

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas ... Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Jun. n. 1.000 - F. Inheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BR S.L

**A DEGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO DA
SERRA DO MAR EM CUBATÃO**

Relatório Preliminar/1984

O.S. 464.812

CLASS	
A	
NUMERO	013999

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA

Werner Eugênio Zulauf
Diretor-Presidente

Antônio Alves de Almeida
Diretor Administrativo

Fredmar Corrêa
Diretor de Planejamento Ambiental

Nelson Mansour Nabhan
Diretor de Engenharia

Nelson Vieira de Vasconcelos
Diretor de Controle

Paulo Bezerril Júnior
Diretor Financeiro

Samuel Murgel Branco
Diretor de Pesquisa

EQUIPE TÉCNICA:

Da CETESB:

Biol. Cláudio Roberto Palombo - Coordenador
Arqtº Volker R. Link - Gerente
Engº João Ciarrocchi Lopez
Ecol. Antonio Osmar B. Segura
Ecol. Bruno Maset Filho
Secretária Aldair Cintra Ugeda
Datilógrafa Rachel Queiroz Rocha Brito

Com a participação de:

Biol. Mara Magalhães Gaeta
Biol. Renata Mendonça

Trabalhos estatísticos:

Est. Antonio de Castro Bruni

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	04
2. OBJETIVO.....	07
3. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA ESTUDADA.....	08
3.1. Generalidades.....	08
3.2. A degradação da vegetação: problemática local...	13
3.3. Caracterização do complexo industrial de Cuba tão.....	15
4. SUSCETIBILIDADE DOS VEGETAIS A ALGUNS POLUENTES.....	18
5. METODOLOGIA.....	22
6. RESULTADOS.....	25
7. DISCUSSÃO.....	43
8. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos componentes encontrados no ar tem uma fonte natural, que pode ser aumentada por fontes antropogênicas. De um século para cá, são relevantes as influências de fontes advindas de atividades humanas, na atmosfera, com reconhecido potencial poluidor, sendo observados nos últimos 50 anos, efeitos visíveis de degradação vegetal.

Este fato tem sido exaustivamente investigado em outros países, citando-se aqui os trabalhos de: Barret e Benedict (3); Bormann (4); Marx (17); Pandey (22); Roberts (24); Tyler (27); Ulrich (28) entre outros. Trabalhos em laboratório e experimentos intensivos têm documentado a ação dos mais relevantes poluentes atmosféricos com relação à possibilidade de ocorrência de injúrias crônicas e agudas a diversas plantas, além da diminuição de produtividade e crescimento das espécies sensíveis, mas em geral, em experimentos de curta duração.

Os organismos têm desenvolvido, durante a evolução, vários mecanismos de tolerância aos fatores de resistência ambiental. Para as plantas, a tolerância à precipitação atmosférica significa um acúmulo, em seus tecidos, de toxinas em potencial (28). É evidente que tais acúmulos são prejudiciais. Conclui-se então, que visíveis injúrias ocorram depois de um período de tensões invisíveis.

Atualmente dentre as espécies vegetais observa-se um grande espectro de sensibilidade aos diversos poluentes atmosféricos.

Num ecossistema natural, os poluentes atuam nos indivíduos ou espécies sensitivas, mudando significativamente a habilidade competitiva destas; conseqüentemente, pode-se esperar a diminuição de sua eficácia como membro funcional do ecossistema (4).

A morte de uma espécie sensível, geralmente ocorre por efeitos secundários como ataques de pragas; o stress à poluição atmosférica evidencia-se como um importante agente seletivo (4).

O tamanho da planta num momento posterior, com a continuação da poluição, torna-se importante, grandes plantas morrem (4). No caso de uma floresta, com a diminuição de árvores e arbustos, a estrutura é modificada e, conseqüentemente todo ecossistema altera-se, afetando a fauna, o sistema hídrico e o solo.

A extensão dos danos é decorrente também de diversas variáveis, tais como: suscetibilidade geneticamente determinada, estágio de desenvolvimento da planta, fatores climáticos - temperatura, umidade, intensidade e duração da radiação solar, interação entre poluentes, tempo de exposição e características do solo.

Fatores morfológicos interferem na distribuição dos poluentes. A topografia é um grande fator, ex.: montanhas e colinas podem formar canais de fluxo de ar; vales podem promover inversões que funcionam como sifão de poluentes gasosos (4).

A direção dos ventos também afeta a distribuição da poluição atmosférica, corroborando para uma maior ou menor dispersão dos mesmos.

A poluição aérea modifica também a composição das chuvas e nevoeiros, que podem afetar o carregamento de nutrientes nas folhas, aumentar o potencial de infestação por fungos e bactérias patogênicas, favorecer efeitos sinérgicos, além de reduzir o estabelecimento da germinação de sementes de árvores (4).

A precipitação propicia alterações no pH do solo, aumento da disponibilidade de metais tóxicos e maior lixiviação de

nutrientes, afetando então a microfauna do solo.

Experimentos em ecossistemas naturais, como florestas, são dificultados pelo seu porte, sazonalidade, desenvolvimento e outras mudanças sutis. Ademais, este sistema contém centenas de espécies. O ecossistema também varia no espaço, tanto na composição e estrutura, como 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 e pelo potencial gradual de acúmulo de perigo (4).

2. OBJETIVO

Este estudo faz parte do Programa "Cubatão" e do Projeto "Apoio às Ações de Controle", interagindo com os outros projetos, relativos a esta área, abrangendo "Caracterização Química das Águas de Chuva", Caracterização Meteorológica e Aplicação de Modelos de Dispersão", "Implantação de Cadastro e Inventário de Fontes de Poluição"; "Amostragem em Chaminés", "Estudos Especiais de Materiais Particulados" e "Monitoramento da Qualidade do Ar".

O objetivo básico reside na tentativa de se implantar uma metodologia capaz de fornecer indicações de quais contaminantes atmosféricos estão atuando na degradação da vegetação da Serra do Mar, em Cubatão.

Na ausência de informações das condições primitivas desta área, além da falta de trabalhos relativos ao assunto em outras regiões tropicais, e de modo a se atingir o objetivo proposto, fez-se, então, um estudo comparativo entre áreas próximas, nesta região, de tal modo que estas apresentassem composição florísticas diferentes, caracterizadas principalmente, pelos níveis de degradação.

O perfil ecológico desta região será traçado através da interação do estudo em vegetação e solo de cada local.

3. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA ESTUDADA

3.1. Generalidades

A área de estudo encontra-se dentro do domínio tropical atlântico ou domínio dos "mares de morros". Este é extensivamente florestado e desenvolvido em posição azonal, na fachada atlântica tropical do Brasil, 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.

A cidade de Cubatão situa-se na área de coalescência aluvial e flúvio-marinha do Baixo Mogi e do Baixo Cubatão, por entre braços de um delta lagunar flúvio-marinho, exatamente ao fundo do principal estuário regional; encontram-se atrás, os paredões interiores da Serra do Mar e seus esporões subparalelos, situados ao norte e ao sul de Cubatão, obedecendo a uma conformação geomorfológica, designada por "pinça de Caranguejo", expressão introduzida por Fernando Flávio Marques de Almeida em 1953. Esta disposição topográfica induz a circulação dos ventos, propiciando a ocorrência de condições não muito favoráveis à dispersão de poluentes (7).

Nesta região, 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° e ocasionalmente 55°.

Nos morros e escarpas ocorrem solos do tipo latossolos e podzólicos vermelho-amarelos, sendo nas encostas predominantemente arenosos, mas nem sempre com boa aeração.

Esta área apresenta clima do tipo Af - clima tropical

cal chuvoso de selva, sem temporada de seca bem definida.

O clima é condicionado por três tipos de correntes atmosféricas:

- a. Tropical Atlântica (leste-nordeste) - quente e úmida, mais atuante no verão.
- b. Massa Polar Atlântica (sul-sudoeste) - fria, geralmente úmida e mais atuante no inverno.
- c. Massas Equatorial Continental e Tropical Continental (de noroeste). A primeira, quente e úmida e a segunda, quente e seca, que sopram ocasionalmente do planalto para a baixada.

A umidade relativa do ar em Cubatão é muito elevada, com média mensal superior a 80%.

A condensação do ar saturado junto à Serra causa nevoeiros, neblinas ou fortes cerrações.

O regime de chuvas é basicamente tropical, com o total médio anual superior a 3 300 mm e normalmente com estação mais seca entre os meses de abril a setembro. A pluviosidade varia espacialmente segundo fatores topográficos: as chuvas aumentam da costa para o interior, sendo que na porção mais elevada das escarpas da Serra, onde a condensação é maior, registram-se os maiores índices.

A precipitação da região é predominantemente de caráter orográfico e devido ao avanço de sistemas frontais.

Quanto aos ventos superficiais, no período diurno (Fig.1) a predominância é na direção sudoeste, podendo acumular e transportar material em suspensão em direção à Vila Parisi e fundos do Vale do Rio Mogi. À noite e ao amanhecer (Fig.2), a direção mais persistente é a de nordeste, favorecendo uma acumulação de poluentes no fundo do Vale do Mogi e Vila Parisi permitindo a formação de inversões no fundo do vale e a completa estabilização local,

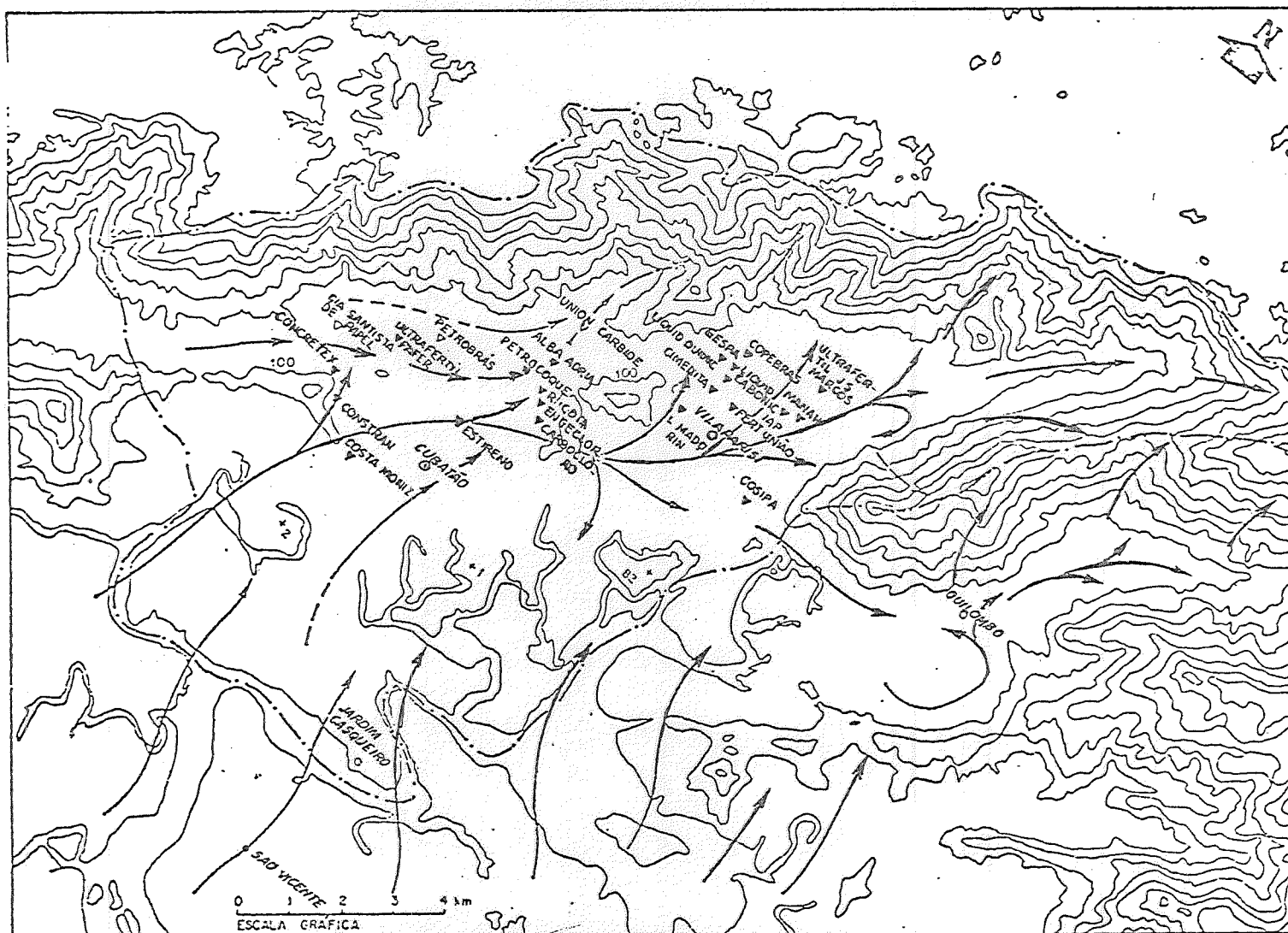


FIGURA 1 - Fluxo do vento combinado entre a Brisa Marítima e o Vento Anabático (aquecimento de montanha), observado sob condições de anticiclone (alta pressão) durante o dia. (7)

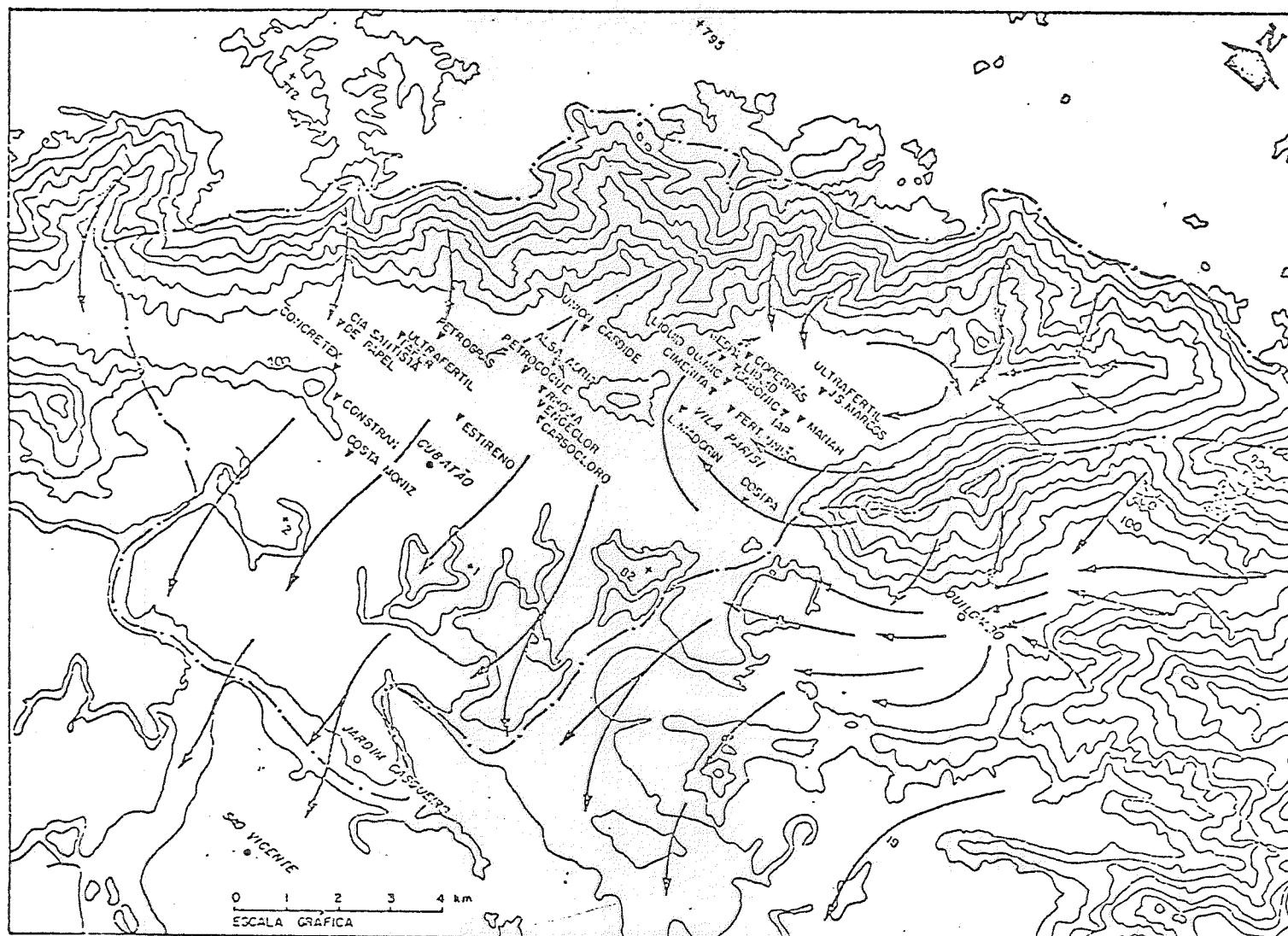


FIGURA 2 - Fluxo do vento entre a Brisa Terrestre e o Vento Catabático (resfriamento da montanha), observado sob condições de anticiclone (alta pressão), durante a noite (7)

principalmente nos meses de inverno e em dias de domínio de anticiclone subtropical marítimo.

Nesta região, a média anual de calmaria é de 30%, sendo mais elevada entre os meses de fevereiro a agosto. É interessante ressaltar que embora as calmarias sejam grandes entre fevereiro a abril, esta 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 taxa de calmaria torna-se bastante significativa, uma vez que os índices pluviométricos são mínimos (7).

A cobertura vegetal primitiva é a mata tropical atlântica ou floresta latifoliada úmida de encosta, com folhas perenes e hidrófilas, caracterizando-se por uma vegetação densa, com o predomínio de espécies lenhosas de 20 a 30 m de altura e, rica em lianas e epífitas (9).

A estrutura vegetal é composta por:

- Sinúsia arbórea - dois ou mais estratos formando um dosel contínuo.
- Sinúsia arbustiva - pouco densa em virtude da baixa luminosidade.
- Sinúsia das lianas, terrestres ou epífitas - abundante em todos os níveis, desde o solo até os troncos mais elevados.
- Sinúsia herbácea - adapta-se à baixa luminosidade e à umidade normalmente elevadas.
- Sinúsia formada por líquens, musgos, hepáticas e algas - ocorre sobre os barrancos úmidos, concavidades das rochas e troncos de árvores.

Atualmente, os morros e escarpas da Serra do Mar na Baixada Santista estão, em maior ou menor escala, desprovidos da vegetação primitiva. Nos pontos mais preservados a dominância é dada por vegetais arbóreos. Os representam

tes epifíticos aparecem em segundo lugar, apresentando grande número de Bromeliáceas e Orquídeas.

3.2. A degradação da vegetação: problemática local

Existe um consenso generalizado de que florestas de sempenham um importante papel na proteção do solo, e sua destruição pode promover não somente a erosão, mas tam bém movimentos coletivos de solos (23).

Várias influências da cobertura vegetal natural têm sido constatadas através de seus efeitos positivos sobre o microclima, formação e proteção dos solos, controle da ocorrência superficial das águas e a manutenção do extre mamente complexo equilíbrio edafo-hidro-biótico (23).

A água em suas formas de circulação é, em toda a zo na morfoclimática tropical úmida, um componente indispen sável na dinâmica dos processos.

O clima extremamente úmido favorece a decomposição "in situ" das rochas cristalinas em mantos profundos com liberação apenas de material fino. O regime pluviométrico de fortes aguaceiros pode ocasionalmente carregar massas densas de material por deslizamento.

A floresta tem grande importância na interceptação das águas de chuva, defendendo assim o terreno do impacto das gotas, provocando efeito de retardo no período de pre cipitação, além de reter um volume apreciável de água nos diversos componentes do "edifício vegetal".

A água das chuvas é interceptada pelo dossel de fo lhas, pela camada superficial de detritos e por um corpo constituído pelo de solo, raízes e detritos dispostos em todas as direções e pouco profundo. Neste corpo estabele ce, encosta abaixo, o escoamento conhecido como drenagem

lateral. Segundo Prandini et al (23), com as condições reinantes nas encostas das Serra do Mar, esta forma de escoamento deve ser de extrema importância.

Além disso, a circulação fisiológica da água nas árvores e demais vegetações da floresta pluvial é reconhecidamente grande - transpiram livremente (23). A tendência do excesso de água não metabolizada é de se evaporar; com isso a cobertura vegetal diminui a variação da temperatura e da umidade do solo.

Com a ausência da floresta, as expansões/ dilatações e retrações/contrações, a que o maciço se submete a cada variação de temperatura e umidade, contribuem para a in temperização deste.

Outro efeito da floresta é a limitação da área afetada por escorregamento, através da retenção da massa escorregada, ou seja, o efeito freador (23).

Com o desmatamento cessam os efeitos estabilizantes da floresta, tendo-se a curto prazo, a perda da camada superficial de detritos (erosão e calcinação), elevação do lençol freático como consequência da eliminação da atividade de evapotranspiração e, a médio prazo, perda dos efeitos mecânicos do sistema radicular (deteriorização do tecido vegetal). Posteriormente, sob condições pluviométricas especiais, podem ocorrer grandes movimentos de solos provocando casos catastróficos para as populações em áreas próximas.

A partir de meados da década de setenta, evidenciou-se um outro tipo de agressão ao ecossistema florestal das encostas da Serra, junto a Cubatão: a degradação da cobertura vegetal, que estende-se até a Serra de Paranapiacaba, levando a problemas do mesmo nível que os observados em áreas desmatadas na região.

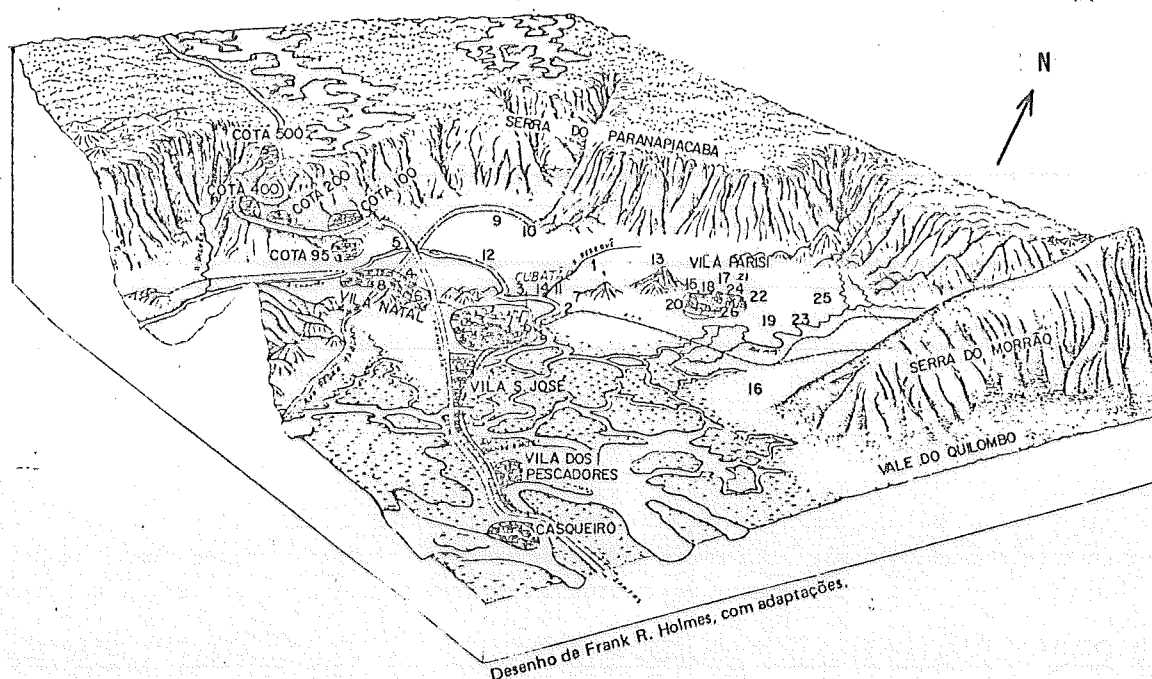
Através do tamponamento parcial das planícies aluviais e dos pântanos salinos, para a construção do complexo urbano-industrial de Cubatão, ocasionou a formação de células de calor. Com a falta de movimento do ar ao nível da superfície, criam-se bolsões de ar quente. Este ar quente é desviado parcialmente pelos ventos provenientes do mar, que sopram do leste, do sudoeste e do sul, para o lado da Serra de Paranapiacaba, pelo corredor do Rio Mogi entre a escarpa principal da Serra do Morroão. A consequência disto é que um grande volume de particulados e gases, elevados pelo ar quente e posteriormente despejados pelas chuvas orográficas, afeta, significativamente, a floresta presente nas encostas e altos da serra (1).

3.3. Caracterização do complexo industrial de Cubatão

O complexo industrial de Cubatão situa-se em uma área de aproximadamente 20 km², localizada próxima à encosta da Serra do Mar, numa topografia que não é favorável à dispersão dos poluentes (vide item 3.1). Este complexo é formado por pouco mais de duas dezenas de indústrias; onde se destacam as de fertilizantes, químicas, petroquímicas e siderúrgica, e dois importantes núcleos residenciais-Cubatão Centro e Vila Parisi (fig.3).

De acordo com dados da CETESB (5), são lançados na atmosfera cerca de 30 mil toneladas/mês de poluentes químicos, compostos de 50,8% de gases inorgânicos; 37% de material particulado; 11,8% de gases e vapores orgânicos; 0,4% de ácidos (névoas e gases).

Na tabela 1 são apresentadas as estimativas de emissão real (total) de poluentes liberados por algumas indústrias, onde se nota uma quantidade significativa de: dióxido de enxofre, monóxido de carbono, material particulado e fluoreto.



LEGENDA:

- | | |
|--|--|
| 1. Alba Química S.A. Indústria e Comércio | 14. Titanor S.A. Brasil Ind. e Com. de Máquinas e Metais Ltda. |
| 2. Carbocloro S.A. Indústria e Comércio | 15. Cimento Santa Rita S.A. |
| 3. Cia Brasileira de Estireno | 16. Cia Siderúrgica Paulista - COSIPA |
| 4. Concretex | 17. Copebrás S.A. |
| 5. Cia Santista de Papel | 18. GESPA - Gesso Paulista S.A. |
| 6. Constran S.A. - Const. e Comércio | 19. IAP S.A. Indústria de Fertilizantes |
| 7. Engeclor Indústria Química S.A. | 20. Adubos Trevo |
| 8. Morresi Agro Industrial | 21. Liquid Carbonic |
| 9. Petrobrás - Petróleo Brasileiro S.A. Ref. P. Bernardes | 22. Liquid Química S.A. |
| 10. Petrocoque S.A. Indústria e Comércio | 23. Manah |
| 11. Rhodia S.A. | 24. Solorrico S.A. Indústria e Comércio |
| 12. Ultrafétil S.A. Ind. e Comércio de Fertilizantes-FAFER | 25. Ultrafétil S.A. Indústria e Comércio Fertil |
| 13. Union Carbide do Brasil Ltda. | 26. Usibasa - Usinagem Industrial S.A. |

Em Cubatão e municípios da Baixada Santista, as montanhas do interior impedem a dispersão horizontal dos poluentes.

Figura 3 - Topografia do Município de Cubatão

Tabela 1 - Estimativa da emissão real (total) de poluentes por indústria - Kg/dia (12).

FIRMA	M.P.	SOx	CO	HC	NOx	ALDEIDOS	FLUORETOS	H2S	NEVOAS ÁCIDAS	CO2	AMÔNIA	ÁCIDO NÍTRICO	MEA	GÁS CLORO	HCL
ADUBOS TREVO S/A	578	682	04	01	57	01									
ALBA QUÍMICA		Obs. 1													
CARBÓCLORO S/A	198	2.484	57	11	669	11								2.521	18
CIMENTO SANTA RITA S/A	742	170	06	01	68	01									
CIA. BRASILEIRA DE ESTIRENO	295	3.404	114	22	1.358	22									
CIA. SANTISTA DE PAPEL	70	812	27	05	324	05									
COSIPA		Obs. 1													
CONCREBRAS S/A		Obs. 1													
CONCRETEX S/A		Obs. 1													
COPEBRAS S/A	1.756	8.470	199.708	7.489	1.786	7.141	3.495	4.292	833						
EYGEBASA		Obs. 2													
EYGECLOR		05													
GESPA	506	2.500	17	03	197	03									
IAP S/A	22.348	2.979	06	01	81	01	36		31						
LIQUID CARBONIC		Obs. 2													
LIQUID QUÍMICA	04	46	01		18										
MANAH S/A	5.801	765	10	02	120	02	557								
MINERAÇÃO DIPLOMA TA LTDA		Obs. 1													
PETROCOQUE S/A	1.351	785	05	01	62	01									
PETRÓLEO BRASILEI RO S/A	2.400	28.847	803	48.226	9.256	107									
RHODIA S/A	21	240	08	02	96	02									15
SOLORRICO S/A	8.031	352	06	01	67	01	18								
TITANOR		Obs. 2													
ULTRAFERTIL S/A Av. Engº Plínio...	2.360	9.351	3.595	1.848	399	02	2.819		35	553.392	46.110	179	23		
ULTRAFERTIL S/A Av. Bernardo	559	6.164	91	98	14.448					111.329	9.779	80	05		
UNION CARBIDE	317	4.157	168	112	1.438	17		11							

Obs. 1 - Levantamento Industrial não concluído.

Obs. 2 - Emissão não significativa.

4. SUSCETIBILIDADE DOS VEGETAIS A ALGUNS POLUENTES

A variabilidade da sensibilidade aos poluentes atmosféricos, entre as diversas espécies vegetais, é ampla tanto a nível inter quanto a intra específico.

De forma genérica, a seguir são descritos os sintomas da atuação de alguns contaminantes atmosféricos sobre as plantas:

- SO_2 - O dióxido de enxofre entra na planta através dos estômatos, competindo com o CO_2 , indo ao mesófilo, onde este reage com a água formando o íon sulfito. Em seguida o sulfito é oxidado lentamente para o íon sulfato e posteriormente convertido na forma orgânica. Quando em excesso o íon sulfato acumula-se nas folhas sendo tóxico para as células mesofílicas. Dependendo do nível de acúmulo, a folha pode apresentar dois tipos de marcas-agudas e crônicas. Agudas - São danos causados pela ação de uma grande concentração de poluente em curto espaço de tempo.

Crônicas - Quando a planta tem contato com uma pequena quantidade do elemento em um longo período.

Os perigos ao metabolismo são a depressão da fotossíntese, transpiração e respiração.

As folhas adultas são as mais sensíveis.

- Fluoretos - gases compostos tais como HF e tetrafluoreto de sílica provavelmente são os principais responsáveis pela injúria à vegetação. Materiais particulados como fluoreto de cálcio ou pó de criolita são depositados na superfície foliar onde têm pouco efeito na planta e são facilmente lavados pela chuva.

A injúria à vegetação é um resultado do gradual acúmulo nos tecidos da planta.

A entrada principal é pelas folhas; alguma quantidade de fluoreto do solo pode ser absorvido pelas raízes, mas esta é insignificante na contribuição à injúria.

Os fluoretos aparentemente entram através dos estômatos ou diretamente pelas células e posteriormente são absorvidos

pelas células mesofílicas. Eles se movimentam com a transpiração em direção as margens das folhas onde são acumulados.

- NO_x - A maior razão da importância dos NO_x como poluentes é a sua participação em reações fotoquímicas produzindo ozona (O_3) e nitrato de peroxiacetil (PAN), dois oxidantes altamente fitotóxicos.

O NO_2 pode induzir injúrias à vegetação, aparecendo sintomas crônicos ou agudos nas folhas. Ataca as células mesofílicas e sua toxicidade é consideravelmente maior quando as plantas são expostas ao poluente no escuro.

É reportado que o PAN nas folhas produz um colapso na camada de células mesofílicas principalmente junto aos estômatos. O colapso total e necrose dos tecidos foliares ocorrem quando plantas suscetíveis são expostas a altas concentrações de PAN.

- Amônia - A concentração deste poluente necessária para ocorrência de danos à vegetação é cerca de 10 vezes àquelas descritas pelo SO_2 e semelhante às concentrações tóxicas de NO_2 .

Estudos em laboratório mostraram que este poluente pode provocar um agudo colapso dos tecidos foliares, com ou sem subsequente perda de clorofila.

As folhas adultas são as mais sensíveis.

- Material particulado (incluindo metais pesados) - Pouco se sabe sobre seus efeitos.

Muito dos particulados são inertes.

Partículas alcalinas oriundas, por exemplo, de manufatura de cimento podem produzir danos à vegetação próxima destas fontes (16).

A deposição de particulados sobre as folhas intercepta a luz que atinge a superfície foliar, reduzindo assim a fotossíntese.

Além disso, os resíduos depositados nas folhas, podem originar um verdadeiro filme impermeável sobre a sua super

fície, prejudicando todos os processos que envolvam trocas gasosas (14).

Quanto aos metais pesados - chumbo, manganês, zinco, níquel, boro, berilo e cádmio - vários trabalhos associam estes elementos a injúrias na vegetação. Estudos em grandes rodovias tem associado o conteúdo de chumbo da vegetação com gases emitidos por automóveis (16). Análises preliminares tem mostrado altos níveis de níquel, manganês e boro contido em alguns casos de danos e morte de vegetação (16).

Na figura 4 visualiza-se alguns aspectos morfológicos de uma folha madura, destacando-se a estrutura superficial e intrafoliar.

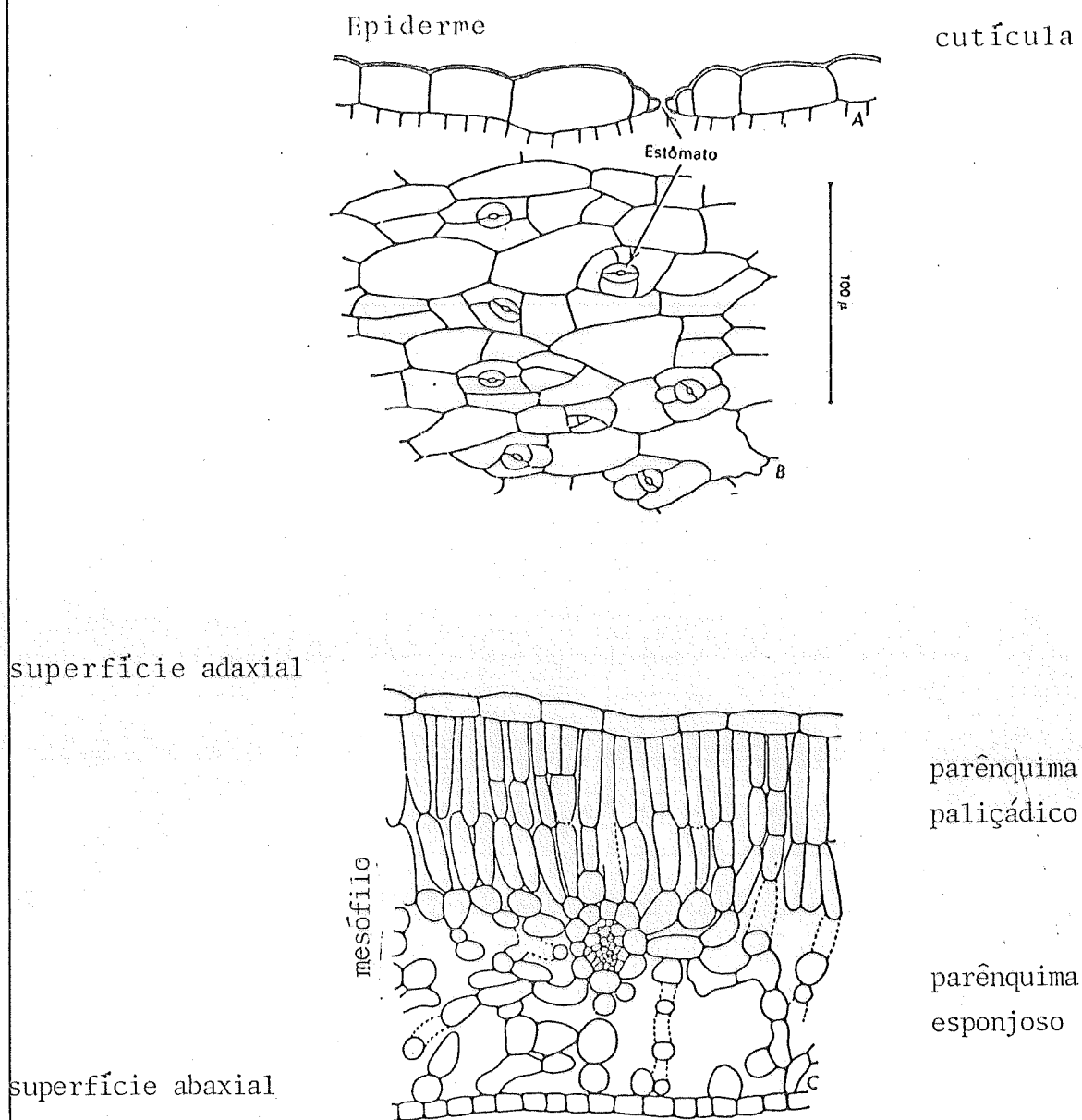


Figura 4 - Esquema da anatomia foliar. A, estrutura da epiderme (corte transversal). B, aspecto da superfície foliar. C, corte transversal da folha destacando o mesófilo.

FONTE: Esau, K. Anatomia das plantas com sementes; Trad. Berta Lange, Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1974.

5. METODOLOGIA

Com delineamento de implantação metodológica, foram definidas duas áreas situadas estrategicamente: uma, em região que sofresse ação marcante de poluição, e outra, em que a contaminação fosse bem menor. Também levou-se em consideração os aspectos climáticos, ventos, situação geográfica e principalmente a possibilidade de acesso. Considerou-se como característica subjetiva os aspectos fitofisionômicos, destacando-se o grau de degradação da vegetação.

Com esses dados, optou-se pela escolha de regiões localizadas no Vale do Rio Quilombo (área considerada de contaminação pequena) localizada entre os pontos $46^{\circ} 19' 21''$ W, $23^{\circ} 50' 19''$ S e $46^{\circ} 19' 28''$ W, $23^{\circ} 50' 33''$ S com uma largura aproximada de 50 m, e o Vale do Rio Mogi (área considerada marcadamente poluída), nos pontos $46^{\circ} 21' 14''$ W, $23^{\circ} 49' 47''$ S e $46^{\circ} 21' 37''$ W, $23^{\circ} 49' 50''$ S, com uma largura em torno de 20 m.

As áreas escolhidas apresentam formas de acesso diferentes: o Vale do Rio Quilombo pode ser atingido através de uma estrada que se inicia próxima à Rodovia Piaçaguera-Guarujá, e acompanha a adutora da Cosipa, além desta ser utilizada pelo DAEE para leituras de vazão num determinado ponto deste rio.

No caso do Vale do Rio Mogi, através de informações com o pessoal de apoio que trabalha na estrada de ferro Santos - Jundiaí, próximo a estação da Raiz da Serra, encontrou-se uma trilha que dá acesso ao topo da Serra do Morrão, local ao longo do qual foram realizadas as coletas.

A escolha do material vegetal para análise recaiu sobre as folhas, pois, são as estruturas mais suscetíveis das plantas, dada a sua fisiologia estar intimamente relacionada às trocas gasosas e de acumular diversos compostos.

O folheto foi escolhido no sentido de embasar os resultados encontrados nas folhas, pois se o vegetal acumula certas substâncias, espera-se que este material dê evidências deste fato.

Em cada uma dessas áreas de estudo, denominados pontos de amostragem, foram realizadas cinco campanhas de coleta. Em cada um desses pontos, estabeleceu-se um raio de mais ou menos 10 m, em 5 direções distintas, a partir do qual eram realizadas as coletas.

Em cada um dos locais, o coletor recolhia folhas da vegetação em torno de si, relativo, predominantemente, ao extrato arbóreo e arbustivo. O folheto, folhas secas presentes sobre o solo, também foi coletado; em suma, no final do período de amostragem, tinham sido coletadas 50 amostras de folha e 50 de folheto, perfazendo 100 amostras de material vegetal.

Para a amostragem de solo, foram realizadas três campanhas nestas duas áreas já descritas, coincidindo com os pontos de amostragem de material vegetal. Com um trado de 5 cm de diâmetro interno, e 14 cm de altura, coletou-se solo a profundidades de 20, 40 e 60 cm; em alguns pontos pode-se chegar até 1 m de profundidade perfazendo 56 amostras de solo.

Todo material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e posteriormente enviado ao CENA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, em Piracicaba, para análise. Na Seção de Radioquímica e Química Analítica foram realizadas as análises de folha e folheto, para os seguintes elementos: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), sódio (Na) e alumínio (Al). As análises de solo foram realizadas na Seção de Fertilidade do Solo, para os seguintes parâmetros: 1) Teores trocáveis - nitrogênio (N), carbono (C), fosfato (PO_4^{--}), potássio (K^+), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), hidrogênio (H^+), sódio (Na^+) e alumínio (Al^{+++}). 2) Teores totais - titânio (Ti), fos

fôro (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), estrôncio (Sr), níquel (Ni), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), bário (Ba), sódio (Na), alumínio (Al) e cobalto (Co), além do pH.

Os dados obtidos na vegetação foram submetidos a uma análise estatística. Empregou-se a estatística não paramétrica proposta por Kruskal - Wallis (17) para se testar cada elemento estudado quanto à existência de diferença significativa entre os 5 pontos de amostragem, tanto para o vale do Rio Quilombo como para o Rio Mogi, isto é, se existe homogeneidade das amostras obtidas em cada local.

Os parâmetros que apresentaram diferença significativa entre as médias ao nível de significância de 5%, foram considerados pontos heterogêneos, não sendo possível para este elemento, uma comparação estatística entre as duas áreas estudadas, ficando, neste caso, a comparação restrita a pontos de amostragem.

Para aqueles elementos cujas diferenças das médias estiveram abaixo desse valor, pode-se assumir a hipótese de homogeneidade entre os pontos de amostragem e assim tornou-se viável a comparação entre os dois vales.

A partir daí foram feitos testes com os elementos considerados em homogeneidade, no sentido de se averiguar a existência de uma diferença significativa do Quilombo em relação ao Mogi.

As análises de flúor (F) foram realizadas nos laboratórios da DAMAR - CETESB. Porém, devido a problemas de capacidade analítica deste laboratório, somente 20 das 100 amostras de folha e folheto, puderam ser analisadas escolhendo-se então, uma amostra de cada campanha.

6. RESULTADOS

Os resultados das análises químicas quantitativas das folhas, nas cinco campanhas de amostragem, realizadas nos dois locais de estudo, estão contidos nas tabelas de 2 a 6.

Nas tabelas de 7 a 11 encontram-se os dados relativos ao folheto, para as mesmas campanhas nas áreas estudadas.

Os resultados analíticos das amostras de solo, quanto à concentração de íons trocáveis, pH e, obtidos em várias profundidades nas 3(três) campanhas, aparecem descritos nas tabelas de 12 a 14.

A média das análises químicas realizadas no solo, estão descritas na Tabela 15.

Na tabela 16 pode-se observar, para cada elemento analisado, nas cinco campanhas de amostragem, aqueles que se comportam de forma homogênea ao nível de 5% de significância.

A comparação dos elementos analisados nas folhas e folhedos que apresentam homogeneidade, ao nível de 5% de significância, nas 2(duas) áreas podem ser observadas na Tabela 17.

A Tabela 18, foi montada a partir da anterior, levando-se em consideração, somente os elementos que apresentam diferença estatisticamente significativa.

Tabela 2 - Análise Química Quantitativa de FOLHA

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	2,97	2,60	2,99	3,33	2,76	2,930	2,7	5,46	4,25	4,04	3,48	3,69	4,384	0,80
P	%	0,35	0,34	0,30	0,21	0,15	0,270	0,9	0,30	0,27	0,25	0,16	0,20	0,236	0,05
K	%	2,31	1,88	1,87	1,21	1,11	1,676	0,5	2,21	2,41	1,72	1,25	1,08	1,734	0,58
Ca	%	1,34	1,06	1,39	1,04	1,33	1,232	0,17	0,76	1,18	1,08	1,02	1,02	1,012	0,15
Mg	%	0,39	0,36	0,39	0,14	0,24	0,304	0,11	0,35	0,35	0,19	0,17	0,14	0,240	0,1
S	%	0,42	0,38	0,58	0,29	0,29	0,392	0,12	0,27	0,37	0,38	0,35	0,28	0,330	0,05
F	µg/g	440					440		386					386	
Fe	ppm	1939	1751	1989	2418	13228	1885,0	396	3069	4268	2342	1969	1912	2712	984,6
Cu	ppm	19,9	20,3	21,4	11,0	13,5	17,22	4,65	17,3	13,1	10,5	9,1	10,4	12,08	3,26
Mn	ppm	210	217	349	470	434	336,0	120	713	767	537	776	423	643,2	156,2
Zn	ppm	109	120	70	54	46	79,8	33,06	63	73	62	46	52	59,2	10,5
B	ppm	45	35	33	62	31	41,2	12,8	36	53	58	42	69	51,6	13,05
Na	ppm	2269	1525	1943	1341	1111	1637,8	466,3	1710	1618	1572	790	1111	1360,2	394
Al	ppm	494	1400	2829	461	1129	1262,6	964,8	493	481	641	340	442	479,4	108,5

Tabela 3 - Análise Química Quantitativa de FOLHA

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	2,80	2,63	2,50	3,19	3,40	2,904	0,38	3,92	4,14	4,16	3,44	3,53	3,838	0,38
P	%	0,20	0,12	0,11	0,16	0,11	0,140	0,04	0,25	0,26	0,27	0,29	0,20	0,254	0,03
K	%	2,58	1,41	1,41	2,05	1,52	1,794	0,51	1,11	1,47	1,31	1,94	1,39	1,444	0,31
Ca	%	0,88	1,12	1,11	1,31	1,74	1,232	0,32	1,26	0,71	1,14	0,63	1,15	0,978	0,29
Mg	%	0,36	0,41	0,37	0,48	0,38	0,400	0,05	0,25	0,24	0,31	0,25	0,21	0,252	0,04
S	%	0,37	0,38	0,38	0,52	0,55	0,440	0,09	0,53	0,33	0,42	0,38	0,41	0,414	0,07
F	µg/g		99				99			454				454	
Fe	ppm	1921	1616	2921	2388	3872	2543,6	891,54	7512	2618	4022	2859	2563	3914,8	2096
Cu	ppm	14,3	9,9	9,7	19,3	11,4	12,92	4,02	28,8	15,7	15,4	16,4	12,2	17,70	6,41
Mn	ppm	181	392	604	389	1116	536,4	356,8	424	600	850	452	632	591,6	170,3
Zn	ppm	44	50	48	45	68	51,0	9,8	69	99	59	56	66	69,8	17,1
B	ppm	29	37	35	40	70	42,2	16,05	59	73	50	46	84	62,4	15,9
Na	ppm	1695	3710	3081	2065	2508	2611,8	802,6	1348	3309	2113	1562	2538	2174	788
Al	ppm	1104	1896	2980	3015	5940	2987,0	1834	7269	375	646	310	413	436,0	3419

Tabela 4 - Análise Química Quantitativa de FOLHA

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	3,51	3,16	3,21	2,74	3,87	3,298	0,42	8,30	5,80	5,35	3,98	4,29	5,544	1,711
P	%	0,12	0,12	0,13	0,09	0,32	0,156	0,09	0,25	0,31	0,41	0,25	0,29	0,302	0,066
K	%	1,41	1,80	2,26	1,58	3,13	2,036	0,69	2,01	2,19	2,01	1,78	1,76	1,950	0,18
Ca	%	1,63	1,06	1,21	0,62	1,78	1,260	0,463	1,18	1,28	1,57	1,37	1,15	1,310	
Mg	%	0,39	0,47	0,44	0,27	0,39	0,392	0,08	0,26	0,48	0,40	0,28	0,31	0,346	0,169
S	%	0,62	0,38	0,62	0,44	0,40	0,492	0,119	0,41	0,35	0,57	0,49	0,61	0,486	0,108
F	µg/g			106			106				838			838	
Fe	ppm	3014	1851	2824	1947	2131	2353,4	530,3	4913	7781	12510	4714	6236	7230,8	5196,4
Cu	ppm	16,1	17,2	16,2	14,5	20,3	16,86	2,15	11,3	16,3	16,1	9,2	10,0	12,58	3,39
Mn	ppm	454	450	1081	276	211	494,4	344,9	744	983	945	692	898	852,4	127,7
Zn	ppm	50	48	53	43	68	52,4	9,4	89	69	137	82	70	89,4	27,9
B	ppm	46	43	46	22	53	42,0	11,8	65	31	70	43	50	51,8	15,9
Na	ppm	1650	3908	2735	2086	1496	2375,0	982,5	2529	908	4028	2735	2986	2637,2	1125,5
Al	ppm	5953	1011	4400	2296	436	2819,2	2320,7	812	539	941	461	2077	966,0	651,2

Tabela 5 - Análise Química Quantitativa de FOLHA

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	4,24	2,94	2,94	2,76	3,54	3,284	0,610	4,15	3,58	5,25	4,98	3,82	4,356	0,728
P	%	0,26	0,20	0,12	0,11	0,17	0,172	0,061	0,24	0,21	0,34	0,25	0,24	0,256	0,049
K	%	2,99	2,05	1,13	1,49	0,24	1,58	1,03	1,76	1,47	3,35	2,56	2,05	2,238	0,740
Ca	%	1,48	1,64	1,41	1,21	0,96	1,34	0,26	1,40	1,53	1,33	1,35	1,31	1,384	0,088
Mg	%	0,34	0,32	0,37	0,33	0,33	0,338	0,019	0,27	0,24	0,34	0,50	0,30	0,330	0,102
S	%	0,43	0,45	0,38	0,37	0,36	0,398	0,039	0,36	0,50	0,38	0,43	0,37	0,408	0,058
F	µg/g				185		185					494		494	
Fe	ppm	1594	2326	3663	1886	1571	2208	868	3862	7321	12630	12690	6594	8618,6	3907,5
Cu	ppm	16,7	13,6	8,8	14,1	12,9	13,22	2,8	7,5	8,4	18,9	13,2	7,5	11,10	4,96
Mn	ppm	91	181	325	330	363	258	117	400	559	696	1138	433	645,2	299,2
Zn	ppm	46	55	47	39	74	52,2	13,4	55	72	95	78	62	72,4	15,4
B	ppm	39	35	48	50	40	42,4	6,3	33	47	42	17	26	33	12
Na	ppm	595	1244	2531	1731	2101	1640,4	752,2	2483	2728	2878	1331	836	2051,2	911,5
Al	ppm	293	1650	6638	5776	3240	3519,4	2683,3	2754	1321	1368	901	685	1405,8	805,3

Tabela 6 - Análise Química Quantitativa de FOLHA

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	2,74	2,91	2,50	3,44	2,29	2,776	0,439	3,35	5,46	3,31	4,27	6,95	4,668	1,547
P	%	0,14	0,16	0,13	0,13	0,10	0,132	0,021	0,21	0,26	0,20	0,29	0,26	0,244	0,037
K	%	1,54	1,43	1,58	1,72	1,19	1,492	0,198	1,47	2,53	1,13	2,37	2,14	1,928	0,601
Ca	%	1,32	0,93	1,27	0,76	1,19	1,094	0,239	1,32	1,13	1,34	0,96	1,13	1,176	0,156
Mg	%	0,30	0,39	0,29	0,35	0,38	0,342	0,045	0,30	0,44	0,24	0,54	0,57	0,418	0,199
S	%	0,39	0,39	0,25	0,32	0,32	0,334	0,058	0,40	0,40	0,37	0,29	0,36	0,364	0,045
F	µg/g	67					67					151		151	
Fe	ppm	676	757	772	1417	1505	1025,4	612,47	6472	10740	7679	2795	6350	6807,2	2856,8
Cu	ppm	11,7	11,0	14,4	11,2	9,9	11,64	1,67	8,9	14,8	10,4	13,0	14,4	12,3	2,565
Mn	ppm	314	281	165	507	303	314,0	123,14	596	984	550	632	1150	782,3	267,93
Zn	ppm	51	59	49	44	35	47,6	8,876	60	75	81	66	70	70,4	8,080
B	ppm	31	29	26	24	45	31,0	8,276	41	35	36	30	30	34,4	4,615
Na	ppm	2000	2472	1888	2067	1932	1711	466,24	1348	974	1798	1977	1438	1507,0	393,608
Al	ppm	857	540	2874	363	2747	1476,2	1231,65	1029	865	820	200	585	699,8	321,360

Tabela 7 - Análise Química Quantitativa de FOLHEDO

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	1,80	2,36	1,95	1,90	2,38	2,078	0,272	4,51	3,68	3,55	4,15	3,04	3,786	0,565
P	%	0,09	0,26	0,11	0,08	0,09	0,126	0,075	0,23	0,14	0,17	0,27	0,26	0,214	0,056
K	%	0,16	0,99	0,25	0,46	0,15	0,402	0,351	0,21	0,77	0,21	0,37	0,22	0,356	0,241
Ca	%	1,91	1,68	1,80	1,41	1,57	1,674	0,195	2,24	1,61	1,61	1,96	2,13	1,910	0,291
Mg	%	0,22	0,46	0,26	0,19	0,22	0,270	0,109	0,16	0,17	0,17	0,17	0,12	0,158	0,021
S	%	0,19	0,43	0,19	0,30	0,13	0,248	0,118	0,29	0,24	0,21	0,38	0,28	0,280	0,064
F	µg/g	92					92		94					94	
Fe	ppm	7098	1530	6073	2898	5502	4621,4	2320,7	20270	5597	12810	23350	14720	38407,4	26685,82
Cu	ppm	26,9	43,5	20,7	22,3	18,0	26,28	10,154	32,5	12,1	18,7	19,9	16,3	19,90	7,648
Mn	ppm	289	614	383	256	356	439,6	155,721	1490	973	1399	988	791	1128,2	300,698
Zn	ppm	154	164	70	48	55	98,2	56,180	173	89	127	182	169	148,0	39,191
B	ppm	24	39	19	21	19	24,4	8,414	51	68	55	46	71	58,2	10,848
Na	ppm	300	1019	437	653	274	536,6	308,673	881	927	384	653	653	699,6	217,119
Al	ppm	5970	1150	5117	2275	1888	3280,0	2126,92	2145	832	1537	2008	1400	1584,4	523,465

Tabela 8 - Análise Química Quantitativa de FOLHEDO

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	2,00	2,19	2,80	2,46	1,48	2,186	0,496	3,79	3,88	3,92	3,99	3,66	3,848	0,127
P	%	0,08	0,08	0,08	0,07	0,05	0,072	0,013	0,26	0,22	0,21	0,28	0,24	0,242	0,028
K	%	0,11	0,15	0,15	0,77	0,09	0,254	0,289	0,18	0,34	0,14	0,12	0,28	0,212	0,094
Ca	%	2,05	1,71	1,61	2,22	1,13	1,744	0,423	1,88	1,55	1,70	1,23	1,84	1,640	0,263
Mg	%	0,22	0,20	0,22	0,43	0,12	0,238	0,114	0,17	0,18	0,14	0,17	0,18	0,168	0,016
S	%	0,24	0,17	0,22	0,47	0,20	0,260	0,120	0,39	0,45	0,32	0,37	0,41	0,388	0,048
F	µg/g		126				126			906				906	
Fe	ppm	9855	5248	9004	3043	5169	6463,8	2863,9	27840	17350	17720	40680	23930	25504	9556,72
Cu	ppm	16,2	13,2	15,6	16,0	14,5	15,10	1,248	35,1	24,8	24,7	42,0	27,4	30,8	7,561
Mn	ppm	590	540	595	591	354	534,0	103,128	1485	1216	999	1191	1154	1209,0	175,83
Zn	ppm	73	59	62	61	46	60,2	9,628	184	138	133	157	150	152,4	20,057
B	ppm	26	32	29	48	24	31,8	9,459	67	77	55	29	76	60,8	19,854
Na	ppm	270	511	364	1831	275	650,2	667,252	364	1142	215	179	511	482,2	391,61
Al	ppm	4913	5303	2214	2336	9427	4838,6	2933,690	3130	2807	2561	10710	2236	4288,8	3604,498

Tabela 9 - Análise Química Quantitativa de FOLHEDO

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	2,16	2,32	2,45	4,15	3,35	2,882	0,841	4,07	4,55	4,35	4,55	4,86	4,476	0,291
P	%	0,06	0,05	0,07	0,05	0,08	0,062	0,013	0,20	0,28	0,33	0,25	0,35	0,286	0,060
K	%	0,13	0,13	0,18	0,09	0,53	0,212	0,180	0,27	0,44	0,31	0,24	0,25	0,302	0,081
Ca	%	1,61	1,47	1,89	1,37	1,24	1,516	0,249	1,80	1,54	2,20	2,36	1,97	1,972	0,323
Mg	%	0,14	0,20	0,21	0,21	0,17	0,186	0,030	0,19	0,25	0,23	0,19	0,20	0,212	0,026
S	%	0,23	0,17	0,24	0,18	0,13	0,190	0,045	0,35	0,35	0,47	0,39	0,45	0,402	0,055
F	µg/g			140			140				1346			1346	
Fe	ppm	5037	3226	5162	3247	2771	3888,6	1122,5	23430	20630	41340	22890	34990	28656,0	9027,42
Cu	ppm	18,8	17,3	21,4	15,2	14,5	17,44	2,793	17,1	32,3	36,0	27,2	35,2	29,56	7,771
Mn	ppm	442	467	521	321	225	395,2	120,04	2061	1113	2065	1513	1814	1713,2	404,72
Zn	ppm	61	54	60	56	37	53,6	9,710	153	159	260	177	194	188,6	43,026
B	ppm	30	28	23	25	22	25,6	3,361	41	25	49	45	64	44,8	14,078
Na	ppm	326	689	415	293	449	434,4	155,84	353	380	680	529	512	490,8	131,31
Al	ppm	6990	2304	3756	2224	1761	3407,0	2138,05	1789	2236	4585	2565	7278	3690,6	2273,1

Tabela 10 - Análise Química Quantitativa de FOLHEDO

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	2,31	2,13	1,93	2,40	2,04	2,162	0,192	3,35	3,84	3,35	5,98	3,38	3,980	1,137
P	%	0,08	0,07	0,05	0,06	0,06	0,064	0,011	0,20	0,24	0,21	0,21	0,19	0,210	0,018
K	%	0,61	0,28	0,36	0,22	0,32	0,358	0,150	0,61	0,25	0,33	0,42	0,26	0,374	0,148
Ca	%	3,21	1,79	1,94	1,81	1,50	2,050	0,668	1,88	2,06	1,81	2,15	2,22	2,024	0,174
Mg	%	0,31	0,20	0,28	0,28	0,25	0,264	0,041	0,20	0,19	0,22	0,43	0,19	0,246	0,103
S	%	0,27	0,23	0,28	0,32	0,30	0,280	0,033	0,40	0,42	0,34	0,34	0,36	0,372	0,036
F	µg/g				157		157					327		327	
Fe	ppm	2051	3226	2568	4661	3082	3117,6	979,13	15910	30170	24110	20490	24390	23014,0	5271,155
Cu	ppm	11,8	10,8	14,4	9,2	5,8	10,4	3,190	14,0	23,4	19,7	20,3	16,7	18,82	3,594
Mn	ppm	263	360	338	305	293	311,8	38,048	968	1200	1147	1912	1057	1256,9	376,793
Zn	ppm	44	51	35	59	55	48,8	9,497	99	157	168	118	161	140,6	30,319
B	ppm	38	16	38	44	21	31,4	12,157	26	18	29	24	26	24,6	4,098
Na	ppm	315	295	1868	850	808	827,2	638,30	673	364	625	403	280	469,0	171,065
Al	ppm	962	3488	2140	5986	1983	2911,8	1939,25	2550	3605	5234	1999	2328	2633,2	1432,72

Tabela 11 - Análise Química Quantitativa de FOLHEDO

Ponto Parâm.	Unidade	R I O Q U I L O M B O							R I O M O G I						
		1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão	1 A	1 B	1 C	1 D	1 E	Média	Desvio padrão
N	%	2,08	1,88	2,85	2,38	2,04	2,246	0,382	2,76	2,80	3,03	3,77	3,33	3,138	0,419
P	%	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,074		0,18	0,14	0,17	0,19	0,17	0,170	0,018
K	%	0,19	0,22	0,17	0,22	0,17	0,194	0,025	0,18	0,19	0,21	0,32	0,20	0,220	0,057
Ca	%	1,23	1,11	1,77	1,13	1,25	1,298	0,270	1,96	2,03	1,67	1,93	1,99	1,916	0,142
Mg	%	0,28	0,20	0,19	0,25	0,24	0,232	0,037	0,20	0,23	0,15	0,23	0,19	0,200	0,033
S	%	0,18	0,18	0,24	0,20	0,20	0,200	0,0244	0,25	0,23	0,28	0,26	0,28	0,260	0,021
F	µg/g			151			151						486	486	
Fe	ppm	2161	3899	9333	2052	3565	4202,0	2983,32	14770	8467	13270	18010	13130	13529,4	3444,90
Cu	ppm	10,4	14,3	29,1	8,7	14,4	15,38	8,058	13,6	10,9	14,1	22,4	17,7	15,74	4,441
Mn	ppm	532	308	625	517	300	456,4	145,169	845	866	568	1361	989	925,8	287,888
Zn	ppm	58	52	72	45	53	56,0	10,074	119	103	94	137	131	116,8	18,198
B	ppm	27	26	25	26	24	25,6	1,140	37	36	33	29	37	34,4	3,435
Na	ppm	351	610	371	576	445	470,6	117,708	1977	235	326	425	331	658,8	739,951
Al	ppm	805	4882	4508	740	8046	3635,2	3088,837	1894	1013	2541	2262	1435	1829	616,390

Tabela 12 - Análise Química Quantitativa de SOLO - Teores Trocáveis

Ponto Parâmetro	Unidade	R I O Q U I L O M B O									R I O M O G I								
		A			B			C			A			B			C		
		20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60
N	%	0,016	0,0026	0,0026	0,119	0,106	0,106	0,087	0,069	0,090	0,188	0,133	0,122	0,236	0,093		0,135	0,079	0,079
PO ₄ ⁻⁻⁻	Eq mg/100g	0,016	0,0093	0,020	0,398	0,392	1,16	0,405	0,168	0,367	0,984	0,535	0,560	0,872	0,160		1,63	1,60	1,35
K ⁺	Eq mg/100g	0,156	0,017	0,079	0,115	0,078	0,069	0,316	0,222	0,156	0,098	0,099	0,108	0,119	0,069		0,171	0,096	0,055
Ca ⁺⁺	Eq mg/100g	0,892	0,227	0,223	1,63	1,10	0,869	0,869	0,704	1,100	0,845	0,704	0,657	6,01	1,54		0,986	0,497	1,15
Mg ⁺⁺	Eq mg/100g	0,190	0,123	0,123	0,408	0,271	0,225	0,300	0,237	0,268	0,092	0,077	0,072	0,243	0,082		0,126	0,640	0,077
S	ppm	11,01	1,98	0	7,97	4,96	1,98	1,98	0	0	26,73	33,27	29,99	26,73	20,34		39,99	36,60	26,73
pH		5,50	5,15	5,20	4,90	4,80	4,85	5,30	5,50	5,35	4,10	4,20	4,25	4,95	4,70		4,10	4,30	4,65
Fe	ppm	11,85	10,83	13,95	49,83	57,00	56,24	194,2	107,3	169,4	216,3	166,7	175,8	219,8	106,3		146,8	60,11	104,2
Cu	ppm	0,60	0,37	0,42	0,91	0,94	0,91	1,69	1,30	2,02	0,94	0,62	0,65	1,30	0,45		1,17	0,42	0,44
Mn	ppm	3,12	1,12	0,94	15,79	14,30	10,02	13,36	8,90	12,24	4,14	3,92	3,90	9,58	2,85		4,79	3,80	3,58
Zn	ppm	1,31	1,10	0,99	3,43	2,72	2,27	10,01	3,83	3,91	1,98	2,20	2,09	4,24	1,36		2,51	1,85	1,81
H ⁺	Eq mg/100g	0,17	0,35	0,28	0,36	0,38	0,40	0,29	0,30	0,35	0,66	0,51	0,49	0,43	0,51		0,82	0,72	0,48
Na ⁺	Eq mg/100g	0,024	0,039	0,028	0,048	0,052	0,038	0,046	0,057	0,066	0,020	0,024	0,023	0,048	0,028		0,033	0,044	0,023
Al ⁺⁺⁺	Eq mg/100g	0,13	0,80	0,59	1,04	1,19	1,11	0,43	0,37	0,79	2,10	1,89	1,79	0,82	1,26		2,83	2,98	1,38
C	%	0,21	0,05	0,03	0,85	0,79	0,76	0,88	0,60	0,67	0,73	1,09	1,09	2,24	0,78		0,67	0,59	0,39

Tabela 13 - Análise Química Quantitativa de SOLO - Teores Trocáveis

Ponto	Unidade	R I O Q U I L O M B O											
		A					B				C		
		20	40	60	80	100	20	40	60	80	20	40	60
N	%	0,0053	0,0079	0,0026	0,0053	0,0079	0,0053	0,0026	0,0053	0,0079	0,127	0,069	0,053
PO ₄ ⁻⁻⁻	Eq mg/100 g	0,016	0,012	0,011	0,016	0,017	0,0062	0,0047	0,0062	0,014	0,017	0,0078	0,0047
K ⁺	Eq mg/100 g	0,052	0,051	0,060	0,088	0,066	0,050	0,063	0,056	0,083	0,127	0,092	0,076
Ca ⁺⁺	Eq mg/100 g	0,158	0,112	0,097	0,040	0,016	0,139	0,046	0,041	0,046	0,290	0,127	0,079
Mg ⁺⁺	Eq mg/100 g	0,048	0,038	0,048	0,0136	0,082	0,136	0,140	0,178	0,184	0,128	0,084	0,071
S	ppm	29,99	7,97	4,96	4,96	4,96	0	0	0	0	11,01	7,97	1,98
pH		4,95	5,00	4,85	4,90	5,00	4,80	4,65	4,90	4,90	4,55	4,65	4,90
Fe	ppm	4,24	4,73	3,77	4,20	3,87	13,26	12,22	9,28	9,97	88,07	56,78	40,28
Cu	ppm	1,11	1,01	1,12	0,71	1,30	3,47	1,30	2,76	2,08	0,75	1,10	0,81
Mn	ppm	0,69	0,51	0,76	0,97	0,50	0,90	0,57	0,85	1,72	2,02	1,59	1,37
Zn	ppm	8,92	0,56	0,64	0,64	0,60	0,52	0,42	0,44	0,43	2,07	0,79	0,47
H ⁺	Eq mg/100 g	0,32	0,38	0,36	0,41	0,32	1,14	0,99	2,49	2,50	0,58	0,51	0,51
Na ⁺	Eq mg/100 g	0,013	0,020	0,031	0,014	0,015	0,036	0,046	0,049	0,065	0,027	0,022	0,030
Al ⁺⁺⁺	Eq mg/100 g	1,18	1,24	1,34	1,72	1,17	5,76	5,52	12,68	12,95	1,47	1,37	1,37
C	%	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,05	0,03	0,03	0,52	0,27	0,38

(continua)

Tabela 13 - Continuação

Ponto Parâmetro	Unidade	R I O M O G I								
		A			B			C		
		20	40	60	20	40	60	20	40	60
N	%	0,119	0,079	0,053	0,148	0,079	0,061	0,111	0,072	0,069
PO ₄ ⁻⁻⁻	Eq mg/100 g	0,616	0,215	0,030	0,716	0,103	0,059	0,288	0,047	0,031
K ⁺	Eq mg/100 g	0,067	0,045	0,031	0,125	0,042	0,035	0,095	0,037	0,055
Ca ⁺⁺	Eq mg/100 g	0,434	0,251	0,153	0,946	0,364	0,229	0,727	0,231	0,205
Mg ⁺⁺	Eq mg/100 g	0,067	0,041	0,034	0,092	0,041	0,034	0,127	0,052	0,039
S	ppm	17,20	23,52	23,52	17,20	26,73	33,27	29,99	33,27	29,99
pH		4,25	4,30	4,30	4,25	4,35	4,25	4,35	4,30	4,35
Fe	ppm	187,9	125,3	72,92	207,5	95,90	69,16	174,5	123,7	100,2
Cu	ppm	0,78	1,53	1,76	1,10	0,68	1,77	0,36	0,23	0,54
Mn	ppm	2,62	2,14	1,68	5,08	2,21	1,56	3,26	1,57	1,60
Zn	ppm	1,37	1,06	0,56	1,88	0,80	0,62	2,34	0,92	1,00
H ⁺	Eq mg/100 g	0,60	0,50	0,60	0,73	0,61	0,67	0,59	0,56	0,64
Na ⁺	Eq mg/100 g	0,018	0,020	0,014	0,093	0,014	0,016	0,043	0,023	0,023
Al ⁺⁺⁺	Eq mg/100 g	1,75	1,63	1,75	1,98	1,64	2,05	1,52	1,47	2,12
C	%	0,74	0,56	0,33	1,13	0,36	0,37	0,59	0,39	0,71

Tabela 14 - Análise Química Quantitativa de SOLO - teores trocáveis

Ponto Parâmetro	Unidade	R I O Q U I L O M B O									R I O M O G I								
		A			B			C			A			B			C		
		20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60
N	%	0,215	0,103	0,074	0,245	0,162	0,058	0,130	0,069	0,045	0,095	0,064	0,050	0,143	0,087	0,077	0,095	0,082	0,058
PO ₄ ⁻⁻⁻	Eq mg/100g	0,026	0,014	0,019	0,079	0,252	0,623	0,229	0,314	0,352	0,204	0,036	0,040	0,647	0,082	0,037	0,623	0,107	0,019
K ⁺	Eq mg/100g	0,137	0,059	0,054	0,107	0,074	0,069	0,083	0,096	0,083	0,043	0,047	0,027	0,063	0,036	0,041	0,066	0,056	0,027
Ca ⁺⁺	Eq mg/100g	0,036	0,099	0,074	0,479	0,296	0,307	0,403	0,247	0,269	0,482	0,329	0,479	0,866	0,269	0,302	0,810	0,341	0,149
Mg ⁺⁺	Eq mg/100g	0,242	0,114	0,159	0,164	0,083	0,071	0,108	0,064	0,064	0,076	0,046	0,058	0,095	0,039	0,027	0,095	0,064	0,034
S	ppm	4,96	4,96	1,98	11,01	4,96	4,96	4,96	4,96	1,98	29,99	29,99	20,34	20,34	26,73	26,73	23,52	29,99	29,99
pH		4,50	4,60	4,80	4,55	4,65	4,95	4,80	5,10	5,25	4,35	4,45	4,65	4,30	4,30	4,30	4,35	4,40	4,30
Fe	ppm	104,7	81,97	92,33	103,6	98,40	117,5	77,85	108,2	131,3	178,8	105,3	78,38	253,0	173,0	143,6	204,0	141,4	95,78
Cu	ppm	0,42	0,22	0,26	0,55	0,45	0,45	0,55	0,45	0,39	0,39	0,29	0,23	0,60	0,32	0,26	0,49	0,23	0,61
Mn	ppm	2,93	1,58	1,90	7,43	6,99	8,74	8,73	8,20	9,45	3,31	2,15	2,00	3,04	1,66	1,52	2,31	2,01	1,05
Zn	ppm	4,72	3,32	1,08	2,55	1,95	1,12	2,46	1,23	1,36	1,80	1,31	1,71	1,83	0,97	1,08	1,47	1,17	0,78
H ⁺	Eq mg/100g	0,52	0,51	0,39	0,49	0,44	0,27	0,42	0,38	0,37	0,49	0,51	0,49	0,58	0,60	0,60	0,61	0,56	0,66
Na ⁺	Eq mg/100g	0,055	0,096	0,061	0,043	0,036	0,023	0,071	0,026	0,074	0,023	0,039	0,026	0,068	0,016	0,030	0,033	0,030	0,023
Al ⁺⁺⁺	Eq mg/100g	1,52	1,49	1,36	1,78	1,23	0,58	1,11	0,67	0,53	1,59	1,57	1,38	1,72	1,63	1,66	1,76	1,98	1,73
C	%	0,51	1,01	0,53	1,57	1,01	0,28	0,94	0,32	0,40	0,67	0,34	0,34	1,11	0,45	0,25	0,47	0,35	0,25

Tabela - 15 - Análise Química Quantitativa de SOLO - médias dos valores de teores trocáveis

Ponto Parâmetro	Unidade	R I O Q U I L O M B O			R I O M O G I		
		20	40	60	20	40	60
N	%	0,105	0,061	0,049	0,141	0,085	0,071
PO ₄ ⁻⁻⁻	Eq mg/100 g	0,131	0,130	0,285	0,736	0,321	0,104
K ⁺	Eq mg/100 g	0,127	0,084	0,078	0,094	0,059	0,048
Ca ⁺⁺	Eq mg/100 g	0,544	0,329	0,340	0,762	0,373	0,286
Mg ⁺⁺	Eq mg/100 g	0,192	0,128	0,134	0,088	0,056	0,047
S	ppm	9,2	4,19	1,98	25,74	28,94	27,57
Fe	ppm	71,96	59,71	70,44	198,7	122,0	64,0
Cu	ppm	1,12	0,79	1,02	0,79	0,53	0,78
Mn	ppm	6,11	4,86	5,14	4,24	2,48	2,11
Zn	ppm	4,00	1,76	1,36	2,16	1,29	1,21
H ⁺	Eq mg/100 g	0,48	0,47	0,60	0,61	0,56	0,58
Na ⁺	Eq mg/100 g	0,040	0,044	0,044	0,042	0,029	0,022
Al ⁺⁺⁺	Eq mg/100 g	1,03	1,54	2,26	1,79	1,78	2,11
C	%	0,62	0,46	0,34	0,93	0,55	0,47

Tabela 16 - Valores observados da estatística U de KRUSKAL-WALLIS, para a detecção de homogeneidade das amostras para cada vale.

Local Parâm.	QUILOMBO		MOGI	
	FOLHA	FOLHEDO	FOLHA	FOLHEDO
P	8,23	12,36*	3,21	12,45*
K	1,99	6,32	5,68	7,53
Ca	2,32	8,62	13,54*	5,47
Mg	6,59	6,33	6,76	14,42*
S	6,35	6,69	8,41	14,87*
Fe	12,31*	5,29	12,20*	25,58*
Cu	8,68	15,03*	5,25	12,74*
Mn	3,93	14,08*	5,01	9,77*
Zn	4,59	5,94	6,72	9,13
B	5,28	3,95	12,90*	15,63*
Na	5,20	1,48	5,65	4,51
N	5,15	5,19	5,27	13,26*

* Existe diferença significativa entre as médias, fixado o nível de significância de 5%.

Para os parâmetros que não apresentaram uma diferença significativa nas médias, podemos assumir a hipótese de homogeneidade e então testarmos se existe uma diferença significativa entre os vales do Mogi e Quilombo.

No quadro a seguir se encontram os resultados observados nestas comparações.

Tabela 17 - Valores observados da Estatística de KRUSKAL-WALLIS, na detecção de diferença significativa entre as médias, comparando-se os dois vales.

Parâm. \ Tipo de Dado	FOLHA	FOLHEDO
P	14,16*	-
N	28,68*	-
S	0,27	-
Mg	3,99*	-
K	0,62	2,32
Na	0,42	0,50
Zn	13,95*	30,04*
Ca	-	8,41*
Mn	20,53*	-
Cu	1,71	-

$$\chi^2_{5\%} = 3,84$$

* existe diferença significativa entre as médias

Tabela 18 - Valores observados das médias para os parâmetros e tipos de dados nos quais foi detectado diferença significativa para os dois locais.

local Parâm.	Unidade	QUILOMBO		MOGI	
		FOLHA	FOLHEDO	FOLHA	FOLHEDO
N	%	3,04	-	4,52	-
Zn	ppm	56,60	63,36	72,24	149,28
Mn	ppm	387,76	-	702,80	-
Mg	%	0,35	-	0,31	-
P	%	0,17	-	0,26	-
Ca	%	-	1,65	-	1,89

7. DISCUSSÃO

Encontram-se descritos na tabela 16 os elementos que apresentaram um comportamento homogêneo e heterogêneo, para o material vegetal coletado, em ambos os vales, Quilombo e Mogi, servindo estes como subsídios para toda a análise estatística.

Observando-se os elementos analisados, contidos na Tabela 17, entre aqueles considerados em homogeneidade, em cada vale, nota-se que alguns não apresentaram diferença significativa, entre as 2 áreas; nas amostras de folhas, entre estes os elementos enxofre (S), potássio (K), sódio (Na) e cobre (Cu) e, no folheto, o potássio (K) e o sódio (Na).

Na mesma tabela visualizam-se também os elementos que mostraram diferença significativa nas folhas, são eles: o fósforo (P), nitrogênio (N), magnésio (Mg), zinco (Zn) e manganês (Mn) e, no folheto, o zinco (Zn) e o cálcio (Ca).

A tabela 18 mostra que todos esses elementos, com diferença estatística significativa, entre os dois locais de amostragem, aparecem com maiores teores no Vale do Mogi, à exceção do Magnésio (Mg) que aparece em maior concentração nas folhas da vegetação do Vale do Quilombo.

Observando-se as tabelas 2 a 6, para as folhas, e 7 a 11 para o folheto, apesar de muitos dos elementos não mostrarem um comportamento homogêneo, nota-se que estes, em geral, tenderam a se apresentar, em maiores concentrações, nas amostras do Vale do Mogi, a exceção do magnésio (Mg), encontrado com maiores teores no folheto do Vale do Quilombo.

Quanto ao cálcio (Ca) e o boro (B), estes na média geral, apresentaram-se muito semelhantes, entre os dois vales. Pela discrepância entre todos os dados encontrados, tanto na folha como no folheto, torna-se impossível a avaliação da situação do alumínio.

Nas tabelas de 12 a 15, referentes aos resultados analíticos obtidos das amostras de solo, observa-se que tanto no vale do Quilombo quanto no vale do Mogi, estes apresentam-se pobres em nutrientes em comparação a padrões de fertilidade do solo.

Embora todos os elementos apareçam em baixos teores, algumas diferenças podem ser aferidas, tais como, um maior acúmulo, no vale do Mogi, do enxofre (S) e maior potencial hidrogeniônico (H^+), (o solo do Mogi apresenta-se com características mais ácidas).

Analizando-se as figuras 1 e 2, evidencia-se que grande parte da poluição atmosférica emanada do complexo industrial de Cubatão, tem como destino preponderante o vale do Rio Mogi. Através do Inventário Industrial (tabela 1) já realizado neste parque industrial, nota-se a grande variedade de contaminantes que adentram essa região. Além disso, o conhecimento da química atmosférica local é inexpressivo.

Sabe-se, através de dados bibliográficos levantados a partir de experimentos laboratoriais, que várias substâncias liberadas, nesta região, possuem potencial fitotóxico, tais como: fluoretos, NO_2 e SO_2 .

O amplo número de variáveis ambientais na região de Cubatão, entre eles a umidade, temperatura e luminosidade, propicia complexo sinergismo entre os elementos presentes na atmosfera, podendo acarretar alterações no poder fitotóxico dos elementos, aumentando-o ou diminuindo-o.

Os mais importantes agentes fitotóxicos do ar contaminado são geralmente os gases. Eles podem ser poluentes primários - emitidos diretamente da fonte (ex.: HF e SO_2) ou secundários (ex.: O_3 e PAN) (22). Os poluentes primários que tem o maior potencial para afetar o crescimento da vegetação são: SO_2 , NO_x e HF (24).

A química atmosférica dos NO_x é bastante complexa principalmente quando na presença de outros poluentes, tais como os hidrocarbonetos (13); como é o caso de Cubatão (tabela 1).

O NO é oxidado prontamente na atmosfera para NO_2 (poluente secundário). Este, por sua vez, por absorver fortemente a faixa ultravioleta (300 - 400 μm), é decomposto pela luz solar fornecendo o NO e O_3 . O ozônio tem uma ação fitotóxica já conhecida, pois este, pode alterar a permeabilidade da membrana celular e subcelular, oxidando os grupos sulfidril, lipídios e outros constituintes da membrana, levando a distúrbios dos seus eletrólitos e do balanço de nutrientes, induzindo aí, a um colapso e morte celular (17). Infelizmente, por falta de metodologia analítica, a ação desta substância, em Cubatão, não pôde ser quantificada.

A principal via de extinção atmosférica para os NO_x , parece envolver sua oxidação a ácido nítrico, pois este é muito mais solúvel em água e muito mais facilmente adsorvido na superfície do material particulado em suspensão.

Na tabela 1 verifica-se que a porcentagem de liberação de NO_x é bastante significativa, nas indústrias de fertilizantes e petroquímicas. Sabe-se que as plantas podem absorver o NO_2 e este por sua vez provoca injúrias foliares.

Pelos resultados obtidos (tabela 2 a 11) notou-se uma maior quantidade de nitrogênio no material vegetal coletado no vale do Mogi, podendo-se supor que tal poluente deve estar acarretando a degradação vegetal deste vale.

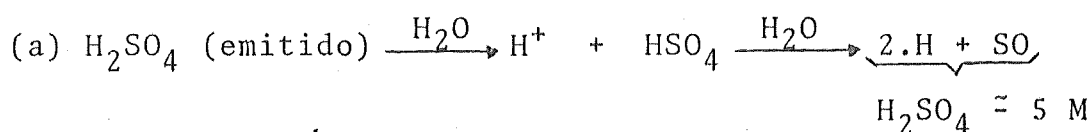
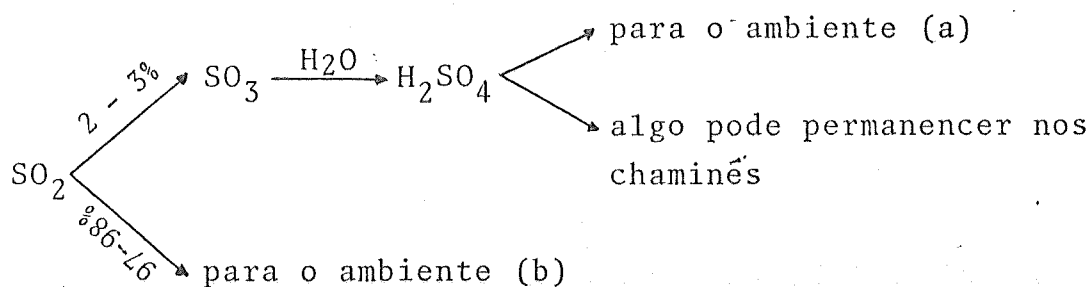
Na região de Cubatão também é liberada uma quantidade expressiva de amônia, que, em elevadas concentrações provoca injúrias agudas, podendo levar a planta à morte. Não existem informações na literatura levantada sobre a ocorrência de injúrias crônicas; portanto, não se pode afirmar que este elemento esteja ou não contribuindo na degradação da vegetação.

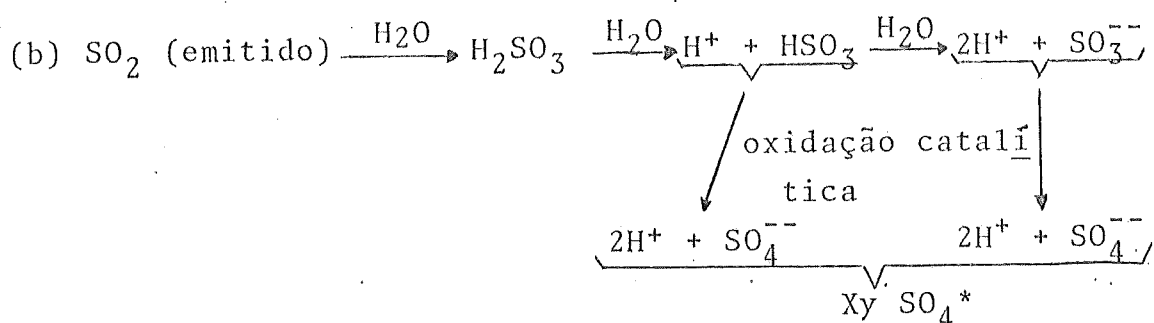
Os fluoretos são principalmente emitidos pelas indústrias de fertilizantes. Estes são contaminantes em potencial, não são quando presentes em grandes quantidades em determinados locais, mas também, quando distribuídos em baixos níveis durante um longo período de tempo; isto devido à capacidade de acúmulo deste elemento ao longo da cadeia alimentar (6).

Alguns vegetais mostram-se tão sensíveis às exposições ao fluoreto que para se evitar danos, a concentração de fluoreto no ar deve ser mantida abaixo de 1 ppb (6).

Embora só se tenha um valor de flúor, para a folha e folheto, para cada ponto de amostragem, os resultados das análises evidenciam uma forte tendência de acúmulo na região do vale do Mogi, dando indicações de que os fluoretos também estariam participando do processo de degradação desta população vegetal (tabela 2 a 11).

Durante a queima de combustíveis sulfurosos, o enxofre é primariamente convertido a SO_2 . Na verdade, o SO_2 constitui cerca de 95% dos compostos de enxofre resultantes da queima de combustíveis fósseis. O SO_2 assim formado poderá seguir um dos seguintes caminhos (10):





* Vários estudos de química atmosférica tem mostrado que uma porção de SO_2 emitido para o ambiente sofre oxidação, da qual resultam H_2SO_4 e sulfatos particulados (sulfato de zinco, sulfato férrico, sulfato de amônia, etc) (10). Tais produtos da oxidação de SO_2 colaboram para o total de material particulado da atmosfera (10).

As análises de S nas amostras de folha do Mogi (Tab. 17) não mostraram diferença significativa quando comparada aos resultados obtidos no Quilombo. Embora estatisticamente os dados analíticos de folheto não apresentaram homogeneidade, (Tab.16), existe uma pequena tendência deste elemento estar mais concentrado no Mogi (Tab. 7 a 11). Correlacionando os valores encontrados no solo (Tab. 15), o enxofre apresenta-se com maiores teores no vale do Mogi. As análises das águas pluviométricas, realizadas próximas a esses locais, mostraram uma forte concentração desse elemento, o que não foi detectado nas análises de águas de rio.

Com essas informações, leva-se a crer que o enxofre está participando mais ativamente do material particulado, não devendo assim afetar diretamente a vegetação sob a forma gasosa, mas talvez indiretamente, através das suas reações químicas no solo.

Para melhores deduções sobre este assunto, tornam-se necessários estudos mais acurados da inter-relação enxofre - ecossistema.

Os metais pesados também podem provocar problemas na vegetação, mas em áreas restritas próximas à fonte emissora e

que, devido às suas características, propiciam uma distribuição não homogênea.

Estes, primariamente, são acumulados no dossel, parte de les se depositam nas cascas dos galhos e troncos, e o restante acumula-se na serapilheira. Não se pode excluir que tal acumulação de metais tóxicos, em combinação com o pH ácido dos filmes de água que cobrem as superfícies foliares e galhos, possam levar a injúrias às células vivas, danificando folhas, brotos, cascas e galhos. Outro sintoma marcante que pode ser verificado é a perda contínua de folhas verdes e pequenos brotos das diversas partes do vegetal (28).

As plantas vasculares são menos sensíveis a esses poluentes; a concentração de metais na sua biomassa é normalmente mais baixa do que em avasculares, pois as primeiras se protegem através da epiderme e de uma camada superficial (cutícula), dificultando a sua absorção. A absorção é predominantemente radicular; nas raízes finas os metais pesados podem revesti-las e/ou penetrar nos seus tecidos, sendo que uma pequena fração é transportada para outros órgãos. Raízes finas com altas concentrações de metais, internas ou na sua superfície, podem tornar-se menos funcionais e assim provocarem a sua substituição (27).

Denota-se pelos resultados de sua presença na vegetação, (Tab. 2 a 11) que os metais pesados de uma forma geral, ocorreram marcadamente no Mogi, devido provavelmente à proximidade com a siderúrgica, podendo estar participando diretamente na degradação através do sistema radicular.

A atuação destes poluentes sobre galhos, troncos e o efeito a nível da rizosfera carecem de estudos mais detalhados.

O Mg é um macronutriente essencial, por estar intimamente ligado à molécula de clorofila, participando portanto, das reações de fotossíntese e relacionando-se intimamente à produtividade primária.

Destaca-se que o Mg foi o único elemento que apareceu com menores níveis, tanto na folha (Tab. 18) como no folheto (Tab. 7 a 11), no vale do Mogi, dando indicações de que possa estar ocorrendo uma menor produtividade nesta área. Entretanto tais diferenças podem ser devidas às condições ambientais diversas a que são submetidas as comunidades estudadas nas duas áreas.

Uma observação marcante das campanhas de coleta foi a quantidade de material particulado presente na superfície foliar da vegetação do Mogi, principalmente, colhida em ocasiões posteriores a dias secos.

O material particulado reduz a quantidade de luz recebida pela superfície foliar e afeta a temperatura das células mesofílicas. Sob tais circunstâncias a taxa fotossintética pode diminuir e a respiratória possivelmente aumentar, resultando a redução da matéria seca nas folhas (22).

Diante de tais fatos, pode-se inferir que, em épocas de baixo índice pluviométrico, há um maior acúmulo de material particulado na superfície foliar, interferindo na produtividade primária.

Um efeito colateral da atuação dos diversos poluentes que causam danos à vegetação, é a diminuição de sua resistência propiciando condições favoráveis à infestação de patógenos, que podem, em última análise, também levar à morte das plantas.

Numa linha de constatações visuais, nota-se que a região do Mogi está em estado bastante avançado de degradação vegetal, havendo uma predominância de arbustos e herbáceas, pois as árvores já morreram, sendo visível apenas seus troncos. Notou-se também, que, a maioria das plantas presentes mostram injúrias foliares de tipos variados.

Pode ser dito que a morte e/ou eliminação de árvores, me

lhora a condição de intensidade luminosa e diminui o grau de competição por água e nutrientes, a favor de espécies herbáceas (22).

Em geral a presença de certas espécies vegetais, numa área poluída, indica sua capacidade de tolerância e, sua ausência, pode indicar sensibilidade e, conseqüentemente, incapacidade de sobrevivência nesse tipo de ambiente (22). Assim pode-se explicar a abundante presença de trepadeiras na região do Mogi. Tal fato também foi observado por Struffaldi De Vuono et al (14) na Reserva Ecológica do Instituto de Botânica da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, cuja área é próxima à Siderúrgica Aliperti. O autor não detectou nas folhas, um maior acúmulo de elementos, quando comparados com amostras mistas de folhas de outras espécies.

Na tentativa de explicar tal fato, ele sugere que a proliferação de trepadeiras, nos últimos anos, se deve provavelmente à diminuição do vigor das espécies arbóreas que lhes servem de suporte, aliada a algum processo próprio de resistência ao "stress" causados pelos poluentes.

Em geral, os resultados encontrados no presente estudo, indicam a possibilidade da ação de diversos poluentes, isolados e/ou interagindo entre si, que estão acarretando a degradação vegetal, além da ação de outras substâncias, que, até o momento, não puderam ser avaliadas, tais como os agentes fotoquímicos (O_3 e PAN).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à complexidade de um ecossistema florestal, onde as variáveis ambientais participam de um amplo espectro de fatores, muitos dos quais sem possibilidade de controle até o momento, o presente estudo trata este assunto de forma preliminar, no sentido do desenvolvimento de uma metodologia, que implantada e em operação, forneça indicações, ao nível dos principais contaminantes, para identificar aqueles que estariam atuando na vegetação, provocando sua degradação nas encostas da Serra do Mar, em Cubatão.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, surgiram várias dificuldades, desde o estabelecimento de correlação entre os dados bibliográficos com aqueles obtidos na presente pesquisa, até problemas de capacidade laboratorial, que oferecesse condições de analisar vários elementos tóxicos, os quais estariam afetando a comunidade vegetal.

A presença de uma complexa química atmosférica, na região de Cubatão, aliás pouco conhecida, com a interação de diversas substâncias e compostos, pode levar ou não a um aumento da suscetibilidade das plantas a esses xenobióticos. A maioria das situações descritas na bibliografia sobre este assunto, normalmente estabelecem sintomas na planta decorrentes da presença de um determinado elemento poluente, em condição experimental, onde muitas variáveis são controladas.

A análise química quantitativa de órgãos vegetais pode indicar, dependendo da metodologia utilizada, se um determinado elemento se encontra sobre ou internamente à folha, mas não informará se este levou à sintomologia observada no órgão em questão. Portanto, um dado sintoma visual, em condições naturais, pode ser o resultado da atuação de uma determinada substância e/ou dos sinergismos.

Os aspectos fisiológicos são de grande importância neste tipo de estudo, tendo em vista a ampla gama de espécies vege

tais presentes numa floresta tropical úmida. A suscetibilidade de vegetal aos contaminantes atmosféricos pode ser específica e não necessariamente para os mesmos elementos; isto é, uma planta é mais sensível ao S, enquanto que outra ao F, etc. Mesmo no aspecto intraespecífico pode-se encontrar níveis de sensibilidade diversos, em função de características, como por exemplo, ponto do ciclo biológico do vegetal, bagagem genética, idade das folhas, etc.

Portanto, a morte de uma planta pode ocorrer, tanto pela ação direta do contaminante, quanto, indiretamente, a partir de um favorecimento de infestações de patógenos vegetais.

Diante de tais considerações, depreende-se que, este tipo de estudo demanda um aprimoramento metodológico, onde se possa controlar um maior número de variáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AB'SABER, A.N. Cubatão e os defeitos de organização dos espaços industriais no Terceiro Mundo. Ação do homem e a qualidade ambiental. IGCE, UNESP, Rio Claro, 1983.
2. AMTHOR, J.S. Does acid rain directly influence plant growth? Some comments and observations. Environ. Pollution, 36 (1): 1-6, 1984.
3. BARRET, T.W. & BENEDICT, H.M. Sulfor dioxide. In: JACOBSON, J.S. & HILL, A.C. Recognition of air pollution injury to vegetation: A pictorial atlas. Pennsylvania, Air Pollution Control Association, 1970, c1-c5.
4. BORMANN, F.H. The effects of air pollution on the New England Landscape. Ambio, 11 (6): 338-346, 1982.
5. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Avaliação das emissões de poluentes atmosféricos de origem industrial na região de Cubatão - Subsídios para uma política de ação. São Paulo, CETESB/DEAR, 1980, 98 p.
6. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Avaliação toxicológica da exposição da população infantil de Cubatão a poluentes químicos do meio ambiente. Vol. I, São Paulo, CETESB, 1984.
7. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Caracterização meteorológica e aplicação de modelos de dispersão. São Paulo, CETESB/DEAR, 1985, 107p.
8. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Caracterização química das águas de chuvas. São Paulo, CETESB, 1984, 22 p.

9. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Degradação da cobertura vegetal da Serra do Mar em Cubatão - avaliação preliminar. São Paulo, CETESB, 1981, 104 p.
10. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Estudo toxicológico dos principais poluentes atmosféricos, parte I: anidrido sulfuroso, amônia, hidrocarbonetos polinucleares. São Paulo, CETESB/DTX/GEE - Ar, 1984.
11. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Fixação de padrões de qualidade do ar para Tempos de exposição não convencionais. São Paulo, CETESB, 1984, 37 p.
12. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Implantação de cadastro e inventário de fontes de poluição - Apoio Técnico às Ações de Controle - São Paulo, CETESB, 1984.
13. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Pesquisa bibliográfica sobre efeitos de poluentes específicos: óxidos de nitrogênio (NO_x). São Paulo, CETESB/DTX/GEE-Ar, 1979.
14. DE VUONO, Y.S.; LOPES, M.S. & DOMINGOS, M. Poluição atmosférica e elementos tóxicos na Reserva Biológica do Instituto de Botânica, São Paulo, Brasil, Rev. Brasil. Bot., 7 (2): 149-156, 1984.
15. GOLLEY, F.B.; MCGINNIS; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I. & DUEVER, M.J. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida. E.P.U./EDUSP, São Paulo, 1978, 256 p.

16. HECK, W.W.; DAJNES, R.H. & HINDAWI, I.J. Other phytotoxic pollutants. In: JACOBSON, J.J. & HILL, A.C. Recognition of air pollution injury to vegetation: A pictorial atlas. Pennsylvania, Air Pollution Control Association, 1970, F1-F11.

17. MARX, J.L. Air pollution: Effects on plants. Science. 187 (28 fevereiro): 731-733, 1975.

18. McCALL, R.B. Fundamental statistics for psychology. Harcourt Brace & World, Inc., 1970.

19. McLEAN, D.C. Air quality standards for fluoride to protect vegetation: Regional, seasonal and other considerations. Journal of the Air Pollution Control Association, 32 (1): 82-86, 1982.

20. MONTAGNINI, F.; NEWFEWLD, H.S. & UHL, C. Heavy metal concentration in some non-vascular plants in an Amazonian rainforest. Environ.Pollution, 36 (1): 1-6, 1984.

21. PANDEY, S.N. Impact of thermal power plant emissions on vegetation and soil. Water, Air and Soil Pollution. 19 (1): 87-100, 1983

22. PANDEY, G.P. A survey of fluoride pollution effects on the forest ecosystem around an aluminium factory in Mirzapur, V.P., India, Environ.Cons., 8 (2): 131-137, 1981.

23. PRANDINI, F.; GUIDICINI, G.; BOTTURA, J.A.; PONÇANO, W. L. & SANTOS, A.R. Atuação da cobertura vegetal na estabilidade de encostas: 1 resenha crítica, IPT, publicação 1074, 1976.

24. ROBERTS, T.M. Effects of air pollutants on agriculture and forestry. Atm.Environ., 18 (3): 629-652, 1984.

25. TAYLOR, O.C. & McLEAN, D.C. Nitrogens oxides and the peroxyacyl nitrates. In: JACOBSON, J.S. & HILL, A.C. Recognition of air pollution injury to vegetation: A pictoral atlas. Pennsylvania, Air Pollution Control Association, 1970. E₁-E₅.
26. TRESHOW, M. & PACK, M.R. Fluoride. In: JACOBSON, J.S. & HILL, A.C. Recognition of air pollution injury to vegetation: A pictoral atlas. Pennsylvania, Air Pollution Control Association, 1970, D₁-D₆.
27. TYLER, G. The impact of heavy metal pollution on forests: A case study of Gusum Sweden, Ambio, 13 (1): 18-24, 1984.
28. ULRICH, B. Effects of air pollution on forest ecosystems and water - the principles demonstrated at a case study in central Europe. Atmospheric Environment, 18 (3): 621-628, 1984.
29. WEINTEIN, L.H. & McCUNE, D.C. Field surveys, vegetation sampling and air and vegetation monitoring. In: JACOBSON, J.S. & HILL, A.C. Recognition of air pollution injury to vegetation: A pictoral atlas. Pennsylvania, Air Pollution Control Association, 1970.
30. WOOD, T. & BORMANN, F.H. Increases in foliar leaching caused by acidification of an artificial mist. Ambio, 4 (4): 169-171, 1975.
31. ZIEGLER, I. The effect of SO₂ pollution on plant metabolism, Springer-Verlag, New York Inc., 1975, 105 p.

Data Aquis.:	3 / 3 / 95
Indic.:	
Livros:	
Preço: Cr\$	
Data compra:	3 / 8 / 95

WOOD, T. & BORMANN, F.H. Increases in foliar leaching caused by acidification of an artificial mist. *Ambio* 2 (1993) 169-171, 1993.

CLINE, E. The effect of air pollution on plant life. *Springer-Verlag, New York Inc.*, 1972, 102 p.