitativas de cor nas transparências permitem separação entre zona mineralizada e estéril apenas nas escalas maiores que 1:30.000, devido a problemas com espalhamento atmosférico;
- 4) A separação entre zona mineralizada e estéril somente foi possível utilizando-se o filme colorido infravermelho, não havendo contrastes sensíveis nas demais fotos.

O sucesso desse projeto motivou o INPE a prosseguir nos estudos a fim de melhor definir as faixas espectrais de interesse, as escalas de voo e suas potencialidades para a localização de novos depósitos na faixa Vazante-Paracatu. Estes estudos estão sendo feitos em conjunção com análises de imagens dos satélites LANDSAT 1 e 2.

De modo a testar a aplicabilidade dos resultados obtidos a nível de aeronave para níveis orbitais o autor teve acesso às fotografias tomadas em 1973 pelo laboratório espacial SKYLAB. Foi utilizada a foto SL-3 21-297, colorida infravermelha, obtida em 5 de agosto de 1973, em escala aproximada 1:2 860 000. Esta foto mostra a região de Vazante quase sem cobertura de nuvens, permitindo sua análise. Ampliações dessa foto, efetuadas em lupa, até os limites onde a granulação do filme era perceptível não permitiram a identificação das zonas mineralizadas. Desta maneira, a utilização de imagens orbitais para a localização de depósitos do tipo e porte de Vazante ainda está sujeita a limitações tecnológicas.

CONCLUSÕES

As principais conclusões do presente trabalho podem ser assim sumarizadas:

- 1) Existem uma íntima e nítida associação entre os depósitos de minério oxidado da região de Vazante e quatro espécies vegetais;
- 2) Esses vegetais exibem modificações estruturais além de encerrar teores anômalos de Zn e Pb;
- 3) Por utilização de fotografias coloridas infravermelhas foi possível a separação entre zonas mineralizadas e estéreis em escalas até 1:30 000;
- 4) Limitações de resolução impedem a utilização de imagens orbitais para a localização direta de depósitos do tipo e porte de Vazante.

BIBLIOGRAFIA

- AMARAL, G. — 1968 — Contribuição ao conhecimento dos depósitos de Zn-Pb-Cu-Ag da Serra do Poço Verde, Vazante, Estado de Minas Gerais. Anais XXII Congr. Bras. Geol.: 14-31.
- BRANCO, J.J.R. — 1962 — Principais ocorrências de zinco em Minas Gerais. II Semana de Estudos SICEG — Aluminio e Zinco. Publicação nº 2: 149-184.
- CANNON, H.L. — 1960 — Botanical prospecting for ore deposits. Science, 132 (3427): 591-598.
- CARRARO, C.C. — 1972 — Reconhecimento de rocha mineralizada de Vazante nas transparências falsa cor. Inst. Nac. Pesq. Espaciais Rel. INPE-282-RI-72: 28 pp.
- CARVALHO, P.F.; DEQUECH, D. e Guimarães, D. — 1962 — Jazida plumbo-zinífera do Município de Vazante, Minas Gerais. DNPM-DFPM Bol. (110): 147 pp.
- CHEN, SCHERRY C. — 1975 — A preliminary report on the geobotanical geochemical survey of the Vazante area — Minas Gerais — Brazil. Relatório INPE-765-NTE/032: 37 pp.
- COLE, M.M.; Provan, D.M.J. and Tooms, J.S. — 1968 — Geobotany, biogeochemistry and geochemistry in mineral exploration in the Bulman-Wemuna Springs area, Northern Territory, Australia. Trans. Sec. B. Inst., Min. Met. 77: B81-104.
- HARBAUGH, J.W. — 1950 — Biogeochemical investigations in the Tri-State district. Econ. Geol. 45 (6): 548-567.
- HAWKES, H.E. and WEBB, J.S. — 1962 — Geochemistry in mineral exploration. Harper & Row, N. York, 415 pp.
- ROBINSON, W.O.; LAKIN, H.W. and REICHEN, L.E. — 1947 — The zinc content of plants on the Friedensville zinc slime ponds in relation to biogeochemical prospecting. Econ. Geol. 42 (6): 572-582.
- SOC. ESCUR. ESPEL. ALUNOS DA E.M.O.P. — 1959 — Gruta da Lapa Nova, Vazante. Revista EMOP, 21 (5): 246-249.
- TAKAHASHI, T. — 1960 — Supergene alteration of zinc and lead deposits in limestone. Econ. Geol. 55 (6): 1083-1115.

EXPLICAÇÃO DAS FIGURAS

Figura 1 — Diferença entre a vegetação da zona mineralizada à direita e a da zona estéril. Nesta predominam graminhas do gênero *Panicum* e naquela da espécie *Heteropogon villosus*. Serra do Poço Verde, Alto do Cedro.

Figura 2 — Associação entre *Gomphrena* sp. e bloco de minério oxidado. Serra do Poço Verde, Alto da Lumiadeira.