

O efeito agudo da amônia sobre a Mata Atlântica¹

Biól. Cristina Maria do Amaral Azevedo²

Eng. Agr. Sérgio Luis Pompéia³

Biól. Rodrigo Coelho Fialho²

Biól. Renata Ramos Mendonça²

RESUMO - Parte da Mata Atlântica, localizada nas encostas da Serra do Mar, vem sendo degradada por poluentes atmosféricos advindos do Pólo Petroquímico de Cubatão, São Paulo. Constatou-se, a partir de levantamentos de campo, a existência de espécies vegetais sensíveis, tolerantes e resistentes ao conjunto de poluentes emitidos.

Este trabalho tem por objetivo verificar os limites de tolerância de algumas espécies vegetais nativas sujeitas a fumigação por amônia (um dos principais poluentes emitidos pelas indústrias de fertilizantes locais), através da avaliação do efeito agudo provocado sobre suas folhas.

Palavras-chave: bioindicador, efeitos da poluição, Mata Atlântica, amônia.

ABSTRACT - Part of the forest on the slopes of the Serra do Mar is being degraded by atmospheric pollutants from the Petrochemical Industries in Cubatão, State of São Paulo. By means of field surveys the existence of plant species sensitive, tolerant and resistant to all the pollutants was ascertained.

The purpose of this study is to verify the tolerance limits of some native plant species subjected to the fumigation of ammonia (one of the main pollutants emitted by the local fertilizer industries), through the evaluation of the acute effect on their leaves.

Key-words: bioindicator, pollution effects, Atlantic Forest, ammonia.

Parte da Mata Atlântica, situada nas encostas da Serra do Mar no município de Cubatão, vem sendo degradada por poluentes atmosféricos gerados pelo pólo petroquímico e siderúrgico implantado na região a partir da década de cinquenta. Entre os poluentes atmosféricos destacam-se os fluoretos gasosos e a amônia (emitidos principalmente pelas indústrias de fertilizantes), óxidos de enxofre e de nitrogênio (emitidos por uma refinaria e pelas indústrias de fertilizantes) e materiais particulados (diversas fontes).



A ação dos poluentes causou a degradação da cobertura vegetal original e, em conseqüência, o aumento dos processos erosivos e dos movimentos de massa nas encostas da serra, com graves danos ambientais, sociais e econômicos.

A partir de 1985, foi iniciada uma série de trabalhos em campo para identificar as espécies vegetais resistentes, tolerantes e sensíveis ao conjunto de poluentes existentes em Cubatão (CETESB, 1988). Com base nesses levantamentos, tornou-se necessário o desenvolvimento de estudos sobre limites de tolerância de algumas espécies vegetais nativas a determinados poluentes, e a identificação de sintomas específicos, de forma a possibilitar uma melhor avaliação do impacto da poluição sobre a vegetação local.

1 - Trabalho apresentado no XLI Congresso de Botânica, Fortaleza, CE.

2 - Biólogos da CETESB.

3 - Engenheiro-agrônomo da CETESB.

Para iniciar esses estudos, procurou-se pesquisar o efeito agudo da amônia sobre algumas espécies de vegetais da Mata Atlântica, tendo em vista as emissões acidentais desse poluente ocorridas em Cubatão.

Acidentes durante o transporte e manipulação de amônia são comuns e provocam altas concentrações por curtos períodos de tempo (muito acima das concentrações existentes nas emissões contínuas das indústrias).

A ocorrência de acidentes desse tipo tem sido levantada em diversos países desde 1959. A partir de 1984, a CETESB atendeu a quinze ocorrências no Estado de São Paulo em que houve vazamentos de amônia. Dessas, oito foram decorrentes de acidentes ocorridos durante o carregamento e transporte com caminhões, dois foram provocados por rompimento de dutos e cinco ocasionados por falhas em válvulas nas indústrias.

Recentemente, em 29 de março de 1991, houve um vazamento de amônia no amonioduto de aço da Nitrofértil, no Pólo Petroquímico de Camaçari, na Bahia, provocando a intoxicação de alguns habitantes no município de Candeias ("FOLHA DE S. PAULO", 1991) e danos à vegetação circunvizinha.

Nas ocorrências de vazamento acidental torna-se difícil precisar a concentração atingida e estimar os danos ambientais causados. O conhecimento dos efeitos agudos da amônia sobre a vegetação pode contribuir para avaliação do impacto gerado.

Este trabalho tem por objetivo verificar os limites de tolerância de nove espécies vegetais da Mata Atlântica,

através do estudo sintomatológico dessas plantas em câmaras de fumigação.

Materiais e Métodos

A metodologia adotada para o estudo dos efeitos da poluição atmosférica sobre espécies vegetais, baseia-se na exposição de plantas a determinados poluentes isolados ou em associação. Esta exposição pode ser realizada em: 1) câmaras de topo aberto com e sem ar filtrado e com ou sem adição de poluentes; 2) câmaras de fumigação de poluentes com atmosfera controlada; 3) câmaras de gradiente linear (GUDERIAN, 1985).

Neste trabalho, optou-se pela realização dos experimentos em um tipo de câmara de fumigação denominada Câmara de Simulação de Poluição Atmosférica - CSPA (Figura 1), desenvolvida pela CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1989).

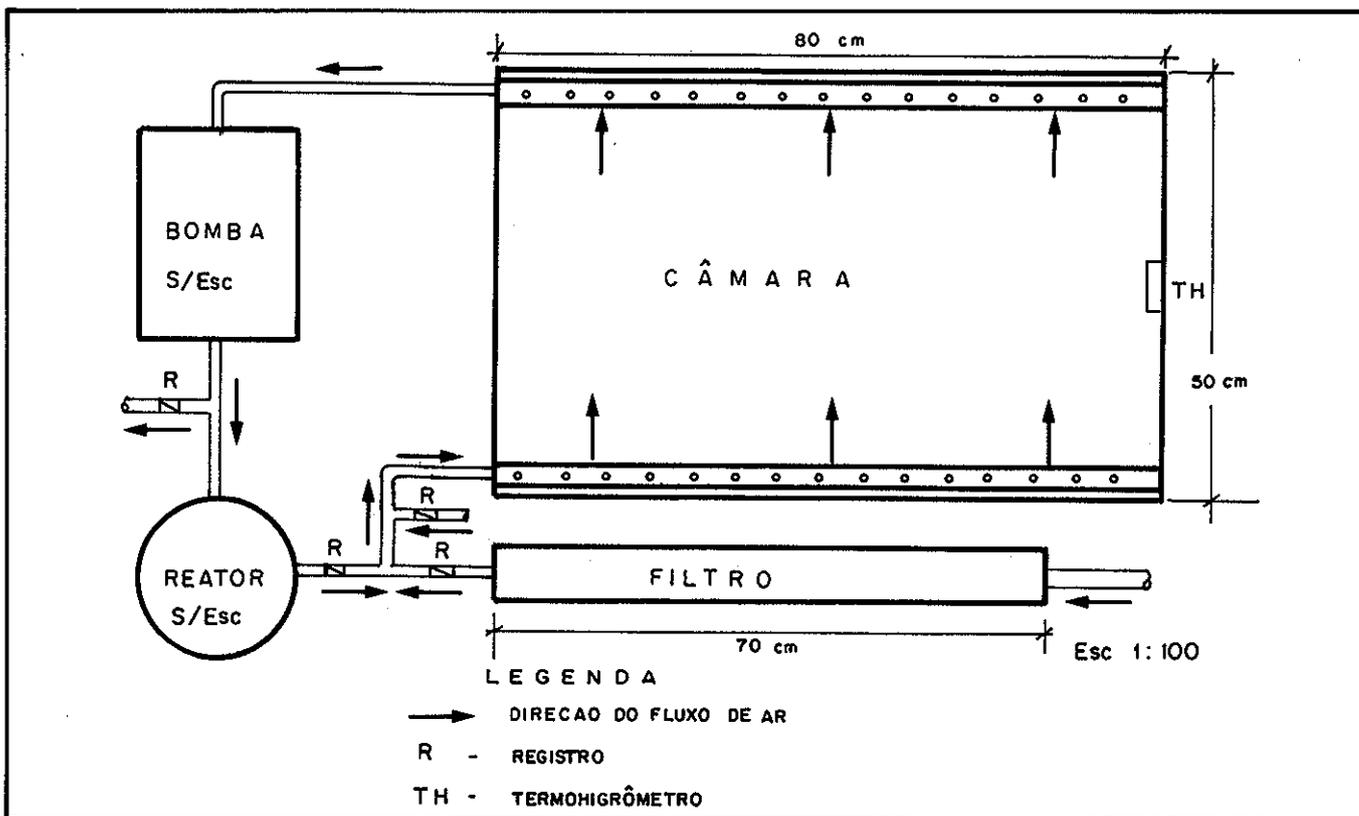
A amônia foi produzida no reator CSPA, através da reação:

$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH}_{(ex)} \rightarrow \text{aNH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$, utilizando-se as concentrações de 0,1 N (NH_4Cl) e 1,5 N (NaOH).

Para cada 1 ml de NH_4Cl , o reator produz aproximadamente 1,7 mg de NH_3 , que, na CSPA, representa uma concentração inicial de 6,7 mg/m³.

Essa concentração é estimada por meio de cálculos estequiométricos, não sendo de grande precisão, mas conservando as ordens de grandeza necessárias para os estudos de efeito agudo. O controle da concentração do

Figura 1 - Estrutura básica de uma Câmara de Simulação de Poluição Atmosférica (CSPA).



poluente é dado pela quantidade (inicial) de NH_4Cl utilizada e espera-se um decaimento da concentração interna ao longo do tempo. Portanto, os períodos de exposição foram de curta duração para evitar um decaimento muito acentuado.

Foram realizados testes com diferentes concentrações de amônia (50, 70, 200 e 500 ppm) durante duas horas. Prolongou-se o tempo de exposição, três horas para as espécies que não apresentaram sintomas no período de duas horas, sob as concentrações de 50 e 70 ppm. Foram utilizadas mudas de nove espécies nativas da Mata Atlântica: *Cariniana legalis* (Lecythidaceae), *Cecropia hololeuca* (Cecropiaceae), *Ficus enormis* (Moraceae), *Heteropterys nitida* (Malpighiaceae), *Lafoensia sp* (Lythraceae), *Monstera sp* (Araceae), *Phylodendron bipinnatifidum* (Araceae), *Pterogyne nitens* (Caesalpinaceae) e *Tibouchina pulchra* (Melastomataceae). As mudas, com porte em torno de 40 cm, foram aclimatadas e acompanhadas durante quatro meses antes do experimento.

A temperatura e umidade no interior da CSPA no período de realização do estudo foram monitoradas, oscilando entre 15° C a 33° C e 63% a 97%, respectivamente. A diferença entre o interior e o exterior da CSPA durante a realização dos testes foi inferior a 3° C para a temperatura e de 4% para a umidade relativa do ar.

Para cada fumigação utilizou-se uma muda aclimatada e manteve-se uma outra, semelhante, como

controle. As plantas, antes e depois da fumigação, foram fotografadas e todos os sintomas externos foram descritos. As mudas foram acompanhadas num período de até três meses, após a fumigação.

A fim de uniformizar a descrição dos sintomas, adotou-se a classificação de GALLI (1978) resumida a seguir:

- **Encharcamento:** sintoma plesionecrótico - tecido foliar assume uma aparência de estar embebido em óleo devido à passagem de água das células para os espaços intercelulares. Precede a morte do protoplasma.

- **Bronzeamento:** sintoma hiperplástico - coloração peculiar, cor de cobre da epiderme foliar devido provavelmente à alteração dos pigmentos existentes nessas células.

- **Enrolamento:** sintoma hiperplástico - deformação e encrespamento anormal das folhas devido à perda de água ou morte das células em uma das faces da folha.

- **Queima/necrose:** sintoma holonecrotico - sintomas decorrentes da morte das células e/ou tecidos foliares, podendo ocorrer em manchas ou na folha toda.

- **Clorose:** sintoma hipoplástico - a folhagem da planta, ou parte dela, mostra-se com coloração verde-clara ou verde-amarelada. É um sintoma da alteração no metabolismo dos cloroplastos, de destruição parcial da clorofila.

Tabela 1 - Sintomas agudos nas folhas de mudas sob diferentes concentrações de amônia, durante 2 horas.

ESPÉCIE	CONCENTRAÇÃO			
	50 ppm-35 mg/m ³	70 ppm-48 mg/m ³	200 ppm-147 mg/m ³	500 ppm-368 mg/m ³
<i>Cariniana legalis</i> Jequitibá	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	bronzamento, enrolamento, necrose e queda de folhas
<i>Cecropia hololeuca</i> Embaúba	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	bronzamento e queima marginal, queda de folhas	bronzamento, queima, necrose e queda de folhas
<i>Ficus enormis</i> Figueira	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	bronzamento	bronzamento
<i>Heteropterys nitida</i>	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	bronzamento internerval, queima e clorose	bronzamento internerval, necrose e queda de folhas
<i>Lafoensia sp</i>	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	queima dos ápices e queda de folhas
<i>Monstera sp</i> Coração de leão	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	bronzamento e murchamento	bronzamento e murchamento
<i>Phylodendron bipinnatifidum</i> Costela de adão	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	bronzamento, clorose e murchamento
<i>Pterogyne nitens</i> Amendoim bravo	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente
<i>Tibouchina pulchra</i> Manacá da serra	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	sem sintoma aparente	bronzamento, queima, necrose e queda de folhas

Resultados

Os resultados estão sumarizados na Tabela 1. Houve morte e posterior queda de folhas em alguns casos, mas não ocorreu morte de nenhum indivíduo. As plantas submetidas à fumigação, quando desfolhadas, rebrotaram e se recuperaram em um período de dois a três meses.

Os sintomas, no caso das concentrações acima de 70 ppm, começaram a se manifestar já no final da fumigação. Em concentrações iguais ou menores a 70 ppm, durante duas horas, nenhuma espécie estudada apresentou sintomas. Porém, a *Cecropia hololeuca*, submetida à dosagem de 70 ppm/3 h, apresentou bronzeamento, queima marginal e queda de folhas, sendo que esses sintomas ocorreram 24 horas após a fumigação. Necrose e queda de folha, quando observadas, ocorreram no período de 24 a 48 horas após a fumigação.

Tendo a sensibilidade das plantas como parâmetro para definir os limites de tolerância à exposição a NH_3 , observou-se que a primeira espécie a apresentar sintomas foi a *Cecropia hololeuca*, na faixa de 70 ppm/3 h. *Ficus enormis*, *Heteropterys nitida* e *Monstera sp* apresentaram sintomas a partir de 200 ppm/2 h. Já na faixa de 500 ppm/2 h todas as espécies, exceto *Pterogyne nitens*, sofreram injúria.

Discussão e Conclusão

JACOBSON & HILL (1970) relatam o aparecimento de injúrias em plantas de girassol, repolho e tomate expostas a 40 ppm de NH_3 durante uma hora, considerando essas espécies como sensíveis a esse poluente. Já espécies tidas como resistentes, como a macieira e o pessegueiro, apresentam sintomas apenas quando submetidas a concentrações superiores a 200 ppm. Segundo SMITH (1981), algumas espécies utilizadas na agricultura podem sofrer injúria aguda a 1.000 ppm durante 3 minutos ou 55 ppm por uma hora.

Injúrias agudas observadas em experimentos de fumigação de amônia têm sido descritas como consequência do colapso do tecido foliar com ou sem a subsequente perda de clorofila. Necrose marginal e internerval, bem como o escurecimento da epiderme foliar, também têm sido relatadas (JACOBSON & HILL, 1970; SMITH, 1981).

Sintomas específicos do efeito da amônia sobre as espécies estudadas ocorreram somente em altas concentrações (500 ppm), como nos casos de encharcamento das folhas e de enrolamento do limbo foliar, que surgiram durante a fumigação em *Heteropterys nitida* e *Cariniana legalis*, respectivamente. Por outro lado, o bronzeamento foi o primeiro sintoma a aparecer e o menos específico.

Os sintomas observados em concentrações de 500 ppm, em *Heteropterys nitida* e *Cariniana legalis*, evoluíram, após a fumigação, para necrose dos tecidos afetados e posterior queda de folhas. A perda de folhas em

algumas das plantas estudadas não significa, necessariamente, que estas espécies possam morrer em função de uma exposição de curto período sob altas concentrações (caso típico de acidentes e vazamentos), uma vez que houve rebrota das plantas, sem nenhum sintoma de acumulação de nitrogênio em níveis tóxicos.

Altas doses de nitrogênio podem aumentar a sensibilidade a pragas e doenças, por tornar os tecidos mais tenros e suculentos, devido ao desenvolvimento vegetativo (GALLI, 1978). De fato, as plantas fumigadas, quando não afetadas, apresentaram um crescimento foliar maior que as plantas-controle.

No caso da *Pterogyne nitens*, há grandes evidências de que esta espécie é mais resistente do que as demais, uma vez que as concentrações utilizadas não foram suficientes para estabelecer seu limite de tolerância. Contudo, é importante salientar que podem ter ocorrido alterações metabólicas nas plantas, que não foram detectadas, uma vez que este estudo foi essencialmente baseado em sintomas foliares visíveis. A *Pterogyne nitens*, sendo uma leguminosa, deve apresentar um metabolismo mais adaptado para nitrogênio em altas concentrações, em virtude da aptidão de inúmeras espécies desta família para acumular este nutriente.

Quanto à metodologia utilizada neste trabalho, verificou-se a necessidade de um controle mais efetivo das condições climáticas no interior da CSPA, para uniformizar todos os experimentos da fumigação. A inexistência de sistemas de monitoramento da concentração do poluente, no interior da câmara utilizada, impediu a verificação do seu decaimento ao longo do tempo.

Com este estudo foi possível constatar que, entre as espécies testadas, a de menor limite de tolerância a NH_3 foi *Cecropia hololeuca* (70 ppm por 3 horas), seguida por *Ficus enormis*, *Heteropterys nitida* e *Monstera sp* (200 ppm por 2 horas). *Pterogyne nitens* foi a que se mostrou mais resistente, não se tendo atingido concentrações que provocassem injúrias visíveis às suas folhas (concentrações acima de 500 ppm).

Para o homem, o limite de percepção olfativa de amônia é de 46,8 ppm, sendo que o nível imediatamente perigoso à saúde é de 500 ppm e a máxima concentração tóxica ao aparelho respiratório é de 10.000 ppm por 3 horas (NIOSH, 1985). Considerando que oito das nove espécies estudadas apresentam injúrias agudas sob concentrações acima do limite olfativo, porém, inferiores ao nível imediatamente perigoso à saúde, a ocorrência de injúria aguda em plantas pode constituir um instrumento útil para avaliação qualitativa das emissões acidentais.

Agradecimentos

Eng. Quím. Paulo Tetuia Hasegawa
Quím. Marta Helena Wallau Reis

Referências Bibliográficas

- ALONSO, C. D. & GODINHO, R. A. Evolução da Qualidade do Ar em Cubatão. *Química Nova* 15 (2): 126-136. 1992.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório Técnico. Levantamento de espécies vegetais resistentes e tolerantes à poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão - SP. São Paulo, setembro 1988, 18pp.
- _____. - Relatório técnico. Espécies arbóreas da Serra do Mar sensíveis à poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão, SP. São Paulo, setembro 1988a. 120 pp.
- _____. - Relatório Técnico. Desenvolvimento de Câmara para Simulação de Poluição Atmosférica - CSPA. São Paulo, agosto 1989. 14 pp.
- _____. Estudo Especial. Estudo de Amônia na Atmosfera de Cubatão - 1992. São Paulo, dez/93, 14p.
- FOLHA DE S. PAULO. Vazamento de amônia intoxica dois na Bahia. *Jornal Folha de S. Paulo*. 30 de abril de 1991.
- GALLI, F. (coordenador). *Manual de fitopatologia*. Vol. 1: Princípios e Conceitos. São Paulo. Ed. Agronômica Ceros Ltda. 1978. 373 pp.
- GUDERIAN, R. (ed.). Air pollution by photochemical oxidants. *Ecological studies*. Analysis and Synthesis. V. 52. Springer-Verlag. 346 p. 1985.
- JACOBSON, J.S. & HILL, A.C. (ed.). *Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas*. Air Pollution Control Association Pittsburg. Pennsylvania. 1970.
- LEVITT, J. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Vol. II. Water radiation, salt and other stresses. Academia Press. pp. 607. 1980.
- NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. *Pocket guide to chemical hazards*. U.S. Department of Health and Human Services. 1985.
- SMITH, W.H. *Air Pollution and Forests*. Springer Series. Springer-Verlag. New York Inc. 1981.

