

Efeito da poluição sobre bioindicadores vegetais

Beatriz Ramos Mendonça¹
Eldo Antonio Monteiro da Silva²

RESUMO A influência da poluição atmosférica na região de uma indústria têxtil em Teresópolis, RJ, foi avaliada através da utilização de *Lactuca sativa* (alface), *Daucus carota* (cenoura) e *Brassica rapa* (nabo). Reduções no peso fresco e acúmulo de matéria seca foram observadas em plantas crescendo em diferentes distâncias e altitudes da fonte poluidora. Plantas cultivadas a 50 e a 90 metros da indústria mostraram até 90% de redução do peso seco e 88% do peso fresco. Necroses e cloroses foram observadas nas folhas de alface e nabo nas estações mais próximas da fonte emissora. Plantas hortícolas mostraram possuir qualidades para serem bioindicadoras da poluição atmosférica.

Palavras-chave: dióxido de enxofre, poluição, bioindicadores, Teresópolis.

ABSTRACT Atmospheric pollution nearby a textil industry in Teresópolis, RJ, was assessed utilizing *Lactuca sativa* (lettuce), *Daucus carota* (carrot) and *Brassica rapa* (turnip). Growth reductions was observed in plants growing at different distances and altitudes from the pollution source. Plants cultivated at 50m and 90m far from the industry showed up to 90% of dry weight reduction and 88% fresh weight reduction. Necrosis and chlorosis were observed in turnip and carrot leaves growing on the sample points close to the emission source. Turnip, carrot and lettuce showed good qualities as bioindicators plants.

Key words: sulfur dioxide, pollution, bioindicators, Teresópolis.

A poluição atmosférica nas regiões urbanas tem aumentado devido à crescente atividade industrial e ao aumento do número de veículos motorizados em circulação. A vegetação é grandemente afetada pela emissão de poluentes atmosféricos. Existe uma gama de danos e injúrias causada por poluentes gasosos, alguns dos quais são considerados típicos de determinados poluentes. Por isso, a utilização de plantas como bioindicadores da poluição de ar é muito aceita (Bedi et alii, 1982; Hicks, 1976; Jacobson & Hill, 1970).



Em termos de resíduos industriais, o dióxido de enxofre (SO₂) é altamente nocivo à vegetação, e tem sido mais estudado do que qualquer outro composto químico (Hecks, 1976; Jacobson & Hill, 1970; Mudd & Kozlowski, 1975). Análises substanciais de danos causados aos vegetais e os efeitos em um grande número de espécies de plantas susceptíveis ao SO₂ têm sido divulgados (Jacobson & Hill, 1976; Sanders & Reinert, 1982). Concentrações subletais de SO₂ podem não causar efeitos visíveis nas folhas, entretanto, vários processos metabólicos podem ser afetados acarretando um decréscimo no crescimento e conseqüentemente na produção (Keck & Dunning, 1978; Hogsett et alii, 1984).

O presente trabalho procurou avaliar o grau de poluição atmosférica, nas redondezas de uma indústria têxtil na cidade de Teresópolis, RJ, pelo uso de plantas bioindicadoras.

1. Estagiária do Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais

2. Professor-Adjunto do Departamento de Biologia Vegetal, da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais

Materiais e métodos

Foram utilizadas as espécies *Lactuca sativa* (alface), *Daucus carota* (cenoura) e *Brassica rapa* (nabo), plantas bioindicadoras comprovadamente sensíveis ao dióxido de enxofre (SO_2) (Hicks, 1976; Jacobson & Hill, 1970; Wood, 1962). Sementes de cenoura e nabo foram semeadas diretamente em sacos plásticos negros com 26 x 14 cm, duas plantas por saco e quatro sacos por espécie, em solo não adubado e irrigadas diariamente. A alface foi germinada em sementeira e posteriormente transplantada para sacos plásticos com o mesmo volume e tipo de solo. As plantas cresceram em um local livre de qualquer sinal de poluição atmosférica proveniente de indústrias. Trinta e seis dias após a semeadura, quatro plantas de cada espécie foram levadas para cada uma das cinco estações de amostragem, onde continuaram a ser irrigadas diariamente. As plantas foram coletadas 86 dias após a semeadura, imediatamente pesadas, para obtenção do peso fresco, e posterior secagem em estufa a 40°C até obtenção do peso seco constante. A influência da poluição atmosférica sobre as plantas foi baseada na redução dos pesos frescos e secos das plantas, crescendo em cada uma das cinco estações de amostragem.

A indústria está localizada em uma área plana, imediatamente ao lado da Colina dos Mirantes (direção sul), e esta abrigou três estações de amostragem dispostas em diferentes níveis de altitude. A disposição das estações de amostragens em relação à indústria, distâncias, direção pre-

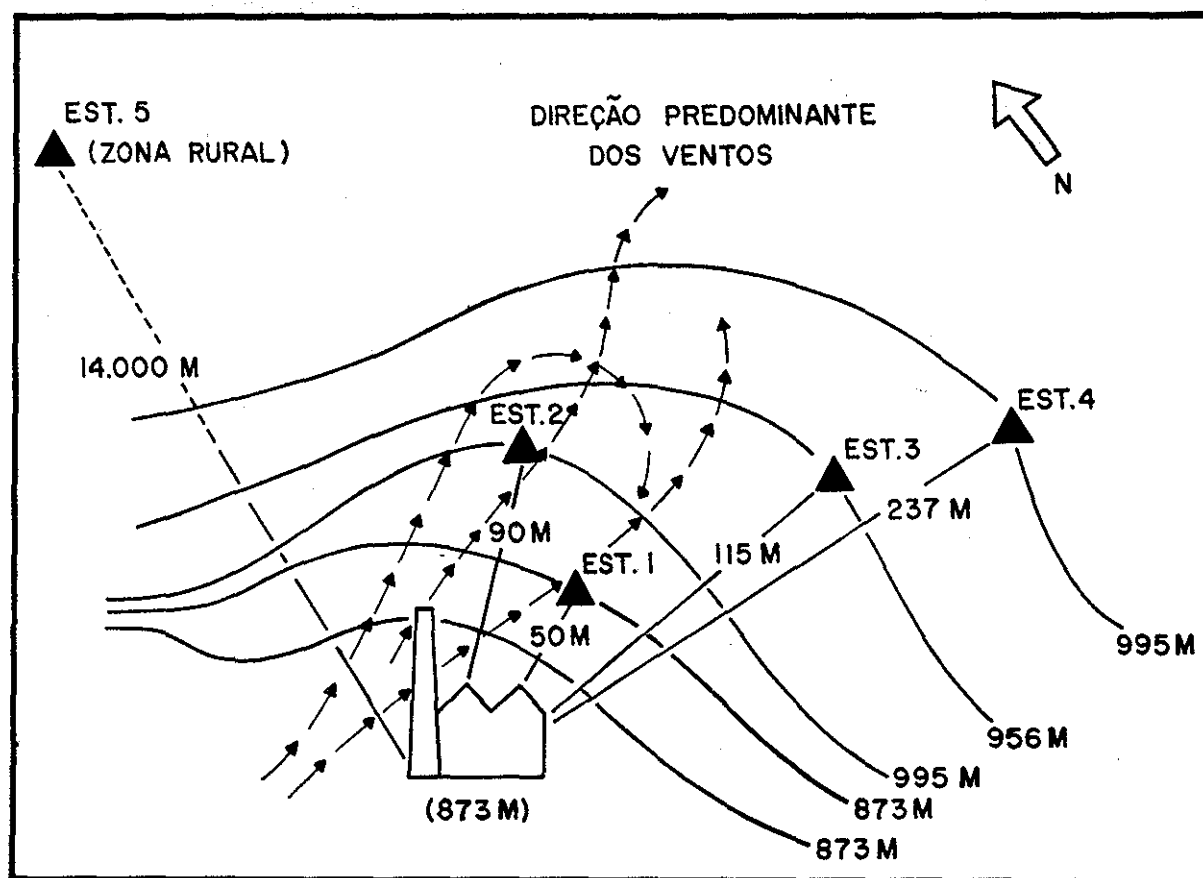
dominante dos ventos e altitude acima do nível do mar são mostradas na *Figura 1*.

Resultados

Plantas de alface, cenoura e nabo mostraram pesos frescos e secos semelhantes quando cultivadas na área próxima à indústria (*Figura 1*). Entretanto, as plantas das três espécies, cultivadas a cinquenta e noventa metros de distância da fonte poluidora, apresentaram menor crescimento e conseqüentemente redução dos pesos frescos e secos (*Tabela 1*).

O crescimento das plantas de cenoura e nabo, medido pelo peso fresco, mostrou-se diferente entre os pontos próximos à indústria e à estação de controle a quatorze quilômetros. O crescimento aumentou com a distância, e conseqüentemente devido à topografia, com a altitude do local de cultivo das plantas (*Tabela 1*).

Drásticas reduções no peso fresco das plantas de alface, foram observadas próximas à fonte poluidora. Cerca de 90% de decréscimo no peso fresco foi observado entre as plantas cultivadas nas proximidades da indústria, em relação ao controle situado a quatorze quilômetros da fonte poluidora. Sensíveis variações no peso fresco foram também observadas entre as plantas crescendo no local de controle e os demais locais de amostragem (*Tabelas 1 e 2*).



O peso seco apresentou grandes variações em todas as espécies e entre as estações de coleta. Para as plantas de alface, verificou-se uma redução de 87,4% entre o peso seco das plantas crescendo na estação 2 com o controle. Reduções semelhantes foram obtidas para as plantas de nabo e cenoura crescendo nas mesmas estações de coleta da alface (Tabela 2).

O fator altura também exerceu influência no efeito da emissão industrial sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. As espécies crescendo na estação 1, ao mesmo nível da indústria, e da estação 2, situada 122m acima do nível da indústria, porém, na direção predominante dos ventos, mostraram maior redução no crescimento, com base nos pesos frescos e secos (Figura 1, Tabela 1).

As análises de solo feitas pré e pós-colheita, evidenciaram um pH médio de 6.8 para todas as estações, não mostrando alterações sensíveis com relação ao nível de altitude e distância da indústria. Os teores de fósforo, potássio, alumínio, cálcio e magnésio mostraram-se dentro dos padrões normais para o crescimento adequado das plantas.

Discussão

Plantas crescendo em atmosferas próximas a parques industriais, estão sob "stress" ambiental, causado por poluentes atmosféricos (Linzon, 1965; Reinert & Heck, 1982). As plantas cultivadas na região da indústria têxtil, em Teresópolis, mostraram reduções no crescimento, medidas pelos pesos frescos e secos. O histórico da indústria de tecidos, associado tanto à fonte de energia utilizada — a madeira — como também os sintomas foliares típicos, sugere que quantidades substanciais de SO₂ são emitidas para a atmosfera diariamente (Brandt & Heck, 1968).

As condições meteorológicas, como velocidade e direção dos ventos e área de estagnação, associadas à conformação topográfica, podem aumentar os efeitos dos agentes fitotóxicos na atmosfera sobre o ecossistema vegetal (CETESB, 1984). A região onde a indústria têxtil se localiza apresenta condições que favorecem o efeito de poluentes sobre as plantas crescendo nas redondezas onde este estudo foi conduzido (Figura 1). Plantas situadas próximas ao nível da tecelagem mostraram maiores reduções no desenvolvimento, principalmente com relação às cultivadas em áreas livres dos agentes atmosféricos tóxicos (Tabela 2).

Cloroses e necroses, amareladas e esbranquiçadas, são sintomas foliares típicos da presença de SO₂ na atmosfera (Hicks, 1976; Jacobson & Hill, 1970; Mudd & Koslowski, 1975). Alface e nabo, plantas sensíveis a este poluente, apresentam manchas amarelas e esbranquiçadas quando expostas a concentrações tóxicas de SO₂ (Brandt & Heck, 1968; Jacobson & Hill, 1970; Whitmore & Mansfield, 1983). Visualmente, notou-se cloroses semelhantes, típicas de injúria causada por SO₂, nas plantas utilizadas neste experimento, o que sugere uma possível toxidez por SO₂ ou outro poluente agindo sinergicamente. (Mudd & Koslowski, 1975; Reinert & Heck, 1982; Sanders & Reinert, 1982).

O SO₂ penetra nas plantas através dos estômatos e pode causar alterações metabólicas com conseqüente redução no crescimento e desenvolvimento das plantas (Elkiey & Ormrod, 1979; Keller, 1984; Kovar, 1982; Majernik & Mansfield, 1970; Miyake *et alii*, 1984; Unsworth *et alii*, 1972). O grau de penetração está diretamente relacionado com a abertura e o fechamento dos estômatos. Condições ideais para a abertura destes facilitam a penetração de SO₂ nas plantas causando maiores degradações no tecido foliar (Elkiey & Ormrod, 1979; Majernik & Mans-

Tabela 1 — Média dos pesos fresco e seco de três espécies hortícolas

Distância Fonte Emissora	Alface		Cenoura		Nabo	
	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)
Estação 1 (50m)	9,5 ± 3,6	0,9 ± 0,5	7,5 ± 1,8	0,57 ± 0,3	5,0 ± 1,5	0,8 ± 0,2
Estação 2 (90m)	8,3 ± 2,0	0,55 ± 0,2	4,2 ± 1,6	0,3 ± 1,6	8,0 ± 2,0	0,8 ± 0,2
Estação 3 (115m)	11,2 ± 3,4	0,8 ± 0,7	7,0 ± 0,8	0,5 ± 0,1	11,0 ± 1,2	1,5 ± 0,5
Estação 4 (237m)	15,7 ± 3,9	1,6 ± 0,6	8,2 ± 1,6	1,1 ± 0,6	13,7 ± 2,1	2,5 ± 0,7
Estação 5 (14.000m)	96,2 ± 8,4	4,3 ± 1,0	15,0 ± 3,5	2,1 ± 0,6	42,5 ± 12,5	5,5 ± 1,7

Tabela 2 — Reduções em porcentagem do crescimento das plantas em relação ao local de controle (estação 5)

Distância da Fonte Emissora	Alface		Cenoura		Nabo	
	Peso Fresco(g)	Peso Seco(g)	Peso Fresco(g)	Peso Seco(g)	Peso Fresco(g)	Peso Seco(g)
Estação 1 (50m)	90,1%	78,3%	50,0%	73,5%	88,2%	84,6%
Estação 2 (90m)	91,3%	87,2%	72,0%	83,8%	80,1%	85,5%
Estação 3 (115m)	88,3%	81,4%	53,3%	74,7%	74,1%	71,4%
Estação 4 (237m)	83,5%	62,8%	45,0%	45,9%	67,7%	53,2%

field, 1970; Unsworth *et alii*, 1972). Plantas cultivadas nas proximidades da indústria têxtil mostraram maiores reduções no crescimento do que aquelas situadas em locais mais distantes (Tabela 2).

A sensibilidade das plantas a determinados poluentes pode ser uma bioindicação para os teores de gases fitotóxicos na atmosfera (Bedi *et alii*, 1982; Hogsett *et alii*, 1984). As espécies utilizadas, citadas como sensíveis ao SO₂, mostraram sintomas de cloroses nas folhas das plantas de alface e nabo, crescendo a cinquenta e a noventa metros da fonte poluidora. Plantas de feijão exibem sintomas necróticos com níveis de 5 ppm de SO₂ (Hicks, 1976). Isto leva a deduzir que a área, nas redondezas da indústria, contenha na atmosfera índices poluidores com níveis aproximados ao fitotóxico. Provavelmente, as plantas nativas da região devam, também, estar sendo afetadas pela emissão de SO₂ na atmosfera.

Análises de solo, dos recipientes utilizados nos locais próximos à indústria, não demonstraram alteração química em relação às amostras coletadas a quatorze quilômetros da fonte de emissão. O pH médio de 6.8 e os níveis normais de elementos químicos (P, K, Al, Mg, e Ca) demonstraram que o solo não foi o fator de redução do crescimento das plantas. Resultados, com base nos pesos frescos e secos, evidenciaram reduções no crescimento das plantas cultivadas em diferentes distâncias e altitudes nas proximidades da indústria. Tal observação suporta a tese de que a atmosfera foi o principal fator que causou a redução no desenvolvimento e crescimento das plantas bioindicadoras.

Conclusões

Devido ao decréscimo no crescimento, baseado no peso fresco e seco, das plantas estudadas e pela distribuição das espécies em diversos locais e em diferentes distâncias e altitudes, conclui-se que as concentrações de poluentes na atmosfera afetam o ecossistema vegetal próximo à indústria. A utilização de plantas prova que espécies como alface, cenoura e nabo têm qualidades bioindicadoras de poluição atmosférica.

Faz-se necessário um estudo mais aprofundado sobre os efeitos da poluição atmosférica industrial nos nossos ecossistemas vegetais.

Referências

- BEDI, S.J.; PATEL, M.D. & SHAH, K.G. Ecomorphological and phytochemical studies to determine the pollutant and its source causing damage to vegetation: A case study of damage to banana plantation. *Indian U. Ecol.*, 9:335-338, 1982.
- BRANDT, C.S. & HECK, W.W. *Effects of air pollutants on vegetation*. New York, Academic Press, 1968, 443 p.
- CETESB, A degradação da vegetação da Serra do Mar em Cubatão. Relatório preliminar 05464, 1984.
- ELKIEY, T. & ORMROD, D.P. Leaf diffusion resistance responses of three petunia cultivars to ozone and/or sulfur dioxide. *APCA*, 29:622-625, 1979.
- HECK, W. W. & DUNNING, J. A. Response of oats to sulfur dioxide interactions of growth temperature with

exposure temperature or humidity. *APCA*, 28:241-246, 1978.

- HICKS, O.R. Diagnosing vegetation injury caused by air pollution *EPA, ASA*, 4:1-12, 1976.
- HOGSETT, W.E., HOLMAN, S.R., GUMPERTITZ, M.L. & TINGEY, P.T. Growth response in radish to sequential and simultaneous of NO₂ and SO₂. *Environ. Pollution*, 33:303-325, 1984.
- JACOBSON, J. S. & Hill, A.C. *Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas*. Inform. Rep. N° 1, Pennsylvania, APCA.
- KELLER, T. Direct effects of sulfur dioxide on trees. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 305:317-326, 1984.
- KOVAR, P. Plant strategies and the crop cultivation strategy in polluted environment. *Ekologia*, 1:337-342, 1982.
- LINZON, S.N. Sulfur dioxide injury to trees in the vicinity of petroleum refineries. *Forest Chronicle*, 41: 245-250, 1965.
- MAJERNIK, O & MANSFIELD, T.A. Direct effect of SO₂ pollution on degree of opening of stomata. *Nature*, 227: 377-378, 1970.
- MIYAKE, H., FURUKAWA, A., TOTSUKA, T. & MAEDA, E. Differential effects of ozone and sulfur dioxide on the fine structure of spinach leaf cells. *New Phytol.* 96:215-228, 1984.
- MUDD, J.B. & KOZLOWSKI, T. T. *Responses of Plants to Air Pollution*. New York, Academic Press, 1975, 383p.
- REINERT, R.A. & HECK, W.W. Effects of nitrogen dioxide in combination with sulfur dioxide and ozone on selected crops. *J. Amer. Pollut. Contr. Ass.* 19:24-30, 1982.
- SANDER, J. S. & REINERT, R.A. Screening Azalea cultivars for sensitivity to nitrogen, dioxide, sulfur dioxide, and ozone alone and in mixtures. *J. Amer. Soc. Horty. Sci.*, 107:87-90, 1982.
- UNSWORTH, H., BISCOE, P.V. & PINCKNEY, H.R. Stomatal responses to sulfur dioxide, *Nature*, 239:458-459, 1972.
- WHITMORE, M. E. & MASFIELD, T. A. Effects of long-term exposures to SO₂ and NO₂ on *Poa pratensis* and other grasses. *Environ. Pollution*, 31:217-235, 1983.
- WOOD, F.A. Discussion at Symposium on Air Quality Criteria. *J. Occup. Med.*, 10:92-102, 1962.

