

# Estudos sobre a vegetação das campinas amazônicas

## VI - Aspectos ecológicos de *Glycoxylon inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke (Sapotaceae) (\*)

Pedro Luiz B. Lisbôa (\*\*)

### Resumo

A espécie *Glycoxylon inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke tem como centro de dispersão a Amazônia. Enfatizado o comportamento ecológico desta planta, comum em campinas amazônicas, sob dois aspectos: 1 — quanto a sua variação estrutural dentro de uma área de campina da Reserva Biológica do Convênio INPA-SUFRAMA, onde duas formações típicas de campina amazônica estão presentes, campina e campinarana; 2 — quanto a aspectos químico-ecológicos por ela produzidos sobre plântulas da mesma espécie ou de outras, principalmente *Lagenocarpus verticillatus* (Sprengel) T. Koyama & Maguire. Para este segundo aspecto, é feito um estudo de competição por nutrientes e umidade do solo, para melhor conhecimento do comportamento da espécie no ecossistema.

### INTRODUÇÃO

#### CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na Amazônia, além dos diversos padrões florestais, ocorrem manchas de um tipo de vegetação que causa estranho contraste com a exuberância da floresta e que, comumente, é conhecida na região como campina. Esta vegetação foi bastante discutida e definida por Lisbôa (1975) e Anderson, Prance e Albuquerque (1975).

A vegetação de campina Amazônica caracteriza-se por ocupar áreas de pouca extensão, de baixa declividade, situada algumas vezes nas proximidades de rios. Desenvolve-se sobre solos extremamente arenosos, ácidos, muito drenáveis e pobres em nutrientes. De acordo com Falesi *et al.* (1971), são manchas de regossolos, alguns desenvolvendo atualmente um processo de podzolização. Ocorrem dispersas no seio de latossolos amarelos de textura leve, média e pesada e sua gênese deve-

se provavelmente à superposição de sedimentos pleistocênicos sobre sedimentos de origem terciária mais antigos (Sakamoto, 1957). O clima enquadra-se no grupo A da classificação de Köppen, podendo variar de Af até Am, com temperatura sempre superior a da floresta adjacente. As precipitações são freqüentes durante o inverno e também acontecem durante a estação seca que, na Amazônia, compreende um período reduzido, de julho a setembro (Takeuchi, 1960; Rodrigues, 1961; Vieira & Oliveira Filho, 1962 e Falesi *et al.* 1971).

As espécies vegetais terrestres dominantes das campinas são de hábito arbustivo e árvores de porte sempre inferior ao da floresta vizinha, sempre verde, dotadas de um grau moderado de esclerofilia, que segundo Rodrigues (1961) deve-se a um escleromorfismo oligotrófico em decorrência da pobreza de nutrientes e acidez do solo. Para os gradientes mais desenvolvidos de campina usa-se a denominação específica de campinarana. Nesta, as árvores são mais densas, podendo atingir até 20m de altura. As campinas são mais abertas, portanto com o solo exposto a uma maior insolação; as espécies aqui podem ocorrer aglomeradas dando origem a turfas cujo aspecto assemelha-se a pequenas "ilhas", as quais estão separadas entre si por manchas de areia sem cobertura vegetal ou cobertas somente com líquens ou algas em determinados trechos. Nessas "ilhas" as plantas lenhosas apresentam-se muito ramificadas, tortuosas, de cascas grossas. Detalhes sobre "ilhas" de vegetação de Campina foram estudados por Braga & Braga (1975).

Em algumas campinas, a espécie *Glycoxylon inophyllum*, (Mart. ex Miq) Ducke pode ocorrer em profusão tornando-se quase que o único

(\*) — Trabalho de tese apresentado ao Curso de Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Fundação Universidade do Amazonas, para o grau de **Magister Scientiae**.

(\*\*) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

elemento ao lado de *Aldina heterophylla* Spr. ex Benth., o que sugere a existência de uma associação. O comportamento ecológico de *G. inophyllum* é bastante interessante se observado num mesmo "habitat" onde ocorrem campina e campinarana. Na campina os indivíduos aparecem em agrupamentos e são de pequeno porte, enquanto na campinarana, são árvores isoladas e de grande porte. Sob a copa e adjacências de *G. inophyllum* forma-se uma camada húmica de espessura variável, podendo atingir até 1m de profundidade. Durante a estação "invernosa", em meados de dezembro a fevereiro, *G. inophyllum* floresce e frutifica e a coincidência da estação chuvosa com o fenômeno de frutificação proporciona as condições necessárias para a germinação e conseqüente aparecimento de enorme quantidade de plântulas. No "inverno", a campina é exposta a uma intensa lavagem. Produtos secretados pelas plantas são liberados para o solo onde podem permanecer ou serem rapidamente lixiviados devido a drenagem ser excessiva. Com o decorrer da estação "seca" há um leve decréscimo no número de plântulas ao redor de *G. inophyllum*.

São interessantes os dados obtidos pelo Dr. Herbert Schubart (em preparação), do Setor de Pedobiologia do INPA. Segundo ele, a microfauna que habita os arredores de *G. inophyllum* é extremamente reduzida em relação à microfauna presente sob a copa de outras espécies em uma mesma campina. Estes fatos sugerem que algum fator importante é elaborado por *G. inophyllum*, capaz de restringir o crescimento de plântulas e de microanimais.

O presente trabalho visa esclarecer qual o fator ecológico que limita o crescimento de plântulas lenhosas e ervas, na campina, bem como outros fatores que influenciam o comportamento ecológico de *G. inophyllum* neste ecossistema. A suspeita de que esta planta libera uma substância inibidora do crescimento vegetal induziu-nos a experimentação com o objetivo de determinar o poder inibidor de tal substância, possivelmente capaz de acarretar o fenômeno de alelopatia. A título de ilustração é que se inclui uma análise geral do comportamento ecológico de *G. inophyllum*.

## PROPOSIÇÃO

Janzen (1974) se refere a duas alternativas para que altas concentrações de produtos tóxicos estejam presentes em campinas tropicais. A primeira deve-se à pobreza de nutrientes dos solos arenosos, neste caso as plantas previnem a perda de folhas para herbívoros, protegendo assim sua baixa produtividade. A segunda, seria a ocorrência de muitas espécies pertencentes às famílias produtoras de substâncias tóxicas, entre as quais, Sapotaceae está presente. Se plantas de campinas desenvolvem mecanismos para prevenir o ataque por animais, o mesmo pensamento pode ser aplicado em relação às plantas. O declínio do número de plântulas e o estacionamento no crescimento no decorrer da estação seca, em sítios de *G. inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke, sugere que algum fator preventivo contra o crescimento dessas plântulas é por ela elaborado, neste "habitat", de maneira a impedir que sob sua copa e nas proximidades estabeleçam-se outras árvores que com ela competirão pelos escassos nutrientes do solo. Com base nesse raciocínio levantamos a hipótese geral do trabalho: *G. inophyllum* elabora substância(s) alelopática(s) que paralisam o crescimento de plântulas e germinação de sementes. Logicamente, outros fatores ambientais podem interferir causando o mesmo fenômeno. Assim, hipóteses secundárias surgiram, de que umidade e competição por nutrientes podem influenciar o mecanismo ecológico da restrição do crescimento nos "stands" de *G. inophyllum*. Tais fatores são importantes na limitação do crescimento vegetal.

## ÁREA DE ESTUDO

Campinas amazônicas são comuns ao longo da Rodovia Manaus-Caracaraí (Br-174), no Estado do Amazonas, ao norte da bacia do rio Amazonas. Nosso trabalho foi desenvolvido na Reserva Biológica de Campina, pertencente ao Convênio INPA-SUFRAMA, situada no Km 62 da referida estrada. Segundo Santos & Ribeiro (1975), esta campina é definida pelas coordenadas 2°30'00" de Latitude Sul e 60°00'00" de Longitude W, a 44 m acima do nível do mar. Esta área é composta de duas

Lisbôa

formações típicas da vegetação de campina amazônica. Uma, dita campina, é relativamente central, onde as plantas ocorrem em grupos que lembram "ilhas", separadas por manchas de areia completamente expostas. O aspecto das plantas é bem característico, são raquíticas, o solo está sempre exposto a altas intensidades de luz, devido à área ser excessivamente aberta. A outra formação dita campinarana, constitui-se de plantas mais altas, de diâmetro caulinar sempre superior aos das plantas da campina e de copas mais densas, o que confere mais umidade ao solo. A campinarana ocorre ao redor da campina, separando esta da floresta de solo laterítico. Escolhemos para desenvolver nosso estudo, a área de campinarana, a qual está mais protegida do intemperismo natural. Em ambas formações indivíduos de *Glycoxylon inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke são comuns.

#### MATERIAL E MÉTODOS

##### 1 — Variação estrutural de *G. inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke.

De início, um pequeno estudo do comportamento ecológico de *G. inophyllum* foi realizado a fim de se conhecer um pouco das variações estruturais da espécie nas áreas de campina e campinarana. Para isto, um transecto foi feito, medindo 60 x 5m. Nessa mesma área onde Santos & Ribeiro (1975) cavaram três poços para estudos do lençol freático. O transecto atravessou a área central de campina e mais áreas de campinaranas situadas lateralmente à campina, como se pode observar no perfil esquemático feito (Fig. 1). Trinta metros de campina, mais duas porções de 15m cada, de campinarana, foram delimitados, com largura fixa de 5m. Dentro dessa demarcação, todas as árvores de *G. inophyllum* foram identificadas, medida a circunferência basal (a 10cm do solo), para uma comparação posterior da área basal média entre as duas fases do ecossistema. Como se pode observar neste perfil feito somente com plantas de *G. inophyllum*, esta espécie apresenta-se com aspecto variado, conforme a formação onde ocorre. Na campinarana 1 (Cf. fig. 1), à esquerda no desenho, as árvores apresentam altura média de

6,5 m e área basal média igual a 49,36 cm<sup>2</sup>. Ainda neste local, as árvores são algo tortuosas e copas razoavelmente frondosas, de acordo com os dados da tabela I. Na área de campina, as árvores são pequenas, altura média de 2,94m, porém com área basal média 41,64 cm<sup>2</sup>, inferior aos valores da média das duas campinaranas estudadas. Ainda na campina, as árvores mostram-se bastantes tortuosas, espaçadas por manchas de areia. Na campinarana 2, situada à direita do perfil, as árvores apresentam-se de porte ereto, semelhantes às da floresta adjacente, de altura média de 15,3m e área basal média de 445,76cm<sup>2</sup>. Se forem comparadas os valores obtidos, observa-se que há uma variação bastante significativa para a mesma espécie em três diferentes condições, porém em áreas muito próximas.

TABELA I

Variações estruturais de *G. inophyllum* em gradientes de Campina e Campinarana

GRADIENTES	N.º de Indivíduos	Área basal média (cm <sup>2</sup> )	Altura total média (m)	C O P A	
				Atura (m)	Larg. (m)
Campinarana <sub>1</sub>	7	49.36	6.5	2-5	1-5
Campina	20	41.64	2.94	0.40-3	0.70-5
Campinarana <sub>2</sub>	3	445.76	15.3	3-5	5-7

É interessante observar que muitas outras espécies ocorrem na campina mesclando-se a *G. inophyllum*, de maneira a compor a associação local, entretanto, essas espécies não foram representadas no perfil porque não são de interesse ao nosso estudo de estrutura ecológica, além do que, estão representadas em perfis gerais feitos por Anderson *et al.* (1975), nesta mesma campina.

Considerou-se que essas diferenças fisiológicas observadas no perfil do transecto estão condicionadas ao fator água que é bem mais disponível nas campinaranas do que em áreas de campina, que são excessivamente drenáveis (Lisbôa, 1975). Uma representação gráfica do local onde se situa o lençol freático foi conseguida graças aos dados de Santos & Ribeiro (1975), que os mediram em dife-

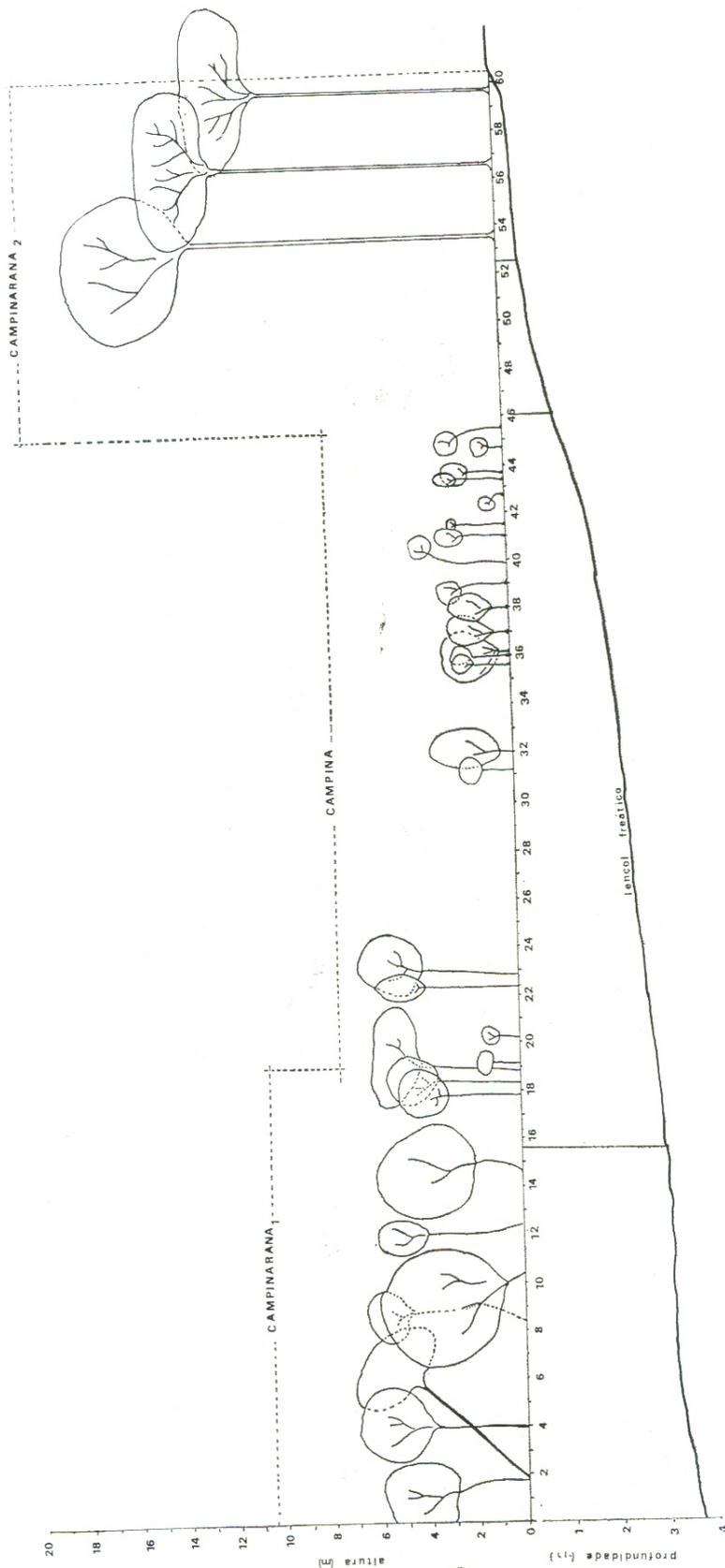


Figura 1: Perfil diagrama de uma faixa de 60 x 5m de um transecto abrangendo campinarana-campina-campinarana, na reserva biológica de campina INPA-SUPFRAMA, no Km 62 da rodovia Manaus-Cara-a-rai.

rentes locais na área utilizada para desenho do perfil. Campinas demonstram ser áreas que sofreram perturbações em épocas remotas (Lisboa, 1975) por isso são excessivamente abertas. Sendo o solo arenoso e a vegetação rala, é lógico que a campina sofre problema de disponibilidade de água, senão vejamos: a campinarana 1, representada no perfil, situa-se próximo à floresta, sofrendo inclusive, a influência do latosol adjacente que proporciona uma retenção maior de água, favorecendo o desenvolvimento da vegetação neste local, apesar, do lençol freático situar-se profundamente (mais de 3m). A área central de campina, não mostra vestígios de mesclia com solo laterítico. É aberta, o solo bastante exposto, de drenagem excessiva, sendo portanto, uma área cuja disponibilidade de água é pequena em relação às campinaranas 1 e 2. Na campinarana 2, o porte das árvores sobrepuja aos das árvores da campinarana 1 e da área central da campina, devido a proximidade com o solo laterítico, mas principalmente pela localização mais superficial do lençol freático (70 cm), que chega mesmo a aflorar em determinado trecho. Portanto, nesse local, há abundância de água que favorece o desenvolvimento exuberante da vegetação da campinarana 2.

## 2 — Competição por Nutrientes Minerais

Em meados de junho de 1974, notou-se que nos locais onde ocorre *G. inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke havia uma sensível restrição na ocorrência da erva *Lagenocarpus verticillatus* (Sprengel) T. Koyama & Maguire (Cyperaceae). Sob a copa de outra espécie comum na campina, *Aldina heterophylla* Spr. ex Benth., essa erva pode crescer em abundância. Em diversos locais onde ocorre *G. inophyllum* e *A. heterophylla* lado a lado, observa-se que *L. verticillatus* cessa sua expansão nos limites onde começa a área húmica de *G. inophyllum*, sugerindo uma severa limitação de germinação e/ou crescimento. Dessa observação preliminar, foi feito um transecto linear em um desses locais para caracterização do fenômeno ecológico. Uma faixa foi estendida em duas direções abrangendo áreas de *G. inophyllum*, *A. heterophylla* e *Ormosia costulata* (Miq) Kleinh., de maneira que uma das extremidades

da faixa ficou presa no tronco de *A. heterophylla*, ao nível do solo, continuando-se posteriormente até o tronco de *O. costulata*. A distância entre *A. heterophylla* e *G. inophyllum* é de 6 m e, desta última até *O. costulata*, de 4,5m. O número de tufos de *L. verticillatus* foram contados de metro em metro, ao longo de toda a linha, estando os resultados obtidos representados nos gráficos 1 e 2.

De acordo com esses dados, há evidências razoáveis de que *G. inophyllum* inibe a germinação e/ou crescimento de *L. verticillatus*, devido a um fator provavelmente químico, que é produzido pela planta e liberado para o meio ambiente, ficando retido na camada húmica de *G. inophyllum*.

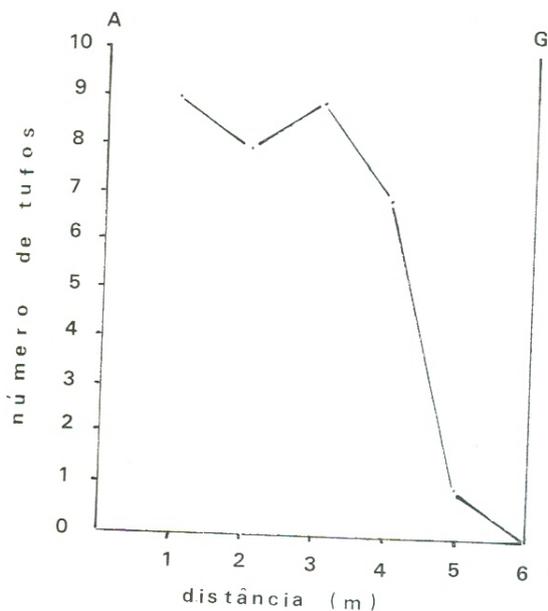


Gráfico 1: Ocorrência de tufos de *Lagenocarpus verticillatus* em um transecto linear abrangendo áreas de *G. inophyllum* (G) e *A. heterophylla* (A).

Por outro lado, plântulas de *G. inophyllum* existem em abundância sob a copa da planta mãe. Observações prévias indicaram que essas plântulas não crescem ao longo do tempo, daí planejou-se medições do tamanho do caule dessas plântulas com a finalidade de se obter dados quanto ao crescimento ou não, durante nosso período de trabalho. Assim, em princípios de novembro de 1974, foram delimita-

das cinco áreas, medindo cerca de 1m<sup>2</sup> cada, em diferentes locais onde ocorre *G. inophyllum*, na campinarana. Dentro dessas áreas foi feito o levantamento das espécies de plântulas que aí ocorriam, sendo cada plântula numerada com uma plaqueta de alumínio de 1cm<sup>2</sup>, ligada à plântula por um cordão fino de "nylon" envolvendo o seu caule, deixando-se bastante espaço para evitar o estrangulamento da plântula. Medições mensais foram feitas durante o período de novembro a abril, que corresponde à fase de maior pluviosidade na Amazônia, e que portanto favorece o crescimento vegetal. A mensuração consistiu em se tirar a altura do caule desde o nível do solo até a gema apical. A ocorrência das diversas espécies de plântulas nas cinco áreas podem ser observadas na tabela 2, abaixo :

TABELA 2

Ocorrência de espécies em cinco áreas de 1 m<sup>2</sup>, sob a copa de *G. Inophyllum*

ESPÉCIES	ÁREAS				
	I	II	III	IV	V
<i>Lagenocarpus verticillatus</i>	X				
<i>Glycoxylon inophyllum</i>	X	X	X	X	X
<i>Protium heptaphyllum</i>	X	X			
<i>Clusia aff. columnaris</i>	X	X	X	X	X
<i>Tabernaemontana rupicola</i>	X				
<i>Ouratea spruceana</i>	X				

Os resultados das medições feitas estão contidos na tabela 3, onde observa-se claramente que não houve crescimento significativo no decorrer do período estudado. Esses resultados foram obtidos calculando-se a média das alturas caulinares de plântulas de cada espécie, para cada mês, em todas as áreas. A utilização de áreas separadas de 1m<sup>2</sup> foi somente com o intuito de se obter amostras de diferentes locais.

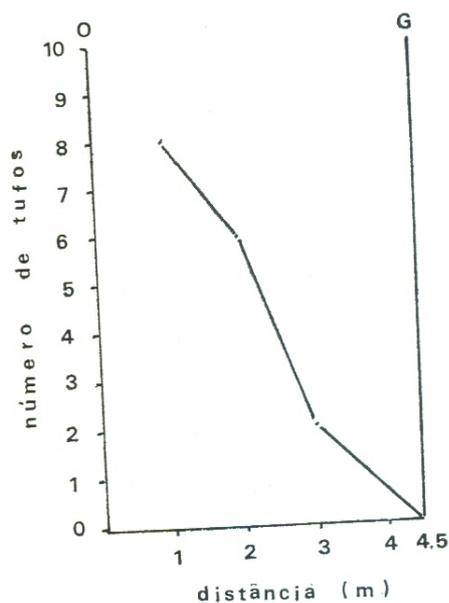


Gráfico 2: Ocorrência de tufo de *Lagenocarpus verticillatus* em um transecto linear abrangendo áreas de *G. inophyllum* (G) e *O. costulata* (O).

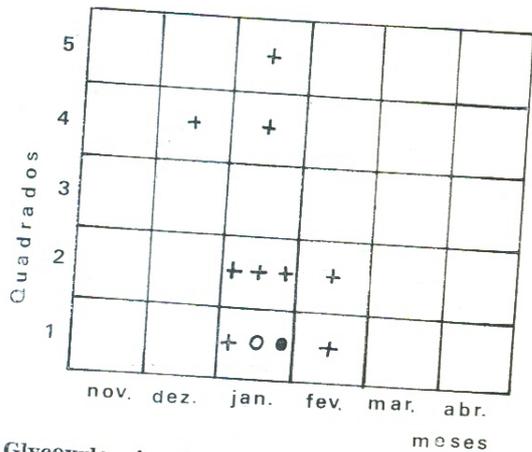
TABELA 3

Crescimento médio mensal de plântulas em área total de 5 m<sup>2</sup>

ESPÉCIES	Nov.-Dez. (mm)	Jan.-Fev. (mm)	Mar.-Abr (mm)
<i>Lagenocarpus verticillatus</i>	1.5	0.1	0.1
<i>Glycoxylon inophyllum</i>	0.1	0.1	0.2
<i>Protium heptaphyllum</i>	4.0	0.2	0.1
<i>Clusia aff. columnaris</i>	0.4	0.4	0.1

Além das medidas de altura do caule das plântulas, contou-se isoladamente o número de plântulas que pereceram durante o período de mensurações. Essas, não foram computadas na tabela 1. A figura 2 mostra o número de plântulas que pereceram, a que espécie pertence, em qual quadrado ocorreu o evento, bem como o mês do acontecimento.

O pequeno declínio observado no número de plântulas não foi significativo, sendo mais comum durante o mês de janeiro. Esses dados, entretanto, não indicam nenhuma ligação com o fenômeno alelopático porque em alguns casos achou-se vestígios de destruição da gema apical por herbívoros.



- + *Glycoxylon inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke
- o *Ouratea spruceana* Engl.
- *Tabernaemontana rupicola* Benth.

Figura 2: Declínio de plântulas durante o período estudado, nas diferentes áreas de 1m<sup>2</sup>, sob copas de *Glycoxylon inophyllum*.

Para se analisar o fenômeno da competição mineral como um fator crítico na limitação do crescimento de plântulas nos sítios de *G. inophyllum*, alguns experimentos foram feitos. Sendo o solo de campinas reconhecidamente pobre em nutrientes, os indivíduos adultos de *G. inophyllum*, de acordo com a hipótese secundária, determinariam uma depleção mineral nos "habitats" onde ocorrem, em detrimento do crescimento das plântulas participantes do mesmo "habitat", então, esse esgotamento dos minerais impediria o crescimento das plântulas. Este problema foi testado no campo. Plântulas de *G. inophyllum* foram selecionadas de acordo com seu vigor aparente. Essa espécie foi escolhida devido ser abundante nas áreas dominadas por indivíduos de *G. inophyllum*, bem como para se evitar neste experimento de campo, a introdução de uma planta estranha ao ecossistema campinarana. Finalmente, pela ausência de sementes ou plântulas de espécies nativas da campina optou-se

pelas plântulas de *G. inophyllum*, que se supunha também serem inibidas pela planta mãe.

Para se evitar um possível resultado incorreto no experimento devido a uma desuniformidade no nível do terreno nas áreas húmicas de *G. inophyllum*, que poderiam eventualmente causar lixiviação dos nutrientes adicionais, preferiu-se transferir as plântulas selecionadas para sacos plásticos pretos de 2kg, usados na agricultura. Quarenta plântulas foram transplantadas para sacos previamente abastecidos com porções do solo existentes sob a copa de *A. heterophylla* e outras quarenta transplantadas para sacos contendo porções de solo existentes sob a copa de *G. inophyllum*. Esta operação foi iniciada no princípio de novembro, ainda no decorrer do qual se aplicou solução aquosa de fertilizante granular comercial, na proporção de 18g para 1000 ml de água. Aplicações quinzenais da solução nutritiva foram feitas em 20 sacos contendo plântulas com solo de *A. heterophylla* e em 20 sacos contendo plântulas com solo de *G. inophyllum*. Para cada saco usou-se a quantidade de 100 ml, recomendada. As 20 plântulas restantes foram usadas como controle. A solução nutritiva constituía-se de 15% de Nitrogênio, 15% de Pentóxido de fósforo, 20% de Óxido de potássio, 3% de Óxido de cálcio, além de quantidades menores de Mg, Cl, Mn, Fe, B e Zn. Medições de altura do caule foram feitas em novembro de 1974 e janeiro, março e maio de 1975. Os resultados do crescimento estão contidos na tabela 4.

Os resultados da tabela 4, para crescimento em solo de *G. inophyllum*, sem adição de nutrientes, mostram uma redução no crescimento das plântulas. Isso ocorreu devido à perda das folhas e ao murchamento do meristema apical após decorrido o primeiro mês de transplante. A princípio julgou-se que as plântulas haviam perecido, entretanto, com a intensificação das chuvas nos meses de fevereiro e março de 1975, novas folhas surgiram, favorecendo o crescimento. A queda das folhas provavelmente decorreu do impacto do transplante, sobrevivendo então, mais efetivamente, o efeito tóxico do inibidor concentrado no solo. Com o passar dos meses chuvosos, a intensa lavagem sobre os sacos carrearam

TABELA 4

Crescimento médio de plântulas de *G. inophyllum* em solo húmico existente sob as copas de *Glycoxylon inophyllum* e *Aldina heterophylla*

MESES	Solo de <i>G. inophyllum</i>		Solo de <i>A. heterophylla</i>	
	sem nutrientes (mm)	com nutrientes (mm)	sem nutrientes (mm)	com nutrientes (mm)
Nov. -Janeiro	— 0.9	0.1	1.6	1.3
Janeiro-Março	— 0.7	2.2	3.0	1.9
Abril -Maio	4.3	5.3	2.0	5.1
TOTAL	2.7	7.6	6.6	8.3

fora esse tóxico, proporcionando uma vigorosa recuperação das plântulas. Por outro lado, as plântulas transplantadas para sacos com solo de *G. inophyllum*, aos quais adicionou-se solução nutritiva, não apresentaram queda de folhas, provavelmente devido não haverem sofrido o impacto do transplante por estarem providas de nutrientes que, acredita-se, tenham contrabalançado os efeitos negativos do transplante. As plântulas transplantadas para sacos contendo solo de *A. heterophylla* apresentaram um crescimento superior, tanto no controle, quanto no tratamento com nutrientes, em relação ao crescimento ocorrido em solo de *G. inophyllum*. Apesar do crescimento não ser significativo, nos controles e nos tratamentos para ambos os tipos de solos, os resultados revelaram que parece não haver nenhuma interferência crítica do fator nutriente sobre o crescimento de plântulas de *G. inophyllum*, porque as diferenças "com e sem nutrientes" não determinaram nenhuma alteração significativa no crescimento das plântulas, daí pensar-se que, apesar do solo ser de origem arenosa, não foi encontrada nenhuma indicação de que está havendo uma competição extrema por nutrientes minerais entre indivíduos adultos de *G. inophyllum* com plântulas da mesma espécie. Os resultados obtidos estão parcialmente compatíveis com os resultados do trabalho de Santos & Ribeiro (1975), os quais

acharam que o nitrogênio não é o fator limitante do crescimento da vegetação, em campinas amazônicas.

### 3 — Competição por Água

Dentre todos os tipos de vegetações da Amazônia, a vegetação de campina pode ser considerada a mais seca, em decorrência de sua drenagem ser mais rápida que em latossolos, como também pela infiltração de luz sempre maior do que na floresta (Takeuchi, 1960). Levantou-se então, a possibilidade de que a umidade do solo poderia ser o fator limitante para o crescimento de plântulas, na área estudada. Dados sobre a umidade do solo existente sob as copas de *G. inophyllum* nos foram fornecidos pela Profa. Regina Lisboa, com os quais se construiu o gráfico 3, para umidade das áreas húmicas sob a copa de *G. inophyllum*, compreendendo o período de novembro de 1974 até fins de abril de 1975. Os resultados mostram que, apesar da drenagem ser rápida (Lisboa, 1975), a umidade é sempre alta nos sítios de *G. inophyllum* porque a camada húmica apresenta-se bastante compacta e profunda, o que permite uma melhor retenção de água. O menor valor obtido (65.46%), representa a média de amostragens de dias muito ensolarados. Nos outros meses, a umidade elevou-se significativamente pela chegada da estação chuvosa, sendo a menor média registrada no mês de fevereiro, de 101.57%, valor este muito elevado. Os cálculos para umidade foram feitos de acordo com Pramer (1965).

Em virtude da estação meteorológica da Reserva Biológica da Campina não haver funcionado durante o período estudado, não foi possível fazer-se um gráfico contendo os índices de pluviosidade desta área. Para se ter uma idéia do índice pluviométrico neste período, construiu-se a curva de pluviosidade mensal (cf. gráfico 3), baseada nos dados da estação meteorológica da Reserva Ducke, pertencente ao INPA, situada na rodovia Manaus-Itacoatiara, Km 26, cedido pelo setor de Ciências do Ambiente do INPA. Durante o período medido, o total mensal mínimo de precipitação ocorreu no mês de fevereiro. Claramente observa-se que há uma abundância de chuvas

na região amazônica, responsável pelos altos índices de umidade. Dessa maneira concluiu-se que a umidade do solo não é o fator limitante do crescimento de plântulas, na campina.

#### ALELOPATIA

#### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

Segundo Muller (1969), alelopatia é um processo ecológico no qual uma planta fornece ao meio ambiente um ou mais compostos químicos, os quais inibem o crescimento de outras, no mesmo "habitat" ou em "habitat" vizinho. Em 1832, De Candolle propôs a questão da existência de substâncias secretadas pelas plantas que, liberadas na natureza, interagiam dramaticamente ao lado de outros fatores ambientais influenciando decisivamente o comportamento vegetal de uma comunidade, sendo portanto tais substâncias, partes ativas do complexo ambiental. Após De Candolle, muitas controvérsias sobre o assunto surgiram, atrasando sensivelmente a evolução desse novo aspecto ecológico, apesar de saber-se, nessa época, que a síntese de inibidores estava provada em diversas classes de vegetais inferiores, principalmente bactérias e fungos (Garb, 1961). Com os estudos de Bonner (1946); Gray & Bonner (1948) e Bennet & Bonner (1953), ficou praticamente estabelecida a importância dos inibidores do crescimento, como fator ecológico preponderante de estranhos fenômenos no interior de comunidades vegetais.

Substâncias tóxicas são elaboradas pelas plantas em seus mais diferentes órgãos, depositando-se nos espaços intercelulares, dutos, pelos glandulares de raízes, folhas e

Estudos sobre a vegetação...

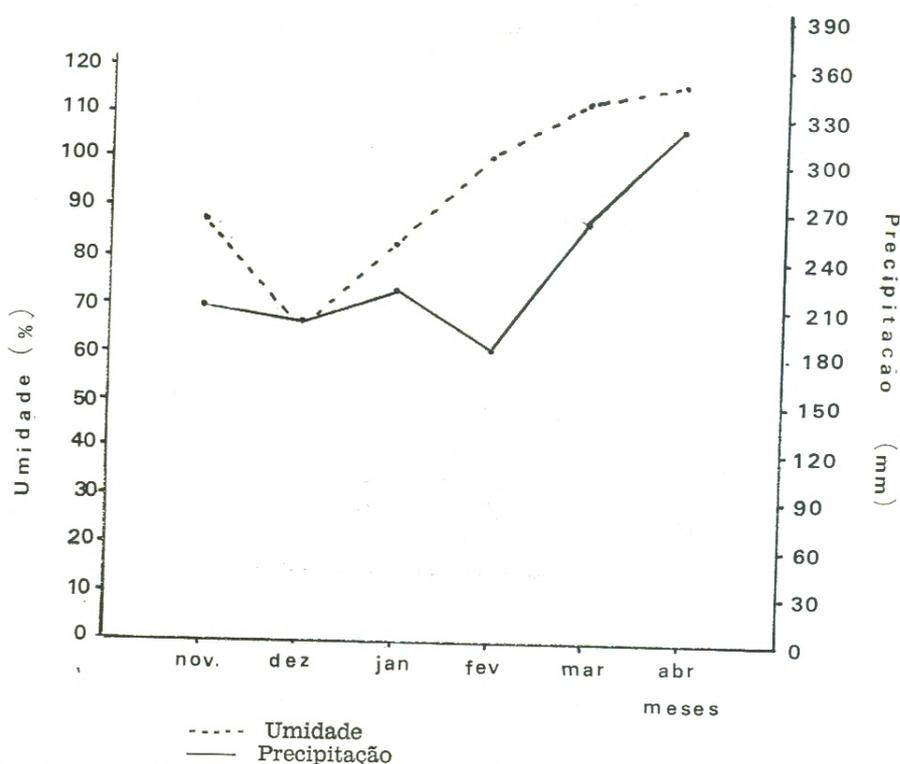


Gráfico 3: Relação entre a média mensal de umidade do solo húmico de *Glycoxylon inophyllum* e a precipitação total mensal, no período de novembro de 1974 a abril de 1975.

cascas, de onde são liberados para o ambiente por lavagem pela água da chuva ou por volatilização, ou ainda por decomposição de raízes (Garb, 1961; Whittaker & Feeny, 1971). Tais substâncias pertencem aos mais diferentes grupos químicos, daí muitas vezes não haver qualquer semelhança estrutural entre elas. Inibidores da germinação e crescimento produzidos por plantas incluem-se nos grupos orgânicos dos aldeídos, alcalóides, terpenos, pigmentos, auxinas, fenólicos, aminoácidos, cumarinas, glucosídeos etc. (Anaya, 1973).

Sem dúvida que, dentre todas estas substâncias, os compostos fenólicos e os terpenos são, até o momento, os mais conhecidos como agentes inibidores "in natura". Levin (1971), analisou detalhadamente as relações entre fenólicos inibidores e reações animais. Os trabalhos de Muller (1965, 1966); Muller & Muller (1964); Muller *et al.* (1964); Muller & del Moral (1966); Muller & Hauge (1967), constataram a toxicidade de substâncias terpênicas produzidas por espécies do

gênero *Salvia* (Labiatae) e a capacidade destas espécies determinarem efeitos alelopáticos em diversas comunidades onde vegetam

É preciso sempre estabelecer uma importante diferença entre um processo de inibição visto pelo ângulo exclusivamente fisiológico, de um efeito alelopático. Alelopatia, para se processar, depende da presença do inibidor do ambiente, mas também de outros fatores puramente ecológicos, que constituem um ecossistema. Assim, alelopatia depende do tipo de solo, microflora, clima, idade e susceptibilidade das plantas (Anaya, 1973). Comumente, a inibição ocorre por um contato direto entre a substância inibidora e a planta a ser inibida. Essa inibição pode ser impedindo a semente de germinar ou mesmo pela paralização do crescimento das plântulas situadas dentro do raio de ação do inibidor. Algumas vezes, a toxidez de uma substância evidencia-se somente depois que esta entra em contato com o oxigênio do ar. As espécies americanas, *Juglans nigra* e *J. cinera*, são ricas em juglone, nas cascas das raízes. Este hormônio, quando liberado pelo órgão, oxida-se em contato com o ar, adquirindo caráter tóxico, para germinação e crescimento de outras plantas na área onde ocorrem (Borner, 1960).

Efeitos alelopáticos são comuns na região da Califórnia. O trabalho de Mc Pherson & Muller (1969) reporta os efeitos produzidos por substâncias existentes nas folhas de *Adenostoma fasciculatum*, sobre o crescimento de ervas anuais, na vegetação do chaparral e a influência do ciclo do fogo no fenômeno alelopático que aí ocorre. Ainda na Califórnia, del Moral & Muller (1970) detectaram terpenos e compostos fenólicos em folhas, cascas e raízes de *Eucalyptus camaldulensis*, que interagem com as ervas anuais, controlando seu crescimento.

Em Oaxaca, no México, cinco espécies do gênero *Quercus* contêm substâncias inibidoras na casca, capazes de afetar a germinação e o crescimento de orquídeas epífitas (Frei & Dodson, 1972).

A interferência do fenômeno alelopático tem sido estudada, inclusive em práticas agrícolas (Wang, Yang & Chuang, 1967; Tukey, 1969).

Informações gerais sobre efeitos alelopáticos e sua influência na evolução e dominância de vegetações, são encontrados em Muller (1970); del Moral & Cates (1971); Al-Naib & Rice (1971) e Tinnin & Muller (1971; 1972).

Na Amazônia, ainda não foram desenvolvidos trabalhos sobre este tema, de importância muitas vezes extrema para explicar fenômenos de dominância, associação, estrutura e dinâmica de vegetações.

#### TÉCNICAS

Na hipótese geral do trabalho, considerou-se que indivíduos adultos de *Glycoxyton inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke, elaboram material tóxico às plantas, o qual, eventualmente, é liberado para o solo, onde exerce seu efeito inibidor sobre plântulas que ocorrem em sua proximidade. Segundo McPherson & Muller (1969), um produto tóxico pode ser liberado ao ambiente, através de dois mecanismos: volatilização e lavagem pela água da chuva. Dentre as substâncias voláteis com propriedades inibitórias de germinação e crescimento de plântulas, Muller & Muller (1964) e Muller (1965), citam os terpenos produzidos por arbustos do gênero *Salvia*, principalmente cineole e cânfora; del Moral & Muller (1970), detectaram cineole e pineno, em amostras do solo onde ocorre *Eucalyptus camaldulensis*, sendo estas substâncias responsáveis pela limitação do crescimento de ervas anuais, na Califórnia, onde esta Myrtaceae é comum. Para se testar uma possível presença de substâncias terpênicas, produzidas por *G. inophyllum*, tentou-se a extração destas substâncias por hidrodestilação, usando-se 500 gramas de folhas verdes intactas, para 2 litros de água destilada, não se obtendo resultados. Eliminou-se então, a produção de produtos tóxicos voláteis, por esta espécie. Restou, finalmente, a possibilidade de que o material tóxico fosse solúvel em água, o que possibilitaria seu trânsito pelo solo. Sobre substâncias tóxicas, solúveis em água, produzidas por plantas, a literatura é bastante ampla. Grummer & Beyer (1960), demonstraram o poder tóxico de extratos aquosos de folhas de espécies de *Camelina*. Da mesma maneira, Mergen (1959) detectou princípios tóxicos em extratos aquosos de fo-

lhas de *Ailanthus altissima*, que exerciam efeito depressor sobre o crescimento de plantas vizinhas. O hormônio produzido por *Juglans nigra*, juglone (5-hidroxi - 1,4 — naftoquina), causa inibição alelopática "in natura", não deixando outras espécies se estabelecerem em suas imediações (Davis, 1928).

Uma série de bioensaios foram feitos para se testar a hipótese alelopática enfatizando-se sobretudo os testes em placas de Petri, no laboratório, comumente usados, Yardeni & Evi-nari, 1952; MacPherson & Muller, 1969 e del Moral & Muller 1970). Sementes de *Lactuca sativa* L. (alface) foram escolhidas para os bioensaios de crescimento do hipocótilo, por sua rapidez de germinação e, por se obter em testes prévios, sempre 99% de germinação. As sementes de *L. sativa* foram embebidas durante 2 horas nos diversos extratos aquosos, obtidos de diferentes órgãos de *G. ino-phyllum*, e posteriormente depositadas em placas de Petri contendo papel filtro, o qual foi umedecido com o próprio extrato a testar. Em todos os bioensaios usou-se como controle placas de Petri, cujo papel de filtro foi umedecido com água destilada. Normalmente, 10 sementes foram distribuídas em cada placa. Usou-se 5 placas para cada tratamento, sempre acompanhadas de 5 placas controles. Essas placas foram guardadas no laboratório a temperatura de 26°C, pelo espaço de 3-5 dias, sempre expostas a uma mistura de luz fluorescente, para acelerar o processo de germinação e crescimento do hipocótilo. Os resultados obtidos através de medidas do crescimento do hipocótilo, em mm, foram expressados através de gráficos e tabelas. Todos os extratos, quando não utilizados, foram conservados no refrigerador. Outros experimentos de campo e laboratório foram feitos.

#### EXTRATO DE FOLHAS

Como referimos anteriormente, substâncias tóxicas podem estar presentes em folhas de plantas e serem carregadas para o solo, pela água da chuva, aí exercendo seu efeito inibidor sobre outras plantas. O primeiro ensaio foi feito com extrato aquoso de folhas intactas

de *G. inophyllum*, folhas essas coletadas no dia 4 de abril de 1975, dois dias após uma chuva. Neste primeiro tratamento, 10 gramas de folhas frescas intactas, foram extraídas com 100 ml de água destilada proveniente de destilador de vidro, com agitação mecânica durante 3 horas. O extrato resultante foi filtrado em algodão e usado para embebição de sementes de *L. sativa* por duas horas, após o que, foram levadas a germinar em placas de Petri, irrigadas com 3ml do próprio extrato e, recebendo cada uma, 10 sementes, como já foi referido. Cinco placas do tratamento e cinco placas do controle foram usadas. Finalmente, as placas foram submetidas a temperatura de 26°C, durante 72 horas, em presença de uma mistura de luz fluorescente e incandescente. Um resultado surpreendente e imprevisível foi obtido, no qual a média de crescimento do hipocótilo, mostrou ser maior no tratamento com extrato de folhas, do que no controle, conforme pode ser verificado no gráfico 4. Este resultado sugere que folhas frescas intactas de *G. inophyllum*, não contém material tóxico, ou que os contém em quantidades minúsculas, deixando inclusive sobrevir o efeito de substâncias estimulantes do crescimento do hipocótilo de *L. sativa*. Portanto, nenhum mecanismo de processos alelopáticos é desenvolvido por este órgão.

Um teste utilizando-se 10 gramas de folhas cortadas extraídas em 100ml de água foi levado a efeito, obtendo-se uma razoável percentagem de germinação de sementes de *L. sativa*. No controle, as sementes apresentaram 98% de germinação, enquanto, no tratamento com folhas frescas cortadas, a germinação foi reduzida a 70%. Foi feito um teste de contingência ( $X^2$ ), que demonstrou que tais dados não pertencem a uma mesma população ( $=14,57 \times^2 (1; 0,01) = 6,635$ ), indicando o efeito tóxico do extrato de folhas verdes cortadas.

Folhas frescas cortadas, mostraram conter material tóxico capaz de restringir a germinação e o crescimento, entretanto, "in natura", não ocorre algo semelhante a corte de folhas, sendo portanto um experimento duvidoso, para interpretações ecológicas.

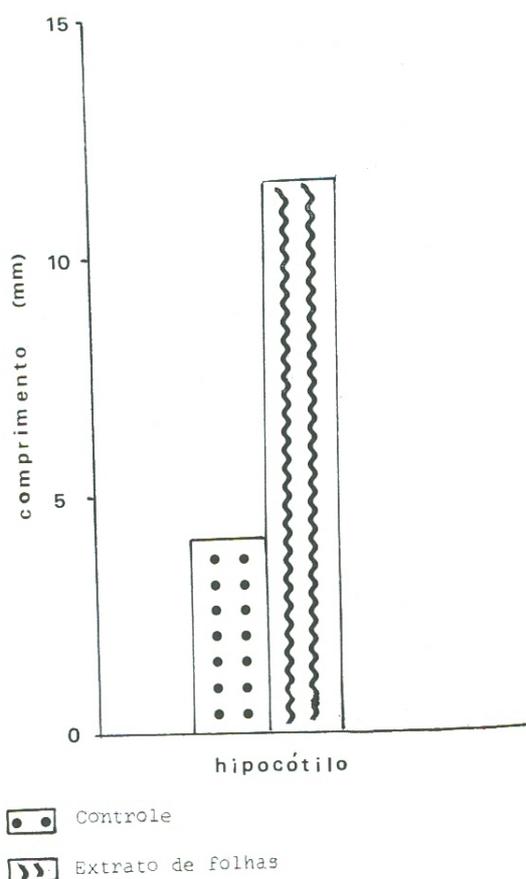


Gráfico 4: Comprimento médio do hipocótilo de *L. sativa* L. em água destilada e extrato aquoso de folhas de *G. inophyllum* (10g: 100ml), após 3 dias.

#### EXTRATO DE RAÍZES

Na manta orgânica formada abaixo da copa de *G. inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke, há grande quantidade de raízes finas que se espalham horizontalmente no interior do humus, mesclando-se a este, dando formação a uma camada maciça, de pH geralmente variando entre 4 e 5,5, com grande capacidade de retenção de material líquido proveniente dos órgãos aéreos das plantas, pela ação das chuvas. Klinge (1973) encontrou em uma campina, que até 80% do total de raízes finas estão contidas na camada húmica de humus podzólicos. Como raízes são também capazes de elaborar produtos tóxicos e excretá-los para o solo, pensou-se que este órgão de *G. inophyllum*

também poderia conter o princípio inibidor procurado. Garb (1961), cita que muitos dos inibidores do crescimento vegetal são elaborados pelas raízes. Ainda em meados de abril, raízes de mais ou menos 0,5 cm de diâmetro foram coletadas dos primeiros 20 cm do solo húmico de *G. inophyllum*. Esta operação foi feita por revolvimento cuidadoso do solo, após o que, as raízes foram cortadas em porções de 40 cm de comprimento, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e, no mesmo dia, utilizadas para confecção de extrato. No laboratório, pesou-se 10 gramas do peso fresco para 100 ml de água destilada. Cuidadosamente uniu-se as pontas de cada porção, as quais em seguida foram introduzidas em um recipiente de vidro de boca larga, de modo que as extremidades cortadas ficaram isentas do contato com a água, evitando-se assim, uma possível transmissão para a água, de substâncias liberadas pela região injuriada. Durante 2 horas, o sistema foi submetido a leve agitação, para em seguida, ser deixado em repouso por 22 horas, quando então o extrato foi obtido por filtração em funil de vidro com algodão.

O bioensaio do crescimento do hipocótilo de *Lactuca sativa* L. foi realizado de maneira semelhante ao feito para as folhas. Os resultados estão representados no gráfico 5, onde se observa que não houve uma diferença significativa no crescimento médio dos hipocótilos quando comparados, controle e extrato de raízes, apesar do crescimento ter sido menor, no tratamento com extrato de raízes, o que nos permite deduzir que raízes de *G. inophyllum* não contém materiais fitotóxicos em quantidades significantes, não havendo, portanto, significância ecológica na inibição do crescimento de plântulas, nos sítios de *G. inophyllum*.

Após esses primeiros experimentos de laboratório, algumas observações de campo foram feitas, para melhor visualização do problema. O pH do solo da campina apresentase variável numa faixa de 4 a 5,5, tanto em áreas húmicas de *G. inophyllum*, como de outras espécies, como por exemplo de *Aldina heterophylla* Spr. ex Benth. e *Matayba opaca* Radlk., comuns no ecossistema campina amazônica estudado. Como já foi referido, as

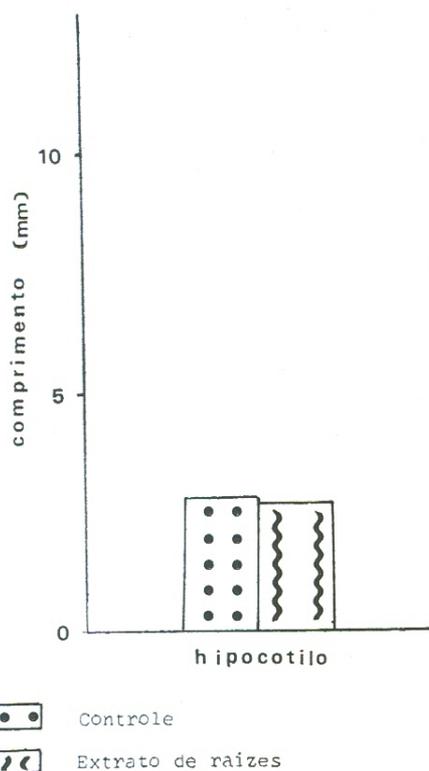


Gráfico 5: Comprimento médio do hipocótilo de *L. sativa* L. em água destilada e extrato aquoso de raízes de *G. inophyllum* (10g: 100ml), após 3 dias.

áreas de *Aldina heterophylla*, são invadidas pela erva *Lagenocarpus verticillatus*, (Sprengel) T. Koyama & Maguire, o que não ocorre nas áreas de *G. inophyllum*. Se ambas as espécies formam camadas húmicas de pH semelhante, é lógico pensar-se que não é esta a causa da limitação do crescimento da erva, ou mesmo, de outras plântulas, ao redor de indivíduos adultos de *G. inophyllum*. Por outro lado, o pH dos extratos de órgãos frescos desta espécie situam-se numa faixa entre 5 a 7,5, na qual está incluído o pH da água destilada usado como controle.

#### EXTRATO DA CASCA DO CAULE

A casca de *G. inophyllum* despreende-se em placas, continuamente, acumulando-se em quantidades razoáveis no solo, ao redor do tronco, onde são lavadas pela água da chuva. Isto sugeriu a possibilidade de que a casca

desta espécie poderia ser uma fonte de material tóxico. A água ao escorrer ao longo do caule, poderia carrear este material, aliando-se a este fato, a lavagem direta sofrida pelas placas que se acumulam no solo. Outra observação surgida do fenômeno de queda de placas da casca, é que sobre o caule de *G. inophyllum*, a presença de espécies epífitas é bem mais restrita do que sobre o caule de outras espécies comuns na área, como por exemplo *Aldina heterophylla*. Briófitas e orquídeas quando estão se fixando no caule, são muitas vezes arremessados ao solo, quando do desprendimento das placas da casca. É possível também que um fator químico também interfira no estabelecimento destas epífitas. Frei & Dodson (1972) demonstraram a inibição da germinação e crescimento de orquídeas epífitas sobre a casca de espécies do gênero *Quercus*, no México.

Em princípios de junho de 1975, procedeu-se nova coleta de campo. Placas de cascas espalhadas sob a copa de *G. inophyllum* foram recolhidas, bem como placas que estavam ligadas ao caule somente por pequena película, portanto, na eminência de caírem ao solo. Este material foi acondicionado em sacos plásticos e trazido ao laboratório, onde a confecção de um novo extrato foi elaborada, pela extração de 10 gramas do peso fresco em 100 ml de água destilada, por agitações brandas intercaladas durante o espaço de 20 horas, findo o qual, o extrato obtido foi filtrado em funil de vidro com algodão, e bionsaiado com sementes de *Lactuca sativa*, da maneira usual. A duração deste bioensaio foi de 120 horas, porque percebeu-se desde o início, que uma severa inibição estava ocorrendo, daí prolonga-se o tempo, com a finalidade de se obter maior certeza do fenômeno. Os resultados deste teste, estão representados no gráfico 6, onde se observa, que uma significativa inibição do crescimento do hipocótilo foi obtida, o que pode ser comprovado pela aplicação do teste de t, cujo resultado foi 0,02. O comprimento médio, no controle, atingiu, 10,15mm, enquanto o tratamento com extrato da casca alcançou a média de apenas 3,33 mm. Este resultado indica que um material tóxico é produzido pelo caule de *G. inophyllum*, o que torna possível

o desenvolvimento de um mecanismo alelopático por esta via. Baseado neste resultado, outro experimento foi criado, com o líquido proveniente da chuva que escorre ao longo do caule das árvores de *G. inophyllum*. Em fins de junho de 1975, escolheu-se no campo, uma árvore de *G. inophyllum* de circunferência basal de 50 cm, sobre o caule da qual se adaptou um funil de vidro por meio de anéis metálicos. Na porção inferior do funil, adaptou-se um tubo plástico transparente de 1,5 cm de comprimento, o qual teve sua outra extremidade introduzida num recipiente de vidro. Este sistema foi deixado durante uma semana no local escolhido, para se obter uma amostra razoável da água escorrida do caule. Findo o prazo, coletou-se o líquido, o qual foi bioensaiado com sementes de *L. sativa*, procedendo-se como das vezes anteriores. Os resultados estão representados no gráfico 7, onde se observa que uma inibição muito sutil ocorreu. Segundo McPherson & Muller (1969), líquido de chuvas, coletada através de plantas, não contém

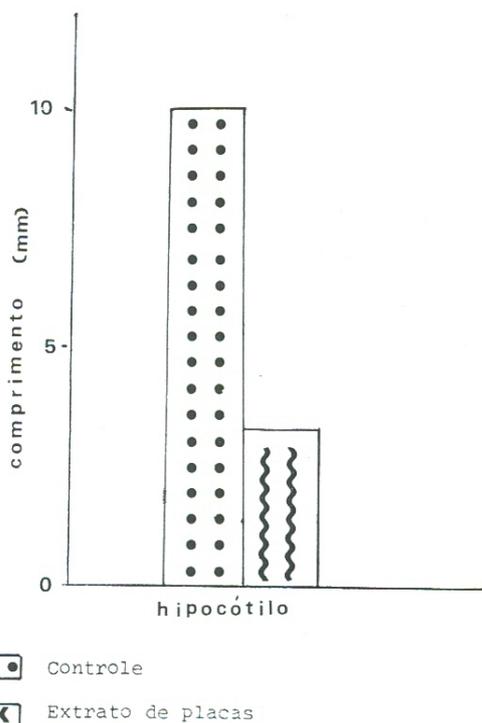


Gráfico 6: Comprimento médio do hipocótilo de *L. sativa* L. em água destilada e extrato aquoso de placas da casca de *G. inophyllum* (10g: 100ml), após 5 dias.

concentrações altas de produtos químicos, porque durante as precipitações a temperatura declina sensivelmente, diminuindo as propriedades solventes da água e, portanto, o princípio químico fica muito diluído.

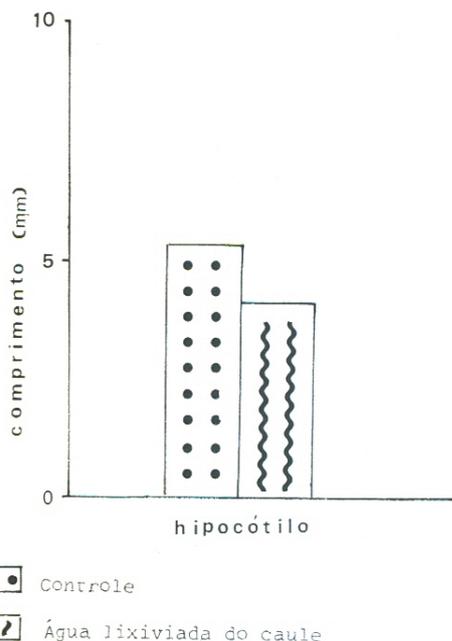


Gráfico 7: Comprimento médio do hipocótilo de *L. sativa* L. em água destilada e água lixiviada do caule de *G. inophyllum*.

#### BIOENSAIO COM ESPÉCIES NATURAIS DA CAMPINA

Um bioensaio com espécies naturais da campina foi feito, com a finalidade de se detectar o fenômeno de inibição sobre estas plantas. Assim, durante a frutificação de *G. inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke, coletou-se cerca de 1000 sementes, de frutos que estavam em processo de decomposição no solo, com as sementes já em possível estado de maturidade atingido. Sementes de *Lagenocarpus verticillatus* (Sprengel) T. Koyama & Maguire, também foram coletadas em semelhante quantidade. As sementes, de ambas as espécies, foram submetidas ao bioensaio usual, com pequenas modificações. As sementes de *G. inophyllum* foram escarificadas previamente com lixa, por serem muito duras. As placas

de Petri foram depositadas em ambiente cuja temperatura variava entre 29-31°C, mais ou menos, semelhante à temperatura diurna da área estudada. O tempo do bioensaio alcançou cerca de 1 mês, durante o qual, umedecimento semanal com 2ml de cada extrato testado foi feito, para evitar a secagem e conseqüente paralização do teste. Além dos extratos de folhas, raízes e cascas, também foi feito o teste com a água escorrida do caule. Os resultados obtidos não foram utilizados para deduções conclusivas, porque se mostraram muito irregulares para ambas as espécies. Apenas o controle de *G. inophyllum* germinou, porém com resultado sem significância. Acredita-se que estes resultados devem-se não só à difícil reprodução do fenômeno natural, em laboratório, bem como pela grande contaminação por fungos *Boletus* sp, nas placas de Petri contendo sementes de ambas espécies. Uma tentativa de germinação na ausência de luz foi feita, também sem resultados.

#### Experimentos de campo

A retenção de produtos tóxicos em solos de campinas amazônicas é, até certo ponto, de difícil compreensão, por se tratarem de típicos regossois, altamente drenáveis. Entretanto, a formação de camadas húmicas profundas, pelas plantas, possibilita um nível melhor de retenção dos produtos por elas excretados. Para se testar o nível de toxicidade da manta orgânica de *G. inophyllum*, foi feito um experimento no campo. Duas áreas, de 2m<sup>2</sup> cada, foram delimitadas, uma sobre a manta orgânica formada por *G. inophyllum* e outra sobre a manta orgânica formada por *A. heterophylla*. Em cada área, semeou-se 20 sementes de *L. sativa* e 20 sementes de *Glicine max* (L.) Merr., em princípios de junho de 1975. Duas semanas após o semeio, voltou-se ao campo, observando-se nesta ocasião que apenas 20% das sementes de *L. sativa* haviam germinado, nas duas áreas, porém mostravam um declínio aparente, que foi confirmado na semana seguinte, quando todas as plântulas tinham perecido. Isso deveu-se a um maciço ataque por herbívoros, deduzindo-se isto, em vista dos evidentes sinais predatórios observados. O comportamento de *G. max* foi melhor. Cerca

de 50% das sementes germinaram na área de *G. inophyllum*, enquanto cerca de 70% germinaram na área de *A. heterophylla*, porém, do mesmo modo que *L. sativa*, as plântulas de *G. max* evidenciavam indubitáveis sinais de predação por herbívoros, daí também declinarem nas duas semanas seguintes, seguindo-se a morte. A interferência dos herbívoros prejudicaram sensivelmente a experimentação. Entretanto a diferença de 20% na germinação de *G. max* em favor da área de *A. heterophylla* indica que um pequeno efeito inibitório ocorreu nas áreas húmicas de *G. inophyllum*. Havia-se planejado uma comparação de peso seco, para quando as plântulas completassem um mês de crescimento, o que não foi feito devido aos fenômenos ocorridos que influenciaram as observações.

#### CONCLUSÕES

As evidências obtidas nos diversos experimentos demonstram que um mecanismo de veras complexo ocorre no ecossistema campina amazônica estudado. Logicamente, os resultados, bem como as conclusões emitidas são válidas somente para a área estudada e outras onde *Glycoxylon inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke é uma das árvores dominantes, pois, estamos de pleno acordo com Pires (1973), quanto à diversificação ecológica das campinas, em decorrência de sua dispersão na região amazônica.

No caule de *G. inophyllum* acumula-se substâncias tóxicas, que são liberadas por lavagem pela água da chuva, para o meio ambiente. Da mesma maneira, as placas da casca que se desprendem, caem ao solo e são lavadas, liberando o material tóxico do qual uma parte permanece na manta orgânica sob a planta e outra é drenada para o interior do regossol. Ocorre assim um acúmulo de produtos químicos com capacidade inibidora do crescimento no solo e que possivelmente são os responsáveis pelo efeito depressor sobre plantas aí existentes, as quais estão em desvantagens na luta da seleção natural.

Estes materiais tóxicos, potencialmente, são capazes de desenvolver um mecanismo alelopático, na campina. Trata-se possivelmen-

te, de produtos secundários do metabolismo que se acumulam nos diferentes órgãos da planta, principalmente na casca, e onde se observa que, apesar das chuvas constantes, não há o esgotamento aparente destes metabolitos, de maneira a se formar um contrabalançamento entre as quantidades liberadas para o solo e as quantidades drenadas neste mesmo solo. Se, com chuvas constantes, o material tóxico obviamente é drenado para camadas profundas do regosol, por outro lado, a planta é capaz de suprir o ambiente com o produto tóxico, de maneira a poder manter um razoável nível de inibição, mesmo na estação mais rigorosa. Esse acúmulo de produto tóxico provavelmente não inibe somente vegetais superiores. De acordo com Schubart (em preparação), o grande acúmulo de humus sob a copa de *G. inophyllum*, deve-se provavelmente a uma restrição no crescimento de microorganismos neste humus, de maneira que, a matéria orgânica não sendo decomposta, está acumulando-se com o passar dos tempos, daí a formação de camadas húmicas bastantes grandes, em áreas onde abundam *G. inophyllum*. Logicamente que, durante o climax da estação invernal, o efeito depressor deve ser afetado, daí porque, após a frutificação de *G. inophyllum*, seguir-se o aparecimento de inúmeras plântulas, sendo os frutos prováveis retentores de produtos tóxicos que impedem, provavelmente, também o estabelecimento de outras plântulas. Isto explicaria o impedimento da expansão de erva *Lagenocarpus verticillatus* (Sprengel) T. Koyama & Maguire, nas mantas orgânicas de *G. inophyllum*. Observa-se, inclusive, uma sensível restrição na propagação do líquem *Cladonia* sp nas proximidades de *G. inophyllum*. É provável que um pequeno efeito inibidor homólogo e heterólogo, ocorra nas camadas húmicas de *G. inophyllum*, na Reserva Biológica de Campina, na rodovia Br-174, Km 62.

O fator nutriente também mostra ser importante na interação ambiental porque plântulas de *G. inophyllum* transplantadas para sacos contendo humus desta espécie, mostraram ser levemente afetadas, quando o inverno ainda não estava em seu rigor máximo, como também mostraram uma leve dependência de

nutrientes, embora não significativa, como se pode observar na tabela 4, o que permite concluir que os fatores nutricional e alelopático estão agindo simultaneamente, impedindo o crescimento vegetal na campina, em áreas de *Glycoxyton inophyllum*. Note-se que as plântulas transplantadas para sacos contendo solo de *Aldina heterophylla* Spr. ex Benth, sem adição de nutrientes, não sofreram o "impacto" ocorrido no transplante para solo de *G. inophyllum*, sem adição de nutrientes. De maneira oposta, a umidade não influi na restrição do crescimento, porque ela é suficiente para fenômenos de germinação e crescimento. Pode-se observar os altos valores obtidos, no gráfico 3.

Os experimentos com *Lactuca sativa* L. (alface) e *Glicine max* (L.) Merr. (soja), no campo, mostraram perspectivas de resultados indicadores bons, porém foram prejudicados, pelos motivos já referidos. Entretanto, o ataque maciço por herbívoros, destruindo todas as plântulas introduzidas na área de estudo, demonstraram claramente que Janzen (1974) tem razão ao afirmar que a acumulação de tóxicos em plantas de campinas tropicais é um mecanismo de defesa, para evitar perda de folhas para herbívoros. Assim, considerando-se *L. sativa* e *G. max* como espécies atóxicas, percebe-se que elas foram descobertas pelos herbívoros daquela área, os quais, rapidamente as exterminaram. Próximo ao local onde estas espécies foram semeadas plântulas de *G. inophyllum* ocorrem em grande quantidade apresentando-se pouco atacadas por herbívoros.

Nos bioensaios de laboratório, com exceção do extrato de folhas, todos os outros mostraram um crescimento menor do hipocótilo de *L. sativa*, em relação ao controle, embora somente o extrato das placas da casca tenha acarretado uma inibição mais pronunciada no crescimento do hipocótilo, mostrando assim, que o tronco é o local onde o tóxico de *G. inophyllum* se acumula para ser liberado ao meio ambiente.

Finalmente, evidencia-se a necessidade de continuidade para este trabalho, o qual mostrou ser apenas um pequeno passo em direção a elucidação de fenômeno de alelopatia em vegetações amazônicas.

## AGRADECIMENTOS

Aos Doutores Ghilleen T. Prance e Herbert Schubart pela orientação durante a execução do trabalho. Ao químico Roberto Figliolo pelo atual estudo fitoquímico de *Glycoxylon inophyllum*, e à Prof<sup>a</sup> Algenir Silva, pelo auxílio bibliográfico.

## SUMMARY

A study of the ecology of *Glycoxylon inophyllum* (Mart. ex Miq.) Ducke was made considering two main aspects: 1) the structural variation of the species in a transect through campinarana-campina-campinarana measuring 60x5 m. This was correlated with variations in water table. Comparison was made between density of individuals, height of tree, basal area and size of crown. The results showed that the number of individuals of *G. inophyllum* is greater in the central campina than in the campinarana. Also in the campina the trees are more tortuous and rachitic. 2) The ecological chemistry of the species. Here, firstly studies of competition for nutrients and soil moisture were made. The results showed that there is little dependence of *G. inophyllum* seedlings on the nutrients when they are transplanted to the humic soils of *G. inophyllum* and *Aldina heterophylla* Spr. ex Benth. The soil moisture does not affect the seedling growth in campinarana. The lowest value obtained during the period November 1974 — 1975 April was 64.46% in December. Thus, this is not a limiting factor, because the frequent rains supplied sufficient moisture for normal plant growth.

Finally, tests were made for allelopathy in both the laboratory and the field. In the laboratory a bioassay of the hypocotyl was made growing lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Petri dishes on filter paper watered with aqueous extracts of intact leaves, cut leaves, intact roots, bark flake from the trunk, and finally in stems leached with water. Controls with distilled water were made. The results showed that hypocotyls of lettuce were growth stimulated by the intact leaf extracts, while the other extracts produced growth inhibition. However, only the extract of bark flakes showed a really significant growth difference from the control. In addition, tests were made with seeds of native species of the campina (*Glycoxylon inophyllum* and *Lagenocarpus verticillatus* (Sprengel) T. Koyama & Maguire). In the laboratory results were not obtained because of interference by *Boletus* fungi.

In the field two areas of 2m were delimited for each species on the humic soils of *G. inophyllum* and *A. heterophylla*. These areas were sown with seeds of *L. sativa* and *Glicine max* (L.) Merr. In the case of *L. sativa* a germination of 20% was obtained, followed by a decline in seedling number due to mortality. In the case of *G. max* germination of 50% was obtained in the area of *G. inophyllum* and 70% in the area of *A. heterophylla*, also followed by a decline of seedlings. The reason for the decline in both areas was a massive attack by herbivores. Presumably this indicates that these plants are not toxic to the herbivores of the campina. *G. inophyllum* plants that are near to these sample areas did not show signs of predation. We conclude that Janzen (1974) is correct in affirming that tropical species of campina accumulate toxic materials in their organs to avoid excessive attack by herbivores.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- AL-NAIB, F.A.G. & RICE, E.L.  
1971 — Allelopathic effects of *Platanus occidentalis*. *Bull. Torrey Bot. Club*, 98(2): 75-82.
- ANAYA, A.L.  
1973 — Algunos aspectos importantes de la Ecología Química en las regiones tropicales. Alelopatía: posible significado en la sucesión secundaria. El suelo y los microorganismos en relación con el problema de la Alelopatía. In: *Workshop of Tropical Ecology*. Turrialba, Costa Rica, 9p.
- ANDERSON, A.B.; PRANCE, G.T. & ALBUQUERQUE, B.W.P.  
1975 — Estudos sobre a vegetação das Campinas Amazônicas — III. A vegetação lenhosa da campina da Reserva Biológica INPA-SUFRAMA (Manaus-Caracará, Km 62). *Acta Amazônica*, 5(3):225-246.
- BENNET, E.L. & BONNER, J.  
1953 — Isolation of plant growth inhibitors from *Thamnosma montana*. *Am. J. Bot.*, 40:29-33.
- BONNER, J.  
1946 — Relation of toxic substances to growth of guayule in soil. *Bot. Gaz.*, 107:343-351.
- BORNER, H.  
1960 — Liberation of organic substances from higher plants and their role in the soil sickness problem. *Bot. Rev.*, 26:393-424.

- BRAGA, M.N.B. & BRAGA, P.I.S.  
1975 — Estudos sobre a vegetação das Campi-  
nas Amazônicas — IV. Estudos ecoló-  
gicos em uma campina da Amazônia  
Central. *Acta Amazônica*, 5(3):247-260.
- DAVIS, E.F.  
1928 — The toxic principle of *Juglans nigra* as  
identified with synthetic juglone, and  
its toxic effects on tomato and alfafa  
plants. *Am. J. Bot.*, 15 : 620.
- DE CANDOLLE, M.A.  
1832 — *Physiologie Végétale*. 3 : 1474-1484.
- DEL MORAL, R. & CATES, R.G.  
1971 — Allelopathic Potential of the Dominant  
Vegetation of western Washington. *Eco-  
logy*, 52(6):1030-1037.
- DEL MORAL, R. & MULLER, C.H.  
1970 — The Allelopathic effects of *Eucalyptus  
camaldulensis*. *The Am. Midl. Nat.*,  
83 : 254-282.
- FALESI, I.C. ET ALII  
1971 — Solos do Distrito Agropecuário da  
SUFRAMA (Trecho: Km 30 — Km 79 —  
Rod. Br. 174). *Inst. Pesq. Exp. Agrop.  
da Amazônia Ocidental*, Sér.: Solos,  
1(1) : -99.
- FREI, K.J. & DODSON, C.H.  
1972 — The chemical effect of certain bark  
substrates on the germination and  
early growth of epiphytic orchids. *Bull.  
Torrey Bot. Club*, 99(6) : 301-307.
- GARB, S.  
1961 — Differential growth — inhibitors pro-  
duced by plants. *Bot. Rev.*, 27:422-443.
- GRAY, R. & BONNER, J.  
1948 — An inhibitor of plant growth from the  
leaves of *Encelia farinosa*. *Am. J. Bot.*,  
35 : 52-57.
- GRUMMER, G. & BEYER, H.  
1960 — The influence exerted by species of  
*Camelina* on flax by means of toxic  
substances. *The Biology of Weeds*. In.  
1. *Symposium of the British Ecological  
Society*. p. 153-157.
- JANZEN, D.H.  
1974 — Tropical blackwater rivers, animals  
and mast fruiting by the Dipterocarpa-  
ceae. *Biotropica*, 6(2) : 69-103.
- KLINGE, H.  
1973 — Root mass estimation in lowland tropi-  
cal rain forest of Central Amazonia,  
Brazil. II. Fine root masses of a pale  
yellow latosol and a giant humus pod-  
zol. *Tropical Ecology*, 14(1) : 29-37.
- LEVIN, D.A.  
1971 — Plant Phenolics; an ecological perspecti-  
ve. *The American Naturalist*, 105(42) :  
157-181.
- LISBÔA, P.L.  
1975 — Estudos sobre a vegetação das Campi-  
nas Amazônicas — II. Observações ge-  
rais e revisão bibliográfica sobre as  
campinas amazônicas de areia branca.  
*Acta Amazônica*, 5(3):211-223.
- MCPHERSON, J.K. & MULLER, C.H.  
1969 — Allelopathic effects of *Adenostoma fas-  
ciculatum*, "chamise", in the California  
Chaparral. *Ecol. Monogr.*, 39:177-198.
- MERGEN, F.  
1959 — A toxic principle in the leaves of  
*Ailanthus*. *Bot. Gaz.*, 121(1) : 32-26.
- MULLER, C.H.  
1965 — Inhibitory terpenes volatilized from  
*Salvia* shrubs. *Bull. Torrey Bot. Club*,  
92(1) : 38-45.  
1966 — The role of chemical inhibition (allelo-  
pathy) in vegetational composition.  
*Bull. Torrey Bot. Club*, 93(5) : 332-351.  
1969 — Allelopathy as a factor in ecological  
process. *Vegetatio. Acta Geobotanica*,  
(1-6) : 348-357.  
1970 — The role of allelopathy in the evolution  
of vegetation. In. *Proc. 29 th Biol.  
Colloquium* : 13-31.
- MULLER, C.H. & DEL MORAL, R.  
1966 — Soil toxicity induced by terpenes from  
*Salvia leucophylla*. *Bull. Torrey Bot.  
Club*, 93(2) : 130-137.
- MULLER, W. H. & HAUGE, R.  
1967 — Volatile growth inhibitors produced by  
*Salvia leucophylla*. effect on seedlings  
anatomy. *Bull. Torrey Bot. Club*,  
94(3) : 182-191.
- MULLER, W.H. & MULLER, C.H.  
1964 — Volatile growth inhibitors produced by  
*Salvia* species. *Bull. Torrey Bot. Club*.  
91(4) : 327-330.
- MULLER, C.H.; MULLER, W.H. & HAINES, B.L.  
1964 — Volatile growth inhibitors produced by  
aromatic shrubs. *Science*, 143:471-473.
- PIRES, J.M.  
1973 — Tipos de vegetação da Amazônia. *Mus.  
Par. Emílio Goeldi*, Publicações avul-  
sas, 20 : 179-202.
- PRAMER, D.  
1965 — *Life in the soil*. A laboratory block of  
the B.S.C.S. Boston, D. C. Heat. 62 p.

- RODRIGUES, W.A.  
 1961 — Aspectos fitossociológicos das Caatingas do rio Negro. **Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi**, N.S. Bot., 15:1-41. e est, 7 tab.
- SAKAMOTO, T.  
 1957 — Trabalhos Sedimentológicos, Geomorfológicos e Pedogenéticos referentes à Amazônia. Missão FAO/UNESCO na Amazonia. SPVEA (mimeografado).
- SANTOS, A. & RIBEIRO, M.N.G.R.  
 1975 — Nitrogênio na água do solo do ecossistema Campina amazônica. **Acta Amazonica**, Manaus, 5(2):173-182.
- TAKEUCHI, M.  
 1960 — A estrutura da vegetação na Amazônia. III. A mata de campina na região do rio Negro. **Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi**; N. S. Bot., 8:1-13 4 est.
- TINNIN, R.O. & MULLER, C.H.  
 1971 — The allelopathic potential of *Avena fatua*: Influence on herb distribution. **Bull. Torrey Bot. Club**, 98(5):243-250.
- 1972 — The allelopathic influence of *Avena fatua*: The allelopathic mechanism. **Bull. Torrey Bot. Club**, 99(6):287-292.
- TUKEY, H.B.  
 1969 — Implications of Allelopathy in agricultural plant science. **Bot. Rev.**, 35(1):1-16.
- VIEIRA, L.S. & OLIVEIRA FILHO, J.O.F.  
 1962 — As Caatingas do rio Negro. **Bol. Técn. do Inst. Agron. do Norte**, Belém, 42:1-32.
- WANG, T.S.C.; YANG, T. & CHUANG, T.  
 1967 — Soil Phenolic Acids as plant growth inhibitors. **Science**: 103(4):239-246.
- WHITTAKER, R.H. & FEENY, P.P.  
 1971 — Allelochemicals: Chemical interactions between Species. **Science**, 171(3973):757-770.
- YARDENI, O. & EVENARI, M.  
 1952 — The germination inhibiting, growth inhibiting and phytocidal effect of certain leaves and leaf extracts. **Phyton**, 2(1):11-16.