

# DESCRIÇÃO BOTÂNICA, ANATOMIA FOLIAR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SOLO E DAS FOLHAS DE *Guarea guidonia* (L.) Sleumer\*

Maria Isabel VALLILO\*\*

João Aurélio PASTORE\*\*

Sandra Moiteiro Borges FLORSHEIM\*\*

Massako NAKAOKA SAKITA\*\*

## RESUMO

Estudou-se a composição química do solo e das folhas de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, Meliaceae, coletadas no Parque Estadual Alberto Löfgren, SP. A triagem fitoquímica foi realizada segundo técnicas descritas por Costa (1977) e Marini Bettolo *et al.* (1981). Os resultados mostraram a presença de saponinas, óleos essenciais, terpenóides, taninos e antracênos nas folhas. Para a determinação dos elementos inorgânicos, 16 nas amostras de solo e 14 nas amostras de folhas, o material botânico e solos foram tratados por via úmida (HNO<sub>3</sub> conc. e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30% v/v), através da digestão por microondas e quantificados por ICP-OES. Os elementos Ba, Mg, Ca, Na, Mn, Al, P e Zn foram encontrados em maiores quantidades nas folhas do que no solo e os elementos S, Fe, K, As, Sn, Cr, Pb e Ni se apresentaram em maiores concentrações no solo. Os altos teores encontrados para As revelaram ser fitotóxico para a planta e contaminação antrópica no local amostrado. A anatomia foliar mostrou grandes quantidades de cristais de oxalato de cálcio presentes na nervura central das folhas.

Palavras-chave: *Guarea guidonia* (L.) Sleumer; folhas; solo; metabólitos secundários; elementos inorgânicos; anatomia foliar.

## 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, popularmente conhecida por “camboatã”, “carrapeta”, “marinheiro” ou “jitó”, pertence à família Meliaceae. É representada no Estado de São Paulo por 4 gêneros nativos (*Cabralea*, *Cedrela*, *Guarea* e *Trichilia*) e 2 introduzidos (*Aglaia* e *Melia*). O gênero *Guarea* apresenta-se com 3 espécies: *Guarea guidonia*, *Guarea kunthiana* e *Guarea macrophylla*.

*Guarea guidonia* distribui-se desde a Costa Rica e Panamá até o Paraguai. Ocorre nas matas de quase todo o Brasil, sendo abundante na Amazônia (Lorenzi, 1992). Em São Paulo tem sido encontrada nas matas mesófilas de altitude, de encosta, ciliares e de brejo, preferencialmente no interior do Estado. Floresce e frutifica praticamente

## ABSTRACT

The chemical composition of soil and leaves of *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, Meliaceae, collected from Alberto Löfgren State Park, SP, was studied. Saponins, essential oils, tannins, anthracenoids and fourteen inorganic elements, determined by ICP-OES, were noticed in leaves and sixteen in soils. The results showed that Ba, Mg, Ca, Na, Mn, Al, P and Zn were found in high concentration in the leaves; S, Fe, K, Sn, Cr, Pb, and As were found in high levels in the soil. The presence of Cu in the leaves, Zn in the leaves and soils, and Sn and As in the soil suggests a phytotoxicity for plants and a possible anthropic contamination in the collected site. The foliar anatomy showed high levels of calcium oxalate crystals in the leaves.

Key words: *Guarea guidonia* (L.) Sleumer; leaves; soil; secondary compounds; inorganic elements; foliar anatomy.

durante o ano todo, dependendo da região onde ocorre. Trata-se, em termos silviculturais, de uma espécie ainda pouco estudada e aproveitada embora apresente grande potencial econômico e ecológico. Suas folhas são consideradas tóxicas para o gado, porém, seus frutos são procurados pela avifauna, constituindo-se em espécie de grande valor ambiental (Pennington *et al.*, 1981). Por ser espécie heliófita e de características secundárias é ótima para recuperação de áreas degradadas, em povoamentos mistos. A madeira é moderadamente pesada (0,76 g/cm<sup>3</sup>) existindo informações de que foi amplamente aproveitada em Porto Rico (Record & Mell, 1924). Apresenta grande durabilidade, mesmo quando em contato com o solo e umidade, podendo ser utilizada em carpintaria, obras internas, caixotaria, forros e caixilhos de portas e janelas (Lorenzi, 1992).

(\*) Aceito para publicação em agosto de 2002.

(\*\*) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: florsheim@iflorestsp.br



Com relação à sua ação farmacológica, é relatado na literatura que os extratos brutos das folhas e frutos apresentam atividade contra vírus pseudolábeis Aujesky (Simoni *et al.*, 1996). Por outro lado, os extratos etanólicos das sementes de *Guarea guidonia* apresentam efeito tóxico em animais e uma marcada depressão no sistema nervoso central de ratos e camundongos (Lins *et al.*, 1992).

Com o desenvolvimento de novas técnicas espectroscópicas, tem-se conseguido elucidar estruturas moleculares complexas de constituintes naturais. Nesse contexto, há relatos da presença de  $\beta$ -sitosterol na casca e madeira, e fassinolida nas sementes de *G. guidonia* (Rosito, 1967; Taylor, 1981).

Lins *et al.* (1992) isolaram, das sementes dessa espécie, 3 triterpenóides (3-oxo 21, 25-dihidroxi-21, 23 epoxitirucal-7 en, conhecido como melanodiol) e uma mistura epimérica de melianona. Furlan *et al.* (1993) isolaram e identificaram nove derivados de cicloartane (terpenóides) das folhas de *Guarea guidonia*.

Pouco se conhece em relação aos elementos inorgânicos encontrados em espécies florestais, embora Coley *et al.* (1985) tenham mostrado a importância dos metais na biossíntese de macro e micromoléculas orgânicas, que interfere na natureza e quantidade de compostos fenólicos. Por outro lado, as diferenças nutricionais observadas entre plantas relacionadas com absorção, transporte e utilização de nutrientes, estão sob controle genético (Epstein & Jeffries, 1964).

No solo, o movimento de metais pesados tem sido objeto de numerosas pesquisas (Biddappa *et al.*, 1982; Khan & Frankland, 1983; Williams *et al.*, 1985; Welch & Lund, 1989; Alloway, 1990). Tais estudos demonstram que os metais Pb, Cr e Cu apresentam baixa mobilidade, acumulando-se na superfície dos solos contaminados, enquanto Zn, Mn, Ni e, principalmente Cd, são relativamente mais móveis. No Brasil, são poucos os trabalhos dessa natureza.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de apresentar as principais classes de metabólitos secundários e a composição dos elementos inorgânicos presentes nas folhas de *Guarea guidonia* e no solo, bem como a descrição botânica e anatomia foliar da espécie. Os resultados obtidos, somados aos já existentes na literatura, certamente contribuirão para o conhecimento do perfil químico dessa espécie e possibilitarão avaliar uma possível ação antrópica no local amostrado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados solos e folhas de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer coletados no Parque Estadual Alberto Löfgren, sede do Instituto Florestal, situado ao norte da cidade de São Paulo, a 23°26' de latitude Sul e 46°26' de longitude Oeste (FIGURA 1).

O clima da região é definido como mesotérmico úmido, com temperatura média e precipitação pluviométrica anual de 18°C e 1570 mm, respectivamente, não apresentando estação seca definida (Brasil, 1983).

Coletou-se material botânico fértil do único exemplar existente na área de estudo para a identificação e respectiva descrição da espécie. O mesmo se encontra depositado no Herbário Dom Bento Pickel da Seção de Madeiras e Produtos Florestais do Instituto Florestal de São Paulo, sob o Nº SPFS 21.819.

Para os estudos de anatomia foliar, procedeu-se a coleta pela retirada da 5ª folha do ramo, juntamente com o pecíolo. Os cortes transversais foram obtidos manualmente e em seguida clarificados com hipoclorito de sódio a 50%, lavados e corados com safranina. Os cortes foram montados em lâminas com glicerina e água na proporção de 1:3 (Jeffrey *apud* Johansen, 1940).

Os elementos anatômicos foram observados em equipamento de análise de imagens digitais "Image Pro-Plus", v.4.0, adaptado em câmara de vídeo Sony CCD-IRIS e a um microscópio trinocular Olympus BX 50.

Para as análises químicas, as folhas coletadas da parte superior da copa da árvore foram secas e estabilizadas à temperatura ambiente, moídas em moinho de facas de aço inox e passadas em peneira de 200 mesh.

Testes qualitativos para a detecção dos metabólitos secundários no material moído foram realizados nos extratos obtidos com solventes orgânicos de diferentes polaridades (clorofórmio, álcool etílico e água na concentração de 5 g.mL<sup>-1</sup>) conforme técnicas descritas por Costa (1977) e Marini Bettolo *et al.* (1981).

Para a extração dos óleos essenciais foi utilizado o método de CLEVINGER modificado por Wasicky (1963), através da hidrodestilação.

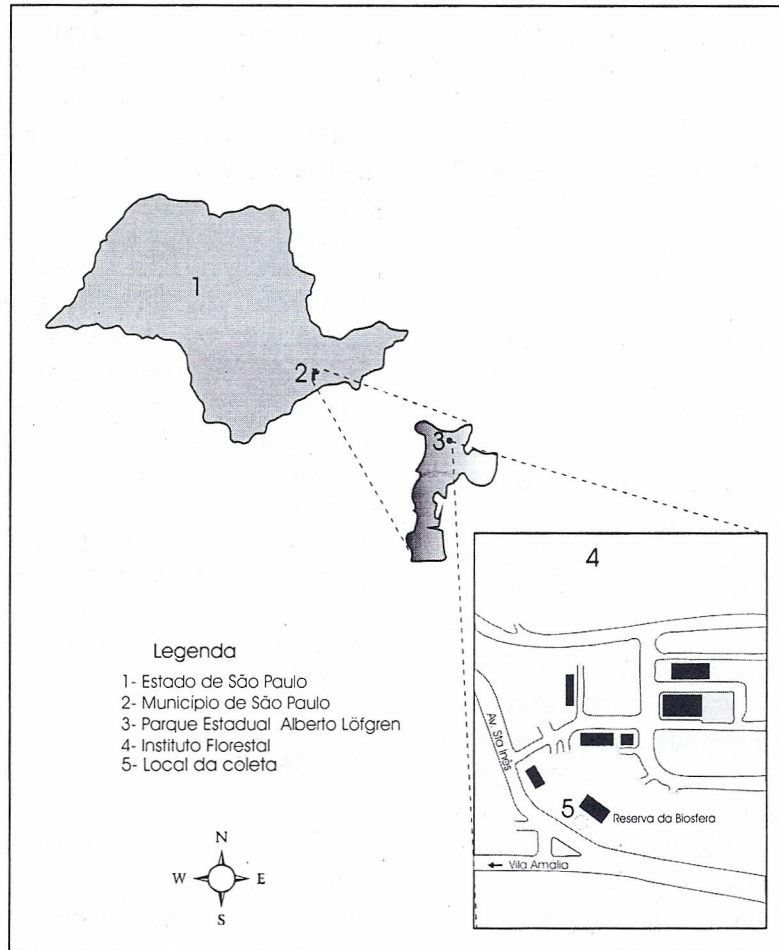


FIGURA 1 - Mapa de localização da coleta.

As amostras de solo foram coletadas em oito pontos diferentes em relação à espécie, a uma distância de 1 e 2 m e na profundidade de 0-20 cm, através de trado de aço inox. Estas foram reunidas formando uma amostra composta e, em seguida, homogeneizadas e passadas em peneira de nylon com abertura de 200 mesh.

A determinação dos elementos inorgânicos nas folhas e solo foi feita por via úmida, em triplicata, no Laboratório de Espectrometria de Emissão Atômica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo, utilizando o forno de digestão assistida por microondas em sistema aberto, sob as seguintes condições de operação:

#### a) Folhas

1ª etapa: na amostra (0,5 g) foram adicionados 10 mL de HNO<sub>3</sub> conc. Aplicou-se a potência de 20 W por 5 minutos;

2ª etapa: na solução obtida na 1ª etapa, adicionou-se 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30% v/v. Aplicou-se a potência de 20 W por 2 minutos.

A solução obtida na 2ª etapa foi esfriada, filtrada e transferida para um balão volumétrico de 50 mL e, completado o volume com água desionizada. A solução apresentou-se límpida com coloração amarela clara, com a qual quantificou-se os elementos inorgânicos.

#### b) Solos

1ª etapa: na amostra (0,5 g) foram adicionados 10 mL de HNO<sub>3</sub> conc. Aplicou-se a potência de 35 W por 6 minutos;

2ª etapa: na solução obtida na 1ª etapa adicionou-se 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30% v/v. Aplicou-se a potência de 25 W por 3 minutos;

3ª etapa: aplicou-se por mais 5 minutos o aquecimento à potência de 35 W na solução anterior. Depois de fria, a solução foi filtrada em papel quantitativo e o filtrado recolhido em balão volumétrico de 50 mL. O volume foi completado com água desionizada.



Para a quantificação dos elementos químicos (Na, P, S, Mg, K, Ca, Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Se, Zn, Sn, Ba e Pb) nas amostras solubilizadas, utilizou-se a técnica da Espectrometria de Emissão Óptica acoplada ao Plasma Indutivamente (ICP-OES), operando à potência de 1200 W, fluxo de argônio refrigerante, auxiliar e carregador de 12 L.min.<sup>-1</sup>, 1,2 L.min.<sup>-1</sup> e 1,0 mL.min.<sup>-1</sup>, respectivamente e, a velocidade de introdução da amostra de 1,5 mL.min.<sup>-1</sup>. A leitura dos elementos foi feita na altura de observação de 12 mm da bobina de cobre do equipamento, nos seguintes comprimentos de onda ( $\lambda_s$ ) em nm:  $\lambda_{Al} = 307,271$ ;  $\lambda_{Ba} = 233,527$ ;  $\lambda_{Ca} = 422,673$ ;  $\lambda_{Cr} = 284,325$ ;  $\lambda_{Cu} = 327,396$ ;  $\lambda_{Fe} = 261,187$ ;  $\lambda_{K} = 766,491$ ;  $\lambda_{Mg} = 279,806$ ;  $\lambda_{Mn} = 260,569$ ;  $\lambda_{Ni} = 352,454$ ;  $\lambda_P = 213,618$ ;  $\lambda_{Pb} = 283,306$ ;  $\lambda_S = 182,040$ ;  $\lambda_{Zn} = 213,856$ ;  $\lambda_{Se} = 196,020$ ;  $\lambda_{As} = 188,979$ ;  $\lambda_{Na} = 589,562$  e  $\lambda_{Sn} = 189,989$ .

Para a elaboração das curvas analíticas utilizaram-se soluções estoques preparadas com sais de metais de pureza elevada, soluções padrões certificadas, água desionizada, HNO<sub>3</sub> conc. e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30% (v/v) grau analítico, em concentração de 1000  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ . Soluções de trabalhos multielementares foram preparadas em concentrações de 0,01; 0,1; 0,5; 1,0; 5,0; 10; 50 e 100  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  em HNO<sub>3</sub> a 1% de cada elemento constituinte, por diluição das soluções estoque.

As amostras foram analisadas em triplicatas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Características Botânicas

A identificação botânica e sua respectiva descrição foram feitas com base nos conceitos taxonômicos de Pennington *et al.* (1981).

*Guarea guidonia* apresenta folhas compostas, pinadas, medindo até 35 cm de comprimento; pecíolo semicilíndrico; raque semicilíndrica, canaliculada na porção superior ou cilíndrica; peciólulo 1-5 mm, canaliculado, raramente com estrias transversais; os ramos contêm folíolos de 4 a 12 pares, opostos e/ou subopostos, elípticos, oblongos, oblanceolados ou lanceolados, cada um deles com até 20 cm de comprimento por 6 cm de largura, ápice agudo ou acuminado,

base cuneada ou atenuada, face abaxial glabra ou com poucos tricomas ao longo da nervura central, raro glandular pontuada e estriada. Tirso axilar, ou em brotos laterais curtos, 12-20 cm, esguios a largo-piramidal, difuso-puberulento a pubescente. As flores são imperfeitas, plantas dióicas, 4-meras, até 7 mm, sésseis a curto-pediceladas; cálice rotado, pateliforme ou ciatiforme, até 2,5 mm; pétalas oblongas, raro lanceoladas, pubérulas a pubescentes externamente, internamente glabras ou papilosas; anteras 8, até 1 mm, anteródios mais estreitos, indeiscentes, sem pólen; ovário 4-locular, lóculos 1-ovulado, puberulentos a denso-pubescentes, pistilódio similar, óvulos abortivos bem desenvolvidos; estilete pubescente, puberulento ou glabro. Cápsula piriforme ou globosa, 3-4 valvar, 1,5-2 cm, lisa, glabrã, vinosa e lenticelada. Algumas destas descrições podem ser visualizadas na FIGURA 2.

#### 3.2 Anatomia Foliar

Em corte transversal, as epidermes adaxial e abaxial são semelhantes quanto ao tipo de células unisseriadas; a cutícula cobre as paredes periclinais externas, infiltrando-se entre as paredes anticlinais, estando mais espessa na parte superior da folha. O parênquima paliçádico é alongado, disposto regularmente e bisseriado; o parênquima lacunoso, por sua vez, é formado com 6 camadas de células que apresentam uma certa regularidade e contêm células coletoras. O feixe vascular é envolvido por uma bainha de fibras, com células poligonais, com uma certa regularidade. Na parte abaxial, algumas vezes encontram-se reentrâncias que contêm estômatos (FIGURA 3).

Na nervura central não foram localizados tricomas nas epidermes; o parênquima paliçádico pode ser notado até próximo ao colênquima. A nervura principal apresenta os feixes vasculares envolvidos por células de paredes muito espessas, formadas por dois arcos voltados para a epiderme inferior. Em toda a nervura central, foram verificados no parênquima, grandes quantidades de cristais de oxalato de cálcio (FIGURA 4).

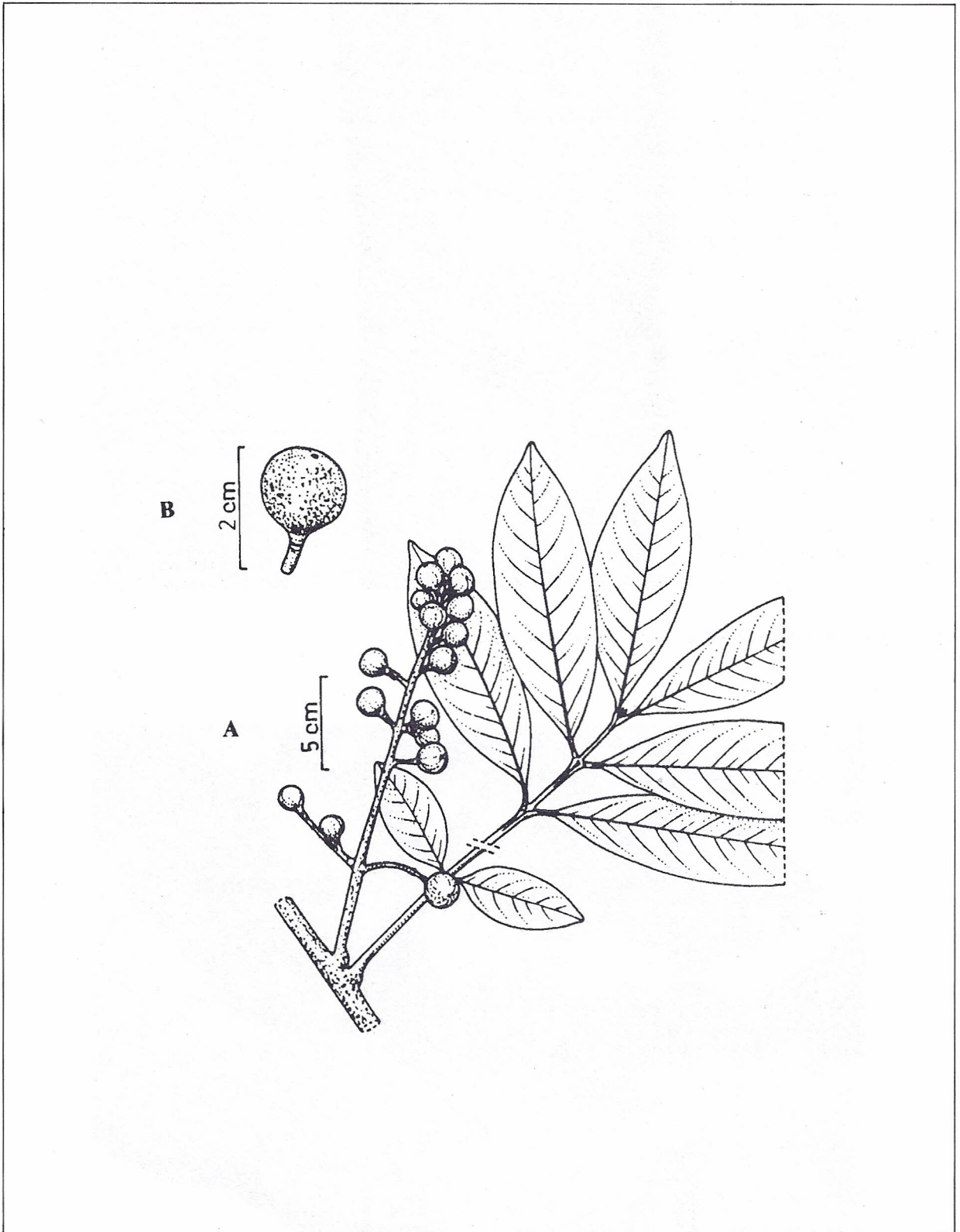
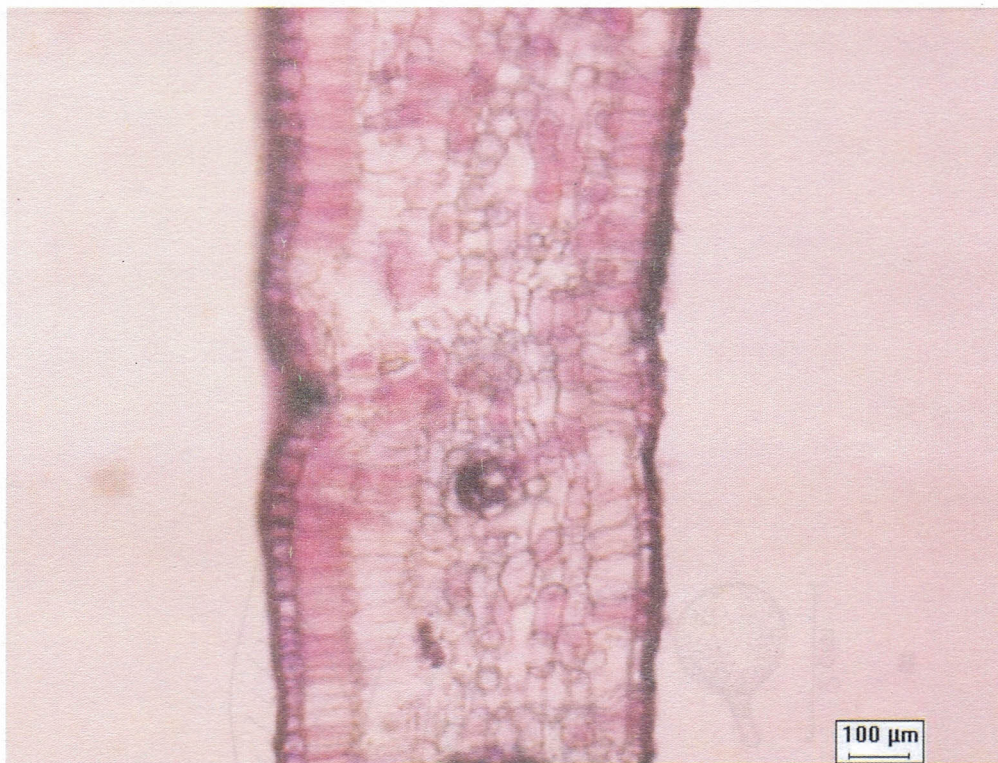


FIGURA 2 - *Guarea guidonia* (L.) Sleumer. A - ramos com folhas compostas, frutos em tirsos axilados; B - fruto isolado com pontos representando lenticelas.



FIGURA 3 - Corte transversal da folha de *Guarea guidonia*.FIGURA 4 - Detalhe da nervura principal de *Guarea guidonia*. A = cristais de oxalato de cálcio.



### 3.3 Composição Química

Nas folhas de *Guarea guidonia*, detectou-se a presença de saponinas, taninos, antraderivados, óleos essenciais, esteróides e terpenóides, e ausência de amido, mucilagem, alcalóides, cumarinas, flavanóides e glicosídeos cianogénicos. A presença de esteróides e terpenóides está de acordo com os estudos feitos por Taylor *apud* Pennington *et al.* (1981) e Furlan *et al.* (1993) que citam a presença desses compostos como comuns nessa família.

O rendimento de óleo essencial obtido nas folhas (0,14%), mostrou-se compatível quando comparado com os valores (0,1%) citados por Craveiros *et al.* (1981) na casca e lenho de *Cedrella fissilis*, espécie da mesma família, mas inferior quando comparado com os teores obtidos nas folhas de *Pseudocaryophyllus pabstianus* Legrand

(de 0,8% a 1,2% p/v) por Campos Corrêa & Gottlieb (1970); de 2,0% (p/v) nas folhas *Pseudocaryophyllus jaccoudii* Mattos; de 0,17% a 0,21% (p/v) em *Pseudocaryophyllus guili* (Speg) Burr. (Fenik & Retamar, 1972) e, de 2,1% (p/v) nas folhas de *Pimenta pseudocaryophyllus* var. *pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum, espécies pertencentes à família Myrtaceae (Nakaoka Sakita *et al.*, 1994).

Quanto aos metais, foram quantificados 14 elementos nas folhas, sendo 9 deles encontrados na faixa dos macroatomos ( $\text{g.100 g}^{-1}$ ) e 16 no solo desse espécime. Os teores nas folhas de Na, Mg, Ca, P, Al, Mn, (0,05 a 0,85  $\text{g.100 g}^{-1}$ ) mostraram-se superiores aos encontrados no solo (0,03 a 0,70  $\text{g.100 g}^{-1}$ ), com exceção de Fe e S, que dentre todos os metais estudados, encontram-se bem mais concentrado no solo do que na planta. Esse comportamento pode ser observado na TABELA 1.

TABELA 1 - Concentrações médias dos macro e microelementos do solo e das folhas de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer (n = 3).

Elementos	Folhas ( $\text{g.100 g}^{-1}$ )	Solos ( $\text{g.100 g}^{-1}$ )	$f_{ac}^*$
Na	0,05	0,03	1,67
K	0,09	0,10	0,90
Mg	0,22	0,03	7,33
Ca	0,85	0,20	4,25
P	0,85	0,70	1,21
Al	0,13	0,08	1,63
Mn	0,05	0,03	1,67
Fe	0,02	11,90	0,002
S	14,0	35,40	0,40
	( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )	( $\mu\text{g.g}^{-1}$ )	
Cr	10,75	24,20	0,44
Ni	1,19	6,68	0,18
Cu	2,24	-	
Zn	35,25	33,40	1,06
Pb	-	16,50	
Sn	-	40,40	1,06
Ba	70,45	6,16	11,44
As	-	96,00	

(\*)  $f_{ac}$  = fator de acúmulo = conc.folhas/conc.solo.

Relacionando as concentrações dos elementos encontrados nas folhas com as do solo, pode-se ter um fator de acúmulo de metais nas folhas ( $f_{ac.} = [folhas]/[solo]$ ), que para o Fe e S são iguais a 0,002 e 0,4 respectivamente, mostrando que esses elementos são poucos assimilados pela planta.

Os valores encontrados para os microelementos nas folhas (5) estão numa faixa de concentração equivalente a 1,19 a 70,40  $\mu\text{g.g}^{-1}$  e no solo (7), na faixa de concentração igual a 6,16 a 96,00  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , predominando os elementos Ba, Zn e Cr com valores maiores nas folhas conforme mostra a TABELA 1. Não foram detectados os elementos Cu no solo e Pb, Sn e As nas folhas.

Em termos de acúmulo dos metais nas folhas podemos observar que obedecem a seguinte ordem de grandeza: Ba > Mg > Ca >> Na = Mn > Al > P >> K > S >>>> Fe.

Em relação ao solo e comparando com dados da literatura (TABELA 2), verificou-se que para os metais pesados e considerados tóxicos (As, Cu, Pb, Ni e Zn), somente o As apresentou-se com valores bem acima (96  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) dos recomendados como de “alerta” (a menor concentração do metal no solo que causa fitotoxicidade) pela Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental - CETESB (15  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ), e próximo aos valores de “intervenção” pelo mesmo Órgão (100  $\mu\text{g.g}^{-1}$ ), em solos industriais, o que sugere uma possível contaminação antrópica do local amostrado, implicando em novos estudos da área.

No entanto, deve-se observar que a fitodisponibilidade de um metal pode variar com a presença no solo de outros constituintes orgânicos e inorgânicos como óxidos de Fe e Al, silicatos, fosfatos, carbonatos e o pH do solo (Berton *apud* CETESB, 2001 e McBride, 1994). Por outro lado, a sensibilidade aos metais pela planta depende, grandemente, das espécies vegetais e variam dentro da própria espécie botânica.

TABELA 2 - Teores recomendáveis internacionalmente e pela CETESB, de alguns microelementos inorgânicos nos solos, expressos em  $\mu\text{g.g}^{-1}$ .

Elementos	Valores Mundiais*	Valores nos Estados Unidos*	Valores “Alerta” CETESB**	Valores Intervenção**		
				Industrial	Residencial	Agricultura
As	2,2 - 25	3,6 - 8,8	15	100	50	25
Ba	84 - 838	265 - 835	150			
Cr	7 - 221	20 - 85	75			
Cu	6 - 80	14 - 29	60			
Pb	10 - 84	17 - 26	100			
Ni	4 - 55	13 - 30	30			
Zn	17 - 125	34 - 84	300			

(\*) McBride, 1994.

(\*\*) CETESB, 2001.

#### 4 CONCLUSÕES

Considerando-se os objetivos deste trabalho e as condições específicas sob as quais foi conduzido, os resultados obtidos permitiram chegar às seguintes conclusões:

- as folhas de *Guarea guidonia* contêm saponinas, óleo essencial, terpenóides, taninos e antraderivados;
- as folhas assimilam em maiores quantidades os elementos Ba, Mg, Ca, Na, Mn, Al e P;

- o elemento Ca está presente na folha, na forma de cristais de oxalato de cálcio na nervura central dos folíolos;
- no solo, os macroelementos S, Fe e K prevalecem em maiores concentrações enquanto para os micros, destacam-se As, Sn, Zn, Cr, Pb e Ni, e
- os resultados mostraram a necessidade de novos estudos e de um monitoramento de metais pesados no solo, principalmente de arsênico (As), visto que os teores encontrados são fitotóxicos, bem superiores aos recomendados pela literatura, pontuais e não se aplicam às áreas totais do Parque.



## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Dra. Elisabeth de Oliveira do Instituto de Química-USP pelo auxílio nas análises químicas deste trabalho, e à geógrafa Isabel F. A. Mattos pela elaboração do mapa de localização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOWAY, B. J. The origins of heavy metals in soil. In: ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. New York: John Wiley, 1990. p. 29-39.
- BIDDAPPA, C. C.; CHINO, M.; KUMAZAWA, K. Migration of heavy metals in two Japanese soils. **Plant Soil**, Netherlands, v. 66, p. 299-316, 1982.
- BOLSMAN, H.; PAENHUYS, J. The distribution of heavy metals in the soils of the Kempen. **Pedologie**, Ghent, v. 30, n. 2, p. 191-223, 1980.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. **Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. 780 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 32).
- CAMPOS CORREA, R. G.; GOTTLIEB, O. R. Óleo essencial da mirtácea *Pseudocaryophyllus pabstianus*. **Boletim do INPA**, Manaus, n. 11, p. 1-5, 1970.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2001. 245 p. (Série Relatórios Ambientais).
- COLEY, P. D.; BRYANT, J. R.; STUART CHAPIN III, F. Resource availability and plant antiherbivore defense. **Science**, Washington, D.C., v. 230, n. 4728, p. 875-878, 1985.
- COSTA, A. F. **Farmacognosia III**. Lisboa: Fundação C. Gulbenkian, 1977. 1032 p.
- CRAVEIRO, A. A. *et al.* **Óleos essenciais de plantas do Nordeste**. Fortaleza: Edições Universidade Federal do Ceará, 1981. 210 p.
- EPSTEIN, E.; JEFFRIES, R. L. The genetic basis of selective ion transport in plants. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, v. 15, p. 169-184, 1964.
- FENIK, I. J. S.; RETAMAR, J. A. El aceite esencial de *Pseudocaryophyllus guili* (Guili). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 5., 1971, Rio de Janeiro. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 44, p. 175-180, 1972.
- FURLAN, M.; ROQUE, N. F.; WOLTER FILHO, W. Cicloartane derivatives from *Guarea trichilioides*. **Phytochemistry**, Great Britain, v. 32, n. 6, p. 1519-1522, 1993.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.
- KHAN, D. H.; FRANKLAND, B. Effects of cadmium and lead on radish plants with particular reference to movement of metals through soil profile and plant. **Plant Soil**, Netherlands, v. 70, p. 335-345, 1983.
- LINS, A. P. *et al.* Chemical and pharmacological aspects of *Guarea guidonia*. **Rev. Latinoamer. Quím.**, Monterrey, v. 22, n. 4/v. 23, n.1, p. 30-33, 1992.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras; manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum Ltda., 1992. 252 p.
- McBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 406 p.
- MARINI BETTOLO, G. B. *et al.* Plant screening by chemical and chromatographic procedures under field conditions. **Journal of Chromatograph**, Amsterdam, v. 213, p. 113-127, 1981.
- NAKAOKA SAKITA, M. *et al.* Óleo essencial de *Pimenta pseudocaryophyllus* var. *pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum (Myrtaceae). I. Cromatografia a gás/espectrometria de massa (CG/EM). **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 6, n. único, p. 53-61, 1994.
- PENNINGTON, T. D.; STYLE, B. T.; TAYLOR, D. A. H. **Flora Neotropica: Meliaceae**. New York: The New York Botanical Garden, 1981. 470 p. (Monograph, 28).
- RECORD, S. J.; MELL; C. D. **Timbers of Tropical America**. New Haven: Yale University, 1924. 610 p.

ROSITO, C. M. **Fitoquímica das Meliaceae:** estrutura do fissinólida. 1967. 67 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Farmácia e Bioquímica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SIMONI, I. C. *et al.* Antiviral activity of crude extracts of *Guarea guidonia*. **Bras. J. Med. Biol. Res.**, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 647-650, 1996.

TAYLOR, D. A. H. The occurrence of Limonoids in the Meliaceae. New York: The New York Botanical Garden, 1981. p. 450-459. (Flora Neotropica Monograph, 28).

WASICKY, R. Uma modificação do aparelho de Clevenger para extração de óleo essencial. **Rev. Fac. Farm. e Bioq.**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 77-81, 1963.

WELCH, J. E.; LUND, L. J. Zinc movement in sewage sludge treated soils as influenced soil properties, irrigation water quality and soil moisture level. **Soil Sci.**, Baltimore, v. 147, p. 208-214, 1989.

WILLIAMS, D. E. *et al.* Metal movement in sludge treated soils after six years of sludge addition: Nickel, Cobalt, Iron, Manganese, Chromium and Mercury. **Soil Sci.**, Baltimore, v. 140, p. 25-130, 1985.