

Universidade de São Paulo

Instituto de Biociências

Curso de pós-graduação em Ecologia

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

**ACUMULAÇÃO FOLIAR DE FLUORETOS E SEU SIGNIFICADO
ECOLÓGICO, EM ESPÉCIES ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA,
CUBATÃO, SP.**

RODRIGO COELHO FIALHO

**Dissertação apresentada ao programa de pós-
graduação do Instituto de Biociências da USP, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ecologia**

ORIENTAÇÃO: Profa. Dra. Marico Meguro

**SÃO PAULO
1997**

CLASS.	
AUTOR.	
TOMBO	34411

8502
F441a
034411

ECOLÓGICO, EM ESPÉCIES ARÁCNICAS

CURRÍCULO

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação do Instituto de Biologia da UNICAMP, para obtenção do título de Mestre em Ecologia

UNICAMP - 1977

1977

CBTESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Dedico este trabalho a minha família, em especial a meu irmão Otávio pelo apoio e incentivo a minha formação, e a nova geração dos "Fialhos" (João Pedro, Maria Clara, Arthur e quem mais chegar) para que possa, humildemente, servir como exemplo de esforço e determinação em alcançar objetivos

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Doutora Marico Meguro pela amizade, dedicação, paciência, estímulo, “cobrança” e compreensão com que me orientou nesta dissertação.

À Suzana Martins pelo auxílio de campo e organização, sem a qual certamente seria muito mais difícil, talvez impossível, realizar este trabalho.

Ao Dr. Sergio Pompéia pelos ensinamentos, discussões, exemplos e idéias de tanto valor pessoal e profissional.

À Maira S. P. Peris pelo auxílio no tratamento estatístico dos dados e principalmente pela amizade, e à Ana C. Truzzi que no final dispensou parte de seu valioso tempo no fechamento do tratamento estatístico.

À amiga e desenhista Marisa Cury que além de prestar um valioso trabalho na arte final, me insentivou e encorajou no fechamento.

Ao estimado e competente José Bezerra, que nos momentos difíceis sempre esteve presente com toda sua disposição.

À Fatima S. Shimomura que, com sua infinita paciência oriental, trabalhou arduamente no auxílio das análises.

À Neide Araujo e Maria Teresa de A. Prado que souberam entender e apoiar.

À Cristina (Kitty) pelas dicas, leitura antecipada e principalmente pela força e amizade.

Ao apoio dos grandes e velhos amigos: Renata Mendonça, Débora, Milla, Carlos, Carmo, Regina e Fê.

À galera: Paulinho, Alexandre, Ricardo, Nelsinho, Marcelo, Cláudia, Grego, Antonio, Giuseppe, Ronald, etc...

Aos colegas da EQQA (CETESB), sem os quais seria quase impossível realizar este trabalho: Maria Helena, Jesuino, Claudio Alonso, Maria Cristina, Viviane, Chico, Nelson, Mario, Silmara, Carlos, Hilton, e Lúcia.

Aos colegas da DPTE (CETESB) que tanto me estimularam e empurraram: Luiza Saito, Katia, Suely, Adriana, Marcio, Dione, Roney, Lite, Rosangela, Jessé, Menon, Marcos, Iracy, Helena, Jan, entre outros.

Aos Colegas do DAIA pelo grande apoio e compreensão.

Aos colegas do IBT e demais instituições que auxiliaram indiretamente na identificação do material coletado, em especial a Osny Tadeu Aguiar pelo auxílio também das coletas de campo.

Às instituições que contribuíram, apoiaram e viabilizaram este trabalho, permitindo o acesso e intercâmbio de informações, bem como permitindo a liberação de horas de extrema importância: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Universidade de São Paulo.

À Therezinha (mãe), ao Fred (irmão) e às queridas Aninha e Dedé por toda a força, apoio, incentivo, compreensão, fidelidade e carinho, bem como toda a família Straus.

Por último, mas não menos importante (muito pelo contrário), gostaria de expressar meus mais sinceros e destacados agradecimentos à Lory, minha esposa, por tudo que me incentivou e incentiva, por ter cedido grande parte do convívio familiar e de horas deveras importantes, para que fosse possível viabilizar esta dissertação.

Agradeço também a todos que, direta ou indiretamente, participaram na realização deste trabalho, que não são poucos e que por algum esquecimento não foram contemplados nesta pequena lembrança.

ÍNDICE

RESUMO.....	I
ABSTRACT	II
1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA.....	14
3. OBJETIVOS	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO	25
4.3. ASPECTOS DO RELEVO DA REGIÃO	27
4.4. CARACTERÍSTICAS DO SOLO E ASPECTOS NUTRICIONAIS DAS PLANTAS NA ÁREA DE ESTUDO	28
4.5. LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO NAS DUAS ÁREAS DE ESTUDO	29
4.6. SELEÇÃO DAS ESPÉCIES	30
4.7. TÉCNICAS DE COLETA E ANÁLISE	31
4.7.1. Coleta e preparo das amostras	31
4.7.2. Execução do ensaio	33
4.7.3. Execução da curva de calibração	34
4.7.4. Realização dos cálculos e transformações de unidades	34

4.8. DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE ACUMULAÇÃO	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1. Acumulação foliar de fluoretos nas duas áreas de estudo e nas duas épocas do ano	37
5.2. Índices de acumulação foliar de fluoretos	58
5.3. Acumulação foliar de fluoretos e mecanismos de evitação	62
5.4. Acumulação foliar de fluoretos e grupos ecológicos	67
5.5. Acumulação foliar de fluoretos e parâmetros fitossociológicos	78
5.6. Acumulação foliar de fluoretos nas famílias das espécies estudadas.....	84
6. CONCLUSÕES	87
7. PERSPECTIVAS FUTURAS	90
8. BIBLIOGRAFIA	91

RESUMO

Esta dissertação teve por objetivo a investigação da ocorrência de mecanismos de evitação ou tolerância, através do estudo comparativo entre as concentrações de fluoretos nas folhas das espécies arbóreas atualmente existentes no Vale do Moji e no Vale dos Pilões, bem como correlacionar as características anatômico-fisiológicas e fitossociológicas relevantes com os níveis de acumulação, indicando quais as espécies são eventualmente beneficiadas ou prejudicadas pela presença de poluentes na atmosfera.

Para a realização do estudo, foram selecionadas duas áreas em Cubatão - São Paulo, sendo que uma foi considerada poluída (Vale do Moji) e a outra não poluída (Vale dos Pilões). As atividades de pesquisa constaram de: identificação, coleta e análise da concentração de fluoretos, usando como referência um estudo fitossociológico realizado nas mesmas áreas; avaliação dos dados obtidos através de comparações intra e inter-específica em duas épocas do ano; avaliação da correlação entre os níveis de acumulação e características fisioecológicas e fitossociológicas.

Concluiu-se que: o Vale do Moji é um local altamente impactado; todas as espécies são altamente acumuladoras, em diferentes graus, e que o mecanismo de evitação não se mostra suficientemente eficaz para impedir a entrada do poluente nas folhas; as espécies de estágios iniciais de sucessão aparentam possuir mecanismos de resistência mais eficientes, enquanto que as espécies de dossel foram as que apresentaram, proporcionalmente, as maiores concentrações de fluoretos e as de sombra menores acumulações, salvo algumas excessões; a correlação entre os índices fitossociológicos e as concentrações foliares de fluoretos não se mostrou significativa, seja em termos de espécie ou de famílias.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - INSTITUTO DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

ABSTRACT

The purpose of this paper is to investigate the existence of avoidance or tolerance mechanisms, using the comparative study between the fluoride concentrations in the leaves of arboreal species which actually live in the Moji and Pilões Valley, and to do correlations between ecological and phytosociological characteristics and concentrations levels of fluorides, in order to indicate which species could be ecologically benefited or which could be prejudiced by the presence of fluoride in the air.

To accomplish this study, two areas in Cubatão region - Estate of São Paulo, South east of Brasil were selected: one considered polluted (Moji Valley) and other considered non polluted (Pilões Valley). Research activities were: identification, collection and analysis of botanic material, using as reference the phytosociological study made in the same area; evaluation of the data by the intra and inter-specific comparison; correlation between the accumulation levels and physioecological/phytosociological characteristics evaluation.

Conclusions were: the Moji Valley is a strong impacted area; all the species are accumulators of fluoride, but in different levels; the evitaton mechanism is not so efficient to block the entrance of air pollutant in the leaves; the species from the initial stages of succession showed, apparently, more efficient resistance mechanisms, while species from the top of the forest showed, proportionally, higher concentrations of fluoride and species from the shadow showed lower concentrations, with some exceptions; the correlation between the phytosociological indexes and the fluoride concentration in the leaves were not significant, either considering species or family.

1. INTRODUÇÃO

Desde há muito tempo vem sendo realizados estudos para o reconhecimento de efeitos da emissão de poluentes atmosféricos sobre os vegetais (Daines *et al.*, 1952; Zimmermann & Hitchcock, 1956; Guderian *et al.*, 1960; Thomas, 1961 in Arndt *et al.*, 1995), tornando-se cada vez mais um dos maiores instrumentos para avaliação do impacto de atividades humanas no meio ambiente.

A despeito da complexidade do comportamento e efeitos da poluição do ar, o acervo atual de informações sobre o tema possibilita a definição de parâmetros que permitem avaliar os impactos provocados pelos principais poluentes atmosféricos sobre as plantas, isoladamente ou em combinações simples de 2 ou 3 poluentes agindo conjuntamente (Pompéia, 1997). Também já é possível definir alguns parâmetros de qualidade do ar, tendo os receptores vegetais como referência e, com isto, estabelecer os níveis de tolerância para a preservação das plantas de uma forma geral.

Em climas temperados, especialmente na Europa e na América do Norte, monitoramentos ativos com o uso de bioindicadores são amplamente usados para a avaliação da qualidade do ar (Arndt *et al.*, 1987).

Nos Países em desenvolvimento, onde o forte crescimento populacional obriga ao uso destrutivo dos recursos naturais, os problemas ligados à poluição chegam a afetar não somente organismos isolados, como também ecossistemas como um todo (Mensching, 1982). Nestes locais repetem-se os mesmos erros cometidos na Europa e Estados Unidos no passado, no que se refere ao meio ambiente (Arndt *et al.*, 1995).

Ainda na atualidade, pouco se conhece sobre espécies e comunidades vegetais tropicais, em termos dos efeitos dos contaminantes aéreos sobre espécies e seus graus de tolerância (Pompéia, 1997).

No Brasil, estes estudos ainda se encontram na fase inicial ou de implantação em algumas regiões mais desenvolvidas do País, através de pesquisas desenvolvidas em universidades e órgãos públicos de controle ambiental

Segundo Manning & Feder (1980), um bioindicador vegetal de poluentes atmosféricos exibe alterações quando expostos à concentrações fitotóxicas. Essas alterações podem ser avaliadas através de análises químicas, detectando-se a acumulação de algum elemento do poluente no tecido vegetal, ou de

análises fisiológicas, verificando-se alterações nas taxas de trocas gasosas e/ou de crescimento, ou através de análises bioquímicas, avaliando-se o acúmulo de metabólitos, ou mesmo pela quali-quantificação de injúrias foliares visíveis e características.

Para o diagnóstico de danos à vegetação provocados por emissões, é uma condição essencial o conhecimento dos sintomas externos visíveis nas folhas, ramos, flores e frutos, uma vez que estes são os primeiros aspectos que permitem avaliar o efeito prejudicial de poluentes do ar, transformando a sintomatologia em uma importante ferramenta de proteção contra emissões (Arndt *et al*, 1995).

Qualquer um desses parâmetros pode ser utilizado para indicar a presença de determinado poluente na atmosfera, uma vez que se tenha estabelecido a correlação sintoma-presença do poluente a níveis fitotóxicos.

O estabelecimento da correlação entre sintoma e concentração do poluente, de modo a tornar o bioindicador um biomonitor, é uma questão muito mais complexa, pois requer experimentos sob condições controladas e monitoradas (Manning & Feder, 1980).

De acordo com a Lei Estadual nº 997 de 31 de Maio de 1976, considera-se poluição, toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em Lei ou que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicar a segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade; da mesma forma, considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia que, direta ou indiretamente, causa poluição do meio ambiente.

A variedade de substâncias que podem estar presentes na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação (CETESB, 1994). Pode-se, entretanto, dividir os poluentes em duas categorias:

Poluentes primários: são aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão

Poluentes secundários (também chamados fotoquímicos): são aqueles formados na atmosfera através de reações químicas entre poluentes primários e constituintes naturais da atmosfera, sob a ação da luz solar.

As substâncias usualmente consideradas poluentes do ar podem ser classificadas da seguinte forma:

- Compostos de enxofre (SO_2 , SO_3 , H_2S , Sulfatos)
- Compostos de nitrogênio (NO , NO_2 , NH_3 , HNO_3 , Nitratos)
- Compostos orgânicos de Carbono (Hidrocarbonetos, Álcoois, Aldeídos, Cetonas, Ácidos orgânicos)
- Monóxido e dióxido de Carbono
- Compostos halogenados (HF , HCl , Cloretos, Fluoretos)
- Material particulado e aerossóis (mistura de compostos no estado sólido ou líquido)

Quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, está-se medindo o grau de exposição dos receptores (ser humano, outros animais, plantas, materiais) como resultado final do processo de lançamento deste poluente na atmosfera por suas fontes de emissão e suas interações na atmosfera, do ponto de vista físico (diluição) e químico (reações químicas)

O nível de poluição do ar é medido pela quantificação das substâncias poluentes neste ar. Existem vários métodos para a medição das concentrações de poluentes atmosféricos.

Para os poluentes regulamentados, ou seja, com padrões definidos em legislação, os métodos de amostragem são automatizados e sistematizados por meio de computadores em redes automáticas ou manuais de monitoramento do ar. São eles:

Rede automática

Parâmetro	Método
Partículas inaláveis	Radiação beta
Dióxido de enxofre	Fluorescência / colorimetria
Óxidos de nitrogênio	Quimioluminescência
Monóxido de carbono	Infravermelho não dispersivo
Hidrocarbonetos	Cromatografia gasosa / Ionização de chama
Ozônio	Ultravioleta / Quimioluminescência

Fonte: CETESB, 1996

Rede Manual

Parâmetro	Método
Fumaça	Refletância
Dióxido de enxofre	Água Oxigenada
Partículas em suspensão	Amostrador de grandes volumes

Fonte: CETESB, 1996

No caso dos poluentes não regulamentados, os métodos de amostragem e determinação das concentrações não são automatizados e devem ser coletados em campo e analisados em laboratório, o que os tornam menos expeditos e menos precisos.

Os fluoretos gasosos enquadram-se nesta relação e suas medições são feitas através de taxas onde são determinadas as concentrações durante um período de tempo pré-estabelecido. Os métodos utilizados são: método descontínuo das esferas de prata, segundo VDI 2452 (1975), método do tubo revestido com bicarbonato, método do amostrador duplo de fita de papel (bicarbonate coated tube e dual paper tape sampler), e o método dos papeis de filtro impregnados (Mandl *et al*, 1971).

Para se atingir os objetivos do controle e monitoramento da qualidade do ar, é necessário fixar padrões de qualidade.

Um padrão de qualidade do ar define legalmente um limite máximo para a concentração de um poluente atmosférico que garanta a proteção da saúde e do bem estar das pessoas, devendo ser baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada (CETESB, 1996).

No Brasil, os padrões são estabelecidos através da Portaria Normativa do IBAMA nº 348 de 14/03/90 e após submetido ao CONAMA transformou-se na Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90.

Os parâmetros regulamentados são os seguintes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio.

O fluoreto gasoso não é um poluente regulamentado no Brasil e portanto não possui padrão de qualidade do ar definido em lei.

Segundo a Lei Estadual nº 997 de 31 de Maio de 1976, é considerada fonte de poluição qualquer atividade, sistema, processo, operação, maquinaria, equipamentos ou dispositivo, móvel ou não, que cause ou possa vir a causar a emissão de poluentes.

Assim, o sistema causador de poluição pode ser visualizado da seguinte forma:

Fontes de emissão -----> Atmosfera -----> Receptores
Poluentes Diluição
Reações Químicas

É importante frisar que mesmo mantidas as emissões, a qualidade do ar pode mudar em função de condições meteorológicas que determinam uma maior ou menor diluição ou dispersão dos poluentes. É por isso que a qualidade do ar piora durante os meses de inverno, quando as condições meteorológicas são desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Deve-se destacar ainda, que a interação entre as fontes de poluição e a atmosfera irá definir o nível de qualidade do ar, a qual determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores materiais, vegetais, animais ou humanos (CETESB, 1994).

Bormann (1982) ressalta que a poluição aérea modifica também a composição das chuvas e nevoeiros, afetando o carregamento de nutrientes nas folhas, aumentando o potencial de infestação por fungos e bactérias patogênicas, induzindo efeitos sinérgicos, além de reduzir o estabelecimento de plântulas.

A precipitação pode propiciar ainda alterações no PH do solo, aumento da disponibilidade de metais tóxicos e maior lixiviação de nutrientes, afetando as raízes das plantas e a microfauna do solo (CETESB, 1984).

Assim, os experimentos em ecossistemas naturais, principalmente em florestas tropicais, são dificultados pelo seu porte, sazonalidade, desenvolvimento ou outros tipos de mudanças pouco perceptíveis. Além disso, estes sistemas apresentam grande riqueza e número de espécies.

O ecossistema também pode variar no espaço, tanto na composição como na estrutura, em função da geologia, topografia e altitude. Além destes fatores, estimativas dos efeitos da poluição do ar são complicados pelos sinergismos, agentes beneficiadores e neutralizantes (Bormann, 1982).

Tingey & Taylor (in Guderian, 1985) propuseram um modelo conceitual para sumarizar as respostas das plantas a poluentes fotoquímicos, e que poderia também servir como base para o entendimento do efeito dos poluentes primários. O modelo inclui absorção de poluentes, perturbação, homeostase e injúria, podendo ser uma resposta reversível ou levar a danos de diversas naturezas.

Os autores descrevem tais etapas da seguinte forma:

- a) Absorção de poluentes: é dependente da condutância da folha, a qual regula o movimento do poluente entre o ambiente e o mesófilo. A passagem do poluente pela superfície da célula, é controlada por reações de fases líquidas, incluindo difusão e reações com sistemas vasculares;
- b) Perturbação: é um evento inicial e resulta de alterações na estrutura e função celular;
- c) Homeostase: é o processo de recuperação que ocorre após a perturbação. A célula pode responder com seus mecanismos de reparação ou compensatórios;
- d) Injúria: é o resultado da incapacidade da célula de compensar ou reparar a disfunção celular.

Levitt (1980) ressalta que a maioria das reações podem também ser induzidas por diversos poluentes e/ou vários fatores de estresse ambiental. Um fator sinérgico pode aumentar a fitotoxicidade dos poluentes ou mesmo fazer um papel antagônico, diminuindo seu efeito. A ocorrência simultânea de estresses ambientais, tais como queda ou aumento repentino de temperatura, falta d'água, exposição excessiva à luz solar, falta ou excesso de nutrientes no solo, ataques de pragas, dentre outros, pode também aumentar o poder fitotóxico dos poluentes, uma vez que os indivíduos de determinadas populações podem encontrar-se mais suscetíveis.

Da mesma forma, Arndt *et al.* (1995) destacam que para um diagnóstico diferencial, é muito importante o conhecimento das modificações visíveis desfavoráveis, resultantes da deficiência nutricional ou por influências bióticas.

Por outro lado, um efeito colateral da atuação dos diversos poluentes sobre a vegetação, é a diminuição de sua resistência, propiciando condições favoráveis à infestação de patógenos, que podem, em última análise, levar à morte das plantas (CETESB, 1984). Do mesmo modo, Bormann (1982) afirma que a morte de uma espécie sensível, geralmente ocorre por efeitos secundários, como

ataques de pragas, destacando ainda que o stresse se evidencia como um importante agente seletivo.

É importante também ressaltar que entre as espécies existem classes de suscetibilidade a determinados poluentes ou à poluentes no geral, tanto à nível intraespecífico quanto interespecífico, podendo dividi-los em resistentes (com diferentes graus de tolerância) e sensíveis. Deve-se destacar, que a sensibilidade relativa dos organismos em relação a poluentes atmosféricos é um critério essencial na escolha de bioindicadores adequados, da mesma forma que a resistência permite selecionar espécies aptas para serem utilizadas em ambientes poluídos ou no entorno de indústrias potencialmente poluidoras.

De modo geral, a presença de certas espécies numa área poluída indica sua capacidade de resistência e sua ausência pode indicar a incapacidade de sobreviver neste tipo de ambiente (Pandey, 1983).

A resistência aos tensores ambientais se dá pelo conjunto de possibilidades genéticas que delineiam as capacidades adaptativas de cada espécie. A interação destas adaptações determinará o funcionamento do ecossistema e as mesmas se expressarão em maior grau, quanto mais tencionadas forem as condições em que esse se desenvolver (Herrera *et al.*, 1988).

O comportamento das espécies arbóreas frente a poluição baseia-se no fato de que para cada conjunto de fatores abióticos existe uma determinada resposta biológica correspondente, a qual se reflete no surgimento de uma biocenose específica, capaz de adaptar-se e funcionar de forma estável nessas condições. Este fato faz com que o conjunto de características vegetativas e reprodutivas dos componentes de uma determinada fitocenose reflita as pressões abióticas do ecossistema. Este elenco de características determina a chamada "capacidade competitiva das espécies" (Valdes-Lafont, 1991)

Pompéia (1997) destaca que as tensões abióticas têm implicações fisiológicas, muitas vezes, traduzidas em respostas estruturais dos organismos, sendo ambas fixadas ao longo do processo evolutivo das espécies. Da mesma forma, tais tensores vão atuar sobre as comunidades biológicas, favorecendo ou prejudicando populações que competem pelos mesmos recursos e, ao longo do tempo, vão determinando o universo das espécies que caracterizam essas comunidades. Assim, a frequência de certas características fisiológicas ou estruturais numa comunidade podem traduzir as tensões impostas pelo ambiente. Segundo Piñ-Rodrigues *et al.* (1990), o comportamento das espécies frente às condições ambientais reflete-se na composição florística e na estrutura da cobertura vegetal.

Desta forma, os poluentes do ar, em seu conjunto, podem provocar, dentre outras coisas, uma redução da riqueza e da diversidade florística em áreas poluídas, além de uma acentuada diminuição da altura, densidade, dominância absoluta e biomassa do estrato arbóreo (Pompéia, 1997) .

Segundo Levitt (1980), dentro do estudo da variedade do fenômeno de estresse e por conseguinte da seleção de espécies a determinados ambientes impactados, a resistência à poluição atmosférica pode ser o resultado de dois tipos diferentes de mecanismos: a evitação e a tolerância.

Quanto a evitação, o conhecimento anatômico e fisiológico dos estômatos são de grande importância para o entendimento deste mecanismo e no caso da tolerância, tanto a determinação da acumulação de poluentes como o estudo dos mecanismos de detoxificação são preponderantes para a avaliação.

Guderian (1985) ressalta que a resistência das plantas às modificações ambientais, dentre elas o efeito da poluição atmosférica, depende primariamente da genética e do estado de desenvolvimento da planta e, secundariamente, das modificações bióticas e abióticas causadas pelo impacto no meio ambiente.

Há de se ressaltar que, evolutivamente, a capacidade competitiva das espécies mantém uma estreita relação com as características morfológicas e fisiológicas dos órgãos vegetativos, especialmente das folhas, as quais se interagem diretamente com os fatores microclimáticos. A suscetibilidade das espécies a certas modificações ambientais, como a exposição contínua a um determinado poluente, pode ser relacionada às modificações adaptativas ocorridas no decorrer da história, que favoreceram espécies a conquistarem um status fitossociológico mais relevante, em detrimento de outras espécies que sofreram diretamente o impacto da modificação ambiental ocorrida, por não apresentarem características morfológicas ou fisiológicas que permitissem sua adaptação

Por outro lado, o teor foliar de elementos constituintes dos poluentes primários possibilita identificar dois grupos distintos de espécies: as acumuladoras (de enxofre, fluoretos e metais, entre outros) e as não acumuladoras (CETESB, 1996). As primeiras, por não evitarem a entrada dos poluentes nos tecidos foliares, acumulam vários de seus constituintes. Desta forma, concentrações elevadas destes elementos, quando comparadas à literatura a aos teores foliares das mesmas espécies, provenientes de áreas não poluídas, indicam estar havendo acumulação.

Dentre todos os poluentes atmosféricos, o fluoreto destaca-se como um dos componentes mais agressivos. O fluoreto atmosférico pode ocorrer sob a forma de gás, particulado ou ácido fluorídrico (HF). Este último é a forma mais fitotóxica. As fontes naturais de fluoreto são vulcanismo, poeira de solo e "spray" oceânico. Os níveis normais na atmosfera não ultrapassam $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$. As fontes antrópicas são de inúmeras origens, incluindo fundições de alumínio, siderúrgicas, cerâmicas, indústrias químicas e de fertilizantes, cujos processos submetem materiais terrosos a altas temperaturas (Treshow e Pack, in Jacobson & Hill, 1970). Segundo Pushnik & Miller (1990), concentrações acima de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ já foram registradas próximo a minas de fosfato.

Historicamente, apesar de sua agressividade às plantas ser reconhecida desde século XIX (Von Schroder & Reus, 1883 in Thomas & Alther, 1966), o aprofundamento das investigações sobre a fitotoxicidade dos fluoretos se iniciou nos Estados Unidos, por volta de 1940 (Zimmerman & Hitchcock, 1956), e se intensificaram após a segunda Guerra Mundial, com o aumento da industrialização.

Segundo Taylor (1973), o fluoreto gasoso penetra na folha através dos estômatos, é dissolvido no vapor d'água da cavidade sub-estomática, translocado para o ápice e margens das folhas através do fluxo da transpiração.

Heath (1980) destaca que o fluoreto atua como veneno em sítios metabólicos específicos, desencadeando desequilíbrio no funcionamento celular e nos processos fisiológicos da planta, que antecedem o aparecimento de injúrias visíveis.

Devido sua grande fitotoxicidade, o fluoreto pode causar injúrias em espécies suscetíveis, em concentrações atmosféricas 10 à 100 vezes menores que os outros poluentes (Weinstein, 1977).

Da mesma forma, exposições relativamente curtas, como de uma semana, podem causar danos a espécies cultivadas sensíveis a concentrações superiores a $1 \text{ mg F}/\text{m}^3$, enquanto que são necessárias concentrações de $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ de SO_2 ou O_3 para causar danos nestas mesmas condições (Arndt *et al*, 1995).

As injúrias características são descritas em literatura como necroses e cloroses marginais e apicais. No início são de coloração verde acinzentada tornando-se marrom-avermelhada com o passar do tempo, com uma linha bem definida entre o tecido saudável e o necrosado (Treshow & Pack, 1970).

O aparecimento dessas injúrias ocorre em espécies sensíveis, como já mencionado, quando o teor foliar de fluoreto excede 20 ppm, valor máximo considerado de ocorrência normal (Pushnik & Miller, 1990). Há porém, espécies que apresentam concentrações foliares de fluoreto acima de 1000 ppm sem apresentar quaisquer injúrias visíveis e, por isso, são consideradas muito resistentes.

Animais que ingerem forragens contaminadas podem apresentar grave doença nos dentes e ossos, chamada fluorose. Para o homem, a quantidade de fluoreto acumulada nas plantas apresenta menos perigo do que para os animais em geral, uma vez que a dieta humana não apresenta uma quantidade suficientemente rica em flúor a ponto de prevenir ou reduzir cáries ou de exceder a quantidade diária adequada (Weinstein & Hansen, 1988).

No Brasil, o estudo dos efeitos de fluoretos na vegetação é bastante recente e tem sido desenvolvido por poucos grupos nacionais de pesquisa, dentre os quais pode-se destacar a Universidade Federal de Viçosa, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o Instituto de Botânica de São Paulo e a Companhia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB), sendo os dois últimos órgãos pertencentes à Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo; Existem ainda grupos estrangeiros, destacando-se os da Universidade de Essen (Alemanha) e do Instituto Boyce Thompson da Universidade de Cornell (USA), bem como de grupos privados isolados, espalhados pelo país, que desenvolvem pesquisas no intuito de controlar fontes de fluoretos.

Dentre os ecossistemas brasileiros que mais sofrem impactos oriundos da poluição atmosférica destaca-se a Mata Atlântica, em especial a encosta da Serra do Mar, próximo ao município de Cubatão, onde a vegetação vem sendo degradada por poluentes atmosféricos gerados pelo Polo Petroquímico e Siderúrgico implantado na região a partir da década de 50.

Um detalhado biomonitoramento realizado na Serra do Mar por Klumpp et al (1994) confirma os elevados níveis de acumulação foliar de fluoretos. Os autores expuseram bioindicadores de fluoretos *Gladiolos hybrida* cv White Friendship e *Lolium multiflorum* durante 13 períodos mensais, em diversos pontos da Serra do Mar. Os resultados obtidos demonstraram que o impacto dos fluoretos gasosos é particularmente intenso no Vale do Moji.

Nesse cenário, localizam-se 11 indústrias químicas e petroquímicas, 7 fabricas de fertilizantes, 1 de mineral não metálico, 1 de papel/papelão e 1 fabrica de cimento, como citação apenas de atividades de grande porte. Este complexo industrial, exigiu a implantação de um programa de controle, uma vez que, a

partir de um levantamento inicial das fontes de poluição ambiental feito em 1984, concluiu-se que das 320 fontes analisadas, 230 foram consideradas poluidoras (Alonso & Godinho, 1992).

Entre os poluentes atmosféricos emitidos nesta região, destacam-se os fluoretos gasosos e amônia, originados principalmente das indústrias de fertilizantes, os óxido de enxofre e de nitrogênio, emitidos pelas refinarias e indústrias de fertilizantes e os materiais particulares de diversas fontes. A ação destes poluentes levaram ao empobrecimento da cobertura vegetal original, e ao aumento de processos erosivos e movimentos de solo nas escarpas da Serra do Mar, com graves conseqüências ambientais, sociais e econômicas (CETESB, 1985).

Soma-se ainda, o fato de que as características topográficas e climatológicas da região não permitem a dispersão dos poluentes emitidos pelas indústrias. Consequentemente, os teores máximos de SO_4^{2-} , Ca^{2+} , NH_4^+ , F^- e Fe^{2+} são os maiores já registrados no mundo (CETESB, 1980). Tais características e mais o fato da área ser monitorada constantemente, transformaram o Pólo Industrial de Cubatão em um local único, para o estudo dos efeitos da poluição atmosférica sobre a vegetação.

Durante o inverno, pela manhã, ocorre ainda a formação de camadas de inversões térmicas de superfície, de diversas espessuras e de diferentes intensidades. Não é comum a ocorrência de inversões térmicas no período da tarde, em qualquer estação do ano, mesmo no inverno, quando as condições de dispersão dos poluentes não são favoráveis.

Também merecem menção os períodos que precedem as entradas de frentes frias, quando os ventos de noroeste são muito intensos, causando grande elevação das concentrações de material particulado pela ressuspensão de poeiras fugitivas.

Segundo Alonso & Godinho (1992), ao final de 1990, 206 das 230 fontes já se encontravam sob controle. Na tabela 1 são apresentadas as reduções das emissões, tomando como base nos dados do programa de controle de fontes poluidoras realizado pela CETESB, iniciado em 1984.

Tabela 1 - Comparação dos dados de emissão de diferentes poluentes no Município de Cubatão em dois anos diferentes: 1984 e 1990 (em toneladas/ ano)

Poluente	Emissão em junho/1984	Emissão em dezembro/1990
Material particulado	114.416	31.737
Fluoretos	956	73
Amônia	3.188	75
Óxidos de nitrogênio	22.296	17.285
Hidrocarbonetos	32.806	4.006
Dióxido de enxofre	28.599	18.077

Fonte: ALONSO & GODINHO, 1992

Nos Estados Unidos, foi estimada uma emissão de 119.000 toneladas/ano de fluoretos para o ano de 1968 (NAS/NRC, 1971; Lacasse & Tresshow, 1976 in Arndt *et al.*, 1995) e para o ano de 1980 de 90.000 toneladas de fluoretos/ano (Misenheimer *et al.*, 1985 in Arndt *et al.*, 1995); Na Republica Federal da Alemanha, segundo comunicação do Departamento Federal do Meio Ambiente (in Arndt *et al.*, 1995), foram emitidas cerca de 12.000 toneladas de fluoretos durante o ano de 1985.

Considerando que Cubatão é apenas um dos pólos poluidores existentes no país e considerando a dimensão do Brasil, a quantidade expressa na tabela acima para esta cidade é muito alta, o que pode ser comprovada pela alta degradação ocorrida nesta região. Diversos trabalhos foram e estão sendo realizados em Cubatão, por vários grupos de pesquisa, e considerando o universo do estudo dos efeitos da poluição no ambiente, destacam-se Klumpp *et al.* (1994, 1995, 1996a , 1996b e 1997); Domingos *et al.* (1995 e 1997); Pompéia (1997); Martins *et al.* (1996); Pradella (1997); Alonso & Godinho (1994); Fialho *et al.* (1989), CETESB (1980, 1984a, 1984b, 1985, 1989, 1994, 1996), entre outros.

Ressalta-se, como já discutido anteriormente, que a legislação determina quais padrões devem ser obedecidos em termos de concentração máxima permitida, associada a um determinado tempo de exposição. No entanto nem todos os poluentes possuem padrões legais de emissão na legislação brasileira, como é o caso do fluoreto. Neste caso, pode-se recorrer à legislações internacionais para obtenção de valores de referência.

De uma forma geral, é aceito pela World Health Organization (1984), que pequeno ou nenhum dano ocorre em espécies sensíveis quando expostas a concentrações menores que $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Normalmente, as indicações de fluoretos gasosos são expressas em $\mu\text{g F}/\text{m}^3$. No entanto, são encontrados em literatura, informações em ppm (partes por milhão) ou ppb (partes por bilhão). Assim, para se transformar ppm em $\mu\text{g F}/\text{m}^3$, no caso de HF a 25°C e 760 mmHg, multiplica-se por 818, e $\mu\text{g F}/\text{m}^3$ para ppm, multiplica-se por $12,2 \times 10^{-4}$.

Weinstein (1971, in Guderian, 1977) apresenta os padrões americanos de concentrações atmosféricas de fluoretos, baseados na intensidade (concentração e duração da exposição), que visam a proteção da vegetação. São considerados não danosas à vegetação concentrações abaixo de $0,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nas estações de crescimento, $0,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 30 dias de exposição, $1,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 7 dias de exposição, $2,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 24 horas de exposição e $3,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 12 horas de exposição.

Além dos padrões de concentração máxima de fluoretos gasosos, é necessário considerar ainda o efeito acumulativo deste poluente. Assim, baixas concentrações podem provocar efeitos danosos à vegetação em períodos de exposição muitos prolongados ou permanentes, como é o caso de Cubatão.

Deve-se considerar ainda que o clima tropical úmido possibilita o crescimento contínuo das plantas e uma maior atividade metabólica, implicando no aumento das trocas gasosas e, Consequentemente, do acúmulo foliar de fluoretos (Pompéia, 1997).

CBTESS - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

2. JUSTIFICATIVA

O teor foliar de elementos constituintes dos poluentes primários (NO_x , SO_2 e HF) em espécies acumuladoras, possibilita identificar a existência e a significância destes poluentes na atmosfera.

Pradella *et al.* (1997) determinaram os teores foliares de macro e micronutrientes e de fluoretos em uma seleção de espécies representativas da flora da Mata Atlântica, na região de Cubatão, de diferentes estratos e estágios sucessionais, utilizando como áreas de estudo o Vale dos Pilões (Área Controle), Vale do Moji (considerado poluído por fluoreto entre outros) e o Vale do Caminho do Mar, sendo que esta última área é afetada predominantemente por hidrocarbonetos, SO_2 , NO_x , Ozona e PAN (Peróxido de acetonitrila).

Através do trabalho acima, pôde-se concluir que tanto o Vale do Moji como o Vale do Caminho do Mar possuem quantidades de enxofre e fluoretos na atmosfera acima dos padrões considerados normais, sendo que as maiores concentrações de enxofre foram detectadas no Vale do Caminho do Mar e as maiores concentrações de fluoretos no Vale do Moji.

Para mostrar a importância do fluoreto no Vale do Moji, Klumpp *et al.* (1995) expuseram durante 4 semanas, nas mesmas áreas de estudo de Pradella *et al.*, 4 variedades de *Hemerocallis* sp. A escolha desta espécie ocorreu não só pela suspeita de ser uma espécie bioindicadora de fluoreto, mas também por ser amplamente utilizada como planta ornamental no Brasil.

Além de comprovar a eficiência bioindicativa de *Hemerocallis*, os resultados mostraram que todos os indivíduos expostos apresentaram grande aumento do conteúdo de fluoreto foliar, além de injúrias visíveis, especialmente no Vale do Moji. A concentração foliar de fluoreto foi mais de 100 vezes superior no Vale do Moji que no Vale dos Pilões e cerca de 5 a 6 vezes mais elevada que no Caminho do Mar, provando que o fluoreto é um importante e relevante poluente nestas áreas.

Quanto às injúrias visíveis, apesar da espécie estudada apresentar resultados aparentemente proporcionais às concentrações, algumas variedades não apresentaram significância na análise de correlação entre a concentração foliar e o grau de injúrias, indicando a existência de outros fatores que podem contribuir no desenvolvimento de necroses.

De acordo com vários autores (Treshow and Pack, 1970; Weinstein, 1977; Leece et al., 1982), vários fatores de estresse ambiental e fisiológico, assim como combinações de estresses, doenças ou distúrbios nutricionais podem causar sintomas parecidos com os característicos de fluoretos.

Há de se considerar também que os compostos gasosos de fluoretos presentes na atmosfera de Cubatão não ocorrem sozinhos, mas em combinação com outros poluentes, como SO₂, O₃ e NO_x, que embora menos agressivos, podem afetar a acumulação de fluoreto, bem como reações fisiológicas, ocasionando efeitos sinérgicos e até antagônicos.

Outros estudos realizados por Klumpp *et al.* (1992 e 1995) nas mesmas áreas, bem como dados históricos obtidos pelo monitoramento da poluição atmosférica realizado pela CETESB desde 1979, mostram que o Vale do Moji supera o Caminho do Mar apenas quanto a concentração de fluoreto, enquanto que no resto dos poluentes monitorados, o Vale do Caminho do Mar apresenta as maiores concentrações, embora a degradação tenha sido nitidamente mais intensa no Vale do Moji.

Quanto aos poluentes secundários, também chamados oxidantes ou fotoquímicos, são formados em cotas da Serra do Mar superiores às cotas da área de estudo, pela ação da energia solar sobre os precursores primários (outros elementos presentes na atmosfera, entre eles os próprios poluentes), não exercendo portanto influência significativa nas áreas de estudo deste trabalho.

É fato conhecido na literatura (Woodwell, 1970 e Guderian, 1985 entre outros) que um dos efeitos esperados da poluição atmosférica é a eliminação de espécies sensíveis e redução da diversidade. O estudo florístico demonstra a diferença no número de espécies existentes entre as três áreas, sendo o Vale do Moji o menos diversificado, seguido pelo Vale do Caminho do Mar. O Vale dos Pilões se destaca, comparativamente, como a área com maior riqueza em número de espécies, indicando que a destruição e o empobrecimento da comunidade arbórea foram muito mais intensas no Vale do Moji, e que o fluoreto constitui, sem dúvida, um dos principais fatores impactantes nesta área (Pompéia, 1997)..

Historicamente, o avanço da degradação da vegetação, bem como o risco de eminentes deslizamentos nas encostas das escarpas da Serra do Mar na região do Vale do Moji, só puderam ser reduzidos, principalmente, devido a forte ação do controle das fontes emissoras de fluoretos, o que pode ser visualmente

percebido e comprovado por inúmeros trabalhos de diferentes autores, realizados nesta área, tais como Klumpp *et al.* (1994, 1996a e 1996c), Pompéia (1997) e Pradella (1997).

Segundo Augusto-Filho (1989), a efetiva diminuição da densidade da cobertura arbórea da Serra do Mar na região de Cubatão, provocou alterações na ciclo hidrológico, especialmente no escoamento e infiltração da água no solo, e na resistência mecânica das raízes, aumentando de forma significativa a probabilidade de ocorrência de escorregamentos, que fazem parte da dinâmica natural das escarpas.

Destaca-se a ocorrência, no ano de 1985, de um processo de instabilização das grandes áreas de escarpas regionais, e que após dois dias de chuvas excepcionais sobre o solo já super saturado, culminou na ocorrência de inúmeros escorregamentos múltiplos (Ab'Saber, 1987), colocando em risco a população existente e as instalações industriais, tanto por ação direta (desmoronamentos, inundações, corridas de lama), como indiretamente, por vazamentos de produtos tóxicos contidos em dutos e reservatórios distribuídos por toda a região Pompéia (1997)

Metodologicamente, o fluoreto destaca-se entre os poluentes atmosféricos existentes na região de estudo, por não haver equipamentos automatizados de monitoramento, como aqueles para SO₂, O₃ e NO_x. Os métodos existentes dependem de análises laboratoriais, como mencionado anteriormente, não possuindo uma precisão tão apurada quanto para os demais poluentes.

Uma das maiores restrições é a dificuldade de determinar concentrações momentâneas, em intervalos de tempo curtos, ou seja, limitações técnicas impedem a determinação de picos momentâneos de concentrações na atmosfera. Tal fato dificulta as atividades de controle e impossibilita os estudos fisiológicos e/ou bioquímicos de dose/efeito.

O Projeto ENV-3, realizado entre 1990 e 1995 com a cooperação de pesquisadores do Brasil e da Alemanha, realizou medições de fluoretos atmosféricos nas duas áreas de estudo (Vale do Moji e do rio Pilões), e comprovou a existência de maiores concentrações atmosféricas de fluoretos no Vale do Moji, indicando através de bioindicadores que o fluoreto desempenha um importante papel na degradação da vegetação.

Considerando-se os aspectos levantados, optou-se pelo estudo do efeito do fluoreto na vegetação, pois se trata de um poluente bastante significativo na

região, senão o mais importante em termos de agressividade à vegetação, além das restrições metodológicas para sua determinação no ar.

Deste modo, este estudo visa contribuir para o conhecimento dos efeitos deste poluente sobre um universo significativo de espécies da Floresta Atlântica, podendo também indicar espécies com potencial bioindicativo e/ou espécies com potencial de serem utilizadas na recuperação (ou revegetação) de ambientes que sofrem impactos deste poluente.

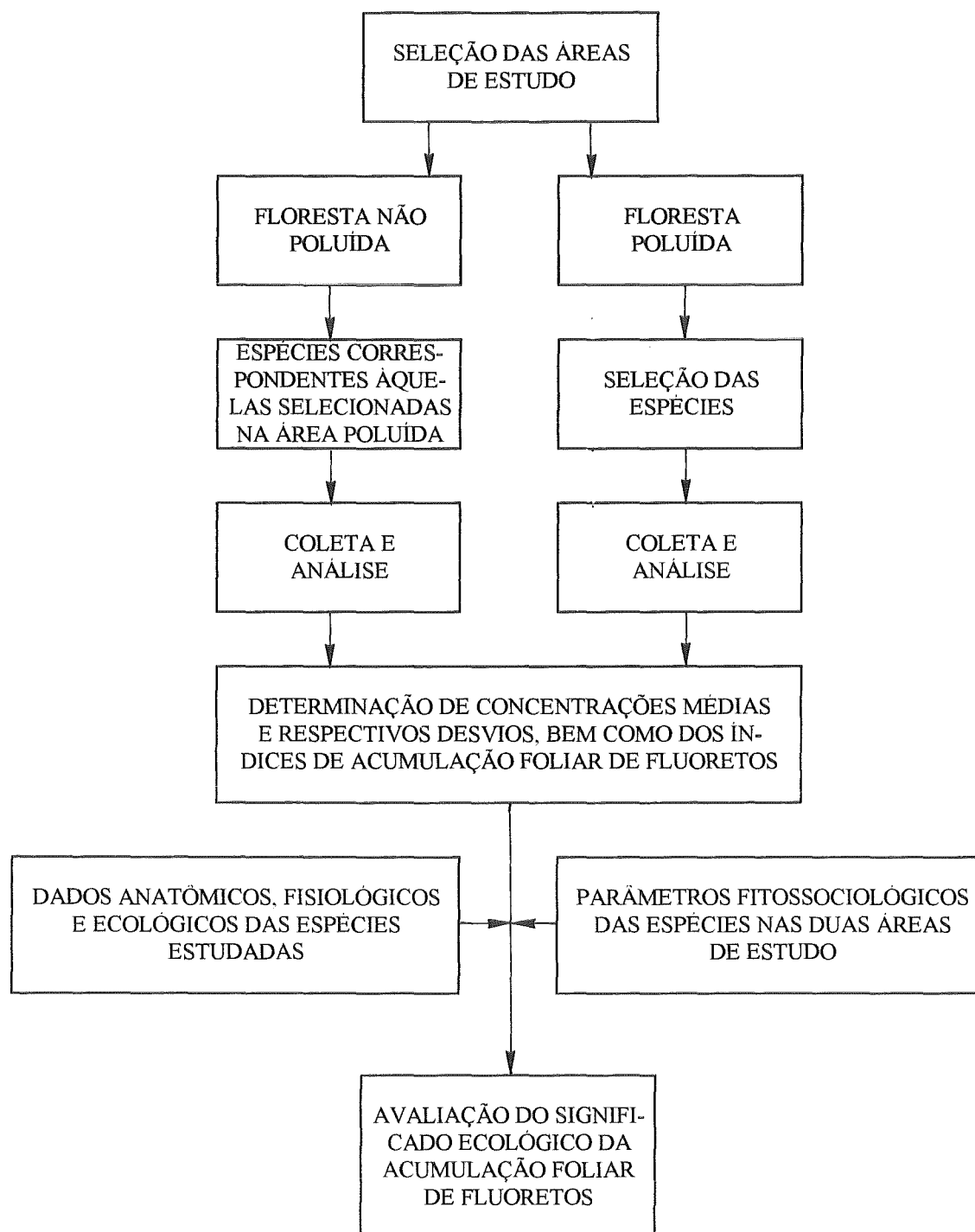
3. OBJETIVOS

1 - Investigar a ocorrência de mecanismos de evitação ou tolerância, através do estudo comparativo entre as concentrações de fluoretos nas espécies arbóreas atualmente existentes no Vale do Moji e no Vale dos Pilões.

2 - Estabelecer uma relação entre os diferentes níveis de acumulação de fluoretos nas folhas das espécies existentes na área estudada, correlacionando-as às características ecológicas e fitossociológicas relevantes, indicando quais das espécies arbóreas, existentes na área de estudo, são eventualmente beneficiadas pela presença deste poluente na atmosfera, e quais as espécies mais prejudicadas, em termos fisioecológicos e fitossociológicos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo proposto baseia-se no seguinte fluxograma indicativo das principais etapas metodológicas:



Sendo que cada etapa pode ser definida da seguinte forma:

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se dentro do domínio tropical atlântico do Brasil, o qual é extensivamente florestado e desenvolvido na fachada atlântica tropical, estendendo-se desde o sul da Paraíba até norte do Rio Grande do Sul, estando a região de Santos/Cubatão entre os setores de maior expressividade deste domínio (CETESB, 1984).

A cidade de Cubatão situa-se na área de coalescência aluvial e fluvio-marinha do Baixo Moji e do Baixo Cubatão, por entre braços de um delta lagunar flúvio-marinho, exatamente ao fundo do principal estuário regional (CETESB, 1984).

As encostas das montanhas situadas nesta região, genericamente chamadas de Serra da mar, são escarpas que separam o Planalto Atlântico (800 a 1100m de altitude) da Planície Litorânea (a nível do mar).

A cobertura primitiva desta região é a Floresta Tropical Pluvial de Encosta, também denominada de Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Latifoliada Perenifolia e Higrófila ou somente Floresta Atlântica, caracterizada por uma vegetação densa, com dossel de até 15 metros e com árvores emergentes de até 40 metros de altura. A vegetação arbustiva, incluindo-se samambaias, bromélias e palmeiras, assim como lianas e epífitas também são muito abundantes.

A estrutura desta floresta é primitivamente composta por: sinúsia arbórea - dois ou mais estratos formando um dossel contínuo; sinúsia arbustiva - mais ou menos densa, dependendo da inclinação da encosta e da penetração de luz; sinúsia das lianas e epífitas - abundante em todos os níveis, desde o solo até os troncos mais elevados; sinúsia herbácea - adaptada à baixa luminosidade e à umidade normalmente elevada; sinúsia formada por líquens, musgos, hepáticas e algas - ocorre sobre o solo, em barrancos úmidos, concavidades das rochas e troncos de árvores;

A cobertura vegetal da área exposta à poluição atmosférica encontra-se bastante degradada, com suas sinúsias alteradas, senão extintas, como é o caso das epífitas e certas espécies arbóreas que desapareceram, expondo o estrato inferior a radiação solar direta e as concentrações de poluentes mais altas, uma vez que o dossel da floresta funciona também como uma espécie de anteparo para os outros estratos.

O critério para a seleção dos locais baseou-se em dados obtidos pela CETESB no estudo de qualidade do ar (Alonso & Godinho, 1992), em estudos por fotointerpretação da evolução da degradação da cobertura vegetal (Bragança, 1987), na representatividade das principais fontes de poluentes fitotóxicos de Cubatão (CETESB, 1984a, 1984b, 1985, 1989, 1994 e 1996), na semelhança quanto aos aspectos climáticos e pedológicos (CETESB, 1984a) e principalmente nos estudos fitossociológicos desenvolvidos paralelamente a este trabalho. Estes, são os mesmos locais utilizados nas pesquisas realizadas no âmbito do convênio Brasil/Alemanha (Figura 1).

ÁREA 1 - Considerada poluída, afetada principalmente por emissões de indústrias de fertilizantes, principalmente F^- , NH_3 , NO_x , sulfatos, nitratos e fosfatos particulares. Situa-se nas encostas da Serra do Mar, no Vale do Rio Moji, entre as coordenadas $23^{\circ}53'45''$ e $23^{\circ}53'48''$ S e $46^{\circ}22'32''$ e $46^{\circ}23'54''$ W, no Município de Cubatão, SP (Figuras 2 e 3)

ÁREA 2 - Considerada controle por ser aparentemente não afetada por poluentes, situa-se no Vale do Rio Pilões, entre as coordenadas $23^{\circ}53'42''$ e $23^{\circ}54'06''$ S e $46^{\circ}29'26''$ e $46^{\circ}30'10''$ W, pertencendo também ao Município de Cubatão, SP (Figuras 4 e 5).

Estudos realizados nas mesmas áreas por Leitão (1993), Klumpp *et al.* (1994, 1995, 1996 e 1997), Azevedo *et al.* (1996), Martins *et al.* (1996) e Pompéia (1997), utilizaram, da mesma forma, o Vale dos Pilões como área controle, indicando ser um local aparentemente não afetado pela poluição.

Da mesma forma, análises do ar onde foram obtidos valores de fluoretos atmosféricos menores que $0.1 \mu g/m^3$ (CETESB, não publicado, in Klumpp *et al.*, 1996) e medições das concentrações de fluoretos em água de chuva e no solo (Mayer, comunicação pessoal, in Klumpp *et al.*, 1996) provaram que o Vale dos Pilões não é afetado pela poluição atmosférica de fluoretos.

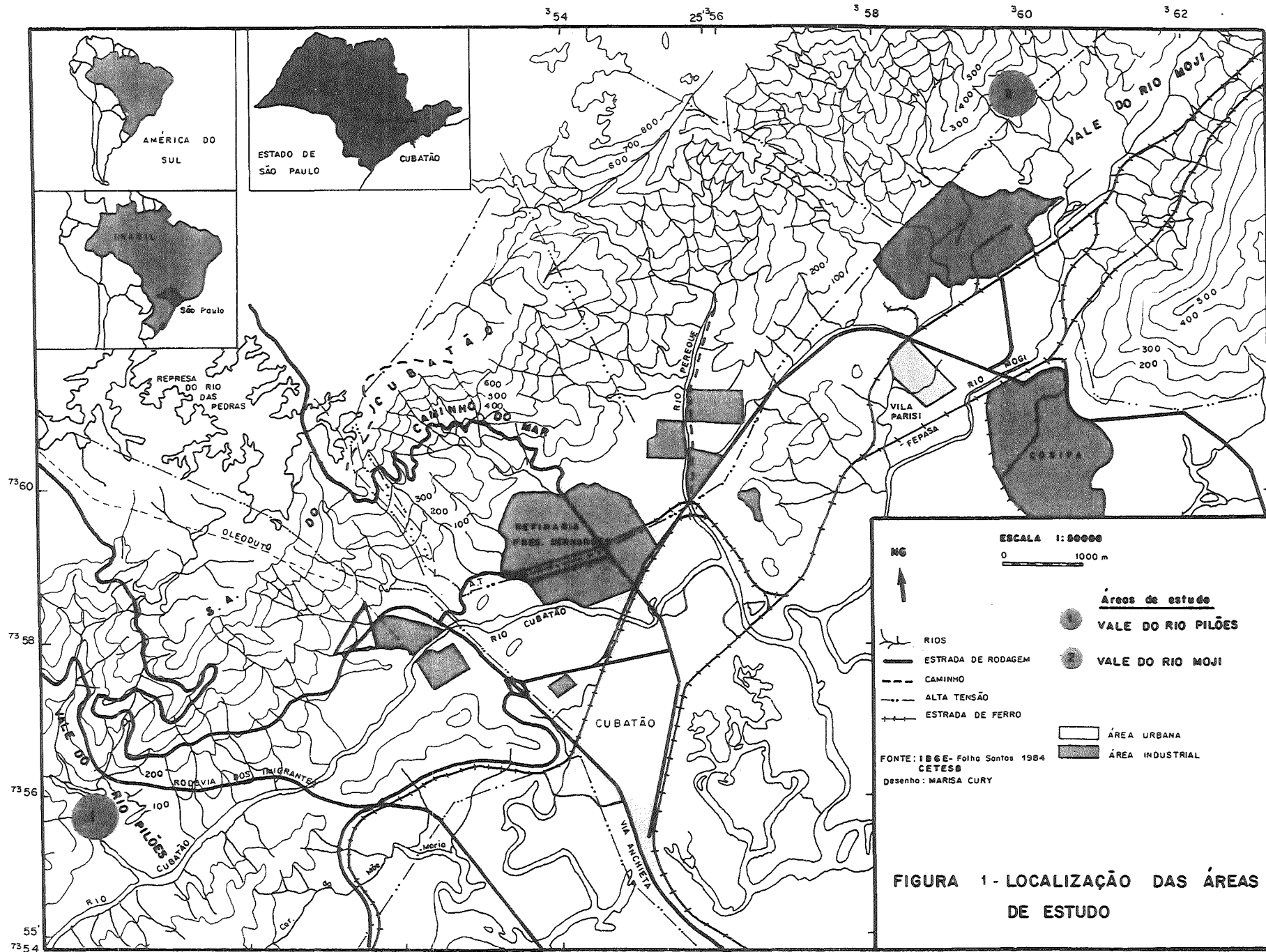




Figura 2 - Vista geral da área considerada poluída (Vale do Moji) - Cubatão - SP



Figura 3 - Aspecto da vegetação na área considerada poluída (Vale do Moji) - Cubatão - SP

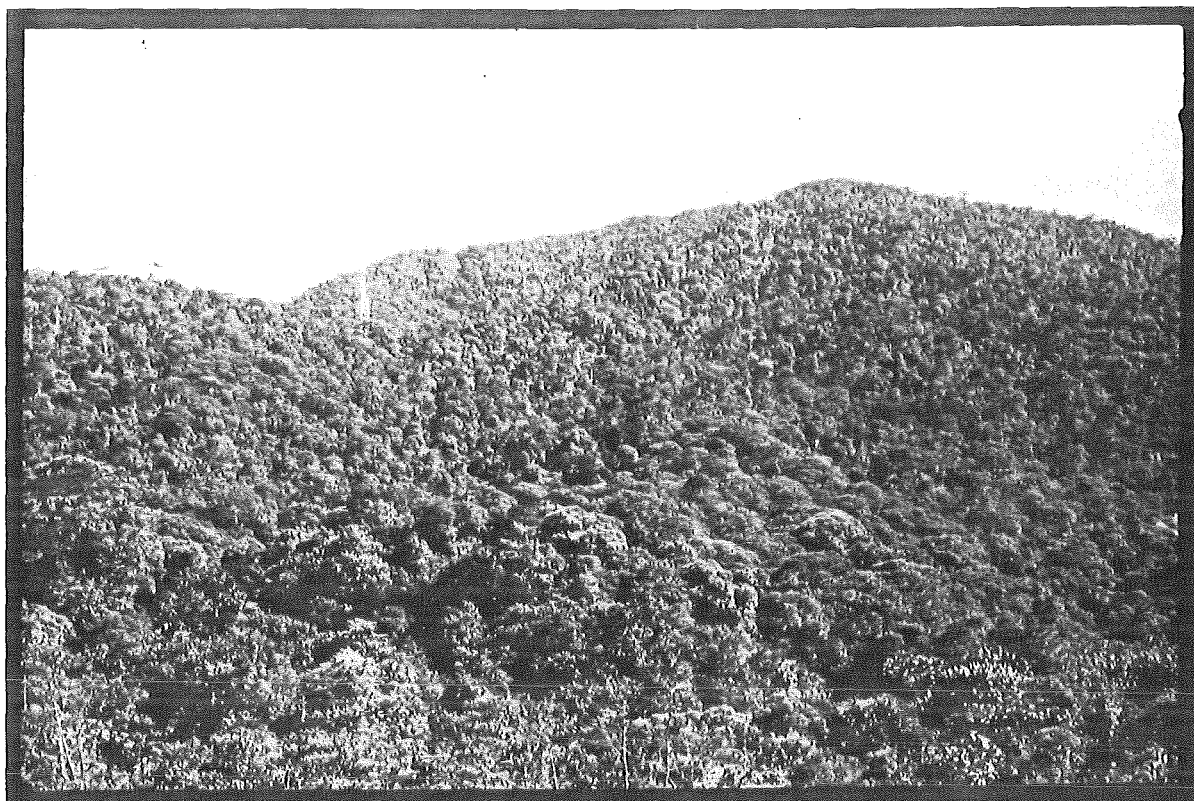


Figura 4 - Vista geral da área considerada controle (Vale dos Pilões) - Cubatão - SP



Figura 5 - Aspecto da vegetação na área considerada controle (Vale dos Pilões) - Cubatão - SP

Os estágios sucessionais das duas áreas foram identificados com base em fotos aéreas de 1962, 1977, 1980, 1985 e 1989, de acordo com os trabalhos desenvolvidos por Aguiar *et al.* (1993) e o estudo da estrutura e da composição florística desenvolvido por Martins *et al.* (1996) nas mesmas áreas. A escolha se deu após uma prévia seleção por fotografias aéreas, seguido de uma análise da vegetação em campo, onde se verificou a ocorrência de populações bem estabelecidas de espécies pioneiras (principalmente *Tibouchina pulchra* e *Miconia cinnamomifolia*), que permitem estimar a idade da comunidade estudada. Indivíduos com alturas acima de 8 metros representam uma idade aproximada de 20 a 25 anos (Silva *et al.*, 1994).

4.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS DA REGIÃO

O clima do litoral paulista é Tropical constantemente úmido, do tipo Af na classificação de Köppen, apresentando oscilações térmicas razoáveis e boa ventilação.

A região de Cubatão sofre efeito de três massas de ar: Tropical Atlântica, Polar, Equatorial Continental e Tropical Continental (Santos In Azevedo, 1965; CETESB, 1984)

A massa Equatorial Continental e Tropical Continental (noroeste), possui ação máxima durante os meses de Verão, caracterizando-se por gerar uma situação de instabilidade, que leva a quase ausência de inversões térmicas, sendo a primeira quente e úmida e a segunda quente e seca; As massas Tropical Atlântica (leste-noroeste) e Polar Atlântica (sul-sudoeste), predominam durante o resto do ano, caracterizando-se pelo perfil térmico de relativa instabilidade, gerando diferentes tipos de inversões térmicas, sendo quente e úmida e fria e úmida respectivamente.

As transições entre o inverno e verão são extremamente curtas, inexistindo estações de outono e primavera.

A circulação de ventos superficiais na região, durante o dia, é preferencialmente de SW para NE, favorecendo o transporte e o acúmulo de poluentes no fundo do Vale do Rio Moji, especialmente nos meses de inverno e em dias de domínio de anticiclone subtropical marítimo. Durante a noite, a predominância dos ventos superficiais ocorrem na direção oposta, de NE para SW (CETESB, 1980; Bragança, 1987) (Figuras 6 e 7).

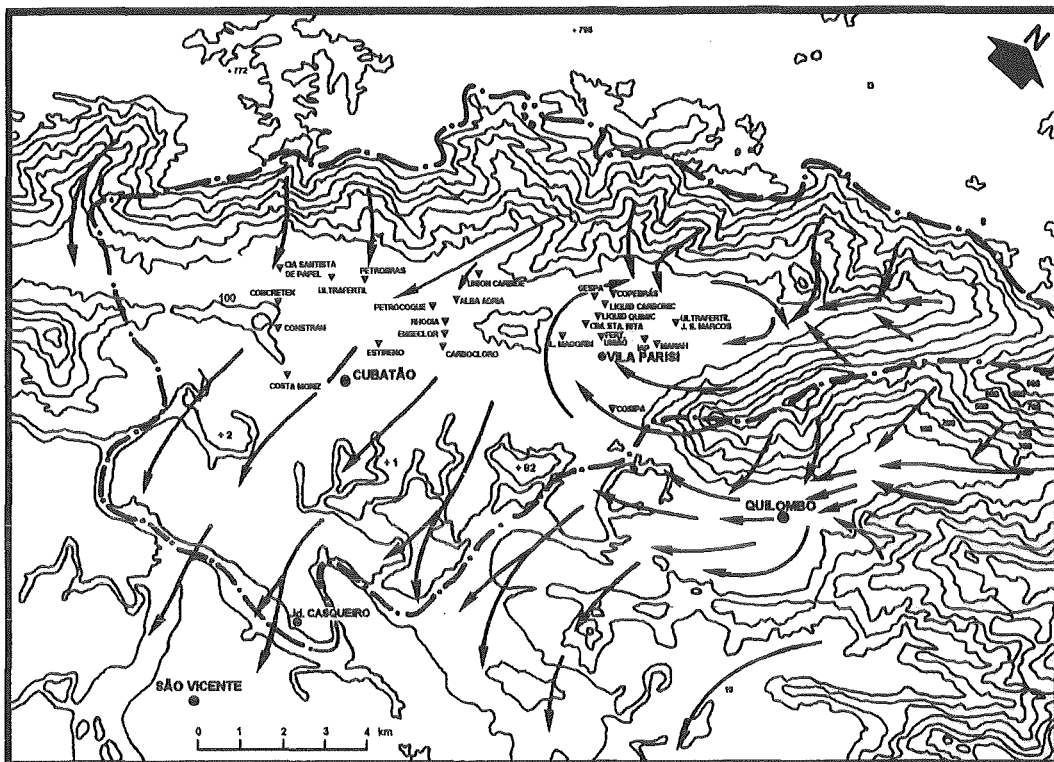


Figura 6 - Fluxo de vento observado na área de Cubatão (SP) no período noturno, sob condições de alta pressão (CETESB, 1994)

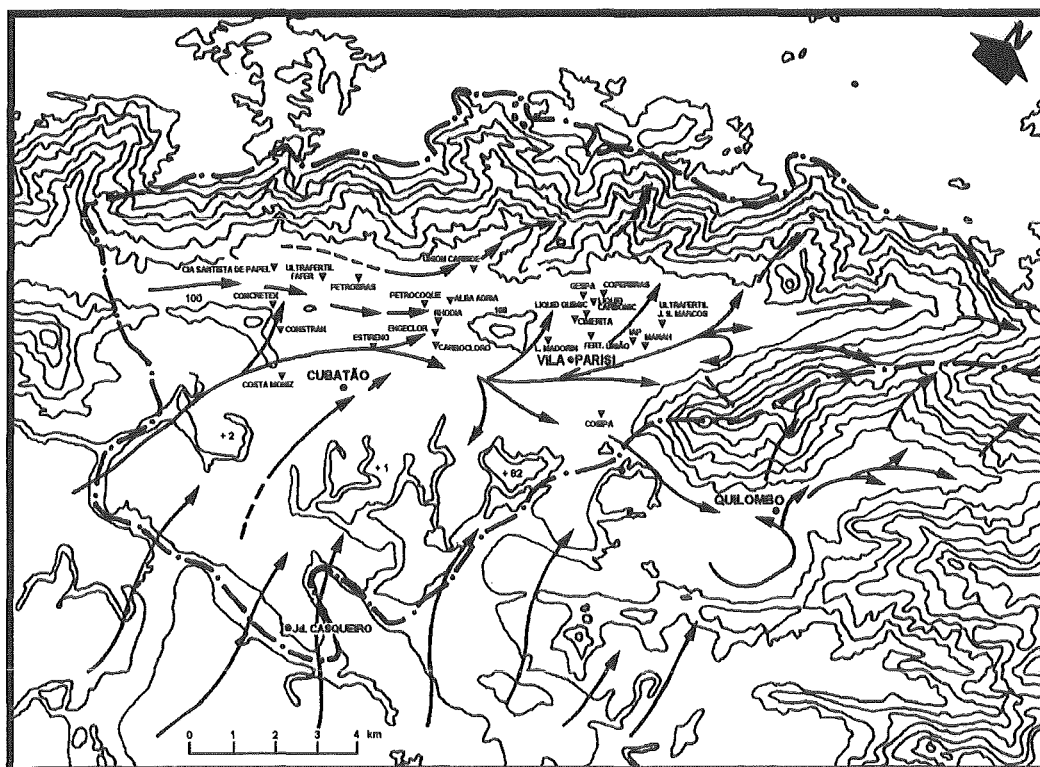


Figura 6 - Fluxo de vento observado na área de Cubatão (SP) no período diurno, sob condições de alta pressão (CETESB, 1994)

Nesta região, a média anual de calmaria é de 30%, sendo mais elevadas entre os meses de fevereiro a agosto. É interessante ressaltar que embora as calmarias sejam grandes entre fevereiro a abril, não deve ser aceita como indicador de uma situação crítica para dispersão, por ser uma época de totais pluviométricos muito elevados e condições altamente instáveis. Entre os meses de maio a setembro a calmaria torna-se bastante significativa, uma vez que os índices pluviométricos são mínimos (CETESB, 1985).

A alta média de umidade relativa do ar ao longo do ano (70 a 90%) na região de Cubatão, é desfavorável do ponto de vista da poluição atmosférica, ocorrendo por conta disso, condensação do ar saturado junto à serra, causando nevoeiros, neblinas ou fortes serrações

A chuva intensa de curta e longa duração, com precipitação anual acima de 4000 mm, são altamente favoráveis à redução da poluição, provocando deposição do material em suspensão e relativa redução da concentração de gases. Segundo Serra (apud Santos In: Azevedo, 1965) a distribuição das chuvas durante o ano, varia da seguinte forma: 39% no verão, 26% no outono, 12% no inverno e 23% na primavera sendo predominantemente de caráter orográfico e devido ao avanço de sistemas frontais.

4.3. ASPECTOS DO RELEVO DA REGIÃO

As escarpas da Serra do Mar emitem pontas avançadas em pinças de caranguejo e enfeixam vales aluviais estreitos e longos (Rodrigues In Azevedo, 1965)

As cristas e os vales da região desenvolvem-se no sentido NE-SW. As encostas da serra e dos morros apresentam declividades acentuadas, que podem ser classificadas de fortemente inclinadas a íngremes (Queiroz Neto & Kupper, In Azevedo, 1965).

A vertente Atlântica da Serra do Mar, os espigões avançados e os morros isolados são constituídos por granitos e gnaisses muito fraturados e decompostos. O manto de rocha alterado ou regolito é espesso e de estabilidade precária, assentando-se sobre a vertente com declividades superiores a 25 graus e ocasionalmente 55 graus (CETESB, 1985).

Nos morros e escarpas ocorrem solos do tipo latossolos e podzólicos vermelho-amarelos, sendo as encostas predominantemente arenosas.

As áreas escolhidas possuem diferenças quanto a topografia do terreno, ou seja, enquanto a área do Vale do Moji encontra-se nas encostas da Serra, com declividade em torno de 50 e 30 % e altitude variando entre 175 m e 235 m , respectivamente, a área do Vale dos Pilões é uma área aluvionar de baixa declividade e altitude variando entre 48 m e 50 m (Martins *et al.*, 1996).

A posição topográfica da cobertura vegetal existente no Vale dos Pilões poderia ser um fator importante para proporcionar uma maior diversidade local, tendo em vista as características apresentadas no parágrafo acima, ou seja, proporcionar uma maior estabilidade do terreno e uma maior disponibilidade de água. No entanto, comparando esta área com outras situadas nas encostas da Serra do Mar nesta mesma região, pode-se verificar que a diversidade de árvores, suas alturas e a área basal total da vegetação existente nas encostas (como no caso do Vale do Moji) e no Vale (onde se situa a parcela estudada no Vale dos Pilões) são similares e, portanto, indicam não haver diferenças significativas quanto a estrutura e composição da vegetação (Leitão Filho, 1993).

4.4. CARACTERÍSTICAS DO SOLO E ASPECTOS NUTRICIONAIS DAS PLANTAS NA ÁREA DE ESTUDO

Segundo Martins e colaboradores (1996), os solos da Serra do Mar em Cubatão são ácidos, fortemente lixiviados, com baixos teores de macro e micronutrientes. Apresentam grandes diferenças quanto à profundidade, estrutura e granulometria, sendo esta heterogeneidade consequência do acentuado gradiente topográfico e da dinâmica das escarpas.

Os mesmos autores destacam ainda a existência de diferenças significativas entre a concentração de fósforo do Vale do Moji e o Vale dos Pilões, atribuindo a superioridade dos teores deste elemento às emissões oriundas das indústrias de fertilizantes, mais especificamente de materiais particulares contendo fosfato.

Quanto ao estado nutricional de algumas espécies arbóreas existentes nestas mesmas áreas, Azavedo *et al.* (1995) analisou os teores foliares de macronutrientes e fluoretos: N (nitrogênio), S (enxofre), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio) e F (fluoretos).

Foi constatado que as análises de Nitrogênio, Fósforo, Cálcio, Potássio e magnésio não apresentaram diferenças significativas nas concentrações dos espécimes estudados entre as áreas poluídas e não poluídas, com exceção de

Miconia cinnamomifolia que apresentou um valor de potássio inferior ao considerado normal.

Quanto a Enxofre, a maioria das espécies estudadas apresentaram teores acima dos padrões normais, o que pode ser atribuído ao aporte deste elemento, devido a emissões de poluentes atmosféricos, principalmente SO₂.

Com relação a Fluoretos, todas as onze espécies estudadas no Vale do Moji apresentaram teores foliares superiores ao limite considerado normal, 20 ppm (Pushnik & Miller, 1990). Klumpp *et al.* (1995 e 1996) e Pradella (1997) também encontraram altos teores foliares de fluoretos em plantas de *Tibouchina pulchra*, *Miconia cinnamomifolia* e *Cecropia glazioui* no Vale do Moji (de 60 a 220ppm).

Segundo Vitouseck (1983), o flúor depositado sobre o solo, ao contrário do que ocorre com as plantas, é rapidamente imobilizado por diversos minerais ficando pouco disponível às raízes, que o absorvem em quantidades mínimas. Entretanto, os íons fluoreto deslocam os íons hidroxila dos hidróxidos de ferro e alumínio, abundantes nos solos tropicais, contribuindo diretamente para a lixiviação de bases e a acidificação desses solos .

4.5. LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO NAS DUAS ÁREAS DE ESTUDO

Um levantamento fitossociológico foi realizado por Martins *et al.* (1996), simultaneamente com a coleta de material utilizado neste trabalho, para que pudessem servir como base de comparação, da seguinte forma: foi demarcada na área de estudo, após a realização de um detalhado levantamento planaltimétrico, uma parcela de estudo de 100 x 100 metros (1,0 hectare), e estabelecidos 32 transectos de 2 x 50 m (100 m²), distribuídos de forma regular sobre o terreno. Foram demarcadas 16 áreas paralelas de 100 m de comprimento por 2 de largura, separadas entre si por uma faixa de vegetação com 4 m de largura. Cada faixa foi dividida ao centro em 2 parcelas, totalizando os 32 transectos da amostragem.

Foram incluídos no levantamento todos os indivíduos arbóreos com perímetro à altura do peito (PAP) igual ou superior a 8cm (diâmetro maior ou igual a 2,5cm). Não foram considerados os fetos arborescentes e lianas. As palmeiras cespitosas dos gêneros *Bactris* e *Astrocaryum* foram marcadas e contabilizadas, mas não

foram avaliadas quanto aos parâmetros métricos de diâmetro e altura e seus derivados, bem como para este estudo.

A representatividade florística da área amostrada foi avaliada por meio de curvas de suficiência amostral (número de espécies amostradas x área amostrada), a partir de uma ordenação aleatória das parcelas.

4.6. SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

A seleção de espécies utilizadas neste trabalho, baseada no levantamento fitossociológico, resultou numa relação de 42 espécies arbóreas, as quais são enumeradas a seguir, na tabela 2:

Ressalta-se que foram selecionadas todas as espécies existentes no Vale do Moji, com exceção de *Rapanea ferruginea*, devido à dificuldade de coleta dos ramos necessários para análise, pois são árvores de grande porte que possuem folhas somente na copa, não existindo portanto ramos em posições intermediárias do tronco.

Tabela 2 - Relação das espécies estudadas

Número	Espécie	Família
1	<i>Rollinia sericea</i> (R. E. Fries) R. E. Fries	Annonaceae
2	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	Apocynaceae
3	<i>Malowetia arborea</i> (Vell.) Miers	Apocynaceae
4	<i>Euterpes edulis</i> Mart.	Arecaceae
5	<i>Syagrus pseudococos</i> (Raddi) Glassman	Arecaceae
6	<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell. emend & K. Schum.) A. Robyns	Bombacaceae
7	<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl.	Cecropiaceae
8	<i>Cecropia pachystachya</i> Trecul.	Cecropiaceae
9	<i>Hirtella hebeclada</i> Moric.	Chrysobalanaceae
10	<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	Elaeocarpaceae
11	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	Euphorbiaceae
12	<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) J. F. Macbr.	Fabaceae
13	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	Lacistemataceae
14	<i>Aiouea trinervis</i> Meissn.	Lauraceae
15	<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez.	Lauraceae
16	<i>Leandra dasytricha</i> (A. Gray) Cogn.	Melastomataceae
17	<i>Miconia chartacea</i> Triana	Melastomataceae
18	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (Mart. ex DC.) Naudin	Melastomataceae
19	<i>Tibouchina pulchra</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae
20	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	Meliaceae
21	<i>Zigia cauliflora</i> (Willd.) Killip	Mimosaceae

Tabela 2 - Continuação

Número	Espécie	Família
22	<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	Monimiaceae
23	<i>Brosimum glazioni</i> Taub.	Moraceae
24	<i>Ficus enormis</i> (Mart. ex. Miq.) Miq.	Moraceae
25	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart. ex. A. DC.) Mez	Myrsinaceae
26	<i>Eugenia cf. leitonii</i>	Myrtaceae
27	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Nyctaginaceae
28	<i>Faramea tetragona</i> Muell. Arg.	Rubiaceae
29	<i>Faramea stipulacea</i> p. comp.	Rubiaceae
30	<i>Psychotria mapoureoides</i> DC.	Rubiaceae
31	<i>Psychotria aff. Longipes</i> Muell. Arg.	Rubiaceae
32	<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Roem. & Schult.	Rubiaceae
33	<i>Rudgea coriacea</i> (Spreng.) K. Schum.	Rubiaceae
34	<i>Coussarea nodosa</i> (Benth.) Muell. Arg.	Rubiaceae
35	<i>Metrodorea nigra</i> A. St. Hil.	Rutaceae
36	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae
37	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Sapindaceae
38	<i>Cupania vernalis</i> Camb.	Sapindaceae
39	<i>Matayba juglandifolia</i> (Camb.) Radlk.	Sapindaceae
40	<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	Sapotaceae
41	<i>Pouteria psamonophila</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae
42	<i>Amphirrhox longifolia</i> Spreng.	Violaceae

4.7. TÉCNICAS DE COLETA E ANÁLISE

4.7.1. Coleta e preparo das amostras:

a) Tendo em vista que no Brasil, mais especificamente em São Paulo, existem praticamente duas estações, inverno e verão, considerou-se verão, para efeito deste trabalho, o intervalo entre dezembro e maio, e o inverno o intervalo entre junho e novembro, sendo que as coletas foram realizadas em datas dentro destes intervalos, de acordo com a disponibilidade de ida a campo.

O critério considerado mais relevante para o estabelecimento destes dois intervalos, foi o início das fortes chuvas, o que delimita o período favorável e desfavorável à dispersão de poluentes. As chuvas diminuem a possibilidade de altas taxas de acumulação, a possibilidade de maior lavagem das folhas e por conseguinte, maior lixiviação do fluoreto acumulado.

As coletas foram realizadas concomitantemente aos trabalhos fitossociológicos, tendo sido coletados indivíduos da mesma espécie em triplicatas e somente folhas maduras, do 3º e 4º nós de cada ramo, com o intuito de padronizar a idade das folhas (Figura 8).

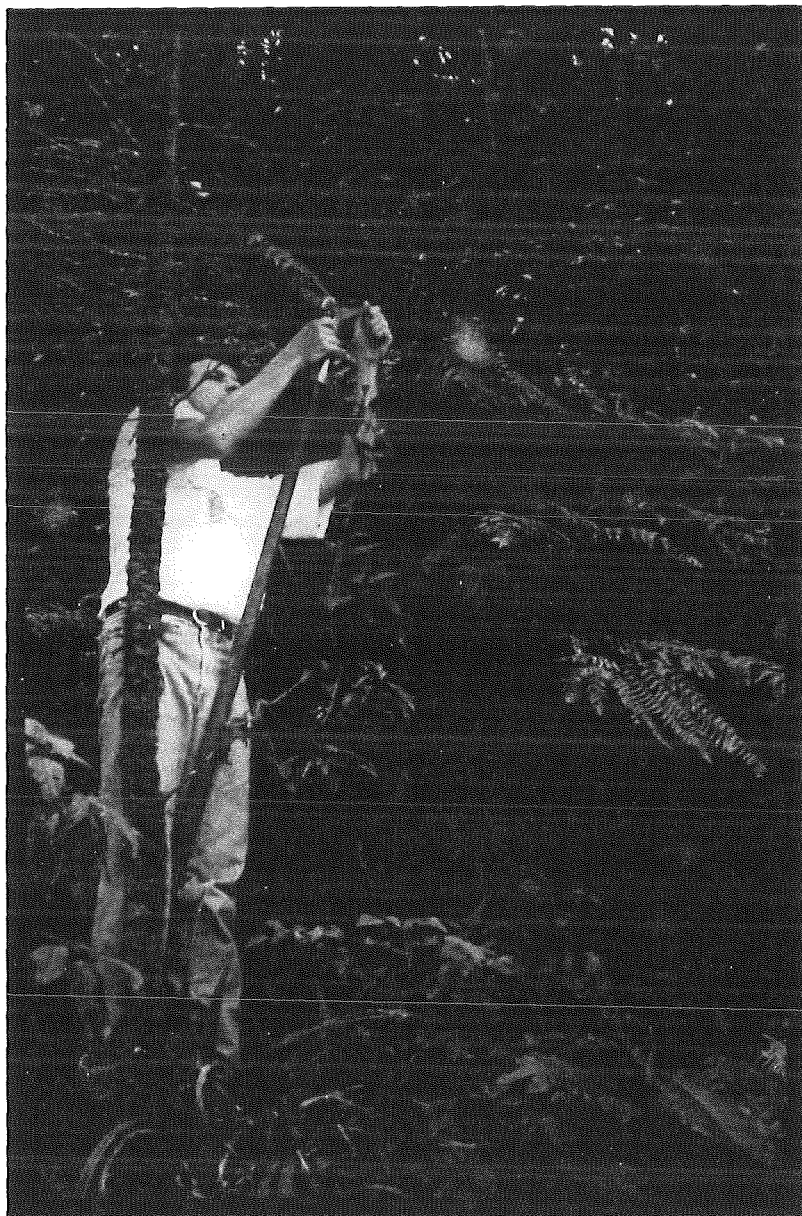


Figura 8 - Coleta do material utilizado para análise (Vale do Moji) - Cubatão - SP

Além do material utilizado para análise, foram também coletados materiais para posterior identificação, os quais foram prensados, secos em estufa e herborizados segundo os procedimentos técnicos recomendados por Fidalgo & Bononi (1984).

A identificação das espécies foi feita através de chaves analíticas especializadas, consultas a herbários e também com a colaboração dos seguintes especialistas: João Batista Baitello e Rejane Esteves (Lauraceae), José Francisco Baumgratz e Maria Leonor Souza (Melastomataceae), Inês Cordeiro (Euphorbiaceae), Waldir Montovani (Leguminosae), Renato Mello-Silva (Annonaceae), José Rubens Pirani (Rutales), Sérgio Romaniuc Neto (Cecropiaceae e Moraceae), Lúcia Rossi (Elaeocarpaceae e Thymelaeaceae), Elisete A. Anunciação (Rubiaceae) e Lúcia Kawasaki (Myrtaceae)

A classificação das espécies seguiu o sistema proposto por Cronquist (1981)

Todo o material coletado para identificação encontra-se depositado no Herbário "D. Bento Pickel" (SPSF), do Instituto Florestal, sendo que os férteis foram incorporados ao acervo do referido herbário.

- b) As folhas foram lavadas com água deionizada e armazenadas em sacos de papel devidamente identificados
- c) Os sacos contendo o material coletado foram então secos em estufa a 60^o C por 48 horas
- d) O material foi então triturado, em moinho de facas, até sua total homogeneização e peneirado em malha de 20 mesh (corresponde a 0,297mm), desprezando-se o material retido na peneira

4.7.2. Execução do ensaio

As análises do conteúdo de fluoreto foliar foram realizadas de acordo com o método de Van Den Heede *et al.* (1975), modificado para este trabalho (Fialho *et al.*, não publicado). O método consiste de 4 etapas:

- a) Foram pesados cerca de 0,25 g do material peneirado e após anotação do peso correto, transferiu-se o material para tubo de ensaio
- b) Foram Adicionados 5,0 ml de H₂SO₄ (1N) a cada tubo de ensaio e levados a banho maria, em ultrassom, durante 20 minutos a uma temperatura de aproximadamente 50^o C.

c) Foram adicionados 5,0 ml de NaOH (1N) e 10 ml de solução estoque de TISAB (pH 5,3) a cada tubo de ensaio com as amostras (a solução estoque de TISAB foi preparada da seguinte forma: em um bequer de 1 litro foram colocados 500 ml de água deionizada + 57 ml de ácido acético glacial + 58 g de cloreto de sódio + 4 g de ácido ciclohexileno dinitrito tetracético (CDTA), o pH ajustado com NaOH (1N) até 5,3 e completado o volume com água deionizada.

d) Os tubos foram vedados com parafilme e agitados para completa homogeneização das amostras.

e) A seguir, foram realizadas as leituras das amostras em potenciômetro com eletrodo para fluoreto, na escala mV expandido, lavado com água deionizada entre leituras

4.7.3. Execução da Curva de Calibração

a) Foram colocados 5ml de solução estoque de fluoreto (100 g/ml) + 25 ml de solução estoque de TISAB em balão volumétrico de 50ml e completado o nível com água deionizada. A solução estoque de fluoreto (100 g/ml) foi preparada pesando-se 0.222 g de na, previamente seco em estufa por 4 horas e diluído com água deionizada em balão volumétrico de 1litro.

b) A seguir, alíquotas de 0.1 ml, 0.3 ml, 1.0 ml e 3.0 ml da solução obtida no item anterior, foram colocadas separadamente em 4 balões volumétricos de 10 ml.

c) Foram adicionados 5,0 ml de solução estoque de TISAB em cada balão acima mencionado e completado seus volumes com água deionizada.

d) Por fim, os balões volumétricos foram agitados e medições de fluoretos efetuadas no potenciômetro.

4.7.4. Realização dos cálculos de concentração e transformações de unidades

Obtida a equação da regressão linear da curva de calibração (expressa em escala logarítmica), seguiram-se os cálculos:

equação da regressão linear: $Y = b + m X$

onde : Y = leitura da amostra em mV expandido

X = Log da concentração em g/ml na curva de calibração

(Log C = b - (mV/m) em g/m)

b = coeficiente linear

Sendo o volume final da amostra 20 ml, $\text{Log C} \times 20 = \text{concentração em g total}$

Para se obter a concentração de fluoreto em g F⁻/g P.S., dividiu-se a concentração em g total pelo peso seco das amostras, ou seja:

Concentração em g F⁻/g P.S. = $20 \text{ Log C} / \text{P.S.}$

Desta forma o resultado é expresso em µg F⁻ / g P.S.

4.8. DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE ACUMULAÇÃO

O índice de acumulação foi obtido por meio da divisão entre a concentração média de determinada espécie da área poluída e a concentração encontrada nesta mesma espécie, oriunda da área não poluída, de forma a ser possível reconhecer e diferenciar os níveis de acumulação entre as diferentes espécies estudadas.

Foi efetuado o cruzamento dos dados obtidos nos dois levantamentos fitossociológicos e na determinação do teor de fluoreto foliar, para possibilitar a avaliação de quanto o fato de uma determinada espécie ser acumuladora ou não, favorece seu estabelecimento na área e se existe alguma correlação entre a acumulação de fluoretos pela espécie com o grupo ecológico a que pertence, cujo critério de enquadramento será discutido oportunamente.

Para verificar a existência de diferenças significativas entre as concentrações médias de fluoretos nos dois locais estudados (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e/ou entre as duas épocas do ano (inverno e verão), bem como verificar a correlação entre os índices fitossociológicos obtidos no estudo feito no Vale do Moji e os índices de acumulação de fluoreto nas folhas das espécies estudadas, foi utilizada a técnica de análise de variância (Neter, 1985). Como o tamanho da amostra por espécie não é suficientemente grande, e ainda algumas destas espécies não satisfazem a hipótese de homogeneidade de variância, foi utilizado o método não paramétrico de Kruskal - Wallis (Neter, 1985).

A comparação entre as épocas do ano, os parâmetros fitossociológicos e os índices de acumulação de cada espécie, foram somente realizadas entre as amostras do Vale do Moji, embora tenham sido consideradas as acumulações de fluoretos no Vale dos Pilões.

A análise foi realizada separadamente para cada uma das espécies em estudo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ACUMULAÇÃO FOLIAR DE FLUORETOS NAS DUAS ÁREAS DE ESTUDO E NAS DUAS ÉPOCAS DO ANO.

Os resultados obtidos das análises do conteúdo foliar de fluoretos são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Na Tabela 5 e nas Figuras 9 e 10 são apresentadas as médias e desvios padrões das concentrações observadas nas duas épocas do ano (inverno e verão) e nos dois locais (poluído e não poluído) para cada espécie.

Destaca-se que até 20 μg de F^-/g P.S. em folhas é considerado um valor normal e que valores acima deste limite são capazes de ocasionar injúrias, sejam metabólicas, fisiológicas ou anatômicas.

A variação dos níveis de concentração encontrados estão em concordância com a variação encontrada por Arndt *et al.*, 1995, que realizou repetidas observações e determinações de conteúdo de fluoreto foliar em diversas espécies nativas e exóticas de ocorrência no Brasil, nas proximidades de diferentes fontes emissoras de fluoretos.

Dentre as espécies estudadas no trabalho acima e esta dissertação, a única em comum foi *Euterpe edulis*. Apesar de ter sido enquadrada como espécie sensível à fluoreto, o teor encontrado de 40 μg de F^-/g P.S. situa-se numa classe intermediária entre o Vale do Moji e o Vale dos Pilões, o que, de certa forma, corrobora com os resultados encontrados neste estudo.

Klumpp *et al.* (1995 e 1996) e Pradella (1997) também encontraram altos teores foliares de fluoretos em plantas de *Tibouchina pulchra*, *Miconia cinnamomifolia* e *Cecropia glazioui* no Vale do Moji, variando entre 60 e 220 μg F^-/g P.S..

A Tabela 6 resume os resultados da análise de variância, onde "X" representa a diferença (nível de significância < 0.05) entre os níveis do fator em questão.

As figuras de 11 a 21 ilustram, através dos diagramas de box plot, os resultados obtidos. Ressalta-se que tais diagramas apresentam a distribuição dos dados em cada época do ano ou local, para uma determinada espécie.

Entre os 2 extremos do diagrama deveria estar a maior parte dos dados, sendo por isso considerados “extremos” os valores que caem fora destes limites.

Entre os limites da caixa encontram-se 50% dos dados, sendo que o traço central representa a mediana e o sinal de “+” a média.

Considerando o local, as concentrações no Vale do Moji foram, para quase todas as espécies, significativamente maiores do que no Vale dos Pilões. Já para as épocas do ano, as concentrações foram significantemente maiores no inverno do que no verão, porém não com tanta expressividade.

Tabela 3 - Teor foliar de fluoreto ($\mu\text{gF}^-/\text{g P.S.}$) em três repetições, nas espécies estudadas no Vale do Moji, durante as duas épocas do ano (inverno e verão) - Cubatão - SP

N	Espécie	Area Poluída - VALE DO MOJI					
		INV	INV	INV	VER	VER	VER
1	<i>Rollinia sericea</i>	216,37	166,52	132,07	74,98	90,20	71,76
2	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	204,86	137,96	142,92	126,62	125,95	105,93
3	<i>Malowetia arborea</i>	124,88	104,57	147,89	42,22	78,43	50,66
4	<i>Euterpe edulis</i>	98,69	85,09	137,31	88,02	101,88	89,30
5	<i>Syagrus pseudococos</i>	51,74	74,11	70,20	32,72	29,08	26,16
6	<i>Eriotheca pentaphylla</i>	30,60	102,30	48,30	61,48	106,06	54,81
7	<i>Cecropia glazouii</i>	163,34	127,56	242,04	109,90	100,01	60,30
8	<i>Cecropia pachystachya</i>	136,82	46,82	109,17	50,27	28,39	53,65
9	<i>Hirtella hebeclada</i>	281,50	165,08	278,56	147,21	174,73	173,37
10	<i>Sloanea monosperma</i>	68,99	101,07	102,69	13,27	26,35	10,11
11	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	124,40	237,22	222,32	295,21	114,00	170,20
12	<i>Andira anthelmia</i>	98,71	95,73	99,86	50,83	72,72	55,99
13	<i>Lacistema pubescens</i>	116,55	215,13	352,09	64,38	71,25	63,60
14	<i>Aiouea trinervis</i>	84,07	62,24	102,34	35,72	35,46	17,47
15	<i>Ocotea aciphylla</i>	123,09	117,57	86,45	192,19	92,83	64,73
16	<i>Leandra dasytricha</i>	68,95	63,13	87,41	73,50	73,07	62,95
17	<i>Miconia chartacea</i>	49,84	66,28	58,56	62,16	36,52	40,59
18	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	15,36	25,70	30,58	40,77	21,93	21,87
19	<i>Tibouchina pulchra</i>	51,27	45,69	338,91	426,38	314,25	312,85
20	<i>Guarea Macrophylla</i>	208,25	139,58	179,81	159,06	108,79	86,63
21	<i>Zigia cauliflora</i>	87,92	55,15	50,34	17,89	30,45	12,57
22	<i>Eugenia c. f. leitonii</i>	16,04	58,16	64,23	49,41	55,58	32,22
23	<i>Mollinedia schottiana</i>	218,84	197,38	281,79	57,45	106,28	155,12
24	<i>Brosimum glazouii</i>	118,44	88,43	138,35	70,96	141,20	102,49
25	<i>Ficus enormis</i>	247,69	205,09	206,05	31,26	35,22	11,02
26	<i>Rapanea umbellata</i>	61,36	125,39	95,51	29,14	17,28	53,54
27	<i>Guapira opposita</i>	73,66	59,75	99,61	68,99	53,59	87,32
28	<i>Faramea tetragona</i>	45,99	14,88	93,60	12,96	44,24	41,55
29	<i>Faramea stipulacea</i>	45,49	43,14	34,80	23,06	31,79	19,07
30	<i>Psychotria mapoureioides</i>	145,23	247,77	150,24	73,45	71,35	71,01
31	<i>Psychotria aff. Longipes</i>	60,66	68,61	54,36	13,91	52,77	33,93
32	<i>Posoqueria latifolia</i>	79,08	31,97	61,54	29,53	21,48	19,98
33	<i>Rudgea coriacea</i>	53,47	41,66	45,54	58,50	52,21	83,49
34	<i>Coussarea nodosa</i>	27,39	31,72	34,90	23,71	22,74	18,58
35	<i>Metrodorea nigra</i>	57,94	120,98	127,55	63,48	66,80	69,33
36	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	45,61	77,24	115,62	76,28	26,31	53,99
37	<i>Cupania oblongifolia</i>	40,43	123,16	102,24	123,56	99,34	112,35
38	<i>Cupania vernalis</i>	173,45	179,37	164,32	32,56	76,51	85,73
39	<i>Matayba juglandifolia</i>	49,05	207,43	109,39	46,19	101,79	72,96
40	<i>Eclinusa ramiflora</i>	166,70	208,17	215,28	201,42	143,77	56,94
41	<i>Pouteria psamonophila</i>	93,57	106,38	108,07	18,73	19,66	34,33
42	<i>Amphyrhox longifolia</i>	81,53	137,73	96,49	136,31	121,47	24,63

Tabela 4 - Teor foliar de fluoreto ($\mu\text{gF}^-/\text{g P.S.}$) em três repetições, nas espécies estudadas no Vale dos Pilões, durante as duas épocas do ano (inverno e verão) - Cubatão - SP

N	Espécie	CONTROLE - Vale dos Pilões					
		INV	INV	INV	VER	VER	VER
1	<i>Rollinia sericea</i>	18,67	16,48	33,89	14,33	10,89	9,82
2	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	13,26	33,20	11,55	18,97	13,28	8,34
3	<i>Malowetia arborea</i>	20,49	17,46	22,94	0,71	4,44	14,33
4	<i>Euterpe edulis</i>	22,55	17,64	18,27	11,86	9,62	10,22
5	<i>Syagrus pseudococos</i>	11,07	19,56	40,37	17,93	13,77	6,92
6	<i>Eriotheca pentaphylla</i>	21,39	16,06	18,79	19,91	17,43	23,66
7	<i>Cecropia glazioui</i>	28,83	19,54	25,66	31,99	20,15	16,59
8	<i>Cecropia pachystachya</i>	20,06	23,83	21,67	16,00	13,85	19,22
9	<i>Hirtella hebeclada</i>	38,10	36,79	31,88	29,32	10,21	22,53
10	<i>Sloanea monosperma</i>	13,67	27,47	12,99	27,91	21,87	14,35
11	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	26,92	18,86	34,12	13,09	15,03	13,91
12	<i>Andira anthelmia</i>	35,14	26,21	23,10	16,03	17,91	19,45
13	<i>Lacistema pubescens</i>	5,67	3,80	22,44	3,62	21,58	19,98
14	<i>Aiouea trinervis</i>	19,88	22,48	24,25	24,88	28,08	27,17
15	<i>Ocotea aciphylla</i>	23,78	20,88	10,71	17,84	13,31	8,99
16	<i>Leandra dasytricha</i>	32,96	26,99	26,02	8,99	10,08	9,72
17	<i>Miconia chartacea</i>	17,06	16,26	29,55	13,04	11,56	16,38
18	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	20,67	17,68	16,79	2,57	2,64	0,70
19	<i>Tibouchina pulchra</i>	22,93	36,52	47,02	53,92	48,81	58,79
20	<i>Guarea Macrophylla</i>	36,10	31,69	15,01	12,12	15,77	17,07
21	<i>Zigia cauliflora</i>	18,83	7,16	12,39	7,31	20,95	12,35
22	<i>Eugenia c. f. leitonii</i>	15,12	28,75	11,95	13,32	10,13	11,88
23	<i>Mollinedia schottiana</i>	5,09	27,31	18,71	16,38	17,09	18,12
24	<i>Brosimum glazioui</i>	35,36	7,36	22,12	17,61	16,01	23,46
25	<i>Ficus enormis</i>	28,84	12,79	6,85	15,79	31,96	6,10
26	<i>Rapanea umbellata</i>	29,67	20,64	17,76	35,65	24,33	29,00
27	<i>Guapira opposita</i>	2,29	1,92	1,67	7,21	23,18	15,05
28	<i>Faramea tetragona</i>	13,81	13,18	9,17	3,99	7,72	5,88
29	<i>Faramea stipulacea</i>	11,75	12,85	13,48	23,40	17,24	17,31
30	<i>Psychotria mapoureooides</i>	19,44	15,15	15,16	7,91	6,97	7,21
31	<i>Psychotria aff. longipes</i>	14,04	22,84	12,45	7,22	7,85	14,09
32	<i>Posoqueria latifolia</i>	25,50	15,78	16,05	6,06	3,92	3,13
33	<i>Rudgea coriacea</i>	42,83	33,11	29,62	7,17	13,64	19,39
34	<i>Coussarea nodosa</i>	10,75	14,10	5,76	8,32	8,91	13,89
35	<i>Metrodorea nigra</i>	25,91	37,14	23,12	25,03	16,55	24,30
36	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	14,27	15,91	19,26	2,45	14,94	17,70
37	<i>Cupania oblongifolia</i>	14,53	16,40	17,34	14,10	21,44	17,73
38	<i>Cupania vernalis</i>	16,78	26,04	9,01	7,00	1,25	2,26
39	<i>Matayba juglandifolia</i>	9,04	29,11	14,42	21,31	18,79	9,17
40	<i>Eclinusa ramiflora</i>	22,30	18,64	14,76	2,61	2,84	8,13
41	<i>Pouteria psamonophila</i>	10,82	9,91	11,55	18,09	14,56	19,84
42	<i>Amphyrhox longifolia</i>	17,34	17,56	17,43	25,77	59,82	28,94

Tabela 5 - Média e desvio das concentrações ($\mu\text{gF/g P.S.}$) de fluoretos nas folhas das espécies estudadas no inverno e no verão, nos Vales do Moji e dos Pilões - Cubatão - SP

N	Espécie	VALE DO PILOES		INVERNO - VP		VERAO - VP		VALE DO MOJI		INVERNO - VM		VERAO - VM	
		MEDIA GERAL	DESVIO	MEDIA	DESVIO	MEDIA	DESVIO	MEDIA GERAL	DESVIO	MEDIA	DESVIO	MEDIA	DESVIO
1	<i>Rollinia sericea</i>	17,35	8,76	23,01	9,48	11,68	2,36	125,32	17,35	171,65	42,38	78,98	9,85
2	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	16,43	8,91	19,34	12,04	13,53	5,32	140,71	33,92	161,91	37,28	119,50	11,76
3	<i>Malowetia arborea</i>	13,39	8,94	20,30	2,74	6,49	7,04	91,44	41,79	125,78	21,67	57,10	18,94
4	<i>Euterpe edulis</i>	15,99	5,21	19,49	2,67	10,74	1,58	100,05	19,38	107,03	27,09	93,07	7,66
5	<i>Syagrus pseudococos</i>	34,87	38,79	56,87	47,74	12,87	5,56	50,26	22,35	65,35	11,95	27,62	2,06
6	<i>Eriotheca pentaphylla</i>	19,54	2,74	18,75	2,66	20,33	3,14	67,26	30,41	60,40	37,35	74,12	27,86
7	<i>Cecropia glazoui</i>	23,79	5,99	24,68	4,72	22,91	8,06	133,86	62,84	177,65	58,57	90,07	26,25
8	<i>Cecropia pachystachya</i>	19,10	3,66	21,85	1,89	16,36	2,70	113,44	91,25	97,60	46,10	129,28	133,93
9	<i>Hirtella hebeclada</i>	27,32	9,77	33,96	3,59	20,69	9,69	203,41	60,16	241,71	66,38	165,10	15,51
10	<i>Sloanea monosperma</i>	13,46	10,29	13,92	13,11	13,00	9,61	68,91	40,29	90,91	19,01	46,90	47,37
11	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	20,32	8,46	26,63	7,64	14,01	0,97	198,63	77,54	194,65	61,29	204,61	128,13
12	<i>Andira anthelmia</i>	22,97	7,00	28,15	6,25	17,80	1,71	69,17	43,42	98,10	2,13	25,78	35,43
13	<i>Lacistema pubescens</i>	15,40	13,71	15,75	19,26	15,06	9,94	147,17	115,89	227,92	118,29	66,41	4,21
14	<i>Aiouea trinervis</i>	24,46	3,02	22,20	2,20	26,71	1,65	82,43	52,37	82,88	20,08	81,97	80,33
15	<i>Ocotea aciphylla</i>	15,92	5,87	18,45	6,87	13,38	4,42	112,81	44,35	109,04	19,76	116,58	66,97
16	<i>Leandra dasytricha</i>	19,13	10,71	28,66	3,76	9,60	0,56	81,11	25,91	73,16	12,68	89,05	36,45
17	<i>Miconia chartacea</i>	17,31	6,37	20,96	7,45	13,66	2,47	52,32	12,03	58,22	8,22	46,42	13,78
18	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	14,14	10,27	18,38	2,03	9,90	14,35	43,93	42,68	23,88	7,77	63,98	57,35
19	<i>Tibouchina pulchra</i>	44,67	13,01	35,49	12,08	53,84	4,99	248,23	160,19	145,29	167,70	351,16	65,15
20	<i>Guarea Macrophylla</i>	15,88	9,13	16,77	14,12	14,99	2,57	154,67	45,77	175,88	34,50	122,84	51,22
21	<i>Zigia cauliflora</i>	12,06	7,46	12,79	5,85	11,33	10,16	61,24	39,62	64,47	20,45	58,01	58,95
22	<i>Eugenia c. f. leitonii</i>	15,19	6,85	18,60	8,92	11,77	1,60	48,68	19,01	46,14	26,25	52,50	4,37
23	<i>Mollinedia schottiana</i>	15,08	5,65	11,90	9,63	17,19	0,87	147,27	72,58	204,53	12,39	90,01	56,39
24	<i>Brosimum glazoui</i>	19,96	10,36	21,36	19,80	19,02	3,92	109,98	27,91	115,07	25,13	104,88	35,18
25	<i>Ficus enormis</i>	13,52	13,84	14,12	14,10	12,93	16,70	139,25	93,69	219,61	24,33	58,88	44,45
26	<i>Rapanea umbellata</i>	26,17	6,56	22,69	6,22	29,66	5,69	107,41	97,41	94,09	32,04	120,72	148,88
27	<i>Guapira opposita</i>	7,47	9,39	1,96	0,31	12,98	11,37	71,12	17,74	77,67	20,23	61,29	10,89
28	<i>Faramia tetragona</i>	10,04	4,52	12,05	2,52	3,99	0,00	42,20	29,20	51,49	39,64	32,92	17,33
29	<i>Faramia stipulacea</i>	16,01	4,30	12,70	0,88	19,32	3,54	36,62	10,14	41,14	5,62	23,06	0,00
30	<i>Psychotria mapoureoides</i>	12,93	5,32	16,58	2,47	7,44	0,67	126,51	70,08	181,08	57,81	71,94	1,32
31	<i>Psychotria aff. Longipes</i>	13,08	5,64	16,44	5,60	9,72	3,80	47,37	20,03	61,21	7,14	33,54	19,43
32	<i>Posoqueria latifolia</i>	11,74	8,85	19,11	5,54	4,37	1,52	40,60	24,11	57,53	23,81	23,66	5,14
33	<i>Rudgea coriacea</i>	24,29	13,27	35,19	6,85	13,40	6,11	55,81	14,82	46,89	6,02	64,73	16,55
34	<i>Coussarea nodosa</i>	10,29	3,29	10,21	4,20	10,37	3,06	26,51	6,05	31,34	3,77	21,68	2,73
35	<i>Metrodorea nigra</i>	25,34	6,68	28,72	7,42	21,96	4,70	84,35	31,22	102,16	38,43	66,54	2,93
36	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	14,09	5,99	16,48	2,54	11,70	8,13	105,31	81,04	79,49	35,06	131,13	114,84
37	<i>Cupania oblongifolia</i>	16,92	2,65	16,09	1,43	17,76	3,67	97,75	33,99	88,61	43,02	111,45	17,12
38	<i>Cupania vernalis</i>	10,39	9,47	17,27	8,53	3,50	3,07	118,66	61,72	172,38	7,58	64,93	28,41
39	<i>Matayba juglandifolia</i>	16,97	7,74	17,52	10,39	16,42	6,41	97,80	59,71	121,96	79,93	73,65	27,81
40	<i>Eclinusa ramiflora</i>	11,55	8,29	18,56	3,77	4,53	3,12	165,38	59,75	196,72	26,24	134,04	72,73
41	<i>Pouteria psamonophila</i>	14,13	4,10	10,76	0,82	17,50	2,69	63,46	43,60	102,67	7,93	24,24	8,75
42	<i>Amphyrhox longifolia</i>	27,81	16,45	17,45	0,11	38,18	18,81	99,69	42,98	105,25	29,11	94,14	60,65

Leandra dasytricha

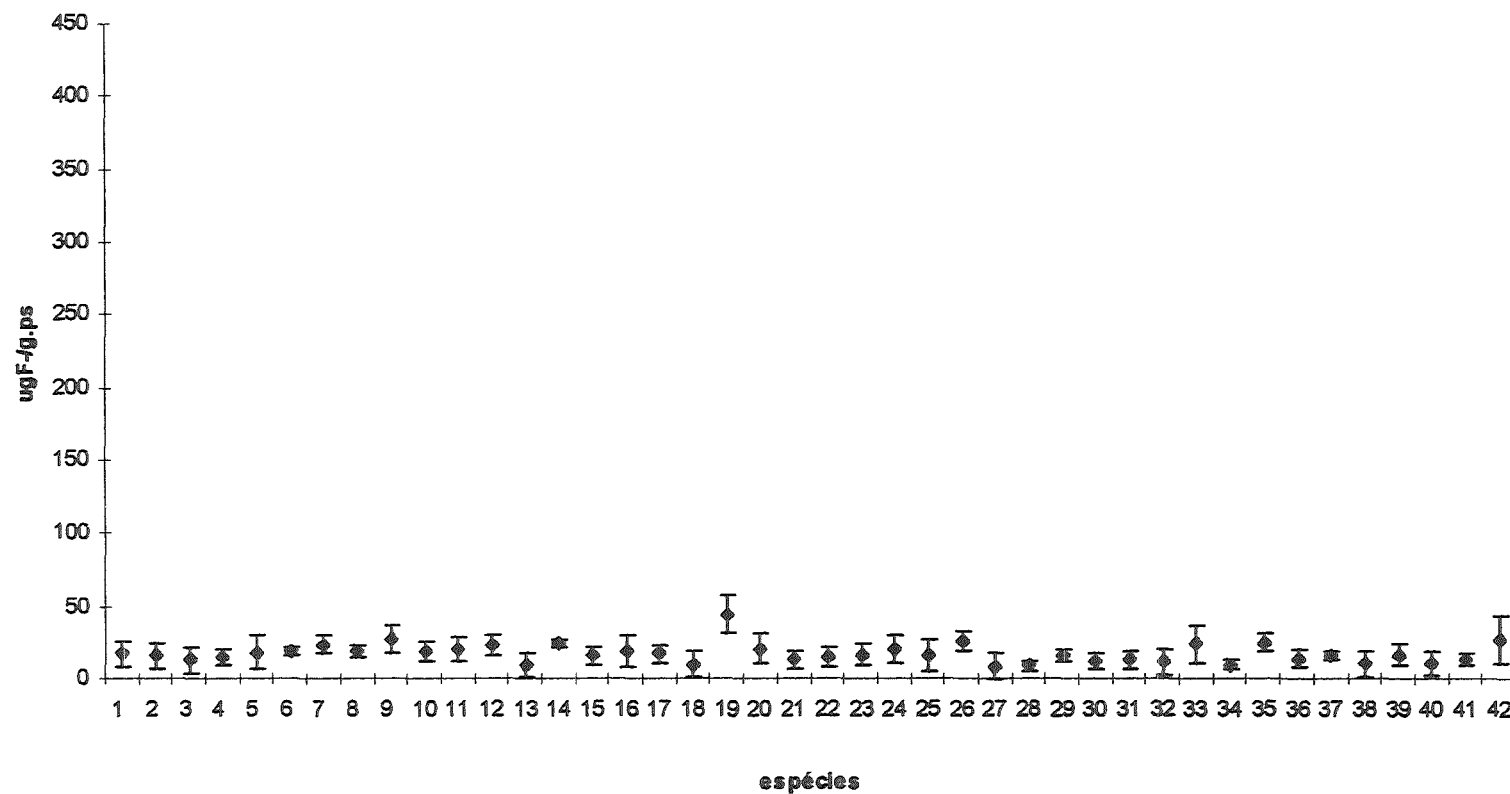


Figura 9 - Média das concentrações (inv e ver) e respectivos desvios padrões de fluoreto foliar em 42 espécies estudadas no Vale dos Pilões, Cubatão - SP

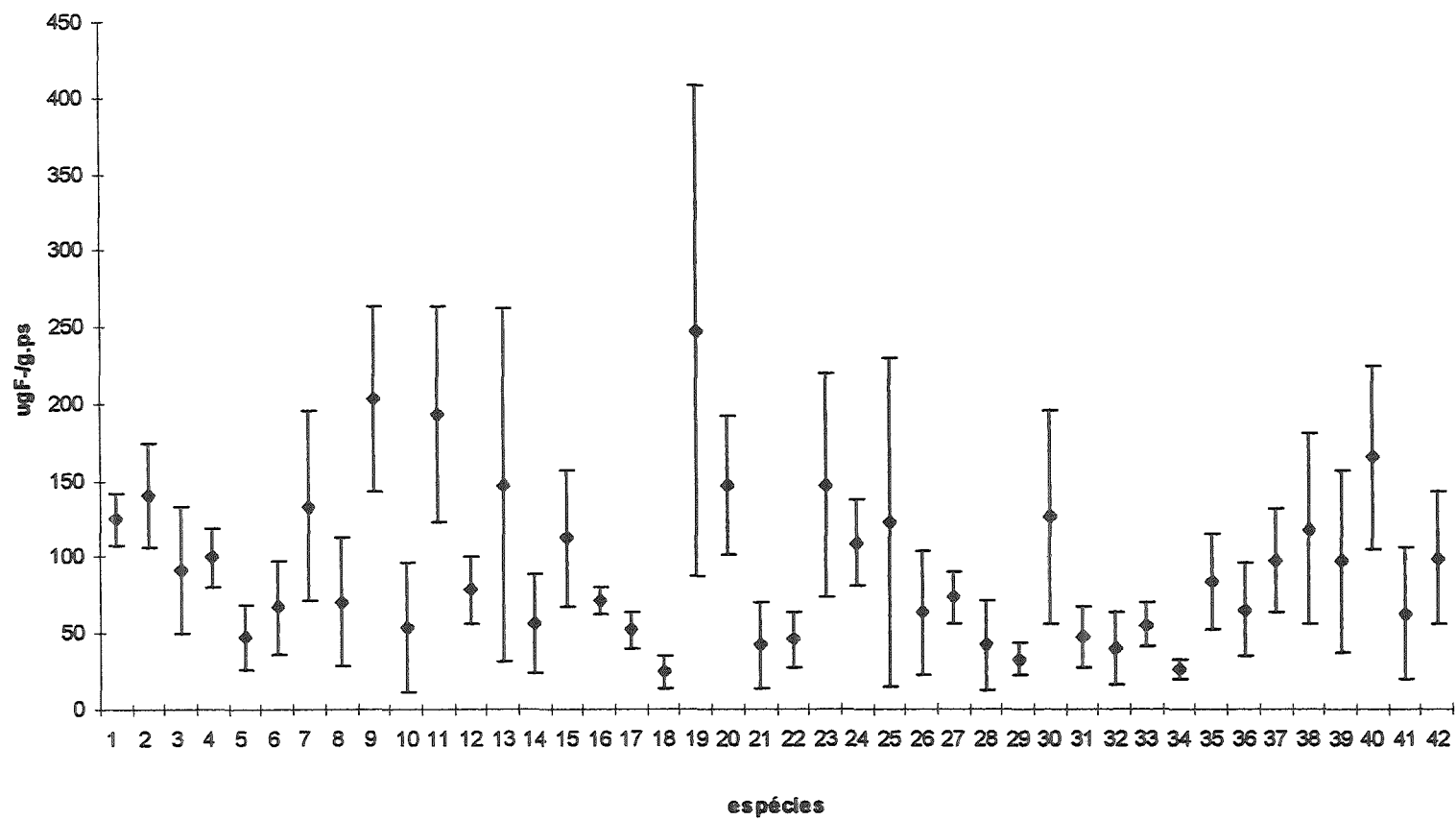


Figura 10 - Média das concentrações (inv e ver) e respectivos desvios padrões de fluoreto foliar em 42 espécies estudadas no Vale do Moji, Cubatão - SP

Tabela 6 - Resumo dos resultados da análise de variância (x - representa diferença significativa < 0,05)

Nº	ESPÉCIE	LOCAL	ÉPOCA
1	<i>Rollinia sericea</i>	x	x
2	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	x	x
3	<i>Malowetia arborea</i>	x	x
4	<i>Euterpe edulis</i>	x	
5	<i>Svagerus pseudococos</i>	x	x
6	<i>Eriotheca pentanhylla</i>	x	
7	<i>Cecronia glazouii</i>	x	x
8	<i>Cecronia nachystachya</i>	x	
9	<i>Hirtella hebeclada</i>	x	
10	<i>Sloanea monosperma</i>		x
11	<i>Hveronima alchorneoides</i>	x	
12	<i>Andira anthelmia</i>	x	x
13	<i>Lacistema rubescens</i>	x	x
14	<i>Aiouea trinervis</i>	x	x
15	<i>Ocotea acinhylla</i>	x	
16	<i>Leandra dasylricha</i>	x	
17	<i>Miconia chartacea</i>	x	
18	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	x	
19	<i>Tibouchina pulchra</i>	x	
20	<i>Guarea Macronhylla</i>	x	
21	<i>Zieia cauliflora</i>	x	x
22	<i>Eugenia c. f. leitonii</i>	x	
23	<i>Mollinedia schottiana</i>	x	x
24	<i>Brosimum glazouii</i>	x	
25	<i>Ficus enormis</i>	x	x
26	<i>Rapanea umbellata</i>		x
27	<i>Guapira opposita</i>	x	
28	<i>Faramea tetragona</i>	x	
29	<i>Faramea stipulacea</i>	x	x
30	<i>Psychotria mapoureooides</i>	x	x
31	<i>Psychotria aff. Longines</i>	x	x
32	<i>Posoqueria latifolia</i>	x	x
33	<i>Rudgea coriacea</i>	x	x
34	<i>Coussarea nodosa</i>	x	
35	<i>Metrodorea nigra</i>	x	x
36	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	x	
37	<i>Cunania oblongifolia</i>	x	
38	<i>Cunania vernalis</i>	x	x
39	<i>Matayba inelandifolia</i>	x	
40	<i>Eclimusa ramiflora</i>	x	
41	<i>Pouteria psamonophila</i>	x	x
42	<i>Amphyrhox longifolia</i>	x	

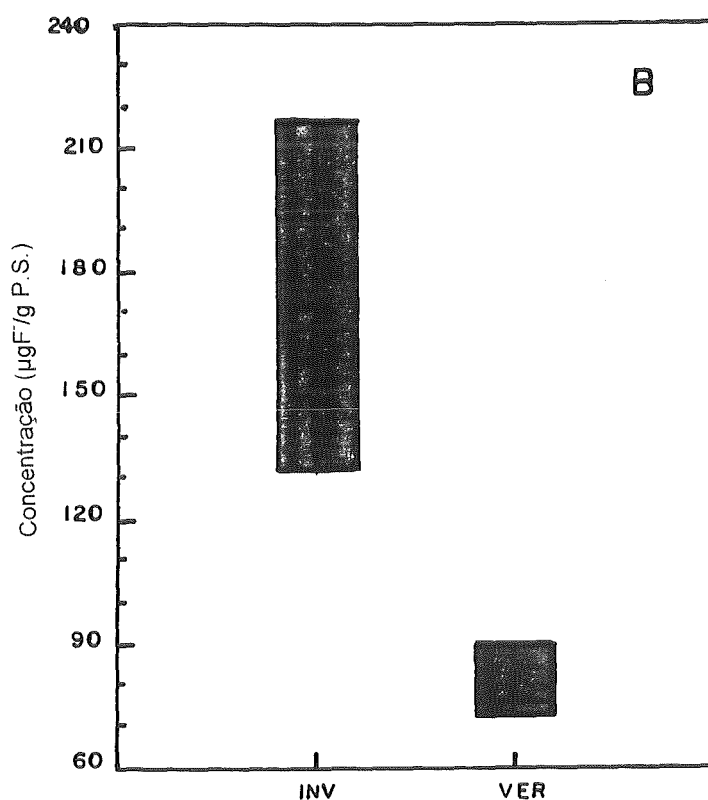
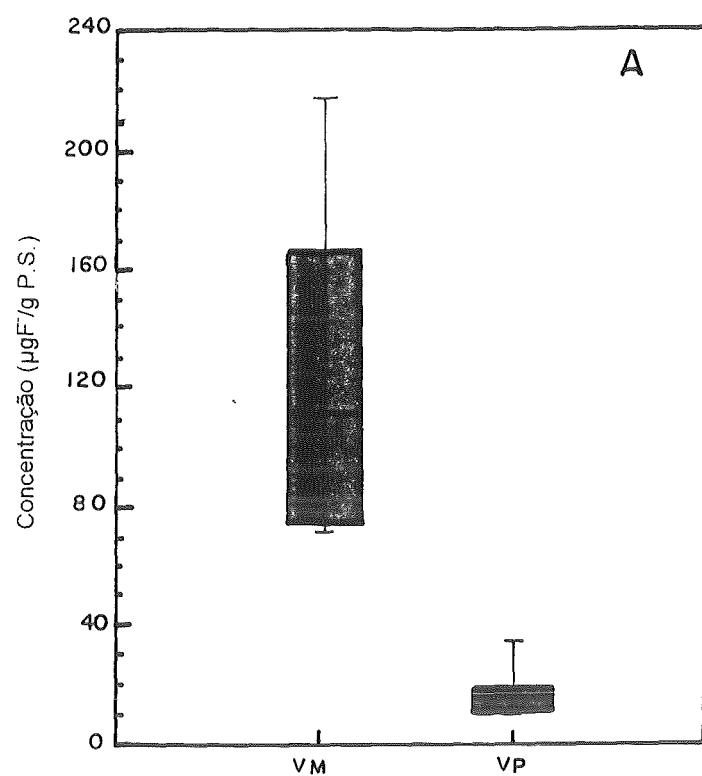


Figura 11 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Rollinia sericea* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

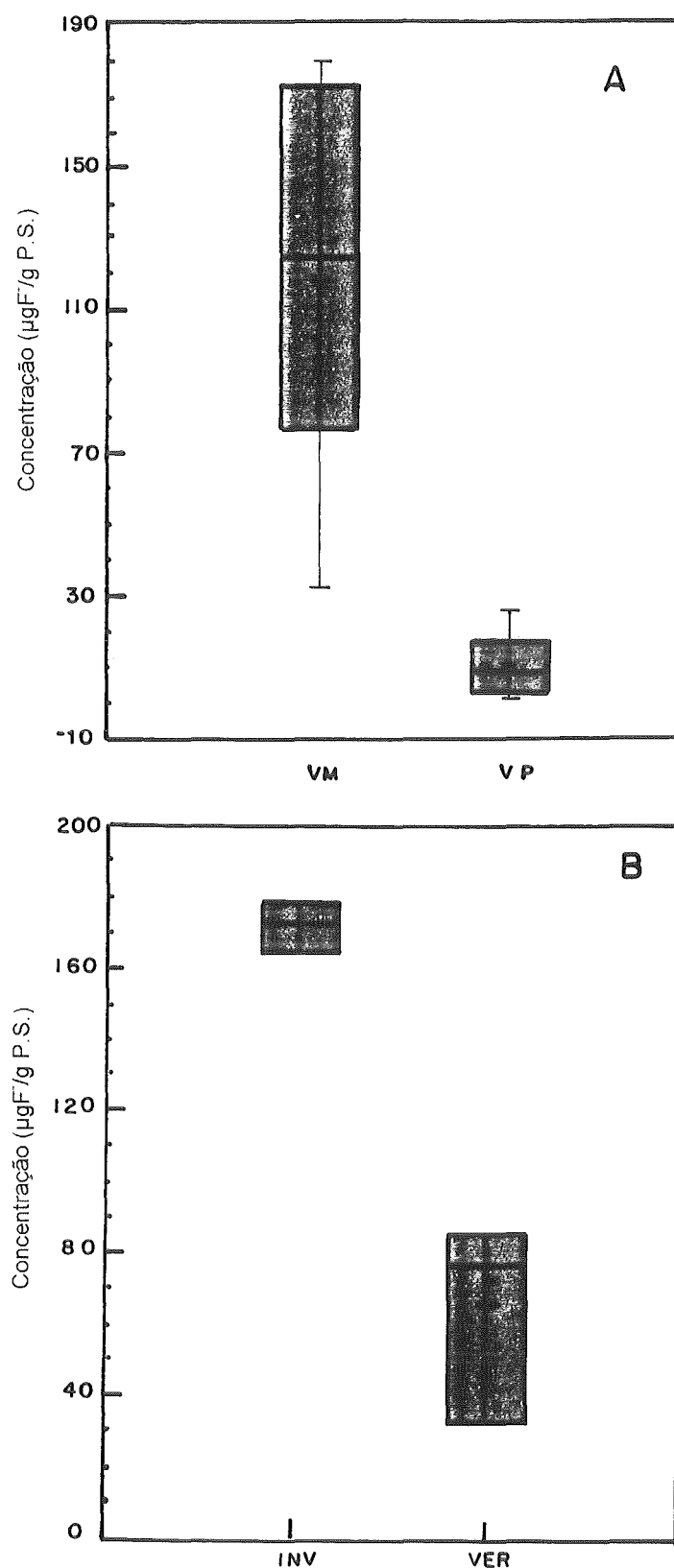


Figura 12 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Cupania vernalis* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

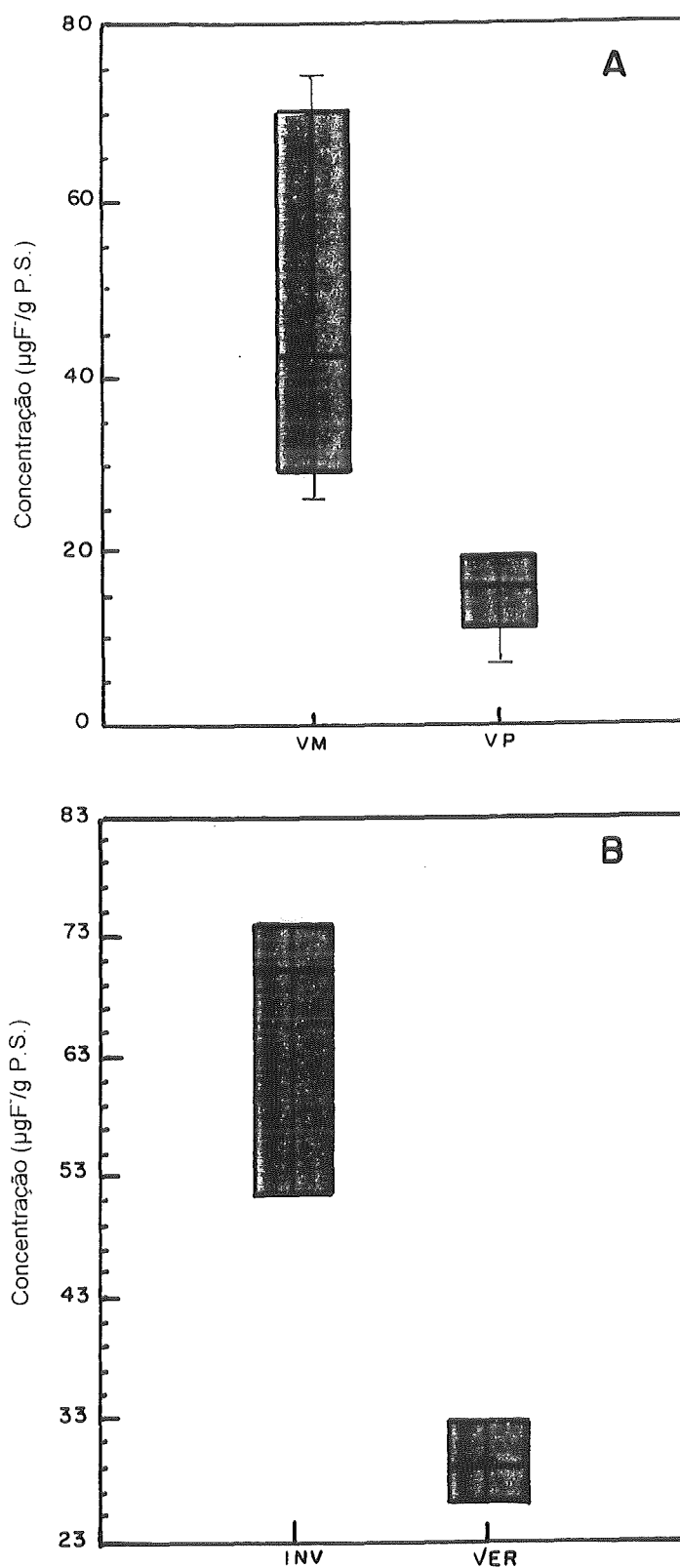


Figura 13 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Syagrus pseudococos* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

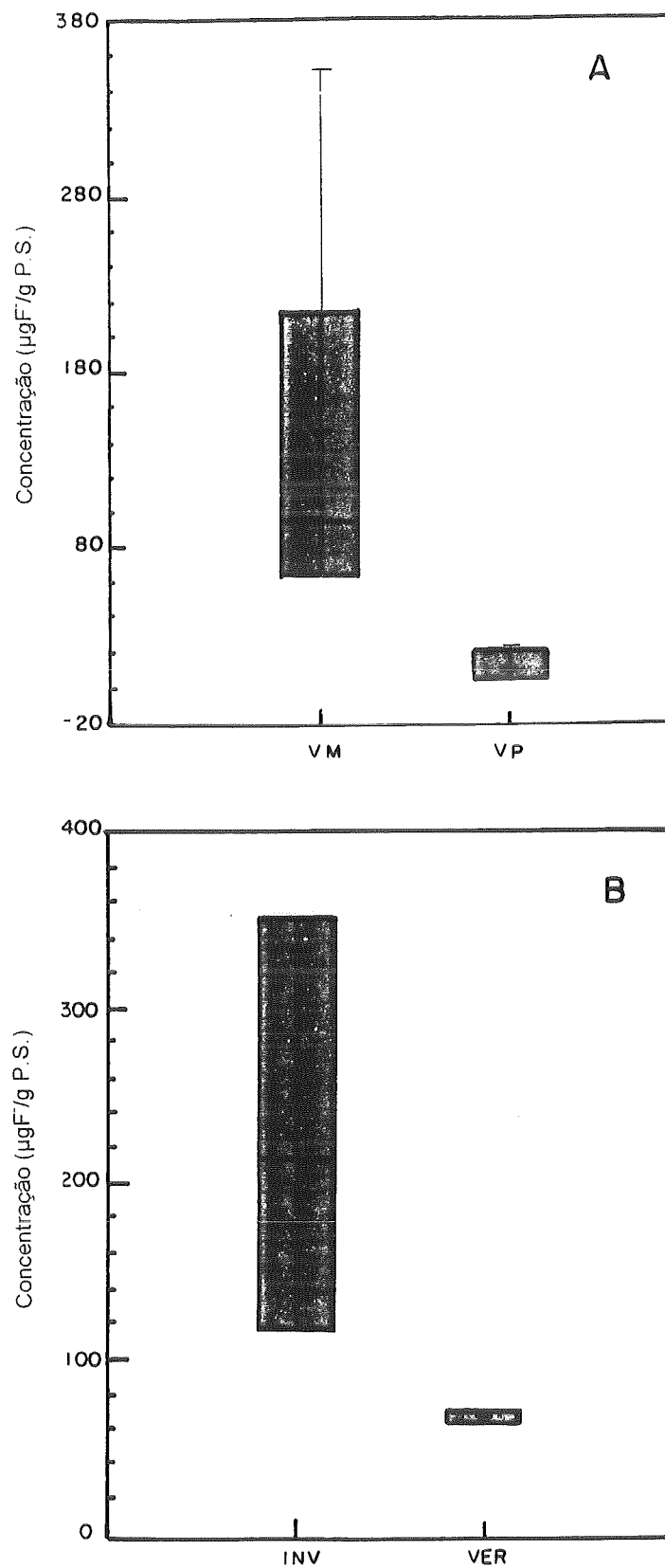


Figura 14 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Lacistema pubescens* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

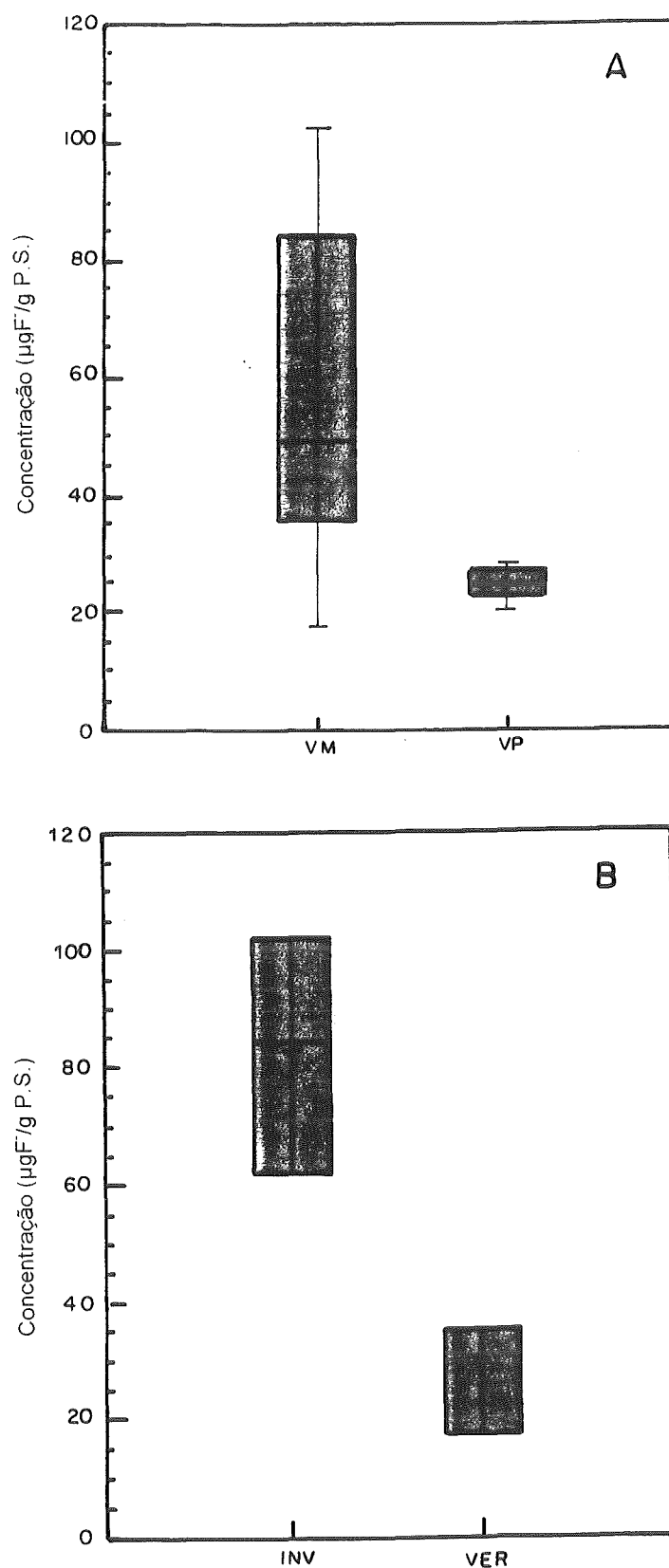


Figura 15 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Aiouea trinervis* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

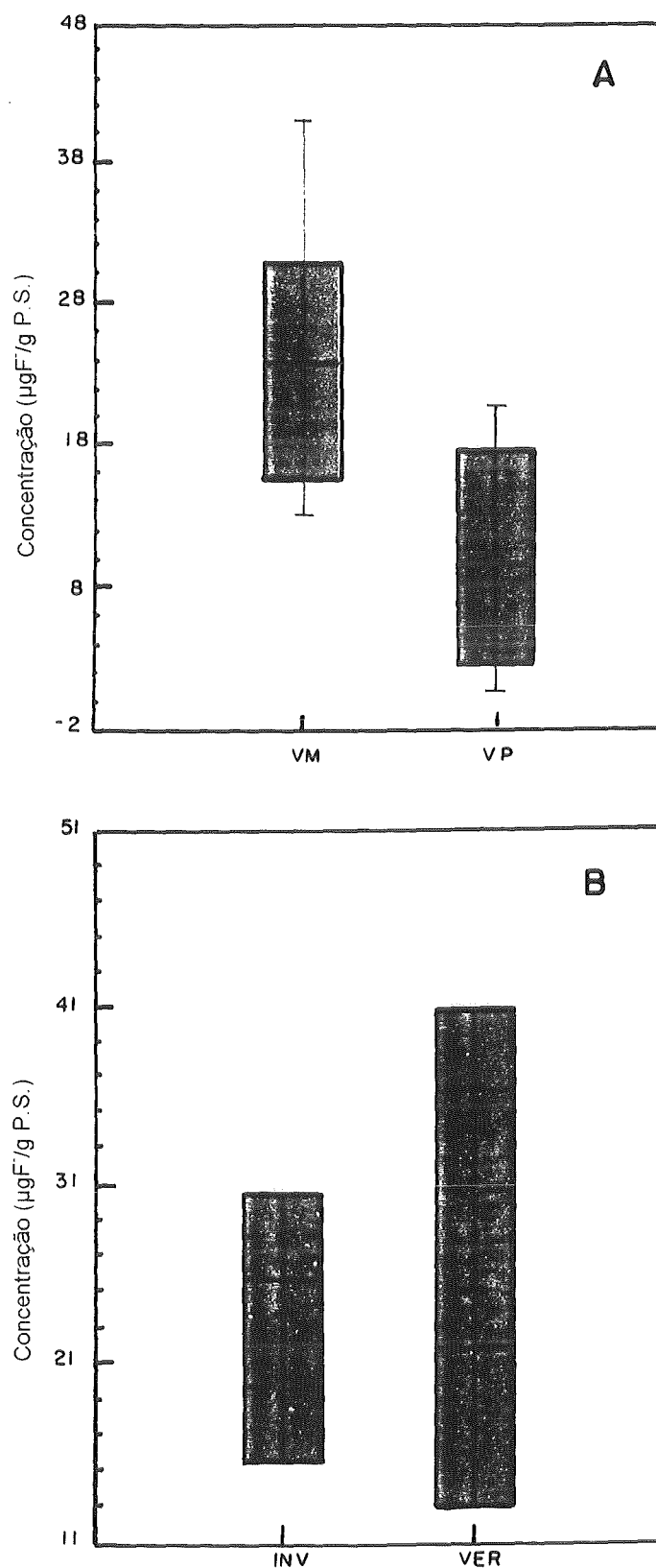


Figura 16 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Miconia cinnamomifolia* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

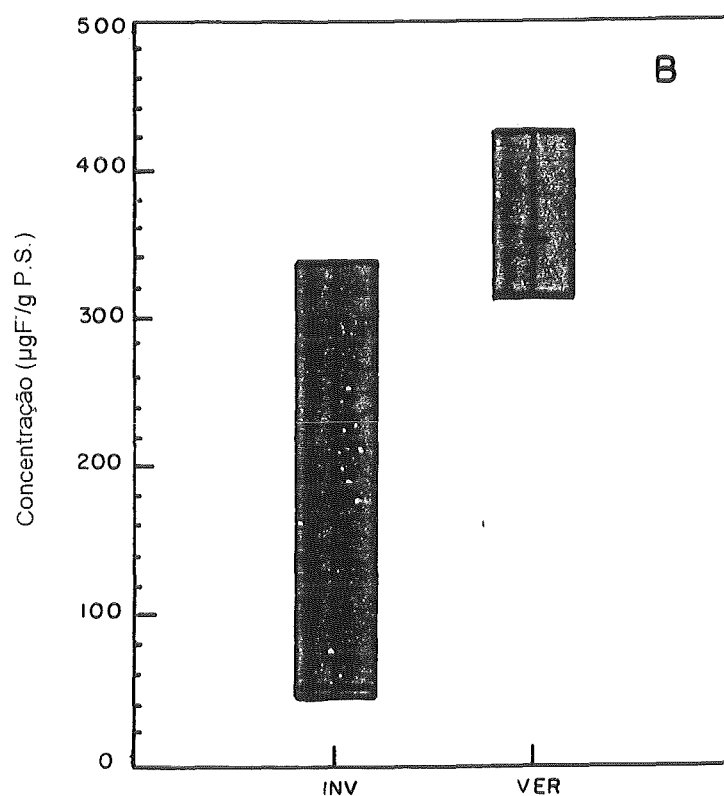
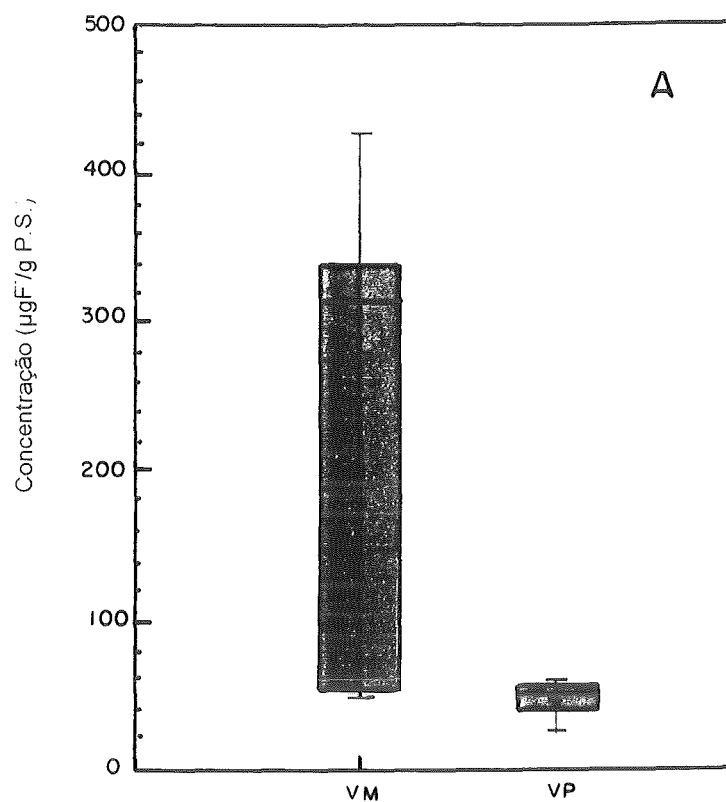


Figura 17 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Tibouchina pulchra* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

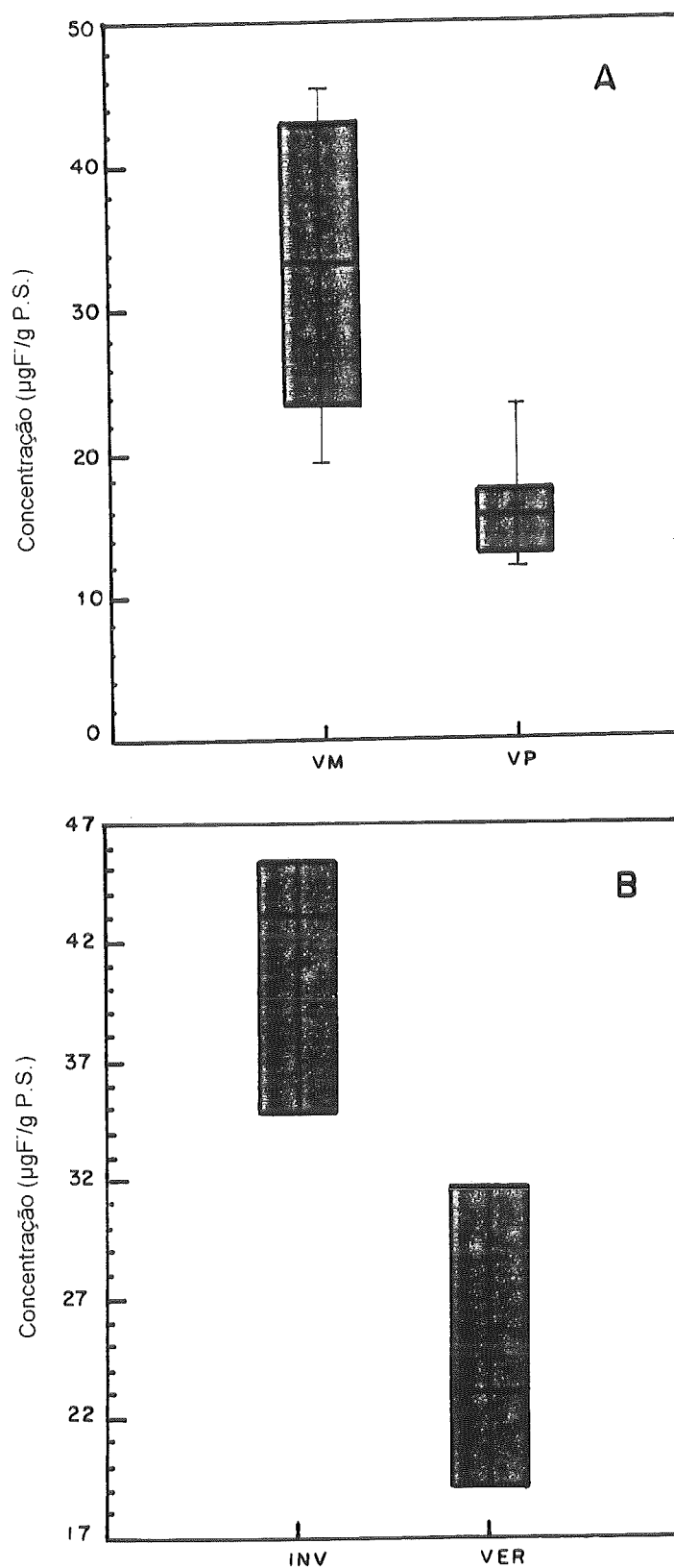


Figura 18 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Faramia stipulacea* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

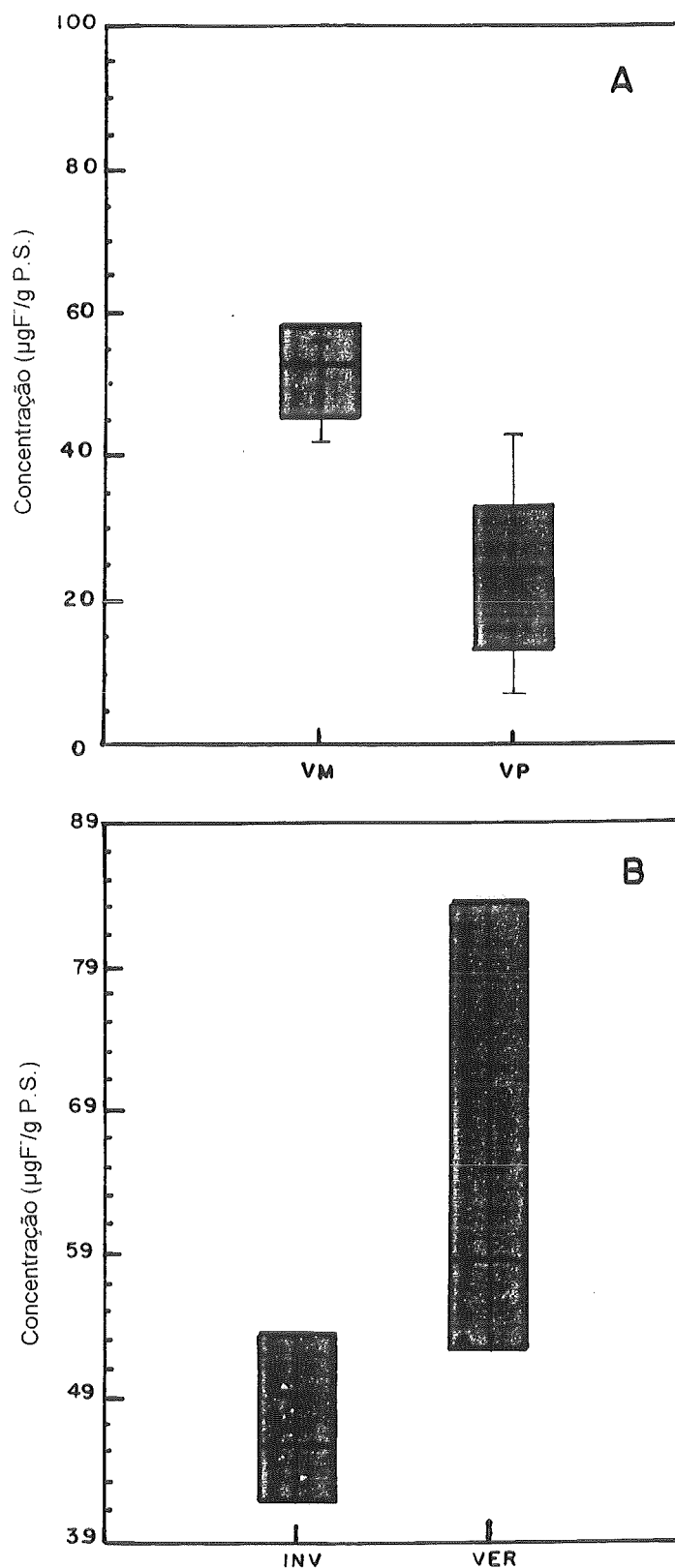


Figura 19 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Rudgea coriacea* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

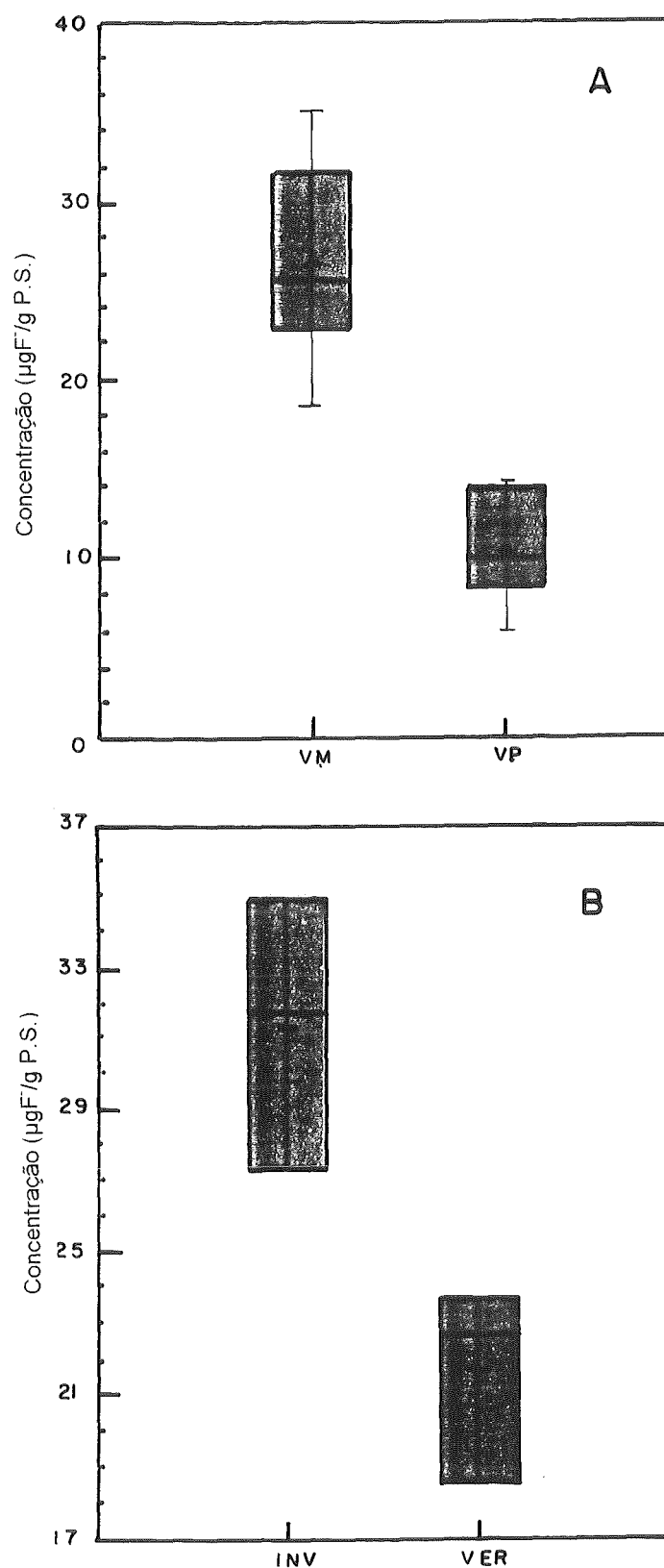


Figura 20 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Coussarea nodosa* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

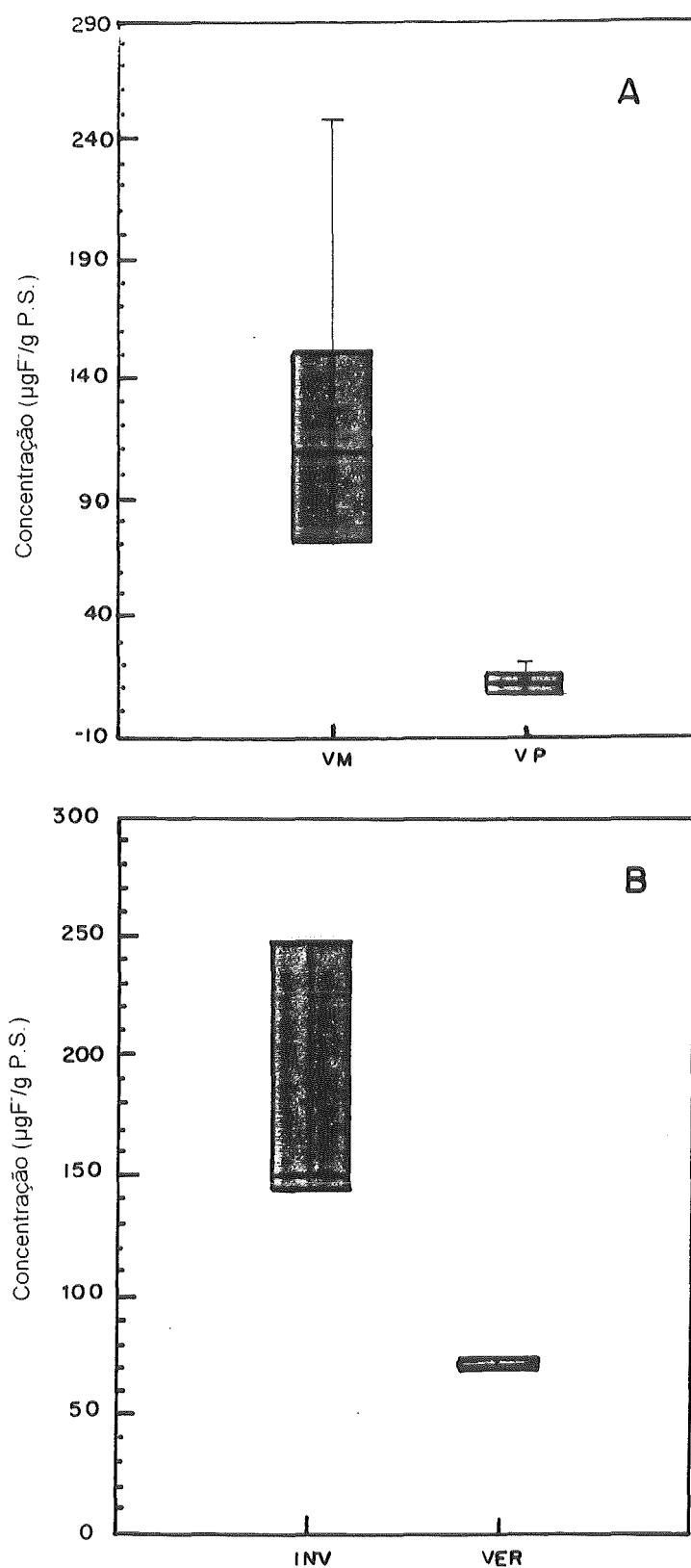


Figura 21 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Psychotria mapoureioides* em Cubatão - SP. (A) Entre as duas áreas estudadas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) e (B) Entre as duas épocas do ano (verão e inverno) no Vale do Moji

Observa-se também que apenas duas das espécies estudadas e presentes no Vale do Moji (*Sloanea monosperma* e *Rapanea umbellata*) não evidenciaram diferenças significativas entre as duas áreas (Figura 22).

No que concerne às diferenças entre as duas épocas do ano (inverno e verão), 20 das 42 espécies estudadas apresentaram diferenças significativas, inclusive as duas espécies que não apresentaram diferenças significativas entre as duas áreas de estudo.

O fato de 22 espécies não terem apresentado concentrações significativamente mais altas no inverno, pode ser devido a existência de uma grande diversidade de estratégias de vida, bem como diferentes características fisiológicas e morfológicas que permitem, a algumas espécies, evitar um acúmulo maior durante as épocas de maiores concentrações atmosféricas de fluoretos gasosos, conforme pode ser exemplificado na figura 23 e mais claramente evidenciado na figura 24.

5.2. ÍNDICES DE ACUMULAÇÃO FOLIAR

A Tabela 7 e a Figura 25 apresentam os índices de acumulação de cada espécie, entre as duas áreas estudadas.

Observa-se que esta acumulação variou consideravelmente de espécie para espécie, uma vez que algumas delas apresentaram índices em torno de 2 (*Faramea stipulacea*, *Coussarea nodosa*, *Aiouea trinervis* e *Rudgea coriacea*), enquanto que *Lacistema pubescens* e *Eclinusa ramiflora* apresentaram índices em torno de 15, ou seja, concentração média no Vale do Moji cerca de 15 vezes maior do que no Vale dos Pilões.

Os resultados indicam, portanto, que todas as espécies são acumuladoras, não existindo nenhum mecanismo de evitação suficientemente eficiente, capaz de evitar totalmente a entrada do fluoreto nas folhas. Existe, no entretanto, uma diferença no grau de absorção e/ou acumulação, indicando diferentes níveis de eficiência deste mecanismo.

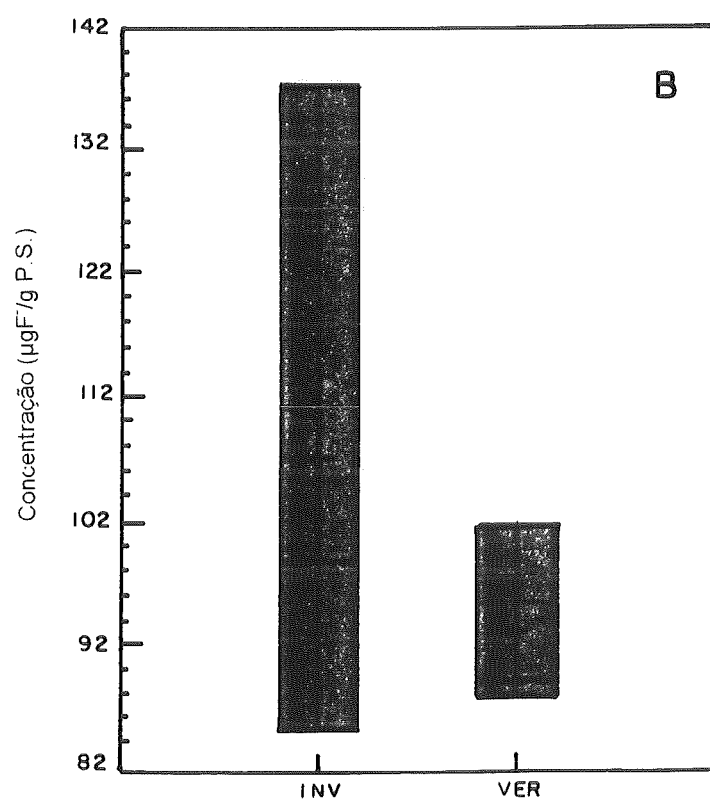
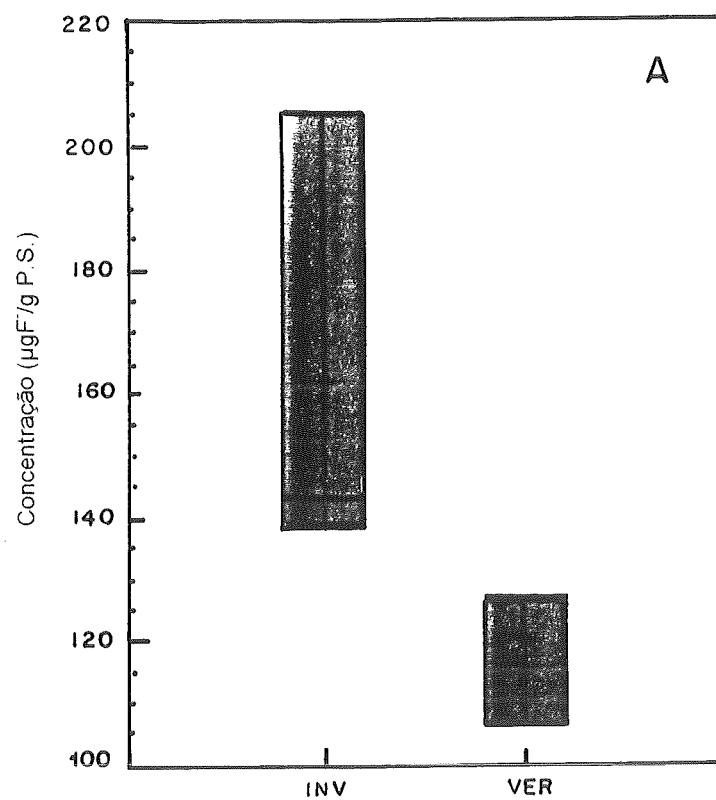


Figura 22 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Sloanea monosperma* (A) e *Rapanea umbellata* (B) entre as duas áreas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) em Cubatão - SP

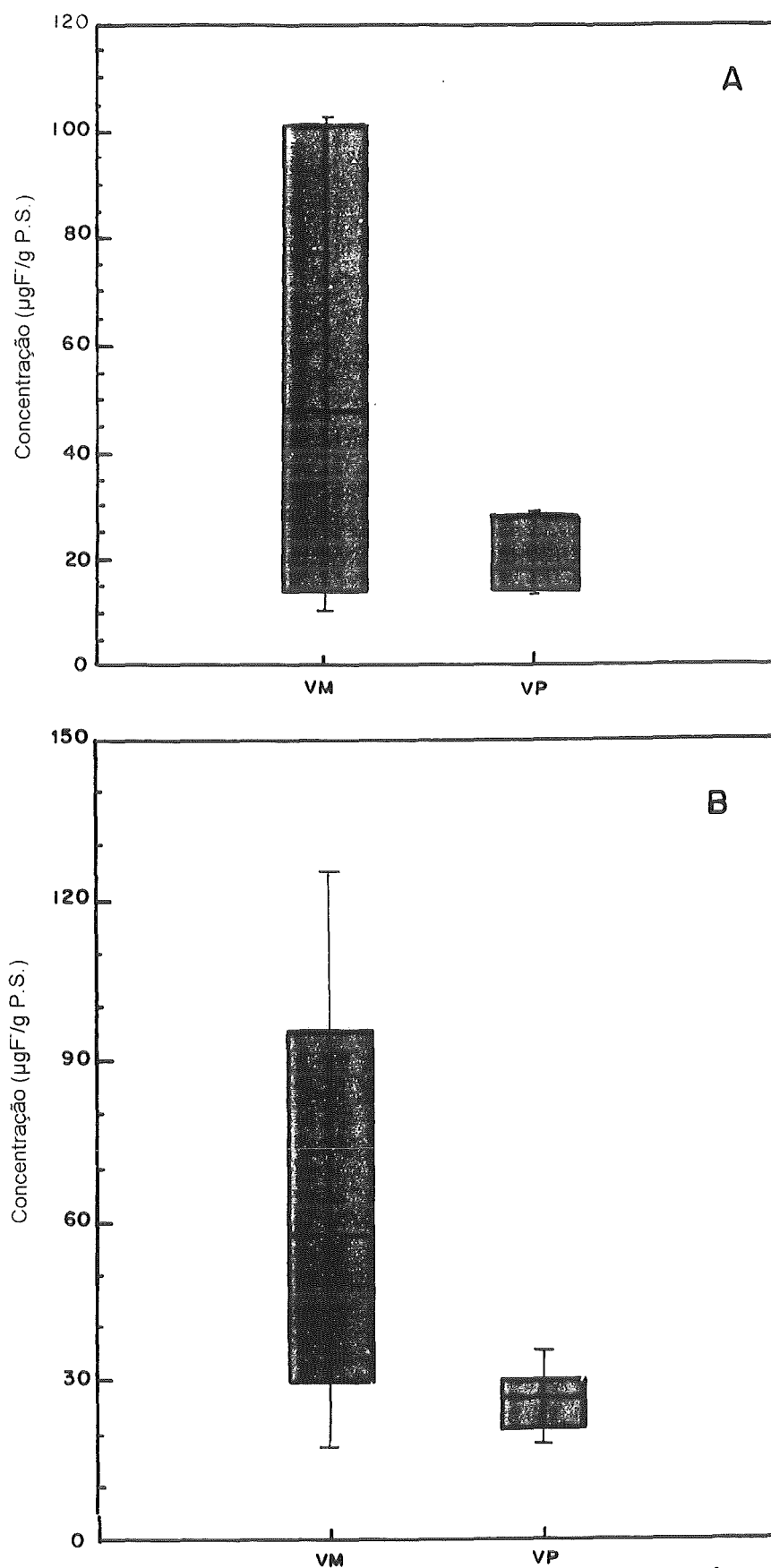


Figura 23 - Diagrama ilustrativo da distribuição das concentrações de fluoreto nas folhas de *Aspidosperma parvifolium* (A) e *Euterpe edulis* (B) entre as duas áreas (Vale do Moji e Vale dos Pilões) em Cubatão - SP

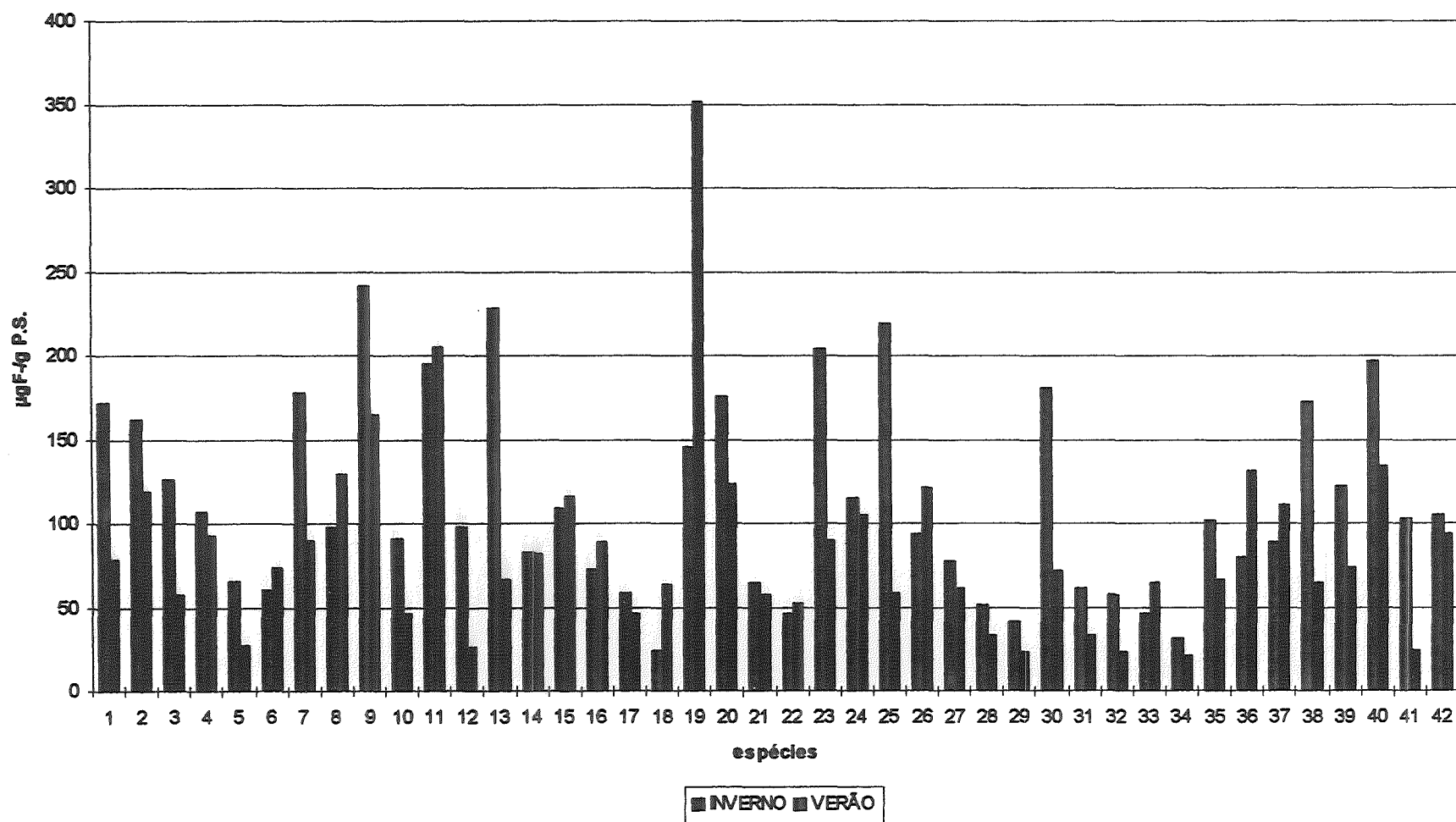


Figura 24 - Médiadas das concentrações de fluoreto foliar no inverno e no verão das espécies estudadas no Vale do Moji, Cubatão - SP

Tabela 7 - Índice de acumulação de fluoreto nas folhas das espécies estudadas (razão entre VM/VP) - Cubatão - SP

N	ESPECIE	Índice de Acumulação
1	<i>Rollinia sericea</i>	7,22
2	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	8,56
3	<i>Malowetia arborea</i>	6,83
4	<i>Euterpe edulis</i>	6,66
5	<i>Syagrus pseudococos</i>	2,59
6	<i>Eriotheca pentaphylla</i>	3,44
7	<i>Cecropia glazoui</i>	5,63
8	<i>Cecropia pachystachya</i>	3,71
9	<i>Hirtella hebeclada</i>	7,45
10	<i>Sloanea monosperma</i>	2,73
11	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	9,54
12	<i>Andira anthelmia</i>	3,44
13	<i>Lacistema pubescens</i>	15,15
14	<i>Aiouea trinervis</i>	2,30
15	<i>Ocotea aciphylla</i>	7,09
16	<i>Leandra dasytricha</i>	3,74
17	<i>Miconia chartacea</i>	3,02
18	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	2,41
19	<i>Tibouchina pulchra</i>	5,56
20	<i>Guarea macrophylla</i>	6,90
21	<i>Zigia cauliflora</i>	3,22
22	<i>Eugenia cf. leitonii</i>	3,02
23	<i>Mollinedia schottiana</i>	8,60
24	<i>Brosimum glazoui</i>	5,41
25	<i>Ficus enormis</i>	7,20
26	<i>Rapanea umbellata</i>	2,43
27	<i>Guapira opposita</i>	8,63
28	<i>Faramea tetragona</i>	4,71
29	<i>Faramea stipulacea</i>	2,06
30	<i>Psychotria mapoureooides</i>	10,56
31	<i>Psychotria aff. longipes</i>	3,62
32	<i>Posoqueria latifolia</i>	3,46
33	<i>Rudgea coriacea</i>	2,30
34	<i>Coussarea nodosa</i>	2,58
35	<i>Metrodorea nigra</i>	3,33
36	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	4,67
37	<i>Cupania oblongifolia</i>	5,78
38	<i>Cupania vernalis</i>	11,42
39	<i>Matayba juglandifolia</i>	5,76
40	<i>Eclinusa ramiflora</i>	14,32
41	<i>Pouteria psamonophila</i>	4,49
42	<i>Amphyrhox longifolia</i>	3,58

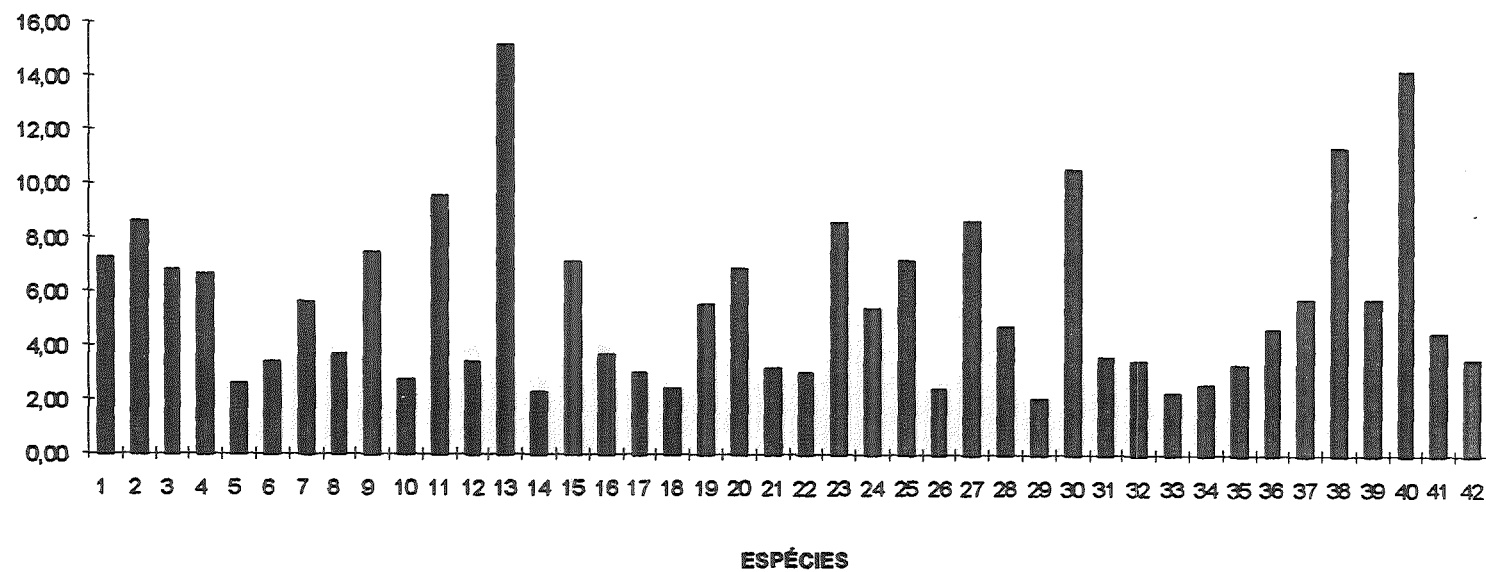


Figura 25 - Índice de acumulação de fluoretos foliar (VM/VP) em 42 espécies - Cubatão - SP

5.3 ACUMULAÇÃO FOLIAR DE FLUORETOS E MECANISMOS DE EVITAÇÃO

Azevedo *et al.* (1995) indicaram a existência de uma tendência de correlação entre a acumulação de fluoreto em folhas de algumas espécies da Floresta Atlântica com determinadas características anatômicas e fisiológicas, tais como densidade dos estômatos e a condutância estomática máxima.

O tamanho dos estômatos, ao contrário do esperado, foi inversamente proporcional à acumulação de poluentes nas folhas das espécies estudadas, ou seja, as espécies que apresentaram estômatos com tamanhos maiores foram aquelas que apresentaram as menores concentrações de elementos químicos analisados.

É possível afirmar que a existência de uma ampla variedade de mecanismos de resistência entre as espécies leva a diferentes níveis de suscetibilidade aos estresses ambientais, dentre eles a poluição atmosférica.

Assim sendo, existem plantas menos ou mais tolerantes, podendo ser este um fator de seleção, levando desta forma, as mais tolerantes a sobreviver em ambientes bastante impactados.

Weinstein (1987) discutiu a existência de sinergismo do dióxido enxofre com o fluoreto, tendo sido comprovado que o dióxido de enxofre interfere no comportamento das células guarda dos estômatos, danificando-as e permitindo que o fluoreto entre na cavidade sub-estomática e seja absorvido.

Assim, é possível pressupor a possibilidade de que o mecanismo de evitação ao fluoreto não se mostre eficiente devido ao fato de ocorrer em conjunto com o dióxido de enxofre, em quantidades expressivas no Vale do Moji, apesar de existirem em concentrações bem inferiores a outras regiões próximas e que apresentam um estado de degradação bem menos avançado, conforme discutido no capítulo 2.

Existe também a possibilidade deste mecanismo ser mais eficiente em ambientes com ocorrência de altas concentrações atmosféricas de fluoretos, sem, no entanto, a presença significativa de dióxido de enxofre.

Os resultados referentes às épocas do ano podem ser considerados como mais um indício de que o mecanismo de evitação funciona somente sob certas condições ambientais, pois é esperado que todas as espécies apresentem diferenças significativas entre as duas estações, tendo em vista o aumento

considerável das concentrações atmosféricas de fluoretos no inverno. No entanto, como já mencionado, quase 50% não mostraram diferenças estatisticamente significativas, o que leva a crer que neste caso, a evitação se manifestou de forma preponderante para algumas espécies, enquanto que para outras, não se mostrou eficiente.

O comportamento esperado, conforme verificaram Percy e Calkin (1983) em espécies de florestas tropicais, é que em condições atmosféricas normais, os estômatos aumentam sua condutância até próximo ao máximo nas primeiras horas da manhã, permanecendo mais ou menos constantes, durante todo o dia, mesmo quando os níveis de luminosidade mudam drasticamente.

Este não foi o comportamento encontrado para *Cecropia glazouii*, *Tibouchina pulchra* e *Ficus enormis* no trabalho realizado por Azevedo *et al.* (1995) no Vale do Moji, onde se verificaram mudanças abruptas da condutância estomática em função da variação da radiação solar, comprovando assim a grande variação do comportamento estomático em certas espécies.

No caso destas três espécies, todas apresentaram diferenças significativas de concentração foliar de fluoretos entre as duas áreas e apenas a *Tibouchina pulchra* não apresentou diferença significativas quanto às épocas do ano.

Outras características morfológicas que podem também apresentar relação com a absorção de gases atmosféricos são o tamanho da folha e o índice de esclerofilia das folhas (relação entre o peso seco da folha e área foliar).

Dentro deste contexto é possível esperar que quanto maior a superfície foliar, maior a possibilidade de contato com o ar atmosférico e por conseguinte maior a absorção dos poluentes.

Quanto a esclerofilia, esta pode refletir indiretamente o estágio sucessional a que a espécie pertence, pois a tendência em plantas de estágios sucessionais iniciais é de investirem mais energia no crescimento e assim apresentar um índice de esclerofilia menor que as plantas de estágios sucessionais mais avançados, as quais tendem a investir, proporcionalmente, mais em estrutura.

Assim, pode-se pressupor que as espécies com índices de esclerofilia menor possuam um metabolismo mais ativo e, por isso, absorvam e acumulem mais fluoretos que as espécies com índices de esclerofilia maiores.

A Tabela 8 apresenta os dados de área foliar, peso da folha e índice de esclerofilia das espécies estudadas no Vale do Moji, realizado por Pompéia

(não publicado), ressaltando-se que *Euterpe edulis*, *Syagrus pseudococus* e *Miconia chartacea* não foram incluídas no trabalho.

Da correlação entre a média da acumulação e os parâmetros acima mencionados, bem como do índice de acumulação e o índice de esclerofilia pode-se observar que, de modo geral, a esclerofilia mostrou uma correlação inversa à acumulação foliar de fluoretos e ao índice de acumulação, ou seja, quanto maior a acumulação ou o índice de acumulação, menor a esclerofilia. A figura 26 ilustra bem esta tendência.

No entanto, esta correlação não se apresentou significativa, pois ocorreram algumas espécies que apresentaram uma tendência oposta à maioria, reduzindo o nível de significância.

Com relação a área foliar, também não foi detectada uma correlação estatisticamente significativa entre a acumulação foliar de fluoretos. Contudo, a tendência, apesar de discreta, foi oposta à encontrada no índice de esclerofilia, ou seja, no geral, quanto maior a área foliar maior a acumulação.

O comportamento das espécies frente à condições ambientais, sejam fatores climáticos, edáficos ou mesmo poluentes atmosféricos, reflete-se na composição florística e na estrutura florestal.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Tabela 8 - Dados de área foliar (mm²), peso seco da folha e índice de esclerofilia das espécies estudadas no Vale do Moji - Cubatão - SP

número	espécie	área foliar	peso seco da folha	índice de esclerofilia
1	<i>Rollinia sericea</i>	21,10	103,70	4,91
2	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	11,50	78,10	6,79
3	<i>Malowetia arborea</i>	17,00	157,80	9,28
4	<i>Euterpe edulis</i>	--	--	--
5	<i>Syagrus pseudococos</i>	--	--	--
6	<i>Eriotheca pentaphylla</i>	69,70	683,60	9,81
7	<i>Cecropia glaziovii</i>	701,20	4096,50	5,84
8	<i>Cecropia pachystachya</i>	574,40	2803,00	4,88
9	<i>Hirtella hebeclada</i>	62,70	600,00	9,57
10	<i>Sloanea monosperma</i>	35,40	216,00	6,10
11	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	229,40	877,80	3,83
12	<i>Andira anthelmia</i>	28,00	227,30	8,12
13	<i>Lacistema pubescens</i>	24,50	142,60	5,82
14	<i>Aiouea trinervis</i>	32,70	407,70	12,47
15	<i>Ocotea aciphylla</i>	14,00	168,50	12,04
16	<i>Leandra dasytricha</i>	55,70	254,40	4,57
17	<i>Miconia chartacea</i>	--	--	--
18	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	26,90	291,60	10,84
19	<i>Tibouchina pulchra</i>	23,00	122,30	5,32
20	<i>Guarea Macrophylla</i>	30,70	170,70	5,56
21	<i>Zigia cauliflora</i>	18,50	120,70	6,52
22	<i>Eugenia c. f. leitonii</i>	29,90	324,50	10,85
23	<i>Mollinedia schottiana</i>	40,30	168,40	4,18
24	<i>Brosimum glaziovii</i>	7,90	55,60	7,04
25	<i>Ficus enormis</i>	26,90	303,10	11,27
26	<i>Rapanea umbellata</i>	97,00	1387,20	14,30
27	<i>Guapira opposita</i>	34,70	189,70	5,47
28	<i>Faramea tetragona</i>	40,00	338,00	8,45
29	<i>Faramea stipulacea</i>	48,60	610,70	12,57
30	<i>Psychotria mapouroides</i>	81,10	372,00	4,59
31	<i>Psychotria aff. longipes</i>	23,50	98,80	4,20
32	<i>Posoqueria latifolia</i>	47,50	409,20	8,61
33	<i>Rudgea coriacea</i>	82,20	628,50	7,65
34	<i>Coussarea nodosa</i>	12,90	92,40	7,16
35	<i>Metrodorea nigra</i>	63,50	379,20	5,97
36	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	4,00	37,80	9,45
37	<i>Cupania oblongifolia</i>	66,00	514,00	7,79
38	<i>Cupania vernalis</i>	12,50	148,40	11,87
39	<i>Matayba juglandifolia</i>	106,00	984,40	9,29
40	<i>Eclinusa ramiflora</i>	129,20	1425,10	11,03
41	<i>Pouteria psamonophila</i>	64,90	512,50	7,90
42	<i>Amphyrhox longifolia</i>	13,00	75,40	5,80

Fonte: POMPEIA (não publicado)

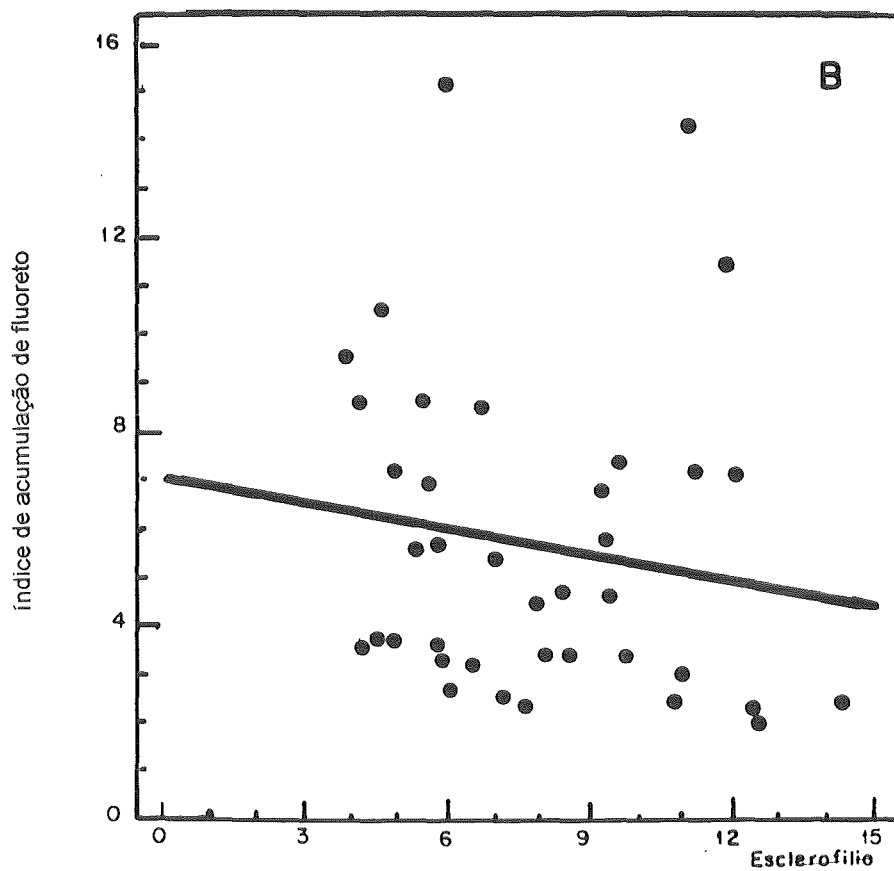
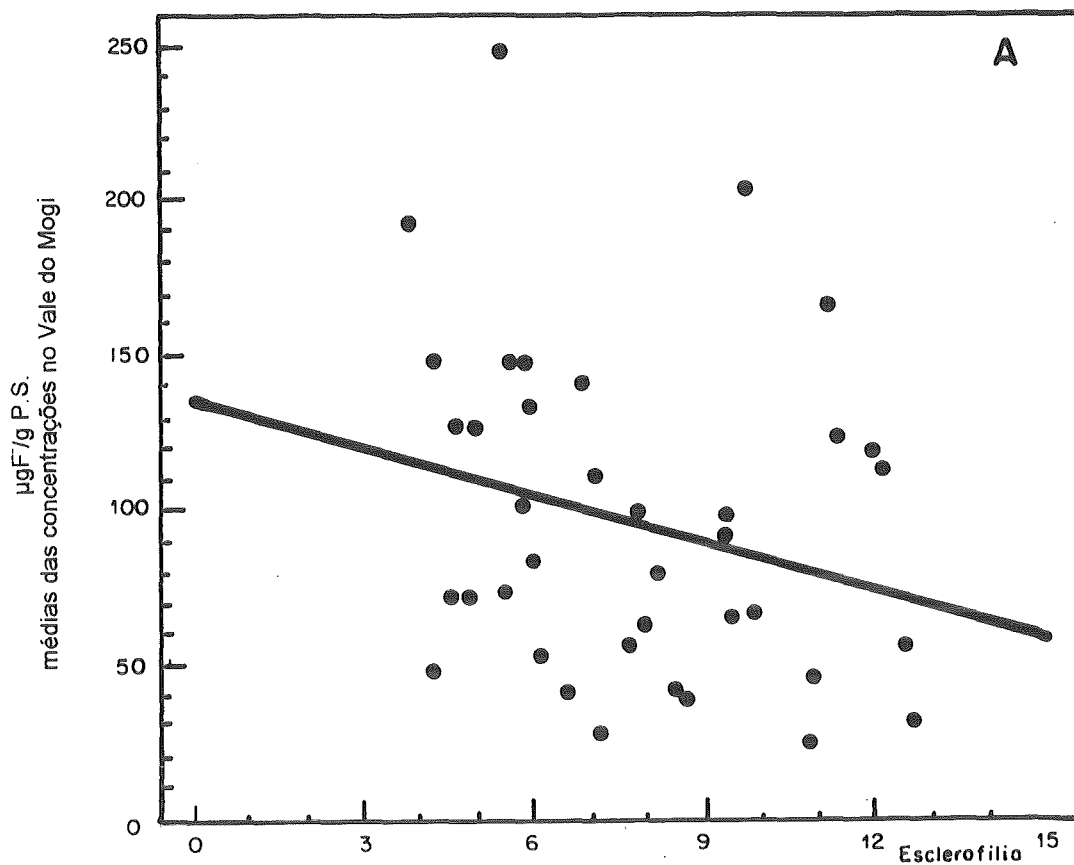


Figura 26 - Correlação entre a esclerofilia e a média das concentrações de fluoreto (A) e a correlação entre a esclerofilia e o índice de acumulação de fluoreto (B) nas folhas das espécies estudadas no Vale do Moji em Cubatão - SP.

5.4. ACUMULAÇÃO FOLIAR DE FLUORETOS E GRUPOS ECOLÓGICOS

Aidar *et al.* (1988 e 1989) fizeram um levantamento das espécies mortas, devido á poluição de Cubatão, incluindo o vale do Moji entre as áreas de estudo. Utilizando-se de cortes anatômicos dos lenhos de espécies mortas, concluiu que muitas delas apresentaram índices de mortalidade acima do normal, atribuindo isto aos efeitos da poluição, destacando ainda o fluoreto como principal agente no Vale do Moji.

Pompéia (1997) identificou 16 espécies desaparecidas no Vale do Moji em comparação com as espécies de ocorrência no Vale dos Pilões, principalmente as da família Lauraceae e Melastomataceae.

Tais estudos indicam a ocorrência de processos de seleção, onde as espécies mais sensíveis, sem mecanismos de resistência ou menos eficientes, teriam desaparecido do Vale do Moji, restando, portanto, somente espécies mais resistentes.

Para melhor compreender a dinâmica sucessional, especialmente nas florestas tropicais, diversos autores sugeriram o enquadramento das espécies arbóreas em grupos ecológicos, os quais apresentam padrões de comportamento similares durante o processo sucessional (Piñ-Rodrigues et al, 1990).

Dentre os diversos critérios utilizados para o enquadramento das espécies em grupos ecológicos, a resposta à intensidade luminosa é o primeiramente utilizado. No entanto, o sucesso das espécies pertencentes a cada grupo não depende exclusivamente da sua exigência à luz. As diferentes estratégias de estabelecimento das populações florestais também são determinantes na estruturação e por conseguinte também devem ser levados em conta para seu enquadramento em grupos ecológicos.

Considerando o acima exposto, optou-se por utilizar a divisão proposta por Pompéia (1997), uma vez nele foi considerado: a listagem das espécies encontradas no levantamento fitossociológico e suas respectivas sinônimas, uma revisão bibliográfica envolvendo levantamentos florísticos e fitossociológicos de outras áreas da Mata Atlântica e informações autoecológicas contidas em revisões e monografias publicadas; Desta forma, foi possível estabelecer critérios para agrupar espécies quanto as suas características ecológicas.

Pompéia (1997) partiu, a princípio, dos grupos propostos por Whitmore (1989), dividindo as espécies, segundo a exigência de luz, em heliófilas obrigatórias (pioneiras *latu sensu*) e umbrófilas. Entretanto, este ultimo grupo reúne um grande número de espécies de exigências ambientais e estratégias de regeneração diferenciadas. Desta forma, foram separadas as espécies heliófilas tolerantes à sombra das espécies umbrófilas, que ocupam o sub-bosque e o estrato intermediário.

Popma *et al.* (1988) agrupou as espécies arbóreas de Floresta Tropical Úmida de los Tuxtlas (Vera Cruz - México) em três grupos: espécies obrigatórias de clareira, espécies dependentes de clareira para o pleno desenvolvimento e espécies independentes de clareira. Pompéia (1997), também considerou este conceito em seu trabalho, com uma terminologia voltada à exigência das espécies quanto ao fator luz, como proposto por Whitmore (1989), ou seja: I-Heliófilas obrigatórias, II-Heliófilas tolerantes à sombra e III -umbrófilas.

É certo que dificilmente se escapa de um certo grau de simplificação ao se enquadrar espécies em grupos ecológicos de sucessão, uma vez que podem existir espécies que apresentem características intermediárias, dificultando seu enquadramento, como o próprio Pompéia destaca em seu trabalho.

No entanto, a dinâmica de ocupação dos espaços verticais e horizontais das florestas tropicais são resultantes de uma gama muito grande de estratégias de vida e de diversos mecanismos de adaptação. Portanto, a divisão das espécies em grupos ecológicos permite separar grandes grupos com características bastante distintas, principalmente quanto aos aspectos ecofisiológicos

As características e os critérios adotados são resumidos a seguir (Fonte: Pompéia, 1997) :

I - Heliófilas Obrigatórias

São espécies pioneiras ou iniciais da sucessão secundária que apresentam caráter heliófilo em todas as fases de desenvolvimento, não tolerando sombreamento. São, em geral, espécies agressivas, de rápido crescimento, com grande potencial de dispersão de sementes, sendo disseminadas por vento ou animais dispersores generalistas (aves e morcegos) ou, mais raramente por autocoria.

Porte: árvore de porte variável de acordo com a altura do dossel

Estrato Florestal: ocupam exclusivamente o dossel. Quando de porte inferior, encontra-se obrigatoriamente em clareiras ou em processo de degeneração por sombreamento.

Estrutura Populacional: nas florestas maduras ou em fase de formação, ocorrem apenas nas classes diamétricas superiores, com regeneração reduzida ou nenhuma, salvo em clareiras.

II - Heliófilas Tolerantes à Sombra

Este grupo reúne um grande número de espécies com características morfológicas e ecofisiológicas bastante diversificadas. Sua principal característica é a de sobreviver e crescer à sombra, entretanto atingem plenamente a fase reprodutiva quando chegam ou perpassam o dossel ou ainda quando são favorecidas pela formação de clareiras. São geralmente zoocóricas e dispersas por ampla gama de dispersores, desde generalistas até especialistas, podendo ocorrer espécies barocóricas ou, no caso de plantas emergentes, anemocóricas.

Porte: árvores de grande porte quando atingem seu pleno desenvolvimento

Estrato Florestal: ocupam preferencialmente o estrato superior e o emergente da floresta madura, podendo apresentar indivíduos juvenis distribuídos ao longo do perfil vertical. Nos estágios iniciais de sucessão competem com as espécies pioneiras pela ocupação do dossel.

Estrutura Populacional: nas florestas maduras ocorrem como indivíduos dominantes e apresentam uma distribuição por todas as classes diamétricas na forma de "J" invertido.

III - Umbrófilas

Grupo de espécies típicas do interior das matas, ocupando o sub-bosque onde germinam, crescem e se reproduzem. Apesar de, eventualmente, serem favorecidas por condições de maior luminosidade, não apresentam crescimento significativo em altura e não chegam a competir com plantas do dossel. São basicamente zoocóricas com diversos graus de especialização de dispersores.

Porte: árvores de pequeno a médio porte

Estrato Florestal: ocupam os estágios inferiores e médio da floresta madura, podendo em florestas secundárias em fase de formação, ou em florestas degradadas, compartilhar temporariamente o dossel com espécies de outros grupos.

Estrutura populacional: nas florestas maduras ocorrem como indivíduos abundantes nas classes diamétricas inferiores.

A seguir, é apresentada a listagem das espécies estudadas, com base nos grupos ecológicos acima apresentados:

I - Heliófilas obrigatórias:

Aspidosperma parvifolium
Cecropia glazoui - P
Cecropia pachystachya - P
Eriotheca pentaphylla
Ficus enormis
Malowetia arborea - P
Miconia cinnamomifolia - P
Rapanea umbellata
Syagrus pseudococos
Tibouchina pulchra - P
Zanthoxylum rhoifolium

II - Heliófilas Tolerantes à Sombra

Aiouea trinervis
Andira anthelmia
Cupania oblongifolia
Cupania vernalis
Eclinusa ramiflora
Eugenia leitonii
Euterpe edulis
Guapira opposita
Guarea macrophylla
Hirtella heblecada
Hyeronima alchorneoides
Ocotea aciphylla
Pouteria psammophila
Sloanea monosperma

III - Umbrófilas

Amphyrrhox longifolia
Brosimum glazioui
Coussarea nodosa
Faramea stipulacea
Faramea tetragona
Lacistema pubescens
Leandra dasytrichia
Matayba junglandifolia
Metrodorea nigra
Miconia chartacea
Mollinedia Schottiana
Posoqueria latifolia
Psychotria aff. longipes
Psychotria mapoureoides
Rollinia sericea
Rudgea coriacea
Zygia cauliflora

CEETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

onde: P - significa espécie pioneira strictu sensu

Analisando-se o índice de acumulação com a divisão ecológica sugerida por Pompéia, é possível perceber que a média dos índices de acumulação de fluoreto na área poluída foi maior no grupo ecológico II, de heliófilas tolerantes à sombra, com valor de 6.55, enquanto que nos grupos das espécies heliófilas obrigatórias (grupo I) e umbrófilas (grupo III) as médias de acumulação se mantiveram nos mesmos níveis, ou seja 5.14 e 5.20 respectivamente. No entanto, grandes acumulações ocorreram dentro o grupo das umbrófilas, com valores individuais superiores a 8.56 vezes.

Por outro lado, as espécies dos grupos II e III apresentaram na área poluída, acumulações que ultrapassaram 10 vezes os teores de fluoretos nas mesmas espécies presentes na área não poluída.

Quanto as diferenças entre as épocas do ano, o grupo II foi o que apresentou, proporcionalmente, o menor número de espécies com diferença significativa. Dentre as 14 espécies pertencentes a este grupo, apenas 4 apresentaram diferenças significativas entre as duas épocas estudadas, enquanto que no

grupo I, isto ocorreu com 6 das 11 espécies e no grupo III com 10 das 17 espécies estudadas, ou seja, 28.5%, 54.5% e 58.8% respectivamente.

Há de se salientar aqui o fato de que espécies emergentes constituem o grupo das espécies mais acumuladoras. Isto pode ser explicado pelo comportamento ecofisiológico destas espécies, pois, além de possuírem um metabolismo bastante alto na época do crescimento, quando emergem e ultrapassam o dossel, em busca de luz, estabelecendo-se em seu habitat permanente, ficam mais expostas às maiores concentrações de fluoretos atmosféricos e, com isto, têm a possibilidade de absorverem mais o poluente

Além disso, o dossel e o estrato emergente são os que recebem também o primeiro impacto do coquetel de poluentes e por isso, têm a maior possibilidade de sofrer os efeitos sinérgicos do SO₂ com o fluoreto, antes de “filtrarem” ou barrarem o ar para os estratos inferiores. Portanto, esta diferença de acumulação entre os 3 diferentes grupos ecológicos nas duas épocas do ano pode ter alguma relação com este efeito.

A correlação entre o índice de acumulação e a média da concentração de fluoretos presentes nas folhas dos indivíduos do Vale do Moji (Tabela 9) demonstra que apesar de significativa, esta não demonstra uma correlação perfeita, indicando que existem outros fatores que interferem na acumulação, seja de natureza fisiológica ou anatômica, ou ainda devido à diversidade de comportamentos ou por outros aspectos de natureza ainda não determinada.

Tabela 9 - Correlação entre o índice de acumulação e a média de concentração de fluoretos presentes nas folhas dos espécimes do Vale do Moji

Grupos Ecológicos	Valor da Correlação	Nível de Significância < 0,05
Geral	0,6804	0,000
GRUPO 1	0,6092	0,0466
GRUPO 2	0,6887	0,0065
GRUPO 3	0,8198	0,0001

Separando-se as espécies nos 3 grupos ecológicos considerados neste trabalho, observa-se que as espécies umbrófilas são as que mantêm uma correlação entre a concentração de fluoretos nas duas áreas de estudo mais expressiva, sendo portanto o grupo que melhor espelha esta relação. Segundo Mc Cune (1982), Murray e Wilson (1988 e 1990), Maclean et al (1989) e Klumpp et al (1995), a combinação de fluoretos com outros poluentes atmosféricos, tais como SO₂, O₃, NO_x ou hidrocarbonetos, podem afetar sua acumulação, bem como induzir reações fisiológicas que venham a diminuir a absorção, através de um sinergismo antagônico.

Assim, devido ao fato do Vale do Moji receber impactos causados por outros poluentes, em especial SO₂, as modificações existentes na estrutura da floresta nesta área não podem ser somente atribuídas ao fluoreto, apesar deste ser, reconhecidamente, o poluente mais agressivo e certamente o principal responsável pelas alterações mencionadas (Pompeia, 1997 e Klumpp *et al.*, 1995)

De qualquer forma, é importante frisar a possibilidade do próprio fluoreto causar impactos indiretos, devido a modificações nas características edáficas ou mesmo alterações no microclima causadas pelas mudanças estruturais da floresta.

Nas Figuras 27 e 28 nota-se que existe uma tendência das folhas das espécies umbrófilas não acumularem fluoretos em concentrações muito elevadas, uma vez que 64.7% das espécies apresentaram índices de acumulação menores que 5, enquanto que nenhuma das folhas das espécies heliófilas obrigatórias ultrapassaram concentrações 10 vezes maior entre os ambientes poluídos e não poluídos.

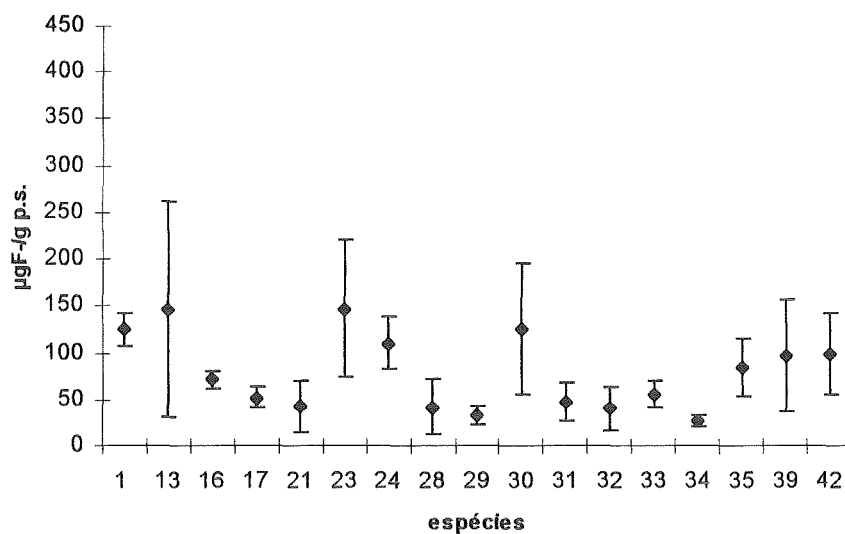


Figura 27 - Concentração de fluoreto nas folhas das espécies umbrófilas presentes no Vale do Moji - Cubatão - SP

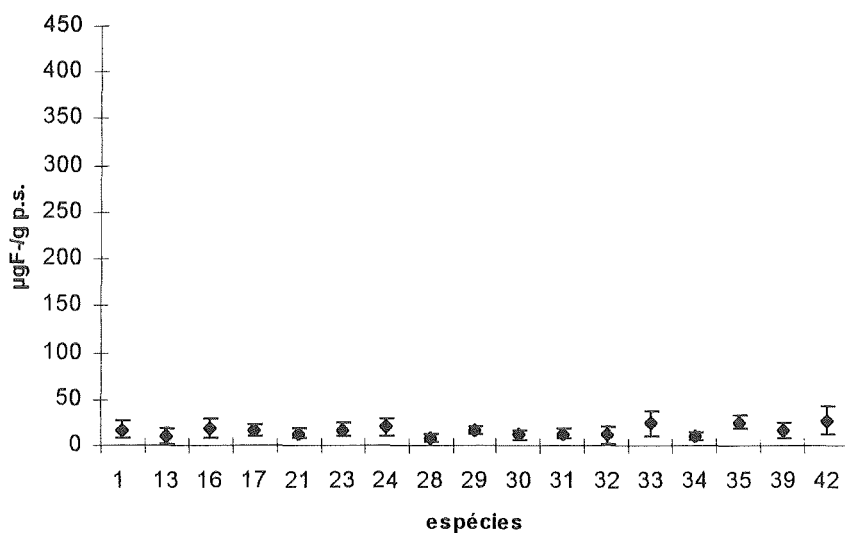


Figura 28 - Concentração de fluoreto nas folhas das espécies umbrófilas presentes no Vale dos Pilões - Cubatão - SP

Tais resultados podem indicar que, de um modo geral, as espécies de estágios iniciais de sucessão (heliófilas obrigatórias), apesar de expostas diretamente à concentrações atmosféricas altas de fluoretos, devem possuir mecanismos de defesa, seja evitação ou detoxificação, mais eficientes, pois são normalmente as espécies que possuem metabolismos altos, com alta taxa de crescimento e por conseguinte alta taxa de absorção de gases (CETESB, 1996 e Bazzaz & Pickett, 1980) .

Da mesma forma, as espécies de dossel ou emergentes (heliófilas tolerantes à sombra) também apresentaram um comportamento semelhante, apresentando um estágio intermediário de acumulação (figuras 29 e 30). Vale ressaltar que este grupo certamente é o primeiro a sofrer o impacto da poluição atmosférica, uma vez que se encontram mais expostos no dossel da mata e que existe uma grande probabilidade das espécies mais sensíveis, talvez mais acumuladoras, terem desaparecido em decorrência do processo de seleção natural.

Quanto às umbrófilas, possivelmente por viverem protegidas pelo dossel, foram as que apresentaram a maior quantidade de espécies com índices de acumulação inferior a 5 (figuras 31 e 32). Soma-se ainda o fato de pertencerem ao grupo das espécies com metabolismo mais baixo e, assim, terem maior possibilidade de evitação, salvo exceção da *Lacistema pubescens* que apresentou uma concentração foliar de fluoreto 15 vezes maior na área poluída.

Eventualmente, não havia o dossel na área poluída, o que talvez possa explicar o fato de certas espécies de sombra apresentarem altas concentrações de fluoretos foliares.

Cabe ainda ressaltar que a condutância estomática é um fator relevante na absorção dos poluentes. Percy e Calkin (1983) verificaram que em espécies tropicais, os estômatos aumentam sua condutância até próximo ao máximo nas primeiras horas da manhã, permanecendo mais ou menos constantes durante todo o dia, mesmo quando os níveis de luz mudam drasticamente.

Pradella (1997) correlacionou a capacidade fotossintética aos grupos ecológicos de sucessão e concluiu que as plantas de maior capacidade fotossintética pertencem aos estágios iniciais de sucessão secundária da Mata Atlântica, enquanto que as plantas de estágios mais avançados de sucessão apresentaram capacidades fotossintéticas menores e as plantas umbrófilas apresentaram capacidades fotossintéticas menores ainda.

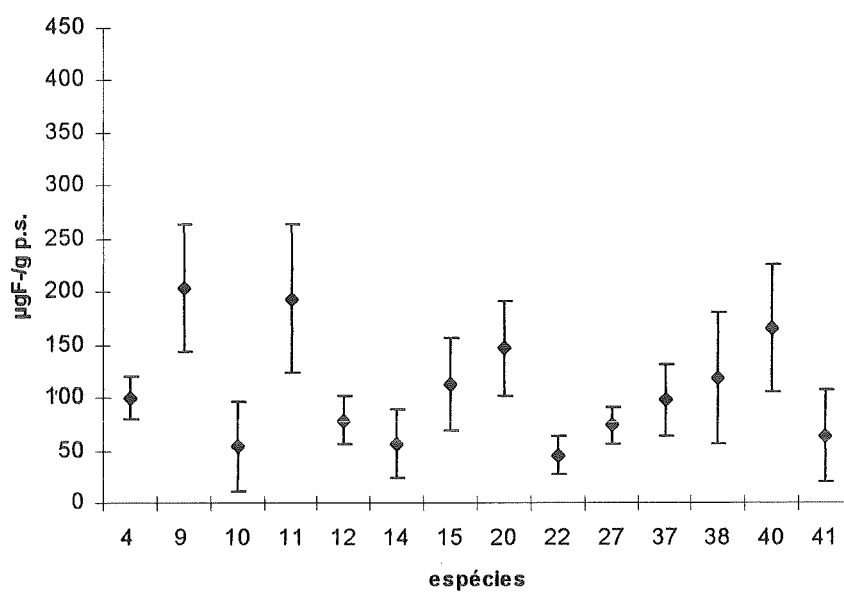


Figura 29 - Concentração de fluoreto nas folhas das espécies heliófilas tolerantes à sombra presentes no Vale do Moji - Cubatão - SP

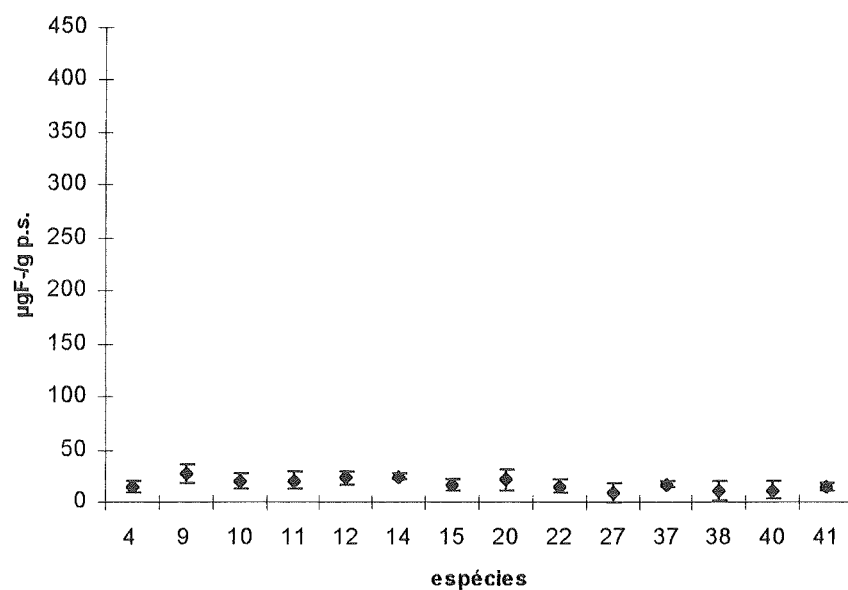


Figura 30 - Concentração de fluoreto nas folhas das espécies heliófilas tolerantes à sombra presentes no Vale dos Pilões - Cubatão - SP

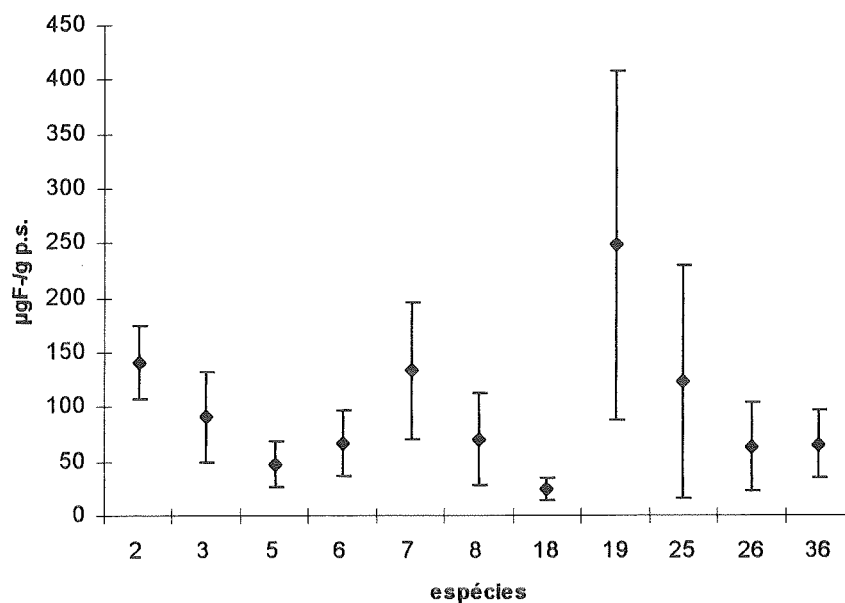


Figura 31 - Concentração de fluoreto nas folhas das espécies heliófilas obrigatórias presentes no Vale do Moji - Cubatão - SP

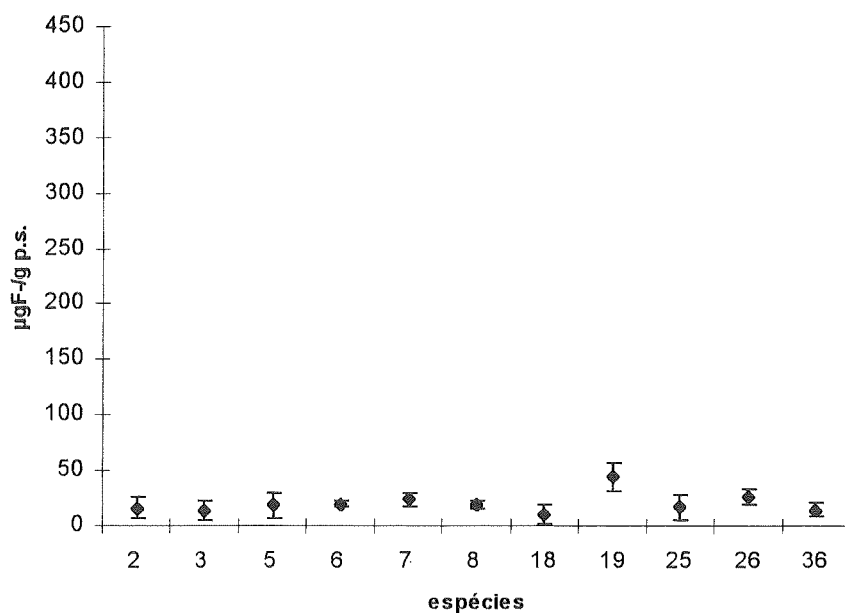


Figura 32 - Concentração de fluoreto nas folhas das espécies heliófilas obrigatórias presentes no Vale dos Pilões - Cubatão - SP

Azevedo *et al.* (1996) em trabalho realizado com espécies da Mata Atlântica em Cubatão concluiu que o tamanho dos estômatos, ao contrário do esperado, foi inversamente proporcional à acumulação de poluentes nas folhas das espécies estudadas, ou seja, as espécies com estômatos maiores, foram as que apresentaram as menores concentrações de elementos químicos analisados.

Com relação à densidade estomática e intensidade das trocas gasosas, Azevedo *et al.* (1996) observou uma correlação positiva desses parâmetros com a acumulação foliar de fluoretos e/ou enxofre.

Azevedo *et al.* (1996) concluíram ainda, que as espécies heliófilas presentes no Vale do Moji apresentam características de plantas tolerantes, acumuladoras de enxofre e/ou fluoretos, enquanto que as espécies de sombra estudadas apresentam características de plantas evitadoras, não se mostrando, grandes acumuladoras em comparação às espécies pertencentes a outros grupos ecológicos.

5.5. ACUMULAÇÃO FOLIAR DE FLUORETOS E PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS

A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos por Martins *et al.* (1996) referentes ao estudo fitossociológico realizado nas mesmas áreas de estudo deste trabalho.

A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos no estudo da análise da correlação entre os índices fitossociológicos apresentado na Tabela 9 e as médias das concentrações foliares de fluoretos apresentadas na Tabela 4 (gerais e divididas por grupos ecológicos).

Ressalta-se que os dados fitossociológicos, obtidos por Martins *et al.* (1996) em trabalho de campo realizado simultaneamente à obtenção dos dados deste trabalho, foram calculados utilizando-se parâmetros fitossociológicos usuais, tais como frequência, densidade e dominância (relativas e absolutas), valor de importância (VI) e número de espécies por família, de acordo com Mueller-Dombois & Ellemberg (1974).

Tabela 10 - Resultados referentes ao estudo fitossociológico realizado no Vale do Moji, Cubatão - SP

N	ESPECIE	Freq. absol. %	Dens. absol. ind/há	Dens. relat. %	Domin. relat. %	Freq. relat. %	Valor De import	altura média m	Diâm. médio cm	Volume médio m³	Volume relat. %
1	<i>Rollinia sericea</i>	6,25	6,25	0,518	0,114	0,885	1,517	2,25	5,45	0,006	0,030
2	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	3,13	3,13	0,259	0,085	0,443	0,787	3,50	6,70	0,012	0,037
3	<i>Malowetia arborea</i>	3,13	3,13	0,259	0,121	0,443	0,823	5,00	8,00	0,025	0,076
4	<i>Euterpe edulis</i>	3,13	3,13	0,259	0,078	0,443	0,779	1,00	6,40	0,003	0,010
5	<i>Syagrus pseudococos</i>	43,75	65,63	5,440	10,689	6,195	22,324	6,24	16,00	0,145	9,209
6	<i>Eriotheca pentaphylla</i>	3,13	3,13	0,259	0,085	0,443	0,787	5,00	6,70	0,018	0,053
7	<i>Cecropia glazioui</i>	46,88	65,63	5,440	2,965	6,637	15,042	5,90	7,92	0,041	2,587
8	<i>Cecropia pachystachya</i>	15,63	18,75	1,554	0,379	2,212	4,146	3,83	5,52	0,011	0,202
9	<i>Hirtella hebeclada</i>	15,63	15,63	1,295	0,456	2,212	3,963	4,00	6,90	0,016	0,236
10	<i>Sloanea monosperma</i>	3,13	3,13	0,259	0,068	0,443	0,770	4,00	6,00	0,011	0,034
11	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	28,13	31,25	2,591	0,812	3,982	7,385	4,20	5,93	0,018	0,540
12	<i>Andira anthelmia</i>	12,50	12,50	1,036	0,090	1,77	2,896	2,00	3,43	0,002	0,023
13	<i>Lacistema pubescens</i>	6,25	6,25	0,518	0,148	0,885	1,552	6,50	5,90	0,023	0,139
14	<i>Aiouea trinervis</i>	12,50	12,50	1,036	1,464	1,77	4,270	6,00	13,33	0,092	1,117
15	<i>Ocotea aciphylla</i>	3,13	3,13	0,259	0,121	0,443	0,823	6,00	8,00	0,030	0,091
16	<i>Leandra dasytricha</i>	9,38	9,38	0,777	0,101	1,327	2,205	2,17	4,03	0,003	0,027
17	<i>Miconia chartacea</i>	3,13	3,13	0,259	0,055	0,443	0,757	2,00	5,40	0,005	0,014
18	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	75,00	206,25	17,098	27,760	10,62	55,478	8,03	13,90	0,156	31,102
19	<i>Tibouchina pulchra</i>	78,13	231,25	19,171	38,298	11,062	68,531	7,39	14,49	0,200	44,865
20	<i>Guarea macrophylla</i>	68,75	140,63	11,658	4,464	9,735	25,856	3,64	6,40	0,019	2,610
21	<i>Zigia cauliflora</i>	3,13	3,13	0,259	0,044	0,443	0,745	3,00	4,80	0,006	0,017
22	<i>Eugenia cf. leitonii</i>	3,13	3,13	0,259	0,032	0,443	0,733	6,00	4,10	0,008	0,024
23	<i>Mollinedia schottiana</i>	3,13	3,13	0,259	0,038	0,443	0,740	2,40	4,50	0,004	0,012
24	<i>Brosimum glazioui</i>	12,50	12,50	1,036	0,296	1,77	3,102	5,38	6,00	0,019	0,226
25	<i>Ficus enormis</i>	3,13	3,13	0,259	0,669	0,443	1,370	3,00	18,80	0,083	0,252
26	<i>Rapanea umbellata</i>	15,63	15,63	1,295	0,662	2,212	4,169	6,40	7,50	0,046	0,703
27	<i>Guapira opposita</i>	3,13	3,13	0,259	0,016	0,443	0,718	3,00	2,90	0,002	0,006
28	<i>Faramea tetragona</i>	40,63	56,25	4,663	0,486	5,572	10,901	3,00	3,70	0,004	0,191
29	<i>Faramea stipulacea</i>	3,13	3,13	0,259	0,032	0,443	0,733	4,00	4,10	0,005	0,016
30	<i>Psychotria mapoureoidea</i>	3,13	3,13	0,259	0,038	0,443	0,740	4,00	4,50	0,006	0,019
31	<i>Psychotria longipes</i>	6,25	9,38	0,777	0,266	0,885	1,929	5,00	6,80	0,018	0,165
32	<i>Posoqueria latifolia</i>	3,13	3,13	0,259	0,023	0,443	0,725	4,00	3,50	0,004	0,012
33	<i>Rudgea coriacea</i>	6,25	6,25	0,518	0,050	0,885	1,453	2,50	3,50	0,002	0,014
34	<i>Coussarea nodosa</i>	6,25	6,25	0,518	0,422	0,885	1,825	5,50	10,56	0,048	0,290
35	<i>Metrodorea nigra</i>	9,38	9,38	0,777	0,152	1,327	2,257	3,50	5,17	0,007	0,067
36	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	3,13	3,13	0,259	0,093	0,443	0,794	5,00	7,00	0,019	0,058
37	<i>Cupania oblongifolia</i>	25,00	46,88	3,886	3,284	3,54	10,710	4,93	8,77	0,039	1,759
38	<i>Cupania vernalis</i>	9,38	12,50	1,036	0,170	1,327	2,534	4,13	4,70	0,007	0,089
39	<i>Matayba juglandifolia</i>	25,00	25,00	2,073	0,844	3,54	6,456	5,25	7,13	0,027	0,647
40	<i>Eclinusa ramiflora</i>	28,13	28,13	2,332	2,289	3,962	8,603	4,61	8,36	0,038	1,048
41	<i>Pouteria psamonophila</i>	3,13	3,13	0,259	0,426	0,443	1,127	7,00	15,00	0,124	0,375
42	<i>Amphyrhox longifolia</i>	40,63	93,75	7,772	0,747	5,752	14,271	2,34	3,54	0,003	0,233

Fonte: MARTINS *et al.*, 1996

Tabela 11 - Coeficientes de correlação entre as médias das concentrações de fluoretos nas espécies estudadas no Vale do Moji (geral e divididas em grupos ecológicos) e os parâmetros fitossociológicos - Cubatão - SP

Parâmetros Fitosso-ciológicos	Média Geral	Heliófilas obrigatórias	Heliófilas tolerantes à sombra	Umbrófilas
FA	0,3024	0,2615	0,5287	0,0066
DA	0,2856	0,3402	0,3788	0,0286
DoM	0,2083	0,4329	-0,1376	-0,1281
DoA	0,2655	0,3998	0,2992	0,02
DR	0,2856	0,3403	0,3789	-0,0286
DoR	0,2655	0,3997	0,2995	0,0224
FR	0,3043	0,2614	0,5282	0,0127
VI	0,2916	0,3641	0,4278	0,0192
Altura	0,0144	-0,0238	-0,1854	0,0829
Diâmetro	0,0928	0,1767	-0,1223	-0,0844
Vol M	0,126	0,2915	-0,2335	0,0644
Vol R	0,2672	0,4294	0,2529	0,0547

Tabela 12 - Coeficientes de correlação entre as médias dos índices de acumulação de fluoretos nas espécies estudadas no Vale do Moji (geral e divididas em grupos ecológicos) e os parâmetros fitossociológicos - Cubatão - SP

Parâmetros Fitosso-ciológicos	Média Geral	Heliófilas obrigatórias	Heliófilas tolerantes à sombra	Umbrófilas
FA	-0,047	-0,3489	-0,2722	-0,1019
DA	0,0916	-0,2585	-0,1457	-0,126
DoM	0,013	0,2155	-0,0949	0,0105
DoA	-0,1054	-0,2152	0,1697	-0,0949
DR	-0,0916	-0,2585	0,1457	-0,126
DoR	-0,154	-0,2152	0,1699	-0,0921
FR	-0,0471	-0,3489	0,2709	-0,1025
VI	-0,0937	-0,254	0,2016	-0,1163
Altura	-0,0387	-0,5975	-0,1665	-0,3703
Diâmetro	-0,0861	-0,0068	-0,2046	-0,0294
Vol M	-0,1489	-0,264	-0,2374	0,1134
Vol R	-0,1092	-0,19	0,0846	0,0192

Os resultados indicam uma correlação positiva (com nível de significância próximo a 0,05) entre a média das concentrações foliares de fluoretos para cada espécie e a frequência (tanto relativa como absoluta) nas espécies pertencentes ao grupo ecológico das heliófilas tolerantes à sombra, enquanto que as espécies pertencentes ao grupo ecológico das espécies heliófilas obrigatórias apresentaram apenas uma tendência, porém não significativa. As espécies umbrófilas não demonstraram qualquer tipo de tendência, seja negativa ou positiva.

Quanto à correlação entre as médias das concentrações foliares de fluoretos e os índices fitossociológicos, os valores encontrados não foram significantes.

Tais resultados indicam que existe uma grande probabilidade de que as espécies heliófilas tolerantes à sombra, mais frequentes na área poluída, serem as mais acumuladoras, ou seja, de alguma forma, a presença de concentrações atmosféricas altas e constantes, favorecem a presença de espécies acumuladoras no dossel da mata, ou, analisando por um outro ponto de vista, as espécies de dossel não acumuladoras são prejudicadas por uma emissão crônica de fluoretos gasosos.

Segundo Martins *et al* (1996), a poluição existente no Vale do Moji reduz o número de espécies, ao mesmo tempo em que aumenta a importância relativa das espécies tolerantes à poluição. Paralelamente, provoca a queda de folhas e a morte prematuras dos indivíduos do dossel, criando um permanente processo de regeneração, onde são favorecidas as espécies heliófilas, pioneiras e tolerantes à poluição.

Já Pompéia *et al.* (1988), destacam que as espécies de maior IVI no Vale do Moji são consideradas tolerantes à poluição, por apresentarem todas as fases de seu ciclo de vida na área contaminada. Estas espécies acabam por serem beneficiadas pela poluição, fator limitante ao desenvolvimento de outras espécies mais sensíveis que competiriam pelo mesmo nicho.

Pompéia, em seu trabalho mais recente (1997), conclui que a poluição favorece os grupos ecológicos mais exigentes em luz, devido à fragilização do dossel resultante da redução da biomassa e, de forma mais acentuada, do índice de área foliar.

Diante de tais fatos, que comprovam a influência da poluição atmosférica na estrutura da floresta impactada, é pertinente a observação de que as espécies

acumuladoras pertencentes ao grupo das heliófilas tolerantes à sombra sejam beneficiadas no processo de dinâmica sucessional, pois devido à queda da diversidade (Figura 33) (Pompéia, 1997), as espécies acumuladoras ganharam espaço e puderam se tornar mais freqüentes.

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos no estudo da análise da correlação entre os índices fitossociológicos apresentado na Tabela 9 e índices de acumulação foliar de fluoretos apresentado na Tabela 4 (gerais e divididas por grupos ecológicos).

Os resultados indicam uma tendência de correlação negativa (com nível de significância próximo de 0,05) entre a média dos índices de acumulação foliares de fluoretos para cada espécie e a altura, para o grupo ecológico das heliófilas obrigatórias. As espécies pertencentes ao grupo ecológico das espécies heliófilas tolerantes à sombra e as espécies umbrófilas não apresentaram correlações estatisticamente significantes; ou seja, das espécies do grupo I, quanto mais alto o indivíduo no local poluído, menor é a quantidade de acumulação em relação à mesma espécie no local não poluído.

Sendo este grupo o referente às espécies de estágios de sucessão iniciais, ou seja, grupo das heliófilas obrigatórias, é pertinente imaginar que esta diferença se deve ao fato dos indivíduos jovens possuírem um metabolismo maior, pois neste grupo, prevalece as espécies de rápido crescimento e por conseguinte de metabolismo acelerado, principalmente nas fases iniciais de crescimento.

Outra hipótese para explicar tais resultados, é que as espécies de estágios de sucessão inicial, geralmente tem seu maior crescimento em clareiras, pois são dependentes de sol; Clareiras estas formadas pela morte dos indivíduos de espécies heliófilas tolerantes a sombra, que ao caírem abrem espaço. Desta forma, considerando que as clareiras permitem uma exposição mais intensa aos poluentes e considerando que tais espécies quando atingem seus tamanhos máximos, já cumpriram suas funções de recobrir o solo e propiciar a germinação de espécies de estágios de sucessão mais avançados, é possível imaginar que quando estas atingem seus portes máximos, já tenham sido ultrapassadas pelas espécies emergentes e por isso não acumulem tanto como as mais jovens.

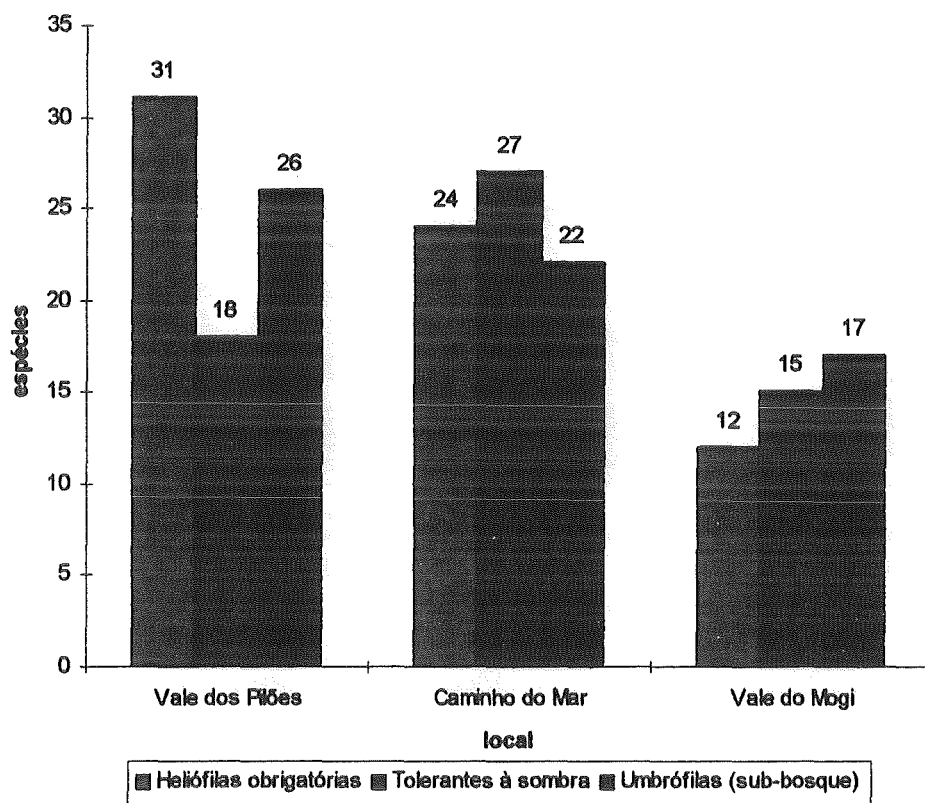


Figura 33 - Distribuição do número de espécies por grupo ecológico em três áreas de Mata Atlântica em Cubatão - SP
 Fonte: POMPEIA (1997)

O fato das espécies pertencentes ao grupo II serem mais suscetíveis aos impactos causados pelos poluentes atmosféricos (por serem formadoras do dossel da floresta e desta forma servirem de anteparo para as outras espécies), sugere que estas sejam as primeiras a sofrerem os processos de seleção natural.

Sendo assim, e considerando que a estratificação da mata não foi significativa alterada ao longo do processo de empobrecimento causado pela poluição atmosférica (Martins *et al.*, 1996), os resultados aqui apresentados corroboram a hipótese de que as espécies acumuladoras prevalecem sobre as não acumuladoras, ou seja, os mecanismos de “detoxificação” são mais presentes que os mecanismos de evitação.

O mecanismo de “detoxificação” aparece de forma marcante em certas espécies, quando se comparam a concentração foliar nas duas épocas distintas estudadas, pois o fato de não ter sido encontrada correlação significativa entre as concentrações obtidas nas duas épocas do ano estudadas, sugere uma certa eficiência deste mecanismo, tendo em vista que é na época do inverno que as condições de dispersão do ar proporcionam um aumento das concentrações de poluentes atmosféricos e, conseqüentemente, um maior absorção.

Pode-se ainda perceber que barreiras vegetais são eficientes para a contenção da poluição, uma vez que, o grupo II, além de apresentar proporcionalmente a maior média dos índices de acumulação, foi o mais fortemente empobrecido pela presença da poluição, enquanto que os demais grupos apresentaram um empobrecimento bastante inferior.

5.6. ACUMULAÇÃO FOLIAR DE FLUORETOS NAS FAMÍLIAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

Na Tabela 13 são apresentados, para cada Família, as médias e desvios padrões das concentrações observadas nas duas épocas do ano (inverno e verão) e nos dois locais, bem como o cálculo dos índices de acumulação e respectivos parâmetros fitossociológicos.

Similarmente, na Tabela 14 são apresentadas as correlações entre as médias das concentrações de fluoretos nas folhas das espécies estudadas (divididas por famílias) e os parâmetros fitossociológicos no Vale do Moji (divididos por Família).

Tabela 13 - Concentração foliar média de fluoretos, e desvios padrão das famílias estudadas nas duas áreas e nas duas estações. Cubatão - SP

N	FAMILIA	VALE DO PILOES		INVERNO - VP		VERAO - VP		VALE DO MOJI		INVERNO - VM		VERAO - VM	
		MÉDIA GERAL	DESVIO	MEDIA	DESVIO	MEDIA	DESVIO	MÉDIA GERAL	DESVIO	MEDIA	DESVIO	MEDIA	DESVIO
1	ANNONACEAE	17,35	8,76	23,01	9,48	11,68	2,36	125,32	17,35	171,65	42,38	78,98	9,85
2	APOCYNACEAE	14,91	8,93	19,82	7,39	10,01	6,18	116,07	37,86	143,85	29,47	88,30	15,35
3	ARECACEAE	25,43	22,00	38,18	25,20	11,81	3,57	75,15	20,86	86,19	19,52	60,34	4,86
4	BOMBACACEAE	19,54	2,74	18,75	2,66	20,33	3,14	67,26	30,41	60,40	37,35	74,12	27,86
5	CECROPIACEAE	21,45	4,83	23,27	3,31	19,63	5,38	123,65	77,04	137,63	52,33	109,68	80,09
6	CHRYSOBALANACEAE	27,32	9,77	33,96	3,59	20,69	9,69	203,41	60,16	241,71	66,38	165,10	15,51
7	ELAEOCARPACEAE	13,46	10,29	13,92	13,11	13,00	9,61	68,91	40,29	90,91	19,01	46,90	47,37
8	EUPHORBIACEAE	20,32	8,46	26,63	7,64	14,01	0,97	198,63	77,54	194,65	61,29	204,61	128,13
9	FABACEAE	22,97	7,00	28,15	6,25	17,80	1,71	69,17	43,42	98,10	2,13	25,78	35,43
10	LACISTEMATACEAE	15,40	13,71	15,75	19,26	15,06	9,94	147,17	115,89	227,92	118,29	66,41	4,21
11	LAURACEAE	20,19	4,44	20,33	4,53	20,04	3,04	97,62	48,36	95,96	19,92	99,28	73,65
12	MELASTOMATACEAE	23,81	10,09	25,87	6,33	21,75	5,59	106,40	60,21	75,14	49,09	137,65	43,18
13	MELIACEAE	15,88	9,13	16,77	14,12	14,99	2,57	154,67	45,77	175,88	34,50	122,84	51,22
14	MIMOSACEAE	12,06	7,46	12,79	5,85	11,33	10,16	61,24	39,62	64,47	20,45	58,01	58,95
15	MYRTACEAE	15,19	6,85	18,60	8,92	11,77	1,60	48,68	19,01	46,14	26,25	52,50	4,37
16	MONIMIACEAE	15,08	5,65	11,90	9,63	17,19	0,87	147,27	72,58	204,53	12,39	90,01	56,39
17	MORACEAE	16,74	12,10	17,74	16,95	15,97	10,31	124,61	60,80	167,34	24,73	81,88	39,82
18	MYRSINACEAE	26,17	6,56	22,69	6,22	29,66	5,69	107,41	97,41	94,09	32,04	120,72	148,88
19	NYCTAGINACEAE	7,47	9,39	1,96	0,31	12,98	11,37	71,12	17,74	77,67	20,23	61,29	10,89
20	RUBIACEAE	14,05	6,46	17,47	4,01	9,80	2,67	53,66	24,92	67,24	20,54	38,79	8,93
21	RUTACEAE	19,71	6,33	22,60	4,98	16,83	6,41	94,83	56,13	90,82	36,75	98,83	58,89
22	SAPINDACEAE	14,76	6,62	16,96	6,78	12,56	4,38	104,74	51,81	127,65	43,51	83,34	24,45
23	SAPOTACEAE	12,84	6,19	14,66	2,29	11,01	2,91	114,42	51,68	149,70	17,08	79,14	40,74
24	VIOLACEAE	27,81	16,45	17,45	0,11	38,18	18,81	99,69	42,98	105,25	29,11	94,14	60,65

Tabela 14 - Coeficientes de correlação entre as médias das concentrações de fluoretos na folhas das espécies estudadas no Vale do Moji (separadas por famílias) e os parâmetros fitossociológicos

Parâmetro Fitossociológico	Correlação
FA	0,1171
DA	-0,0381
DoM	-0,0639
DoA	-0,0093
DR	0,0381
DoR	-0,0093
FR	0,1171
IV	0,0272
Vol M	-0,0127
Vol R	-0,0128

Da análise destas duas tabelas, observa-se que não foi encontrada correlação significativa e que, apesar das espécies manterem na média uma mesma tendência, quando agrupadas por família mostraram exceções dentro de muitos grupos, como é o caso, por exemplo, da *Psychotria mapoureoides* (Rubiaceae) e da *Cupania vernalis* (Sapindaceae), o que impossibilitou que houvesse correlações significativas.

Da mesma forma, quanto aos parâmetros fitossociológicos, é fato que, assim como para as concentrações foliares de fluoretos, também não existe uma linearidade na representação das espécies dentro da estrutura da floresta, podendo-se citar o caso da família Melastomataceae, onde a *Tibouchina pulchra* destaca-se por ser muito mais representativa que as outras espécies pertencentes à mesma família. Desta forma, torna-se difícil estabelecer correlações.

6. CONCLUSÕES

1. O Vale do Moji demonstrou ser um local altamente poluído. As espécies arbóreas, atualmente presentes, contém elevadas concentrações foliares de fluoretos, seja em comparação com as da área controle, seja com dados bibliográficos
2. O Vale do Moji vem sofrendo, ao longo de dezenas de anos, um processo de seleção e todas as espécies presentes são, de alguma maneira, resistentes à poluição atmosférica de um modo geral e em particular ao fluoreto, tendo em vista que o vale recebeu, historicamente, uma grande carga de poluentes atmosféricos e considerando ainda, que as espécies presentes possuem altas concentrações foliares de fluoretos e notada diminuição da diversidade florística, constatada inclusive por vários outros autores.
3. Os resultados indicam que todas as espécies estudadas são acumuladoras, e portanto tolerantes a este fator de tensão, algumas mais, outras menos.
4. O fato de todas as espécies arbóreas serem acumuladoras em diferentes níveis nas áreas fortemente impactadas por fluoreto, indica a possibilidade do mecanismo da evitação não ser suficientemente eficaz para conter a entrada de poluente atmosférico nas folhas.
5. De modo geral, a esclerofilia mostrou uma correlação inversa à acumulação foliar de fluoretos e ao índice de acumulação, ou seja, quanto maior a esclerofilia, menor a concentração foliar ou o índice de acumulação.
6. As espécies de estágios iniciais de sucessão (heliófilas obrigatórias), apesar de expostas diretamente à altas concentrações atmosféricas de fluoretos, aparentam possuir mecanismos de resistência mais eficientes.
7. As espécies de dossel ou emergentes (heliófilas tolerantes à sombra) também mostraram um comportamento semelhante ao das espécies de estágios iniciais de sucessão, apresentando um estágio intermediário de acumulação. Vale ressaltar que este grupo certamente é o primeiro a sofrer o impacto da poluição atmosférica, uma vez que se encontram mais expostos no dossel da mata e que

existe uma grande probabilidade das espécies mais sensíveis, terem desaparecido em decorrência do efeito da poluição.

8. Na área poluída, o grupo das espécies heliófilas tolerantes à sombra foram as que apresentaram, proporcionalmente, o maior número de espécies com altas concentrações de fluoreto, indicando: a) que o acúmulo acontece devido este ser o grupo que se expõe às maiores concentrações; b) justamente por ser o grupo que se expõe às maiores concentrações atmosféricas, é também o que sofreu o maior processo de seleção, restando principalmente espécies mais resistentes.

9. As espécies umbrófilas, protegidas pelo dossel, foram as que apresentaram a maior quantidade de espécies com índices de acumulação inferior a 5 (64,7 %). Possivelmente, a proteção do dossel é importante, além de pertencerem ao grupo das espécies que possuem um metabolismo mais baixo e, assim, terem maior possibilidade de evitar o poluente. Ressalta-se a exceção da *Lacistema pubescens* que apresentou uma concentração foliar de fluoreto 15 vezes maior na área poluída em relação à área controle.

10. As espécies de sombra foram as que apresentaram correlações mais significantes entre os índices de acumulação e às concentrações foliares de fluoretos. É portanto o grupo com menor interferência de outros fatores ambientais na acumulação de fluoretos, possuindo grande potencial de haverem varias espécies que possam ser usadas como indicadores de poluição atmosférica.

11. Quanto à correlação entre as médias das concentrações foliares de fluoretos e os índices fitossociológicos, os valores encontrados não foram significantes, com exceção da frequência, tanto relativa como absoluta, que quando correlacionada às concentrações foliares de fluoretos das espécies heliófilas tolerantes à sombra, apresenta nível de significancia próximo de 0,05. As espécies pertencentes ao grupo ecológico das espécies heliófilas obrigatórias apresentaram apenas uma tendência, porém não significativa. Por fim, as espécies umbrófilas não demonstraram qualquer tipo de tendência de correlação, seja negativa ou positiva.

12. Não foi encontrada nenhuma correlação significativa entre as espécies agrupadas nas respectivas famílias. Apesar das espécies manterem uma mesma tendência de concentração de fluoretos e dos fatores fitossociológicos, dentro de cada grupo, houveram várias exceções que impossibilitaram a ocorrência de correlações significativas, como é o caso da *Psychotria mapoureoides*

(Rubiaceae), da *Cupania vernalis* (Sapindaceae) e da *Tibouchina Pulchra* (Melastomataceae), com teores extremamente altos.

* 13. A barreira vegetal constituída de espécies tolerantes (acumuladoras) poderia funcionar como um eficiente instrumento mitigador do impacto de poluentes atmosféricos, principalmente com relação a fluoretos, pois agiria como “filtro” para barrar os poluentes.

14. O grupo das espécies de dossel ou emergentes foi o que apresentou mais acúmulo e, de um modo geral, o que mais sofreu os impactos diretos da poluição, considerando ser este o grupo arbóreo que sofreu a maior redução de diversidade

7. PERSPECTIVAS FUTURAS

Considerando que os efeitos da poluição atmosférica nesta região são extremamente complexos

Considerando que apesar deste estudo contribuir para elucidar algumas questões referentes ao impacto de fluoretos na comunidade vegetal da região, não soluciona, nem tampouco esgota tal assunto

E, por fim, considerando que apesar de todo o notável esforço dos órgãos de controle, ainda faltam instrumentos capazes de solucionar ou elucidar estas complexas questões ambientais, sejam de ordens tecnológicas, financeiras ou mesmo de estabelecimento de padrões e limites aceitáveis pelas comunidades humanas, animais e vegetais

Torna-se fundamental dar continuidade aos trabalhos desenvolvidos neste campo e, desta forma, estabelecer medidas de controle e monitoramento eficientes e chegar a patamares de concentrações atmosféricas aceitáveis.

Assim, como perspectivas futuras sugere-se:

Aprofundar o estudo sobre as relações entre a acumulação de fluoretos e características anatômico-fisiológicas, a fim de elucidar questões referentes a eficiência da evitação de poluentes, principalmente no que se refere a fluoretos atmosféricos, associadas a características como tamanho e densidade estomática, comportamento diário dos estômatos, condutância estomática e especialmente mecanismos bioquímicos de detoxificação, entre outras.

Estudar a correlação entre a acumulação de fluoreto nas folhas e o aparecimento de injúrias visíveis, pois esta correlação pode definir as melhores espécies a serem usadas como bioindicadoras.

Aprofundar o estudo das relações solo-ar, solo-plantas a fim de entender o comportamento dos nutrientes frente a entrada exógena (via atmosfera) de elementos no ecossistema e sua importância para o estabelecimento da comunidade vegetal.

Desenvolver estudos no laboratório, em atmosferas controladas, o que poderá estabelecer uma correlação direta entre a concentração atmosférica e a acumulação foliar.

Estudar o efeito da poluição na comunidade animal e suas inter-relações com as comunidades vegetais, tendo em vista que existe uma complexa e dinâmica relação entre as comunidades.

Utilizar espécies potencialmente indicadoras de fluoretos nos paisagismos do entorno das indústrias emissoras, sendo mais uma ferramenta de controle, com a vantagem de não depender de manutenção dos equipamentos e energia, o que aumenta o grau de confiabilidade.

8. BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A. - A Serra do Mar na região de Cubatão: Avalanches de janeiro de 1985; a ruptura do equilíbrio ecológico da Serra de Paranapiacaba e a poluição industrial. in: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA. São Paulo: ACIESP, 1987, Anais v. 2, p. 74-116..
- AGUIAR, L.S.J.; SANTOS, R.P. & MODESTO, R.P. - Carta da cobertura vegetal das escarpas da Serra do Mar atingidas por poluentes atmosféricos na região de Cubatão. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Curitiba, 1993. Anais. Vol. II. INPE/MCT
- AIDAR, M.P.M.; POMPÉIA, S.L.; CHIMELO, J.P. - Espécies arbóreas da Serra do Mar sensíveis a poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão. in: XXXIX CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. Belém, 1988. Resumos Vol. I. SBB/MCT/CNPQ.
- AIDAR, M.P.M.; POMPÉIA, S.L.; CHIMELO, J.P. -Espécies arbóreas da Serra do Mar sensíveis a poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1989. 121 p.
- ALONSO, C.D. & GODINHO, R. - A evolução da qualidade do ar em Cubatão. Química Nova, Vol. 15 (2), 1992.
- AOAC. - Fluoride. Potentiometric Method - Official first action. J. AOAC, 1975. Vol. 58, 384-385.
- ARNDT, U.; FLORES, F.E.V.; WEINSTEIN, L.H. - Efeito do Flúor sobre as plantas: diagnose de danos na vegetação do Brasil. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS, 1995. 155p.
- ARNDT, U.; NOBEL, W.; SCHWEIZER, B. - Bioindikatoren - Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Stuttgart: Ulmer Verlag, 1987. 388p.
- AUGUSTO FILHO, O. - Mass movement risk zoning - priority areas to reforestation of Serra do Mar slopes at the Cubatão area, São Paulo State,

Brasil. in: INTERNATIONAL CONGRESS ON GEOENGINEERING .
Torino, Itália, 1989. Anais, Vol. 1, p. 17-24.

AZEVEDO, A. coord. - A Baixada Santista: aspectos geográficos. São Paulo, EDUSP, 1965. Vol. 1, 178 p.

AZEVEDO, C.M.A.; DINIZ, K.M.; FIALHO, R.C.; PRADELLA, D.Z.A.; POMPEIA, S.L.; PELAES, K.B. - Resultados preliminares do diagnóstico da contaminação de espécies vegetais da Mata Atlântica, Cubatão - SP, por poluição atmosférica. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1995. 67p.

BAZZAZ, F.A. & PICKETT, S.T.A. - The physiological ecology of tropical succession: comparative review. Annual Review of Ecology and Systematics, 1980. 11: 287- 310.

BORMANN, F.H. - The effects of air pollution on the New England landscape. Ambio II, 1982. (6) : 338-346

BRAGANCA, C.F., KONO, E.C., AGUIAR, L.S. & SANTOS, R.P. - Avaliação da degradação da Serra do Mar. Ambiente, 1987. Vol. 1 (2): 77 - 87.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) - Um estudo teórico e observacional do fluxo do vento em Cubatão. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1980.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) - A degradação da Serra do Mar em Cubatão. Relatório Preliminar. São Paulo, CETESB, 1984a. 56 p.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) - Qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo e em Cubatão. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1984b.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) - Carta do Meio Ambiente e de sua dinâmica: Baixada Santista. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1985. 33 p.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) - Qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo e em Cubatão. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1989.

- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) - Qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo e em Cubatão. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1994.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) - Qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo e em Cubatão. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1996.
- COUTINHO, L. M. - Contribuição ao conhecimento da ecologia da Mata Pluvial Tropical. Boletim nº 257, Botânica nº 18, Fac. Fil. Ciên. Let. Univ. São Paulo, Brazil, 1962.
- CRONQUIST, A. - An integrated system of classification of flowering plants. New York. Columbia University press, 1981. 1259 p..
- DAINES, R.H.; LEONE, I.; BRENNAN, E. - The effect of fluorine on plants as determined by soil nutrition and fumigation studies. In; McCABE, L. (Ed.) : Air Pollution. New York; McGraw-Hill, 1952. p. 97-105.
- DOMINGOS, M. - Estudos dos efeitos da poluição atmosférica em ecossistemas naturais desenvolvidos pelo Instituto de Botânica de São Paulo. In: 46 Congresso Nacional de Botânica, Ribeirão Preto, janeiro/1995. Resumos. Universidade de São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, Ribeirão Preto, 1995. p. 377-378.
- FIALHO, R.C.; EYSINK, G.G.J.; POMPEIA, S.L. - Aspectos da Avifauna da Baixada Santista - Aves da Cosipa. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1989. 62 p.
- FIDALGO, O. & BONONI, V.L.R., (Coord.) - Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. São Paulo: Instituto de Botânica, 1984. Manual 4. 62p..
- GOLLEY, F.B. et al. - Ciclagem de minerais em ecossistemas de Floresta Tropical úmida. São Paulo, E.P.V./EDUSP, 1978. 256 p.
- GUDERIAN, R. - Air pollution - Phytotoxicity of acid gases and significance in air control. Springer-Verlag, Berlin, 1977. 127p..
- GUDERIAN, R. - Air pollution by Photochemical oxidants. Springer-Verlag, Berlin, 1985. 346p..

- GUDERIAN, R; VAN HAUT, H.; STRATMANN, H. - Probleme der Erfassung und Beurteilung von Wirkungen gasformiger luftverunreinigungen auf die vegetation. Ztsch. Pflanzenkrankh. Und Planzensch., n.67, p. 257-264, 1960.
- HEATH, Robert L. - Initial events in injury to plant's by air pollutants. Ann. Rev. Plant. Physiol., 1980. Vol. 31: 395-431.
- HECK, W.W. - The use of plants as indicator of air pollution. Air and Water Pollut., Pergamon Press, 1966 . 10 p.
- HERRERA. R.A.; MENÉNDEZ, L.; VILAMAJÓ, D. - Las estrategias regenerativas, competitivas y sucesionales en los bosques siempreverdes en Sierra del Rosário In: ECOLOGIA DE LOS BOSQUES SIEMPREVERDES DE LA SIERRA DEL ROSÁRIO, CUBA. Proyecto MAB nº 1, 1974 - 1987. Academia de Ciencias de Cuba. ROSTLAC, Montevideo - Uruguay, 1988. p.296 - 326.
- JACOBSON, J.S. & HILL, A.C. - Recognition of air pollution injury to vegetation. A pictorial Atlas. Pittsburg, Pennsylvania, 1970.
- KLUMPP, A.; KLUMPP, G. ; DOMINGOS, M. - Plants as bioindicators of air pollution at the Serra do Mar near the industrial complex of Cubatão, Brazil. Environ. pollut. , 1994. Vol. 85: 109-116.
- KLUMPP, G.; KLUMPP, A. ; DOMINGOS, M.; GUDERIAN, R. - Hemerocallis as bioindicator of fluoride pollution in tropical countries. Environmental Monitoring and Assesment, 1995. Vol. 35: 27-42.
- KLUMPP, A.; DOMINGOS, M.; KLUMPP, G. - Assesment of the vegetation risk by fluoride emissions from fertiliser industries at Cubatão, Brazil. The Science of the total environment , 1996a. Vol. 192: 219-228.
- KLUMPP, A.; KLUMPP, G. ; DOMINGOS, M. - Bio-indication of air pollution in the tropics - the active monitoring programme near Cubatão (Brasil). Gefahrstoffe - Reinhaltung der luft, 1996b. Vol. 53: 27-31.
- KLUMPP, A.; KLUMPP, G. ; DOMINGOS, M. ; DA SILVA, M. D. - Fluoride impact on native tree species of the Atlantic Forest near Cubatão, Brazil. Water, Air and Soil Pollution, 1996c. Vol. 87: 57-71.

- KLUMPP, A.; MODESTO, I.F.; DOMINGOS, M.; KLUMPP, G. - Susceptibility of various *Gladiolus* cultivars to fluoride pollution and their suitability for bioindication. Pesq. agropec. bras., Brasília, 1997. Vol. 32. nº. 3, p. 239-247.
- LACASSE, N.L. & TRESHOW, M. - Diagnosing vegetation injury caused by air pollution. Air Pollution Training Institute, EPA, Research Triangle Park NC, 1976. (no serial numbering).
- LEECE, D.R., SCHELTEMA, J.H. & WEIR, R.G. - The use of leaf analysis to diagnose fluoride toxicity in grapes. in: MURRAY, F. (ed.), Fluoride emissions. Their monitoring and effects on vegetation and ecosystems, Sidney: Academic Press, 1982. pp. 101-123.
- LEITÃO FILHO, H.F. (Coord.) - Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão. São Paulo: UNESP; Campinas, UNICAMP, 1993. 184p..
- LEVITT, J. - Response of plants to environmental stresses. Academic Press London. New York. 1980.
- MacCUNE, D.C. - Hydrogen fluoride and sulfur dioxide. In: LEGGE, A.H.; KRUPA, S.V. (Eds.) Air pollutants and their effects on the terrestrial Ecosystems. Advances in Environm. Sci. A. Technol., n.18, p.305-324, 1986.
- MacLEAN, D.C.; SCHNEIDER, R.E. - Effects of gaseous hydrogen fluoride on the yield of field-grown wheat. Environm. Pollut. Ser. A, n.24, p.39-44, 1981
- MANDL, R.H.; WEINSTEIN, L.H.; WEISKOPF, G.S.; MAJOR, J. L. - The separation and collection of gaseous and particulate fluorides. In: ENGLUND, H.M.; BERRY, W.T. (Eds.). Proc. 2nd intern. Clean Air Congress. New York: Academic Press, 1971. p.450-458.
- MANNING, W. J. & FEDER, W. A. - Biomonitoring air pollutants with plants. London: Applied Science Publishers Ltda, 1980. 141p.
- MARTINS, S.E. ; POMPÉIA, S.L.; MENDONÇA, R.R. - Composição florística e estrutura da mata atlântica afetada pela poluição em Cubatão - SP. Relatório Técnico. São Paulo: CETESB, 1996. 61p.

- MENSCHING, H.G. - Die Umweltproblematik im ländlichen Raum der Entwicklungsländer. Loccumer Protokolle, 1982. n. 21, p. 7-15.
- MISENHEIMER, D.; BATTYE, R.; CLOWERS, M.R.; WERNER, A.S. - Hydrogen chloride and hydrogen fluoride emission factors for the NAPAP emission inventory. EPA/600/7-85/041. 1985.
- MOONEY, H.A. & GODRON, M. (Edits.) - Disturbance and Ecosystem: components of response. Springer- Verlag, Berlin, 1983. 292 p.
- MUELLER-DUMBOIS, D. & ELLEMBERG, H. - Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York. 1974.
- MURRAY, F.; WILSON, S. - Effects of sulphur dioxide, hydrogen fluoride and their combination on three Eucaliptus species. Environm. Pollut., n.52, p.265-279, 1988.
- NAS/NRC. - Fluorides. Committee on Biological Effects of Atmospheric Pollutants. Washington D.C.: National Academy of Sciences, 1971. 295p.
- NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H. - Applied Linear Statistical Models. IRWIN. 1985.
- PANDEY, S.N. - A survey of fluoride pollution effects on the forest ecosystem around an aluminium factory in Mirzapur, V.P., India. Environ Poll., 1983. Cons., 8 (2): 131-137.
- PEARCY, R.W. & CALKIM, H.C. - Carbon dioxide exchange of C₃ and C₄ species in the understorey of Hawaiian forest. Oecologia, 1983. Vol. 47: 99-105.
- PIÑ-RODRIGUES, F.C.M.; COSTA, L.G.S. & REIS, A. - Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de Florestas Tropicais. In CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6^o., CAMPOS DO JORDÃO. Anais. São Paulo: SBS/SBEF, 1990. Vol. 3: 676-684.
- POMPÉIA, S.L - Sucessão secundária da mata atlântica em áreas afetadas pela poluição atmosférica Cubatão, SP. Tese de Doutorado - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, SP, 1997.

- POMPÉIA, S.L.; AIDAR, M.P.M.; SINISGALLI, P.A.A.; MENDONÇA, R.R.; GAETA, M.M.; MIZOGUSHI, C.; KIRIZAWA, M.; LOPES, E.A.; SIGIYAMA, M.; CHIEA, S.A. - Levantamento de espécies vegetais resistentes á poluição atmosférica de Cubatão. Relatório Técnico. São Paulo, CETESB, 1988. 18 p.
- POPMA, J.; BONGERS, F. & CASTILLO, J. M. Del - Patterns in the vertical structure of the tropical lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. Vegetatio, 1988. Vol. 74: 81-91.
- PRADELLA, D.Z.A. - Estudos com Tibouchina Pulchra Cogn. (Melastomataceae) - (Manacá da Serra) submetida a estresse por poluição na Serra do Mar em Cubatão - SP - Brasil. Dissertação de Mestrado em ecologia e recursos naturais - UFSCar. 1997.
- PUSHNIK, J. C. & MILLER, G. W. - The influences of elevated environmental fluoride on the physiology and metabolism of higher plants. Fluoride, 1990. vol. 23 (1): 5-19.
- QUEIROZ NETO, J.P. & KUPPER, A. - Os solos. In: AZEVEDO, A. coord. - A Baixada Santista. São Paulo, EDUSP, 1965. Vol. 1, p. 67-92.
- RODRIGUES, J.C. - As bases geológicas. In: AZEVEDO, A. coord. - A Baixada Santista. São Paulo, EDUSP, 1965. Vol. 1, p.23-48.
- SANTOS, E.O. - Características climáticas. In: AZEVEDO, A. coord. - A Baixada Santista. São Paulo, EDUSP, 1965. Vol. 1, p. 95-150.
- SILVA, I.X.; MORAES, R.P.; SANTOS, .P.; POMPEIA, S.L. & MARTINS, S.E. - Avaliação do estado de degradação dos ecossistemas da Baixada Santista, SP. in: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA: SUBSIDIOS A UM GERENCIAMENTO AMBIENTAL. ACIESP, 1994. Anais, Vol. 1. p. 30-38,.
- SMA (Secretaria de Estado do Meio Ambiente) - The rain forest of the Serra do Mar: degradation and reconstitution. São Paulo, Brasil. 1990. (Documents Series)
- SMITH, W.H. - Air pollution and forest - interactions between air contaminants and forest ecosystems. Springer Verlag. New York, 1981. 379 p.

- TAYLOR, O. C. - Acute responses of plants to aerial pollutants: Air Pollution Damage to Plants. Naegle (ed.), Washington, D.C., 1973. Vol. 122. p.9-20. (Advances Chemical Series)
- THOMAS, M. D. & PACK, M.R. - Fluoride. In: JACOBSON, J. S. & HILL, A. C. ed. Recognition of air Pollution injury to vegetation: a Pictorial Atlas. Pittsburgh, Air Pollution Control Association, 1970. p. 1-17.
- THOMAS, M.D & ALTHER, E.W. - The effect of fluorine an plants. In: EICHELER, O .; FARAH, A.; HERKEN, H.; WELCH, A.D.; SMITH, F.A. (Ed.) Handbook of experimental phamacology. New York, Spring-Verlag, 1966. Vol. 20. p.231-306.
- THOMAS, M.D. - Effects of air pollution on plants. In: Air Pollution. Geneva: World Health Organization, 1961. p.233-278.
- TRESHOW, M. & PACK, M. R. - Fluoride. In: JACOBSON, J. S. & HILL, A. C. ed. Recognition of air Pollution injury to vegetation: a Pictorial Atlas. Pittsburgh, Air Pollution Control Association, 1970. pp. D1-17.
- VALDÉS-LAFONT GARCIA, O. - Funcionamento ecológico de um bosque tropical. In: CONFERÊNCIA DE PLANIFICACION ECOLÓGICA TERRITORIAL DE LA ACTIVIDAD FLORESTA. Anais, Capitulo II. Instituto de Ecologia y Sistemática, Havana, Cuba, 1991.
- VAN DEN HEED, H. - Determination of fluoride in vegetation: A comparative study of four sample preparation methods. Journal of the AOAC, , 1975. Vol. 58 (6):1135-1137.
- VITOUSECK, P.M.- Mechanisms of íon leaching in natural and managed ecossistems. In: MOONEY, H.A. & GODRON, M. (edits). Distubance and ecossistem: Components of Response. Springer-Verlag, Berlin, 1983. 292 p..
- WEINSTEIN, L.H. - Fluoride and plant life. J. of Occup. Med., 1977. Vol. 19: 49-78
- WEINSTEIN, L.H. & HANSEN, K.S. - Relative Susceptilities of Brazilian Vegetation to airborne Fluoride. Pesq. Agropec. Bras., 1988. Vol. 23 (10) : 1125-1137.

WHITMORE, T.C. - Canopy gaps and the two major groups of forest trees.
Ecology, 1989. Vol. 70 (3): 536-538.

WOODWELL, G.M. - Effects of pollution on the structure and physiology of
ecosystems. Science, 1970. 174 : 1101- 1107.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - Environmental Health Criteria Nr 36;
Fluorine and Fluorides. World Health Organization, 1984.

ZIMMERMAN, P.W. & HITCHOCK, A.E. - Suscetibility of plants to
hydrofluoric acid and sulfur dioxide gases. Contrib. Boyce Thompsom
Institut., 1956. Vol. 18: 263-279.

Date Acq'd:	24/9/98
Indic:	doc, 2 do autor
Lyranal:	
Proce:	Exp
Date Rem'd:	24/9/98