Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Aspectos fitoecológicos e fitogeoquímicos na prospecção biogeoquímica

Maria do Carmo Lima e Cunha

Pesquisas em Geociências, 17 (17): 122-140, jan./abr., 1985.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21694>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos **UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan./abr., 1985.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

ASPECTOS FITOECOLÓGICOS E FITOGEOQUÍMICOS
NA PROSPECÇÃO BIOGEOQUÍMICA *

MARIA DO CARMO LIMA E CUNHA **

SINOPSE

Algumas sugestões para a aplicação do método de prospecção biogeoquímica são apresentadas e discutidas através de: (1) aspectos fitoecológicos e fitogeoquímicos da cobertura vegetal que caracteriza os solos de áreas mineralizadas; (2) parâmetros fitogeoquímicos específicos como: critérios de amostragem, seleção do órgão vegetal como amostra mais representativa, influência do pH na absorção dos elementos pela planta e utilização de métodos estatísticos adequados para a interpretação de anomalias biogeoquímicas. Além disso, são demonstrados e discutidos os resultados de um exemplo concreto das variações observadas em perfis biogeoquímicos quando comparados com os geoquímicos de solos, onde a vegetação mostra, tal como o solo, a presença de anomalias geoquímicas.

ABSTRACT

Some suggestions about the application of the biogeochemical exploration method are presented and discussed through: (1) phytoecological and phytochemical aspects of the vegetal cover which characterize anomalous soils; (2) specific phytochemical parameters like sampling media, the most representative organ, the pH influence in the absorption of elements by the plants and the employment of suitable statistical methods in order to determine the biogeochemical anomalies. Moreover, an example of a case history showing the variations observed between biogeochemical and pedogeochemical profiles are presented where the vegetation as well as the soil reveal the presence of geochemical anomalies.

INTRODUÇÃO

Com o objetivo de divulgar mais amplamente o uso da cobertura vegetal como guia indicativo de ocorrências minerais, são aqui expostos alguns aspectos que devem ser considerados quando utilizado o método geobotânico-biogeoquímico na prospecção mineral, visando sua otimização e aplicação onde outros métodos, como o de prospecção litogeoquímica e/ou pedogeoquímica não podem ser empregados por diferentes razões.

* – Pesquisa realizada com auxílio da FINEP.
** – Pesquisadora do CNPq
– Trabalho recebido para publicação em 25 de outubro de 1984.

Pesquisas	Porto Alegre	n.17	p.122-140	1985
-----------	--------------	------	-----------	------

PARTICULARIDADES DA COBERTURA VEGETAL EM SOLO DE ÁREAS MINERALIZADAS

1. Aspectos Fitoecológicos

Uma assembléia vegetal que ocorre em uma determinada região tem seu desenvolvimento condicionado à qualidade nutritiva, textura, pH, circulação de água e outros fatores, tanto internos como externos ao solo desta região.

Diferentes espécies vegetais variam não só em suas exigências nutricionais, quanto também variam, de espécie para espécie, os graus de tolerância em relação a concentração de elementos nos solos. Em geral, em solos de áreas mineralizadas as plantas pouco tolerantes não sobrevivem, gerando assim uma dominância dos tipos tolerantes, que passam a não encontrar competição por parte de outras espécies.

Este fenômeno de discriminação de vegetais, favorecido pelas características do solo, são bem visíveis em determinadas áreas cupríferas do Rio Grande do Sul (Lima e Cunha, 1980, 1982), onde representantes do gênero *Schinus* ("aroeiras") se apresentam em capões isolados, formando comunidades abertas e não estratificadas. De acordo com Antonovics *et alii* (1971), esta é uma particularidade comum a áreas mineralizadas, com plantas exibindo um comportamento arbustivo, prostrado e aparentemente adaptadas às condições de não proteção. Tais características, contudo, nem sempre são devidas a mecanismos de tolerância a teores excessivos de determinados elementos e sim a uma seleção independente que resulta ou de uma adaptação climática ou de um déficit de nutrientes essenciais no habitat.

Ao tecer considerações sobre a ecologia de espécies de Labiadas, em solos de áreas mineralizadas a Cobre, na África Central, Howard-Williams (1970) observou que as variações morfológicas encontradas nas folhas dos vegetais são devidas ao teor de Cobre no solo: naqueles com teores acima de 3.000ppm, as folhas são visivelmente mais finas e mais longas que aquelas dos vegetais ocorrentes em solos com teores inferiores a 1.000ppm. Ainda que este fenômeno tenha sido constatado no campo, experiências de laboratório não trouxeram o mesmo resultado, o que levou o autor a concluir que a diferenciação natural é, provavelmente, decorrente de microclimas condicionados pelas áreas mineralizadas.

A presença de caracteres, tais como a tolerância para baixos teores de macronutrientes, também pode, conforme Antonovics *et alii* (1971), pré-adaptar certas espécies a colonizarem áreas tóxicas, surgindo conseqüentemente, um tipo tolerante não propriamente à toxicidade mas sim decorrente de uma adaptação ao meio adverso.

É possível também que o desenvolvimento de tipos tolerantes a condições adversas seja devido a um processo peculiar a muitos vegetais conhecido como "mecanismo de exclusão" (Brooks, 1972), que impede a entrada excessiva de certos elementos em seus tecidos. Conseqüentemente, seria o poder deste mecanismo que permitiria que alguns vegetais habitassem solos geoquimicamente anômalos, onde outros, sem esta característica, não sobreviveriam.

Para Howard-Williams (1970) os solos de áreas anômalas causam mudanças

bruscas nos componentes edáficos do meio e, conseqüentemente, a vegetação será notadamente distinta daquela circundante, o mesmo acontecendo com o microclima de tais áreas. Argumenta que estes solos tendem a reduzir o porte da vegetação e a originar comunidades abertas. Como conseqüência, mudanças climáticas ocorrerão: a penetração da luz será mais intensa, como também a evaporação, temperatura e retenção de calor. Em decorrência, os solos sofrerão um processo erosivo mais acentuado e a perda de água será maior.

Essa nova feição dá às plantas em geral, e mais notadamente em algumas espécies, feições xeromórficas. Logo, os vegetais que se desenvolvem sobre solos geoquimicamente anômalos podem estar sujeitos não somente aos efeitos tóxicos destes solos, como também às adaptações morfológicas e fisiológicas causadas por alterações climáticas.

Não há dúvida de que as mudanças de clima podem causar o confinamento de algumas populações vegetais, que lhes possibilitam sobreviver em ambientes adversos impedindo, ao mesmo tempo, a sua expansão por redução de sua capacidade competitiva.

É provável portanto que, ecologicamente, os representantes do gênero *Schinus*, de ocorrência dominante nos diversos distritos cupríferos do Rio Grande do Sul (Lisboa, 1976; Porto, 1981) estejam condicionados mais propriamente a um microclima do que diretamente dependentes da presença de Cobre nos solos destas áreas. Entretanto, com base no comportamento, distribuição e densidade dos espécimens, sejam estes fatores decorrentes de uma adaptação climática ou de tolerância a ambientes adversos e a solos tóxicos, pode-se considerar que as aroeiras formam um ecótipo distinto, que as torna guias indicadores na prospecção mineral, uma vez que traduzem nitidamente um caráter concentrador derivado de sua tolerância a toxicidade dos solos, somado ao seu poder de adaptação a ambientes adversos (Lima e Cunha, 1982).

2. Aspectos Fitogeoquímicos

Frente as inúmeras variáveis que afetam a inter-relação planta-solo, é sempre desejável e aconselhável que um estudo prévio de orientação seja feito, onde não só a geologia da área alvo e o tipo de depósito precisam ser levados em conta, mas, fundamentalmente, sejam escolhidos e avaliados os critérios de seleção do tipo de planta, do padrão de amostragem e dos métodos de coleta, lembrando sempre que as pesquisas desta natureza dependem da área, do tipo de depósito mineral e dos objetivos específicos do trabalho.

Dentre vários fatores, aqueles mais intrínsecos ao vegetal devem ser considerados, tais como a especificidade da planta, a profundidade do sistema radicular, a idade e o tipo de órgão, quando da amostragem.

Entretanto, alguns autores destacam um, dentre os diferentes fatores como sendo o mais importante. Assim:

Marmo (1958) acredita que árvores e arbustos devem ser preferidos em função, principalmente, do sistema radicular. Raízes mais longas atingem com mais facilidade o nível freático, cuja circulação, muito maior que a da água capilar, permite a lixiviação dos minerais das mineralizações ou a dissolução dos sais depositados secundariamente nos interstícios do solo. Dessa maneira, as raízes atuam como efi-

cientes amostradores especialmente em áreas de solo pouco desenvolvido ou indiferenciado.

Brooks (1972), por sua vez, crê que quanto menor e mais primitiva for a planta, maior será o coeficiente de enriquecimento de um elemento em particular, porque o acúmulo deste está em função da distância entre raiz e parte aérea. Assim, árvores de grande porte, cuja distância entre raízes e ramos é considerável, teriam uma concentração inferior quando comparadas com aquela de arbustos onde o intervalo raiz-folha é mínimo.

Hawkes (1957) considera o tipo de órgão amostrado, o fator essencial, ao invés do tipo de planta. Isto parece se relacionar com o fato de que o conteúdo dos elementos em diferentes órgãos de uma planta pode ser amplamente variado em função dos processos vitais da mesma.

Autores como Cannon (1952, 1960) e Ginzburg (1960) concordam que, independente do tipo de planta, as partes aéreas, em especial as folhas e os ramos, devem ser preferencialmente amostradas, não só pela facilidade que oferecem para a coleta mas também por apresentarem melhor uniformidade de distribuição dos resultados da análise de suas cinzas.

Para Malyuga (1964) as partes de crescimento ativo, como folhas e ramos novos, apresentam maiores concentrações de elementos. Contudo, argumenta o autor que o emprego de diferentes órgãos dependerá do caráter de distribuição do elemento no vegetal. Por exemplo, nas plantas herbáceas, o acúmulo de Ni, Co, Cu, Mo, Zn e Pb, entre outros, é maior nos ramos e nas folhas; já o Urânio, em musgos, se acumula mais em suas partes subterrâneas, enquanto o Chumbo se concentra em maior quantidade nos bulbos de certos vegetais.

Em função do que acima foi exposto é desaconselhável o estabelecimento de uma metodologia rígida, uma vez que as condições de trabalho variam de área para área.

CONSIDERAÇÕES SOBRE PARÂMETROS FITOGEOQUÍMICOS ESPECÍFICOS

1. Amostragem

Visando uma uniformização na sistemática de trabalho, uma padronização na amostragem pode ser feita por meio de alguns critérios, tais como:

a) critério da malha — nas áreas densamente cobertas pela espécie a ser amostrada, a malha pode ser geométrica, em escala não inferior a 1:50.000, com tamanho de 1 a 5 km² e o intervalo entre as estações de amostragem não superior a 200 metros.

b) critério de abundância e uniformidade de distribuição da espécie escolhida — se possível amostrar todas as estações da malha pré-estabelecida no sentido de que os resultados obtidos pelas amostras vegetais viabilizem a interpretação de no mínimo 80% da área visada, permitindo assim uma cobertura estatística adequada.

c) critério da distância — quando se pretende que os resultados da análise biogeoquímica sejam comparados com os dados de geoquímica de solos, as esta-

ções de amostragem de vegetais, preferencialmente não devem se distanciar mais do que 5 metros daquelas de solos (Mayuga, 1964). Contudo, o caráter abrangente, em termos de superfície, das raízes, permite uma distância maior (em torno de 15 metros) entre as estações acima referidas.

d) critérios da permissibilidade das espécies — admitindo-se que espécies diferentes, quando sobre áreas mineralizadas, podem concentrar elementos de maneira similar (Hawkes, 1957), é admissível a substituição de uma por outra quando da ausência da espécie escolhida, para se evitar estações não amostradas.

e) critério da seletividade orgânica — independente do caráter de distribuição do elemento no vegetal, a preferência deve ser dada às partes aéreas dos vegetais, pela facilidade que oferecem para a coleta e pela distribuição mais uniforme dos resultados da análise química das cinzas, especialmente das folhas.

f) critério da idade — este critério é de difícil estabelecimento na prática, em vista de que, em uma associação vegetal, os indivíduos são de diferentes faixas etárias. Para suprir-se tal dificuldade, deve-se tomar o cuidado de amostrar indivíduos de porte semelhante, padronizando-se o corte dos ramos e escolhendo-se sempre aqueles com diâmetros semelhantes.

2. Variação de Concentração entre Folha e Ramo

Muito embora comparações feitas sobre as concentrações dos elementos analisados nos diferentes órgãos da mesma planta, botanicamente não sejam muito corretas, uma vez que se desconhece a idade precisa do vegetal, sob o ponto de vista de prospecção mineral, relações desta natureza são válidas porque mostram que parte ou partes são mais apropriadas para este objetivo.

Em se tratando de elementos metálicos, existe um conceito generalizado de que as folhas contêm maiores concentrações do que os ramos (Siegel, 1974). Já Brooks (1972), ao estudar plantas nativas da Nova Zelândia, encontrou pequenas diferenças de concentração de Cu, Ni, Zn e ainda de Mo e U, entre folhas e ramos.

Cabe portanto, ao pesquisador, através de experiências, selecionar o órgão mais apropriado para a análise dos elementos.

Comparando-se os valores absolutos encontrados nas cinzas de folhas e ramos (Tab. I) de *Schinus lentiscifolius* e *Schinus dependens*, ambas espécies de aroeiras que ocorrem em área mineralizada a Cobre na região de Caçapava-Bagé, RS, percebe-se que tanto para o Cobre como para o Níquel, a média é mais alta para os ramos nas duas espécies e, para o Vanádio, a concentração dos teores é um pouco maior nas folhas. Contudo, quando correlacionadas estas variáveis, se observa que ambas as espécies concentram os elementos em questão, de maneira similar, conforme pode-se ver na tabela II, em que as correlações mais significativas ocorrem em *S. lentiscifolius*. Os diagramas de dispersão das figuras 1, 2 e 3 também evidenciam a relação entre folhas e ramos, nesta espécie.

De acordo com Brooks (*op. cit.*), altas concentrações de um elemento em um órgão em particular, não necessariamente implicam em que este seja a melhor parte a ser amostrada. É preferível aquele órgão cujos teores, embora mais baixos, mostrem uma variação de valores que se correlacionem significativamente com a quantidade existente no solo.

Em vista disto, no caso acima exemplificando, deve ser dada preferência às folhas de *S. lentiscifolius* para a caracterização das anomalias fitogeoquímicas. Isto porque, especificamente para o Cobre, na região acima citada, os valores das cinzas das folhas desta espécie, mostram uma variabilidade proporcional àquela dos solos da área. Junto ou próximo aos locais onde os teores de Cobre do solo definem o “background”, a variação de concentração na planta é pequena. Já nos locais associados à mineralização, esta variação aumenta consideravelmente, possibilitando assim, uma identificação mais precisa das anomalias correspondentes (Lima e Cunha, 1982).

TABELA I — Parâmetros Estatísticos das Concentrações dos Elementos em Cinzas de Vegetais — Fazenda Santa Ivone, município de Bagé, RS.

Elemento (ppm)	Espécie	<i>S. lentiscifolius</i>		<i>S. dependens</i>	
	Parâmetro/Órgão	Folha	Ramo	Folha	Ramo
Cu	n =	84	84	55	55
	$\bar{x}$ =	111	235	118	345
	S =	60	120	57	154
	C =	0,54	0,51	0,48	0,45
Ni	n =	54	54	35	35
	$\bar{x}$ =	40	201	29	103
	S =	66	764	30	228
	C =	1,65	3,80	1,03	2,21
V	n =	39	39	27	27
	$\bar{x}$ =	33	19	30	26
	S =	32	14	15	15
	C =	0,97	0,74	0,50	0,58

$\bar{x}$ = média aritmética; S = desvio padrão; C = coeficiente de variação

TABELA II — Coeficientes de Correlação Ordinal entre Folha e Ramo.

Espécie	Elemento	Cu	Ni	V
<i>S.lentiscifolius</i>	$r_s =$	0,30	0,50	0,33
	$r_{s\text{ crit.}} =$	0,18	0,21	0,26
	$n =$	84	54	39
<i>S.dependens</i>	$r_s =$	0,24	0,28	0,32
	$r_{s\text{ crit.}} =$	0,22	0,28	0,32
	$n =$	55	35	27

r_s = coeficiente de correlação de Spearman

3. A Influência do pH do Solo na Absorção dos Elementos pelas Plantas

Dentre as inúmeras variáveis que afetam o mecanismo de absorção dos elementos pelas plantas, o pH é considerado como um fator importante.

Mudanças bruscas no pH podem afetar a disponibilidade dos elementos de maneira significativa, porque estes, dependendo dos níveis de acidez ou alcalinidade do meio, podem ser precipitados, sorvidos ou solubilizados.

Experiências feitas sobre a influência do pH na absorção de Ni, Cu, Zn e Mo (Brooks, 1972), revelaram que estes elementos, entre outros, têm o seu comportamento alterado mesmo quando sob mudanças não muito bruscas de pH. Entretanto, as pesquisas de Timperley *et alii* (1970a) em que os valores de pH foram correlacionados com a capacidade de absorção de Cu, Ni e Zn, por espécies nativas da Nova Zelândia, não mostraram uma dependência direta com esta variável, com exceção do Níquel, cujo acúmulo, em uma determinada espécie, decrescia a medida que o pH aumentava.

Um teste feito na área da Fazenda Santa Ivone, município de Bagé, RS, relativo ao grau de influência do pH dos solos da área (valores entre 4,6 a 7,1, Nardi, 1978) sobre a absorção do Cobre pela espécie *S. lentiscifolius*, revelou uma leve mas progressiva absorção do Cobre por esta planta a medida que os níveis de pH aumentam até o valor de 5,4, aproximadamente. Quando o pH passa a ser menos ácido, a absorção decresce de maneira bastante sensível (Fig. 4).

A correlação negativa (Fig. 5), a partir do pH 5,5, indica que o elemento está sendo imobilizado e, conseqüentemente, não disponível à planta, fato este corroborado pelas considerações feitas por Nardi (*op. cit.*) quando sugere que os teores mais elevados de Cobre nos solos da área acima mencionada, ocorrem em pH um pouco mais alto, atestando que o elemento é efetivamente sorvido com mais facilidade em ambientes menos ácidos.

A conclusão de que absorção do Cobre por *S. lentiscifolius* é favorecida quando o pH do meio é mais ácido e que este processo decresce a medida que o pH se torna menos ácido, permite reforçar a idéia de que a espécie acima pertence a um tipo de vegetal tolerante a determinadas concentrações de Cobre no solo, uma vez

que a sua capacidade de absorção aumenta quando igualmente aumenta a disponibilidade do elemento. Este fato vem de encontro às afirmativas de Rose *et alii* (1979) de que a disponibilidade de um elemento para a planta é estritamente relacionada com a sua mobilidade na superfície do ambiente.

4. Determinação do "Background" e do Limiar na Biogeoquímica

Um método convencional utilizado em prospecção geoquímica para a determinação do "background" e do limiar, é o de Hawkes e Webb (1962), em que o "background" é considerado como sendo uma gama de valores em torno da média aritmética e os valores anômalos como aqueles posicionados acima do limite superior do "background". Esse, chamado de limiar, é geralmente obtido pela adição de duas vezes o desvio padrão à média aritmética dos teores. Contudo, Sinclair (1976) crê que este procedimento muitas vezes traz resultados arbitrários, principalmente quando há mistura de populações, onde os valores de "background" mais elevados podem recobrir os valores anômalos da população de "background" mais baixo, prejudicando assim, o reconhecimento das anomalias.

Em função disto, a plotagem dos dados em curvas acumulativas é um método gráfico efetivo para a determinação destes parâmetros, e que permite não só identificar o tipo de distribuição, como também distinguir as diferentes populações.

Muito embora Sinclair (1974) chame a atenção para o fato de que a construção de gráficos de probabilidade exija em torno de 100 valores, este mesmo autor, em 1976, comprova em seu trabalho que a utilização das curvas de frequência acumulada é eficaz, mesmo quando empregados cerca de 70 valores. Portanto, sempre que possível, a adoção do método gráfico para a seleção de "background" e limiar deve ser preferida, posto que, embora este também tenha suas limitações, não é tão arbitrário quanto aqueles tradicionalmente empregados em prospecção mineral.

Como exemplo, tem-se na figura 6, a construção da curva de frequência acumulada dos dados de palnta, feita em papel de probabilidade aritmética, em função do padrão aproximadamente normal da distribuição dos teores de "background".

A leitura da curva permite identificar as anomalias de 1ª e 2ª ordens, valores correspondentes aos percentis 97,7% e 84%, respectivamente, além daquela dos teores médios, em torno do percentil 50%.

A figura 7 mostra outro exemplo de configuração anômala retratada pela biogeoquímica, em que o padrão de distribuição dos teores de "background" em diferentes litologias, revelou-se aproximadamente log-normal. Neste caso, a construção da curva é feita em papel de probabilidade logarítmica.

RELAÇÕES DE CONTRASTE ENTRE PERFIS BIOGEOQUÍMICOS E GEOQUÍMICOS DE SOLOS

A variação na composição química das partes superiores das plantas, de um modo geral, está relacionada com as variações na composição das soluções que circundam o sistema radicular. Conseqüentemente, uma anomalia biogeoquímica é o

resultado da combinação de anomalias singenética, hidromórfica e biogênica no solo subjacente (Rose *et alii*, 1979). Se a planta está diretamente sobre uma mineralização ou sobre uma anomalia de solo, a anomalia biogeoquímica será também superjacente, porém, nos casos em que as anomalias de solo estiverem deslocadas, a anomalia biogeoquímica igualmente mostrará um deslocamento em relação a mineralização.

As figuras 8 e 9 são exemplos de perfis biogeoquímicos associados aos geoquímicos de solos feitos sobre mineralização de Cobre conhecida (Lima e Cunha, 1982), onde a figura 8 retrata um caso típico de coincidência de anomalias biogeoquímica e pedogeoquímica, associadas a mineralização.

Na figura 9, ainda que o solo tenha seus picos anômalos concordantes com os da planta, observa-se que o contraste dos valores anômalos no vegetal é maior, ressaltando de maneira mais significativa o padrão anômalo, decorrente da presença de mineralização.

A dessemelhança do perfil biogeoquímico na figura 10 pode ou não ser atribuída a fatores não relacionados diretamente com a presença de mineralização, já que a irregularidade das anomalias biogeoquímicas, quando comparadas com aquelas de solos, às vezes resulta de efeitos combinados de muitas variáveis, como condições de drenagem, seletividade de absorção, disponibilidade do elemento, etc., em que somente algumas estão relacionadas com a composição mineral do solo ou da rocha subjacente (Rose *et alii*, 1979). No primeiro caso, comparando-se ambos os perfis da figura 10, é possível que o enriquecimento em Cobre na planta, em relação a ausência de teores significativos no solo, na porção mais a oeste do perfil, provavelmente seja decorrente de uma maior remoção causada pelo efeito topográfico (declividade acentuada de oeste para leste). Este processo atuando sobre superfícies litólicas, impede a adsorção do Cobre pelos agentes sorventes do solo de modo mais efetivo. Paralelamente, a planta, por ser um ser vivo e, conseqüentemente mais ativo que a parte inerte do meio, absorve mais prontamente o elemento em questão, antes deste ser removido ou absorvido pelas partículas do solo. No segundo caso, há a possibilidade de a planta estar revelando concentrações anômalas de Cobre nos sedimentitos, não detectadas pelas prospecção de solos, uma vez que, principalmente sob condições ácidas e oxidantes, a concentração de Cobre tende a exceder a capacidade de sorção do solo, ficando a solução rica neste elemento. A planta, por sua vez, atingindo o nível freático mais facilmente, dadas as cotas mais elevadas, retira das soluções percolantes o Cu^{+2} , prontamente disponível.

CONCLUSÃO

Tendo em vista os diferentes aspectos que afetam ou possibilitam o emprego da vegetação como um subsídio geológico, as pesquisas biogeoquímicas-geobotânicas devem ser divulgadas, através dos seus mais variados resultados, principalmente por ser este campo ainda pouco explorado, particularmente nas condições climáticas tropicais e sub-tropicais. Portanto, à exemplo do que é feito em países como Canadá, Estados Unidos e União Soviética, os métodos de trabalho e as técnicas analíticas utilizadas na biogeoquímica, como indicadores de ocorrências minerais,

necessitam ser constantemente desenvolvidos e avaliados, de maneira a ampliar cada vez mais sua credibilidade e efetividade na prospecção mineral.

BIBLIOGRAFIA

- ANTONOVICS, J.; BRADSHAW, A.D.; TURNER, R.G. 1971. Heavy Metal Tolerance in Plants. *Advancy Ecology Research*, 7: 1-85.
- BROOKS, R.R. 1972. *Geobotany and Biogeochemistry in Mineral Exploration*. New York, Harper & Row Pub., 290p.
- CANNON, H.L. 1952. The effect of Uranium-Vanadium Deposits on the Vegetation of the Colorado Plateau. *American Journal of Science*, New Haven, Conn, 1250: 735-70.
- _____. 1960. Botanical Prospecting for Ore Deposits. *Science*, 132(34-72). 59-97.
- GINZBURG, I.I. 1960. Principles of Geochemical Prospecting. *Geological Survey Bulletin*, Washington, 1000-F: 1-355.
- HAWKES, H.E. & WEBB, J.S. 1962. *Geochemistry in Mineral Exploration*. New York, Harper & Row Pub. 415p.
- HOWARD-WILLIAMS, C. 1970. The Ecology of *Bacium homblei* in Central Africa with Special Reference to Metalliferous Soils. *Journal of Ecology*, London, 58: 754-63.
- LIMA E CUNHA, M.C. 1980. Prospecção Biogeoquímica para Cobre em Cerro dos Martins e Mina do Seival, Caçapava do Sul, RS. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, 4(8): 95-108.
- _____. 1982. *A Biogeoquímica na Prospecção Mineral – Aplicação do Método em Área Mineralizada a Cobre no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, 90p. Dissertação Mestrado Geociências. Inédito.
- LISBOA, M.A. 1976. Relações de Afinidade da Flora com Depósitos Mineralizados. Seminário Brasileiro Sobre Técnicas Exploratórias em Geologia, 1., Poços de Caldas. *Anais...* v.1: 69-71.
- MALYUGA, D.P. 1964. *Biogeochemical Methods of Prospecting*. New York, Consultants, Bur. 205p.
- MARMO, V. 1958. On Biogeochemical Prospecting for Ores. *Symposium de Exploracion Geoquímica.*, In: CONGRESSO GEOLÓGICO INTERNACIONAL, 2., México, 1956, p. 223-43.
- NARDI, L.V.S. 1978. *Estudo Geoquímico de Solos Aplicado à Prospecção de Mineralizações Cupríferas na Região de Bagé-Caçapava do Sul*, RS. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, 119p. Dissertação Mestrado Geociências. Inédito.
- PORTO, M.L.J. 1981. *Beiträge Zur Schwermetallvegetation von Rio Grande do Sul-Brasilien*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Dr. rer. nat. der Fakultät für Naturwissenschaften und Mathematik der Univ. Ulm, 76p.
- ROSE, A.W.; HAWKES, H.E.; WEBB, J.S. 1979. *Geochemistry in Mineral Exploration*. New York, Acad. Press, 657p.
- SIEGEL, F.R. 1974. *Applied Geochemistry*. New York, Wiley-Intersc., 353p.

SINCLAIR, A.J. 1974. Selection of Threshold values in Geochemical Data Using probability graphs. *Journal of Geochemical Exploration*, Amsterdam, 3: 129-49.

_____. 1976. Applications of Probability Graphs in Mineral Exploration. *Assoc. Explor. Geochs.* Special 4: 1-95.

TIMPERLEY, M.H.; BROOKS, R.R.; PETERSON, P.J. 1970a. Prospecting for Copper and Nickel in New Zealand by Statistical Analysis of Biogeochemical Data. *Economic Geology*, Lancaster, Pa., 65: 505-10.

Figura 1 — Diagrama de Dispersão do Cobre em Folhas e Ramos de *S.lenticifolius*

Figura 2 — Diagrama de Dispersão do Níquel em Folhas e Ramos de S. lentiscifolius.

Figura 3 — Diagrama de Dispersão do Vanádio em Folhas e Ramos de *S. lentiscifolius*.

Figura 4 — Diagrama de Dispersão — Absorção do Cobre por S.lentis-
cifolius (folhas) em função do pH mais ácido.

Figura 5 — Diagrama de Dispersão — Absorção do Cobre por S.lentis-
cifolius (folhas) em função do pH menos ácido.

Figura 6 — Curva de Frequência Acumulada dos teores de Cobre em folhas de *S. lentiscifolius*. N° de amostras = 79
 b = "background"; S = desvio padrão

Figura 7 — Curvas de Frequência Acumulada dos Teores de Cobre em S. lentiscifolius (folhas) ocorrente sobre solos de rochas migmatíticas e sedimentares. N° de amostras: M = 23; S = 54.
M = Migmatitos; S = Sedimentitos; b = "background"; S = desvio padrão.

Figura 8 — Perfis Biogeoquímico e Pedogeoquímico: Variações dos teores de Cobre em *S.lentiscifolius* (folhas) e em solos, em relação a topografia, litologias e mineralizações aflorantes.

Figura 9 — Perfis Biogeoquímico e Pedogeoquímico: Variações dos teores de Cobre em *S.lentiscifolius* (folhas) e em solos, em relação a topografia, litologias e mineralizações aflorantes.

Figura 10 — Perfis Biogeoquímico e Pedogeoquímico: Variações dos teores de Cobre em *S.lentiscifolius* (folhas) e em solos, em relação a topografia, litologias e mineralizações aflorantes.