

## TIPOS DE VEGETAÇÃO METALÓFILA EM ÁREAS DA SERRA DE CARAJÁS E DE MINAS GERAIS, BRASIL

Maria Luiza Porto<sup>1</sup>  
Manoela F. F. da Silva<sup>2</sup>

Recebido em 10-3-89. Aceito em 2-2-90

**RESUMO** – Em áreas da Serra de Carajás, Pará, e em áreas da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil, foram coletadas plantas e nelas analisadas as concentrações de Cu, Pb, Ni, Cd, Cr, Co, Mn e Fe. Os resultados indicam que as plantas das áreas de Carajás concentram Cu, Pb, Ni, Cr e Fe acima da normalidade e que as plantas das áreas da Cadeia do Espinhaço concentram Ni, Mn, Cu, Pb, Cd e também Fe. Com base nestes resultados e nos aspectos fisionômicos da vegetação, podemos supor a existência de diferentes tipos de vegetação metalófila nestas áreas, as quais podem pertencer a uma única província biogeoquímica (Carajás – Espinhaço), rica em ferro e outros metais pesados.

Palavras-chave: vegetação, solos metalíferos, metais pesados em plantas.

**ABSTRACT** – Plants from Serra dos Carajás, state of Pará, and Cadeia do Espinhaço, state of Minas Gerais, Brazil, were analyzed for Cu, Pb, Ni, Cd, Co, Mn and Fe concentrations. The results indicate that plants from Carajás concentrate Cu, Pb, Ni, Cr and Fe above background values, and those from the state of Minas Gerais concentrate Ni, Mn, Cu, Pb, Cd and also Fe. Based on the results and on the physiological aspects of the vegetation we can speculate on the existence of different types of metalophytic vegetation in these areas, which may belong to a single biogeochemical province (Carajás – Espinhaço) which is rich in iron and other heavy metals.

Keywords: vegetation, metalliferous soils, heavy metals in plants.

---

1 – Departamento de Botânica e Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Paulo Gama s/n, 90049, Porto Alegre, RS, Brasil.

2 – Museu Paraense Emílio Goeldi, Avenida Perimetral s/n, Bairro Terra Firme, Caixa Postal 399, 66000, Belém, PA, Brasil.

## Introdução

O estudo das plantas indicadoras de metais no solo teve início, de uma maneira mais sistemática, com os trabalhos de Linstow (1929) e Victorov (1947), sendo o primeiro, o criador da denominação "*Bodenanzeiger*" dada às plantas indicadoras de metais no solo. Ernst (1974) editou o livro "*Schwermetallvegetation der Erde*" [*Vegetação metalófila (de metais pesados) da Terra*], onde fica consagrado o termo "*Schwermetallvegetation*". Nesta obra também é citada a inexistência de trabalhos sobre este tipo de vegetação para a América do sul, apesar de saber-se da grande riqueza mineral aí existente. Somente em Porto (1981) é que este tipo de vegetação foi citado para o Brasil, em uma região rica em minério de cobre, chumbo, prata e ouro, situada no escudo cristalino do Rio Grande do Sul.

A vegetação metalófila se caracteriza por espécies vegetais que, muitas vezes, apresentam nanismo ou gigantismo e, ao mesmo tempo, altas concentrações de metais em seus tecidos. Por outro lado, verificam-se mecanismos de tolerância às condições extremas dos solos metalíferos, através de alterações fisiológicas, especialmente metabólicas, e modificações da morfologia interna e externa das plantas, levando à seleção de indivíduos nestes ambientes. Frequentemente, aí são encontrados endemismos e novas espécies.

Os aspectos fisionômicos contrastantes da vegetação existente em áreas da Cadeia do Espinhaço (Minas Gerais) e da Serra dos Carajás (Pará), assim como a ocorrência conhecida de minerais metálicos nestes solos, nos levaram a supor a existência de uma vegetação adaptada a estas condições. Vegetação esta que teria a capacidade de concentrar íons de metais pesados, os quais foram abordados no presente trabalho, procurando dar uma explicação à complexidade do mosaico vegetacional existente nestas regiões.

## Material e Métodos

Sabendo-se do potencial mineralógico das áreas da Cadeia do Espinhaço (Três Moinhos, Lavras Novas e Serra do Caraça), assim como daquelas existentes na Serra dos Carajás, coletaram-se plantas, ao acaso, em diferentes formações vegetais destas áreas. Folhas e inflorescências foram secas em papel não impresso e, posteriormente, utilizaram-se 100mg destas para digestão em 2ml de HNO<sub>3</sub> concentrado (65%). A digestão foi feita com auxílio de bombas de pressão, com recipiente interno de teflon.

A determinação da concentração dos íons metálicos nos tecidos foi feita com o auxílio de um espectrofotômetro de absorção atômica (Perkin-Helmer 2380), acoplado com forno de grafite (Perkin-Helmer-HGA 400). Os valores de concentração dos íons metálicos obtidos são dados em partes por milhão (ppm), em relação ao peso seco.

## Resultados

### 1 – Descrição das áreas

Na Serra dos Carajás, especialmente nas áreas próximas à exploração de ferro, onde as altitudes estão em torno de 200-700m, verifica-se a existência de um mosaico de vegetação formado por uma floresta higrófila intercalada por formações dos tipos savana, savana arbustiva e estepe. Estes três últimos tipos encontram-se, predominantemente, sobre a denominada canga. As espécies mais frequentes nestes locais são *Callisthene* cf. *minor* Mart. e *Mimosa acutistipula* var. *nigra* Huber.

A fisionomia desta vegetação varia em função da estação climática. Durante os tempos chuvosos (novembro a abril), a vegetação cobre-se de um verde intenso e muitas espécies florescem, destacando-se *Ipomoea cavalcantei* D. Austin, *Aspilia vanderbergiana* J. U. Santos, *Vernonia muricata* DC, *Begonia goianensis* DC, *Begonia humilis* Ait., *Mimosa sominians* H.B.K. e a orquídea *Sobralia liliastrum* Lindl. No estrato herbáceo, destacam-se *Trachypogon macroglossus* Trin. e *Axonopus* cf. *leptostachyus* (Flueg.) Hitch. Em alguns trechos, as ervas tornam-se rarefeitas, ficando as rochas ferríferas desnudas de vegetação, desenvolvendo-se, neste caso, um reduzido número de espécies entre as fendas.

As áreas observadas em Minas Gerais foram três. Uma situa-se próximo à localidade de Três Moinhos, no município de Ouro Preto, que corresponde às regiões menos elevadas junto à Cadeia do Espinhaço. Nesta área, a vegetação dos vales e vertentes tende a mista e do tipo floresta subtropical, com ocorrência de *Drimys brasiliensis* Thell e *Podocarpus sellowii* Kl. Circundando estas áreas, nas regiões um pouco mais elevadas, temos elementos típicos de cerrado.

Outra área observada foi na região da Serra do Caraça, onde se verificam formações de granito e de sedimentos antigos, instalando-se uma vegetação do tipo savana com dominância de *Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip. Nas fendas das rochas, é freqüente encontrar-se uma espécie do gênero *Cambessedia*.

Já sobre as maiores elevações da Cadeia do Espinhaço, observa-se, em direção à localidade de Lavras Novas, uma vegetação campestre, com arbustos isolados. Nesta área, o substrato é rico em quartzito, encontrando-se um número elevado de fragmentos de cristais de quartzo misturados com solo escuro do tipo turfoso. Neste caso, a rocha-mãe provavelmente é do tipo ácido intrusivo. No estrato herbáceo, predominam gramíneas, destacando-se as espécies do gênero *Panicum*. Ervas mais robustas são as encontradas, como Eriocauláceas, Velozíáceas e Xiridáceas, além de Labiadas, Compostas e Melastomatáceas.

### 2 – Concentração de Metais

A tabela 1 apresenta os conteúdos foliares de cobre, chumbo, cromo, ní-

quel, manganês e ferro em plantas da Serra dos Carajás. Neste caso, verifica-se concentração acima da normalidade em plantas, para cobre em sete espécies, para chumbo em cinco espécies, para níquel em três espécies, para ferro em três espécies e para cromo em todas as espécies, sendo a erva *Cuphea tenella* a que melhor concentrou os íons metálicos, apresentando, porém, exceção para ferro e manganês. É interessante destacar a existência de algumas plantas que concentram especificamente, como *Mimosa sominiensis* para níquel e talvez cromo e ferro, assim como *Dioclea crenata* para o cobre e talvez ferro e cromo.

Na região de Três Moinhos (Minas Gerais), foram analisadas três espécies quanto ao conteúdo de cobre, cádmio, chumbo, molibdênio, níquel, manganês e ferro, sendo interessante ressaltar anomalias para manganês, ferro e cádmio em *Podocarpus sellowii* e de níquel em *Erythroxylum* sp. Isto leva a pensar que, nestas áreas, as rochas são básicas (tabela 2).

Na Serra do Caraça, *Vanillosmopsis* demonstrou concentrar cobre, níquel e cádmio, e *Cambessedesia*, chumbo. Por estas concentrações de metais nas plantas é de se supor que, nesta área, ocorram os minerais sob forma de sulfetos como normalmente se verifica para ocorrências de cobre de chumbo (tabela 2).

Quanto à concentração de metais nas folhas, destaca-se uma espécie de *Paepalanthus*, que apresenta valores acima da normalidade para chumbo e ferro e, na inflorescência, extraordinária concentração de cobre, chumbo e níquel. Outra espécie que demonstrou concentração acima da normalidade foi *Hyptis* sp, para chumbo e níquel (tabela 2).

Pelo valor de concentração dos íons nestas plantas é de se supor que, nestes locais, encontra-se uma quantidade relativamente alta destes elementos no solo e, pela presença dos seixos de quartzo, é de se supor, ainda, a associação de vários outros elementos do grupo dos metais raros, como tório, urânio, wolfrâmio e outros, encontrados normalmente sob forma de óxidos.

## Discussão

Pela concentração dos íons metálicos nos tecidos das plantas examinadas, podemos levantar a hipótese de que, nas áreas consideradas, ocorre o que podemos denominar de vegetação metalófila em todas as suas expressões, desde o tipo floresta baixa, passando por savana arbustiva até formações tipicamente campestres, como as estepes. As denominações fitogeográficas dadas a estas formações têm sido, até então, objeto de discussão dos botânicos brasileiros. Para alguns, trata-se de 'campos rupestres' o que se encontra em Carajás e sobre a Cadeia do Espinhaço (Silveira, 1908; Joly, 1970); para outros, trata-se de uma 'vegetação de canga', especialmente aquela que ocorre em Carajás (Silva *et al.*, 1986). Saint Hilaire (*apud* Romariz, 1986), em suas viagens na Província de Minas Gerais, refere-se também a estas áreas, denominando-as de 'carrascos' e 'carrasqueiros', destacando a importância do solo na modificação fisionômica da vegetação. Por outro lado, os tipos florestas e savanas metalófilas

identificam-se com denominações em bases geoquímicas para os tipos de vegetação serpentina e galmai, respectivamente (Books, 1972, 1983). Este mesmo autor cita a existência de outros tipos de vegetação metalófila encontrados em regiões da África, as quais não denomina, e que possivelmente correspondem ao tipo estepe das áreas aqui consideradas.

Esta nomenclatura acima discutida, na realidade refere-se somente a aspectos fisionômicos ou geoquímicos, não levando em consideração a problemática biogeoquímica, que é discutida e proposta por Kovalskij (1977), a qual trata dos organismos e suas trocas com elementos presentes no solo ou com poluentes da biosfera. É a ciência do efeito das trocas ao nível dos organismos, da população, das biocenoses, das províncias biogeoquímicas, assim como das sub-regiões e regiões da biosfera. No caso das províncias biogeoquímicas, como é de se supor que seja Carajás – Espinhaço, a pressão do meio exercida pelos metais pesados é tamanha que leva ao desenvolvimento de um reduzido número de espécies nestas áreas. Esta seletividade se dá pela capacidade de tolerância que os organismos têm a estas condições extremas, podendo estes apresentarem mecanismos fisiológicos adaptativos e, ao mesmo tempo, modificarem sua forma de vida e sua morfologia interna e externa.

Caso a presença dos metais pesados no solo seja o principal fator de pressão sobre os organismos, caberia propor-se para as áreas estudadas, a denominação de florestas, savanas, savanas arbustivas e estepes metalófilas da província biogeoquímica Carajás – Espinhaço. Esta denominação pode encontrar apoio nas propostas de Ab'Saber (1967, 1977) sobre a faixa transicional entre os domínios morfoclimáticos, sendo que, segundo Vanzolini & Brandão (1986), esta faixa não constitui forçosamente uma transição gradual entre dois domínios, mas, em geral, apresenta extrema setorialização, isto é, uma grande variedade de faces locais, como se constatou para os arredores de Ouro Preto e Mariana; estes amplos corredores entre os domínios morfoclimáticos, como afirmam autores, são as áreas ecologicamente mais heterogêneas do Brasil tropical.

Na realidade, elementos morfoclimáticos contrastantes, presentes em uma área montanhosa, situada em região ecologicamente diversificada, podem agir sobre a seleção dos organismos. Porém, os fatores que agem, possivelmente de maneira mais direta, como as trocas entre o solo e os organismos, talvez tenham maior expressão sobre estes, podendo levar à seleção e, conseqüentemente, a endemismos, como se verifica em outros tipos de vegetação metalófila do mundo.

Estudos posteriores integrados deverão ser executados para que se possa fazer uma real avaliação da problemática entre as trocas dos organismo com o solo, podendo, assim verificar-se a real influência sobre a composição e fisionomia da vegetação e sobre a sua fauna associada.

## Conclusões

A análise das plantas em áreas de solos metalíferos de Minas Gerais (Espinhaço) e do Pará (Serra dos Carajás) levou à constatação da concentração de diferentes fons metálicos nestas plantas. Estas concentrações, associadas à modificação fisionômica da vegetação, sugerem a ocorrência do que podemos denominar vegetação metalófila. Pode-se, ainda, supor que as áreas aqui estudadas pertençam a uma única província biogeoquímica com variações locais, Carajás – Espinhaço, que se caracteriza pela riqueza de ferro e outros metais pesados no solo, exercendo estes uma pressão seletiva sobre os organismos tanto vegetais como animais.

## Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. 1967. *Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil*. Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, 3: 45-48.
- . 1977. Os domínios morfoclimáticos da América do Sul; primeira aproximação. *Geomorfologia* 52. 21p. map.
- ALLEN, S., GRIMSHAW, M. H., PARKINSON, J.A. & QUARBY, C. 1974. *Chemical Analyses of Ecological Materials*. Oxford. Blanckwel.
- BROOKS, R.R. 1972. *Geobotany and Biochemistry in Mineral Exploration*. Harper and Row. New York.
- . 1983. *Biological Methods of Prospecting for Minerals*. John Wiley & Sons, New York.
- ERNST, W. 1974. *Schwermetallvegetation der Erde*. Gustav Fischer. Stuttgart.
- JOLY, A.B. 1970. *Conheça a Vegetação Brasileira*. EDUSP. São Paulo.
- KOVALSKIJ, V.V.M. 1977. *Geochemische Ökologie*. Dtsch. Landwirtschaft. Berlin Or.
- LINSTOW, von O. 1929. Bodenanzeiger Pflanzen. *Abh. Preuss. Geol. Land., 114*: 1-105.
- PORTO, M.L. 1984. *Beiträge zur Schwermetallvegetation von Rio Grande do Sul, Brasilien*. Tese de Doutorado. Univ. de Ulm, Rep. Fed. da Alemanha.
- SILVA, M.F.F., MENEZES, N.L., CAVALCANTE, P.B. & JOLY, C.A. 1986. Estudos botânicos: histórico, atualidade e perspectivas. In: *Carajás – Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento*. CNPq, Ed. Brasiliense. Brasília.
- SILVEIRA, A.A. 1908. *Flora e Serras Mineiras*. Empre. Off. Belo Horizonte.
- ROMARIZ, d. 1986. *Viagens de Saint-Hillaire a Minas Gerais* (sua contribuição para o estudo da vegetação). Conferência. XXXVII Congresso Nacional de Botânica, Ouro Preto, MG. São Paulo. mimeo.

VANZOLINI, P. & BRANDÃO, C.R.F. 1986. Diretrizes gerais para um levantamento faunístico. In: *Carajás – Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento*. CNPq, Ed. Brasiliense. Brasília.

VICTOROV, S.V. 1947. Biological Indicators in Geology. *USP. Sovrem. Biol.*, 23 (2).

TABELA 1  
Espécies da Savana Metalófila de Carajás  
Valores em ppm

	Cu	Pb	Cr	Ni	Nm	Fe
<i>Axonopus cf. leptostachyus</i> (Flueg.) Hitchoc	16,00	1,43	0,87	2,30	18,03	334,53
<i>Cuphea anulata</i> Kaehne.	141,67*	44,05*	1,93*	5,95*	151,65	369,15
<i>Cuphea tenella</i> Hook et Arn.	158,14*	58,61*	1,61*	5,38*	107,10	373,34
<i>Bauhinia pulchella</i> Benth.	102,14*	40,01*	1,48*	3,61	173,60	305,29
<i>Byrsonima coriacea</i> DC.	133,61*	46,96*	1,12*	4,25	7,98	255,59
<i>Dioclea crenata</i>	26,08*	2,93	17,27*	4,54	101,89	3.561,08*
<i>Eugenia puniceifolia</i> DC.	21,43	1,43	0,41	2,90	154,97	349,98
<i>Mimosa sominiensis</i> Huber et Bonpl.	17,59	1,60	9,06*	5,56*	123,57	1.857,50*
<i>Norantea goyasensis</i> Cambess.	114,87*	38,42*	1,27*	3,08	57,94	255,72
<i>Trachipogon macroglossus</i> Trin.	11,49	1,93	15,27*	3,85	113,93	1.899,86*

Normalidade segundo Allen *et al.*(1974)

Cu = 2,5 – 22 ppm

Ni = 0,5 – 5 ppm

Mn = 50 – 1000 ppm

Cd = 0,01 – 0,3 ppm

Pb = 0,05 – 3 ppm

Cr = 0,05 – 0,5 ppm

Fe = 40 – 500 ppm

Mo = 0,1 – 0,8 ppm

\* – Indica valores acima da normalidade = anamalias botânicas.

TABELA 2  
Espécies de áreas metalófilas de Minas Gerais  
Valores em ppm

Local	Espécie	Cu	Pb	Ni	Mn	Fe	Cd	Mo
OURO PRETO - TRÊS MOINHOS - floresta rochas básicas	<i>Erythroxylum</i> sp	8,24	0,005	7,22*	23,46	112,24	0,25	0,65
"SERPENTINA"?	<i>Gleichenia</i> sp	4,65	0,420	0,63	115,96	197,87	0,18	0,24
SERRA DO CARAÇA	<i>Podocarpus sellowii</i> Kl.	3,48	0,005	0,17	1.375,00*	534,69*	0,36*	0,28
savana rochas ácidas ricas em sulfetos	<i>Cambessedesia</i> sp.	13,71	5,820*	3,93	35,78	228,95	0,08	0,90
"GALMAI"?	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	8,25	0,002	0,98	32,96	187,36	0,40*	0,21
LAVRAS NOVAS	<i>Vanillosmopsis erythropappa</i> Sch. Bip	26,58*	4,070*	4,64	443,75	258,33	0,41*	0,32
estepe	<i>Vanillosmopsis erythropappa</i> Sch. Bip	22,93	2,450	7,86	420,31	228,95	0,53*	0,12
rochas ricas em quartzo (óxidos)	<i>Cambessedesia</i> sp	6,16	0,002	4,41	434,18	237,75	0,40*	0,16
TIPO ?	<i>Hyptis</i> sp	16,00	13,860*	5,49*	157,00	490,00	-	-
	<i>Paepalanthus</i> sp (folhas)	14,00	73,400*	2,40	50,00	1.168,00*	-	-
	<i>Paepalanthus</i> sp (inflorescência)	213,00*	547,600*	9,29*	391,00	76,00	-	-
	<i>Vellozia</i> sp	14,31	2,100	0,16	992,31	158,24	0,62*	1,33
	<i>Xyris</i> sp	2,01	2,020	1,09	307,00	139,00	-	-