

INFLUÊNCIA DO FLÚOR SOBRE PARÂMETROS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS DE FOLHAS DE MURUCI (*Byrsonima crassifolia* [L] Rich)¹

Manoel Tavares de PAULA²

Benedito Gomes dos SANTOS FILHO³

Dora Suely Barbosa dos SANTOS⁴

Irenice Maria Santos VIEIRA⁵

Heráclito Eugênio Oliveira da CONCEIÇÃO⁶

RESUMO: Sob a forma de ácido fluorídrico [HF] o flúor é considerado o mais fitotóxico dos poluentes atmosféricos. As principais fontes de [HF] são fábricas de alumínio, aço, vidro, tijolos, lajotas e de fertilizantes fosfatados. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos causados pelo flúor sobre parâmetros químicos e bioquímicos de folhas jovens e maduras de plantas de muruci (*Byrsonima crassifolia* [L] Rich). O estudo foi realizado nos arredores da fábrica de alumínio da ALBRAS, no município de Barcarena (PA). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos e 12 repetições em duas condições de ambiente: a) na região da fábrica, a 200 m da fonte de liberação de flúor gasoso e b) na localidade denominada Água Verde, a 4 km distante da fábrica. Os resultados referentes às concentrações de flúor nas folhas jovens e maduras de muruci na região da fábrica foram significativamente superiores àqueles obtidos na região de Água Verde. Quanto aos teores de carboidratos e proteínas solúveis totais e clorofila *a*, a região da fábrica apresentou resultados inferiores àqueles encontradas na região de Água Verde, não havendo, entretanto, diferenças para os teores de clorofila *b*. Folhas de plantas localizadas na região da fábrica apresentaram sintomas de toxidez ao flúor, como clorose e lesões necróticas, os quais não foram observados na região de Água Verde.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Ácido Fluorídrico, Fitotoxidez, Poluição, Clorofilas, Proteínas, Carboidratos.

FLUORINE EFFECT ON CHEMICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN LEAVES OF MURUCI (*Byrsonima crassifolia* [L.] Rich)

ABSTRACT: Fluorine, as hydrogen fluoride [HF], is considered the most phytotoxic among common atmospheric pollutants. The main sources of HF are manufacture of aluminum, steel, glass, bricks,

¹ Aprovado para publicação em 17.03.2005.

Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre na UFRA em 1998.

² Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Doutorando do curso de Ciências Agrárias da UFRA.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto da UFRA, Belém (PA)

⁴ Bióloga, Dra., Assessora da Pro-Reitoria da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Belo Horizonte (MG)

⁵ Engenheira Agrônoma, Dra., Professora Adjunta da UFRA, Belém (PA)

⁶ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

paving stones and of phosphates fertilizers. The objective of this work was to determine fluorine effect on chemical and biochemical parameters in leaves of muruci plants (*Byrsonima crassifolia* [L] Rich). The research was made in the surroundings of the ALBRAS aluminum factory, municipal district of Barcarena, State of Para. A complete randomized experimental design with two treatments and 12 replicates was used. Treatments were two atmosphere conditions: a) inside the area of the factory 200m far from the source of fluorine gas liberation and b) in the place called Água Verde 4 Km from the factory. The results showed that fluorine concentration in the muruci leaves were higher in the aluminum factory than in the Água Verde region. Carbohydrates, soluble proteins and chlorophyll levels were lower in the aluminum factory than in the Água Verde region. There was not difference in chlorophyll b levels between both regions. Muruci plants showed leaf symptoms of fluorine toxicity, discoloration and necrosis, not observed in the Água Verde region..

INDEX TERMS: Hydrogen Fluoride, Phytotoxicity, Pollutant, Chlorophyll, Carbohydrates, Proteins

1 INTRODUÇÃO

Há mais de mil anos já há registro do efeito causado pelo flúor, proveniente de erupções vulcânicas sobre a vegetação. Herbívoros, que se alimentavam de plantas contaminadas com o pó vulcânico, ficavam doentes e apresentavam os sintomas agora associados com toxicidade crônica e aguda de flúor, ou fluorose, doença dos dentes e dos esqueletos (WEINSTEIN; HANSEN, 1988).

Sabe-se hoje que, além das fontes naturais, o flúor na forma gasosa é lançado na atmosfera a partir de fábricas de alumínio, aço, vidro, tijolo, azulejo e de indústrias de fertilizantes fosfatados (URONE, 1976). Porém, das formas antropogênicas, a mais preocupante é a originada da fabricação de alumínio, que libera grandes quantidades deste poluente no ambiente. Dos poluentes atmosféricos mais comuns, o flúor, sob a forma gasosa de ácido fluorídrico [HF], é o mais fitotóxico, causando danos nas plantas, que vão desde alterações metabólicas, lesões

foliares, redução no crescimento e no desenvolvimento, até prejuízos a ecossistemas como um todo (ARDNT; FLORES; WEINSTEIN, 1995).

O flúor, na forma gasosa, penetra no tecido foliar, principalmente, através dos estômatos, mas, também, em menor proporção, através da cutícula e lenticelas de ramificações (McCUNE; SILBERDMANN; WEINSTEIN, 1977). No mesófilo migra com a corrente transpiratória para as zonas foliares de maior evaporação (GARREC; PLEBIN; LHOSTES, 1977). Ledbetter, Mavrodineanu e Weiss (1960), baseados em análise de plantas com isótopos radioativo-F¹⁸, verificaram que o maior sitio de acumulação de flúor em plantas é a folha. De acordo com Weinstein (1977), os efeitos produzidos por flúor em vegetação dependem da forma do poluente (gasoso ou particulado), fatores ambientais (temperatura, umidade, luz, nutrição mineral, chuva e velocidade do vento), fatores endógenos (idade da planta

e estágio de desenvolvimento), da concentração do produto, da duração e frequência de exposição. Prinz e Scholl (1978) recomendam um limite máximo de concentração de 30 $\mu\text{g F. g}^{-1}$ MS para a proteção de plantas muito sensíveis, e 60 $\mu\text{g F. g}^{-1}$ MS para plantas com situação intermediária e para animais herbívoros.

De acordo com Alonso (1992), as queimadas têm sido o fator que mais tem contribuído para aumentar a poluição atmosférica na Amazônia; entretanto, a instalação de indústrias de fabricação de alumínio na região, motivada por uma grande oferta de matéria-prima e energia elétrica barata, também vem causando grandes preocupações em termos ambientais, pois, segundo Ecopam (1990), para produzir 340 000 toneladas de alumínio por ano a fábrica da ALBRAS lança no ambiente, 4 617,2 e 3 677,8 kg de flúor nas formas gasosa e particulada, respectivamente.

A Região Amazônica é rica em espécies de interesse agrônomo, florestal e madeireiro, dentre estas destaca-se a espécie *Byrsonima crassifolia* [L.] Rich pertencente à família Malpigiaceae, conhecida vulgarmente como muruci, da qual extrai-se corantes, madeira, medicamentos e seus frutos são utilizados para consumo “*in natura*” (CAVALCANTE, 1996).

Considerando a pequena quantidade de informações dos efeitos do flúor em relação às plantas da Região Amazônica, o

presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações químicas e bioquímicas causadas pelo flúor sobre folhas jovens e maduras de plantas de muruci, cultivadas no entorno da fábrica de alumínio da ALBRAS. Adicionalmente, registrou-se as alterações passíveis de serem observadas visualmente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está localizada nos arredores da fábrica de alumínio da ALBRAS – Alumínio Brasileiro S/A (latitude 1° 33' S e longitude 48° 44' W), correspondente à região leste do município de Barcarena (PA) (Figura 1), delimitada pela rodovia PA-150 e Rio Arienga, distando 29 km de Belém (PA).

A região caracteriza-se por apresentar clima quente e úmido, enquadrando-se na classificação de Köppen como sendo do tipo Am. As temperaturas médias anuais variam entre 26 e 28 °C, com amplitude térmica mínima. As chuvas são abundantes, variando entre 2 500 e 3 000 mm. O solo predominante é o Latossolo Amarelo distrófico, textura média, fortemente ácidos (pH 4,5 a 5,5). A vegetação típica é a floresta equatorial de terra firme, na porção continental, porém, havendo poucas áreas dessa floresta original (IDESP, 1983).

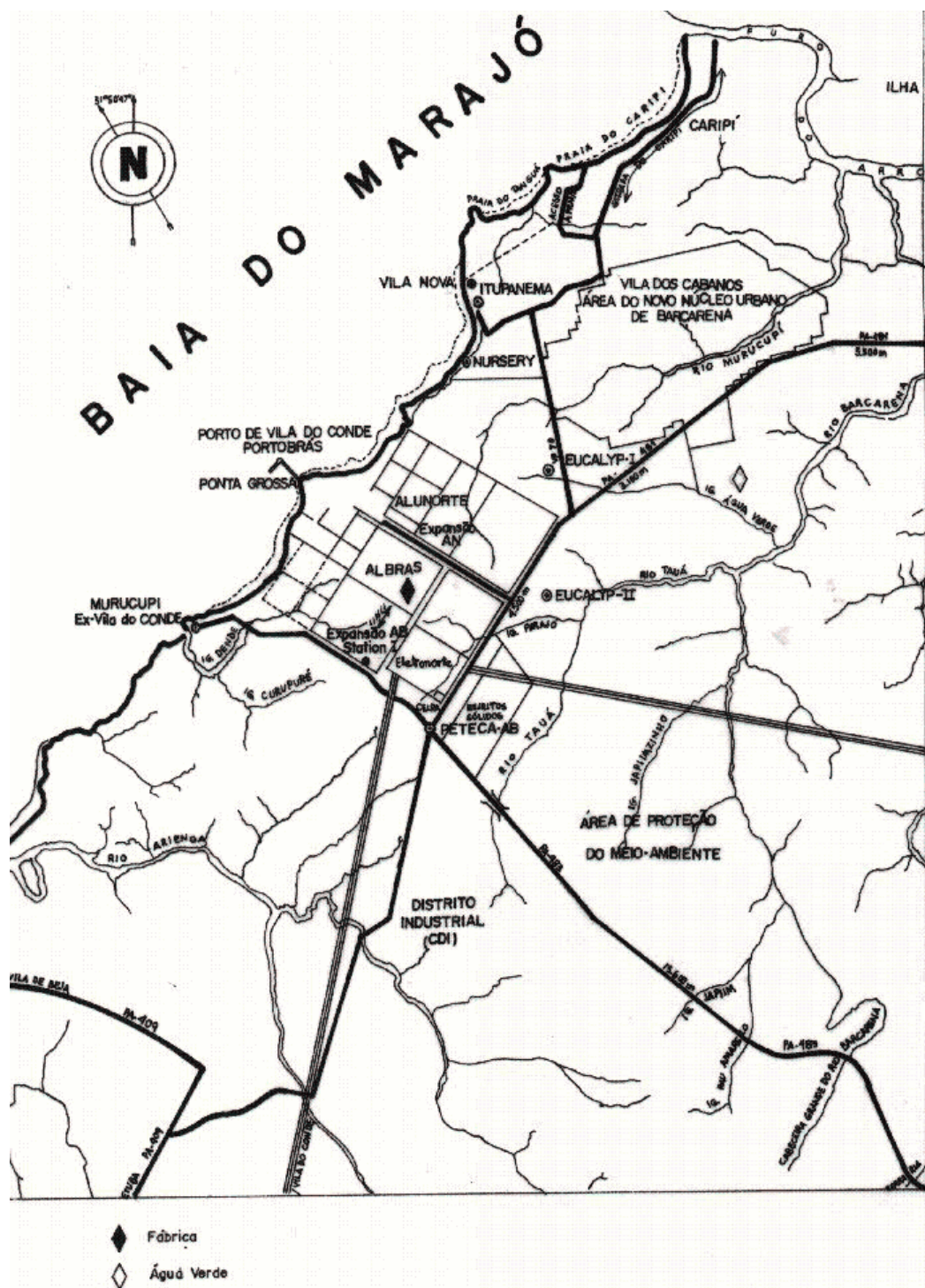


Figura 1 – Mapa mostrando o local onde foi realizado o estudo.

2.2 ESPÉCIE ESTUDADA E SUA LOCALIZAÇÃO

O estudo foi realizado em plantas de muruci (*Byrsonima crassifolia* [L.] Rich) com, aproximadamente, três anos de idade, localizadas em duas condições de ambiente: a) na região da fábrica, a 200m do forno de redução II (onde são liberados flúor em estado gasoso e particulado), na direção dos ventos predominantes da região e b) na localidade denominada Água Verde, distante 4 km da fábrica, em direção oposta aos ventos predominantes da região (sem exposição ao flúor gasoso). Para ambos os locais foram coletadas folhas jovens (consideradas da extremidade do ramo até a 4ª folha) e maduras (consideradas a partir da 5ª folha), onde se procederam as seguintes análises:

2.2.1 Concentrações de flúor

As análises de flúor foram realizadas no laboratório de Análises Químicas da ALBRAS. Amostras de folhas jovens e maduras foram coletadas nos dois locais estudados e colocadas em sacos de papel de 1 kg e levadas a uma estufa de ventilação forçada por 48 h a 80 °C, para obtenção do peso da matéria seca. Em seguida, as folhas dessecadas foram moídas em moinho tipo café e passadas em peneiras de 60 mesh. O flúor foi extraído a partir de 0,5 g de cada amostra moída, que foram homogeneizadas com bastão de vidro com 25 mL de ácido perclórico (HClO₄) a 0,1 M, agitadas

durante 1h e, posteriormente, completado o volume para 50 mL com TISAB pH 8,0-8,5. O flúor contido na solução foi determinado por meio de eletrodos combinados, formados por eletrodo de íon específico, previamente calibrado, marca ORION RESEARCH, modelo EA 920. As concentrações flúor nos tecidos foliares foram obtidas plotando-se os dados das leituras do aparelho em uma curva padrão de fluoreto de sódio (NaF), utilizando-se metodologia proposta por Garcia-Ciudad, Garcia-Caiado e Ponyon-San Emeterio, (1985) e expressas em mg.g⁻¹ de matéria seca (MS).

2.2.2 Teores de carboidratos solúveis totais e proteínas solúveis totais, clorofila *a* e clorofila *b*.

As análises de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis totais e clorofilas *a* e *b* nos tecidos foliares foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia Vegetal e Fitossanidade da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Para realização destas análises, as folhas frescas (jovens e maduras) foram coletadas de plantas nos dois locais estudados e imediatamente envolvidas em papel alumínio, acondicionadas em saco plástico, identificadas e armazenadas em isopor com gelo, em seguida levadas ao laboratório e armazenadas em freezer a -20 °C até o momento do processamento. A determinação dos teores de carboidratos e

proteínas solúveis totais foi obtida de acordo com a metodologia descrita por Ching e Santos (1986), modificada. Os teores de clorofila *a* e *b* foram determinados de acordo com o método proposto por Arnon (1949).

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA:

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos, constantes das observações em folhas jovens e maduras em doze repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância baseada no método dos mínimos quadrados e as médias comparadas pelo teste de DMS – Tukey ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com Pimentel Gomes (1978).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1, que folhas jovens e maduras de plantas de muruci, localizadas na região da fábrica, apresentaram concentrações de flúor significativamente superiores em comparação às concentrações obtidas em

folhas de plantas localizadas na região de Água Verde. Notou-se, também, que folhas maduras de plantas localizadas na região da fábrica apresentaram concentrações de flúor significativamente superiores àquelas detectadas nas folhas jovens. Este resultado deveu-se, provavelmente, ao maior tempo de exposição das folhas maduras em relação às folhas mais jovens. Bustamante (1988), estudando o efeito da chuva simulada, com doses crescentes de flúor, observou haver um acúmulo deste elemento, em relação ao tempo de exposição, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular de plantas de soja (cvs. Bossier e Doko), porém, com maior acúmulo na parte aérea. Também, as concentrações elevadas de flúor em folhas jovens e maduras na região da fábrica assemelham-se aos resultados encontrados por Conceição et al. (1997), que após analisarem o efeito de flúor sobre pupunheiras (*Bactris gasipaes*), em área de influência da fábrica da ALBRAS, detectaram um aumento da concentração de flúor nos tecidos da folha de 13 para 2,900 $\mu\text{g F. g}^{-1}\text{MS}$, após 60 dias de exposição.

Tabela 1 – Concentrações de flúor em $\mu\text{g. g}^{-1}\text{MS}$, detectados em folhas jovens e maduras de muruci (*Byrsonima crassifolia* [L] Rich). Média de 12 repetições. Barcarena (PA), 1998.

Condições de cultivo	(flúor)	
	Folhas jovens	Folhas maduras
Exposição ao flúor (fábrica)	3040 a B	9342,5 a A
Sem exposição ao flúor (Água Verde)	21,68 b A	11,21 b B

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação às plantas localizadas na região de Água Verde, as folhas maduras apresentaram concentrações de flúor significativamente inferiores àquelas detectadas em folhas jovens. Entretanto, essas concentrações não são consideradas tóxicas, pois, segundo Weinstein (1977) as concentrações normais de flúor em plantas variam de 2 a 20 $\mu\text{g F. g}^{-1}$ MS.

Para Weinstein (1977), entre os efeitos mais bem documentados do flúor sobre as vias metabólicas das plantas, encontram-se aqueles que atuam no metabolismo dos carboidratos. Analisando-se a Tabela 2, verifica-se que tanto folhas jovens quanto folhas maduras de plantas localizadas na região de Água Verde apresentaram teores de carboidratos solúveis totais significativamente superiores àqueles encontrados nos mesmos tipos de folhas de plantas localizadas na região da fábrica. Analisando-se as Tabelas 1 e 2, observa-se que as maiores concentrações de flúor encontradas nos tecidos de plantas localizadas na região da fábrica podem ter afetado os níveis de carboidratos solúveis totais, o que concorda com os resultados encontrados por Miller, Yu e Pushnik (1983) e Bustamante (1988), os quais verificaram diminuição nos níveis de carboidratos solúveis totais com o aumento das concentrações de flúor nos tecidos. Segundo Ross, Wiebe e Miller (1962), altas concentrações de flúor nos tecidos de plantas estimulam o catabolismo da glicose. Ainda, de acordo com a Tabela 2, verifica-se que os teores de carboidratos solúveis

totais entre folhas jovens e maduras de plantas localizadas na região da fábrica não apresentaram diferenças significativas. Observações semelhantes foram encontradas quando foi feita a comparação entre folhas jovens e maduras de plantas localizadas na região de Água Verde. Esses resultados, provavelmente, podem ser explicados pela pequena variação nos teores de carboidratos solúveis totais, observados entre folhas jovens e maduras, tanto na fábrica como na região de Água Verde.

Quanto às análises de proteínas solúveis totais (Tabela 2), observa-se que as folhas maduras de muruci, localizadas em Água Verde, apresentaram teores significativamente superiores em comparação com aqueles detectadas nos mesmos tipos de folhas de plantas localizadas na região da fábrica, não havendo diferenças significativas quando comparam-se as folhas jovens entre os dois locais. Para Chang (1973), a redução no crescimento e a aceleração da senescência, induzidos pelo flúor, são processos controlados por mudanças diretamente relacionadas com a inibição na síntese de proteínas. Entretanto, Bustamante (1988) não observou alteração no conteúdo de aminoácidos livres em cultivares de soja tratadas com doses crescentes de flúor. Os menores teores de proteínas detectados nas folhas maduras de plantas de muruci localizadas na região da fábrica, com elevados teores de flúor nos tecidos (Tabela 1), indicam um provável efeito desse poluente sobre a degradação de proteínas. Entretanto, a diferença nas

concentrações de flúor detectados nas folhas jovens entre a fábrica e Água Verde, provavelmente, não foram suficientes para afetar significativamente as concentrações de proteínas nesse tipo de folhas entre os dois locais.

Plantas localizadas na Região de Água Verde apresentaram teores de clorofila *a* em folhas jovens e maduras significativamente superiores àqueles encontrados nos mesmos tipos de folhas de plantas localizadas na região da fábrica (Tabela 3). Folhas maduras de plantas localizadas na Fábrica apresentaram teores de clorofila *a* significativamente superiores do que aqueles detectados em folhas jovens no mesmo local. Entretanto, em Água Verde não houve diferença significativa quanto aos teores de clorofila *a* entre os dois tipos de folhas. Quanto aos teores de clorofila *b*, folhas jovens e maduras não apresentaram diferenças significativas entre si nos dois

locais estudados, o mesmo acontecendo quando comparam-se os dois tipos de folhas de plantas localizadas na região da Água Verde. Porém, folhas jovens de plantas localizada na fábrica apresentaram quantidades inferiores de clorofila *b*, quando comparadas com as detectadas em folhas maduras no mesmo local. McNulty e Newman (1961) verificaram diminuição nos conteúdos de clorofila *a* com o aumento da concentração de flúor em tecidos foliares. Bustamante et al. (1993), estudando o efeito do flúor em soja, por meio da utilização da chuva simulada, observaram que a concentração de clorofila *a* é mais sensível ao flúor que a de clorofila *b*. Segundo Wallis et al. (1974), a inibição da incorporação do ácido *d*-aminolevulínico na via da biossíntese da clorofila são as bases bioquímicas que explicam a redução no conteúdo de clorofila de folhas de plantas sob efeito do flúor.

Tabela 2 – Teores de carboidratos e proteínas solúveis totais, em mg.g⁻¹ MF, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci (*Byrsonima crassifolia* [L] Rich). Média de 12 repetições. Barcarena, Pará, 1998.

Condições de cultivo	Carboidratos solúveis totais	
	Folha jovem	Folha madura
Com exposição ao flúor (fábrica)	370,50 b A	409,60 b A
Sem exposição ao flúor (Água Verde)	546,70 a A	655,50 a A
	Proteínas solúveis totais	
Com exposição ao flúor (fábrica)	5647,56 a A	4847,80 b A
Sem exposição ao flúor (Água Verde)	6575,39 a A	6758,34 a A

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3 – Teores de clorofila a e clorofila b, em mg.g⁻¹ MF, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci (*Byrsonima crassifolia* [L.] Rich), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições, Barcarena, Pará, 1998.

Condições de cultivo	Clorofila a	
	Folha jovem	Folha madura
Com exposição ao flúor (fábrica)	0,393 b B	0,559 b A
Sem exposição ao flúor (Água Verde)	1,256 a A	1,436 a A
	Clorofila b	
Com exposição ao flúor (fábrica)	0,616 a B	0,827 a A
Sem exposição ao flúor (Água Verde)	0,823 a A	0,997 a A

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Clorose e necrose das folhas têm sido há muito reconhecidos, como sendo os primeiros sintomas visíveis de injúria por flúor (ARNDT; FLORES; WEINSTEIN, 1995). Por meio de diagnose visual, foi observado que as folhas jovens e maduras de plantas de muruci localizadas nas proximidades da fábrica apresentavam clorose, lesões necróticas nas margens e extremidades, abaulamento, injúria generalizada do limbo foliar, bem como o desenvolvimento de coloração avermelhada nas margens (Figuras 2a, b, c), um indício provável da presença de antocianina, um pigmento que, segundo Doley (1986), é um dos indicadores de acúmulo de flúor nos tecidos. Com relação às folhas de plantas localizadas em Água Verde, foi observado que estas não apresentaram nenhum tipo de sintoma de exposição a flúor (Figuras 3a, b), o que pode ser justificado pelos

teores normais de flúor nos tecidos dessas folhas (Tabela 1).

5 CONCLUSÃO

a) Folhas jovens e maduras de plantas localizadas na região da fábrica apresentam concentrações de flúor significativamente superiores àquelas obtidas na região de Água Verde;

b) na região da fábrica, os teores de carboidratos e proteínas solúveis totais e clorofila *a* foram inferiores àqueles encontradas na região de Água Verde, não havendo diferenças para os teores de clorofila *b*;

c) folhas de plantas localizadas na região da fábrica apresentam sintomas de toxidez devido ao flúor, como clorose e lesões necróticas; sintomas semelhantes não foram observados em folhas de plantas localizadas na região de Água Verde.

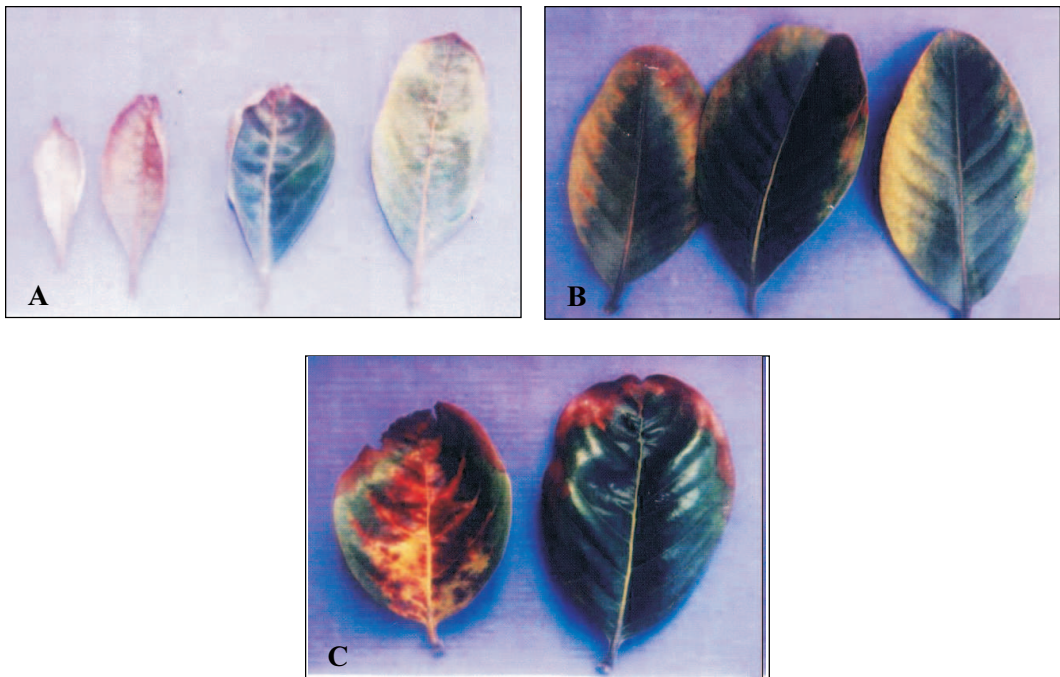


Figura 2 – Folhas jovens (a) e maduras (b e c) de plantas de muruci (*Byrsonima crassifolia* [L] Rich) localizadas na Fábrica: a) apresentando abaulamento; b e c) Com clorose nas bordas e entre as nervuras, necrose na extremidade apical e marginal e injúria generalizada no limbo foliar.

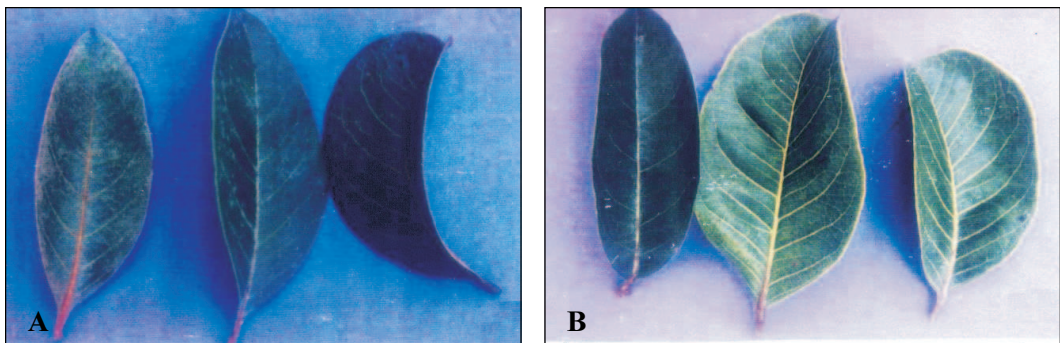


Figura 3 - Folhas jovens (a) e maduras (b) de plantas de muruci (*Byrsonima crassifolia* [L] Rich) localizadas em Água Verde, não apresentando sintomas de exposição a flúor gasoso.

REFERÊNCIAS

ALONSO, L. R. Poluição e desenvolvimento. In: SIMDAMAZÔNIA; Seminário Internacional sobre Meio Ambiente, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia, 1992, Belém. *Anais...* Belém: SECTAM, 1992. p.21-29.

ARNDT, U.; FLORES, F; WEINSTEIN, L. H. *Efeito do flúor sobre as plantas: diagnose de danos na vegetação do Brasil*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1995. 155p.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. v. 24, p. 1-15, 1949.

BUSTAMANTE, M. C. *Efeitos fisiológicos e bioquímicos do flúor em dois cultivares de soja (Glicine max L. Merrill)*. 1988. 75p. Dissertação (Mestrado) – UFV, Viçosa (MG), 1988.

———; OLIVA, M. A.; SANTANNA, R.; LOPES, N. F. Sensibilidade da soja ao flúor. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, São Carlos, v. 5, n. 2, p. 151-158, 1993.

CAVALCANTE, P. B. *Frutas comestíveis da Amazônia*. 6. ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996. (Coleção Adolpho Ducke).

CHANG, C.W. Biochemical and biophysical investigation into growth and aging of corn seedlings treated with fluoride. *Fluoride*, v. 6, n. 3, p. 162-178, 1973.

CHING, T.M.; SANTOS, D. S. B. *Fisiologia do desenvolvimento da semente*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Departamento de Botânica, 1986. (Curso CETREISEM).

CONCEIÇÃO, H. E. O.; ALVES, G. O. P.; SILVA, E. S. A.; BASTOS, A. R. R. . Efeitos de fluoretos atmosféricos sobre Palmaceas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém. *Resumos...* Belém: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1997.

DOLEY, D. *Plant-fluoride relationships – in analysis with particular reference to Australian vegetation*. Melbourne: Inkata Press, 1986.

ECOPAM. *Estudo de impacto ambiental – EIA: Albras Alunorte – Barcarena*. São Paulo, 1990. 2v.

GARCIA-CIUDAD, A.; GARCIA-CAIADO, EL; PONYON-SAN EMETERIO, C. Determination of fluoridated in plant samples by a potentiometric method and near-infrared reflectance spectroscopy. *Commun. Soil. Plant. Anal*, v. 16, n. 18, p. 1107-1122, 1985.

GARREC, J. P.; PLEBIN, R.; LHOSTES, A. M. Influence du fluor sur la composition minerale de aiguilles poluées de sapin (*Abies alba* Mill.). *Environm. Pollut.*, n. 13, p. 159-167, 1977.

IDESP. *Programa de Desenvolvimento Rural Integrado - PDRI - caracterização sócio-econômica e física da API (Barcarena) – Relatório final*. Belém, 1983. p. 6-17.

LEDBETTER, M.C.; MAVRODINEANU, R.; WEISS, A. J. Distribution studies os radioactive fluoride - 18 and stable fluoride - 19 in tomato plants. *Contri. Boyce Thompson Inst. Pl. Res.*, v. 20, p. 331-348, 1960.

McCUNE, D. C.; SILBERDMANN, D. H.; WEINSTEIN, L. H. Effects of relative humidity and free water on the phytotoxicity of hydrogen fluoride and cryolite. *Proc. Iv int. Clean Air Cong.*, Tokyo, p.116-119, 1977.

MCNULTY, I.B.; NEWMAN, D.W. Mecanismos of fluoride induced chlorosis. *Plant Physiol.*, v. 36, p. 385-388, 1961.

MILLER, G.W.; YU, M-H; PUSHNIK, J.C. Basic metabolic and physiologic effects of fluorides on vegetation. In: SHUPE, J.L.; PETERSON, H.B.; LEONE, N.C. (Ed.). *Fluoride – effects on vegetation, animals and humans*. Salt Lake City: Pergamon Press, 1983. 368p. p.83-104.

PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1978. 467 p.

PRINZ, B.; SCHOLL, G. Erhebungen über die Aufnahme und Wirkung gas - und partikelförmiger Luftverunreinigungen im Rahmen eines Wirkungskatasters. II. Mitt. Erhebungszeitraum jan, 1975 bei Dez. 1976. *Schriftenr. der LIB Essen*, n. 46, p.26-77, 1978.

ROSS, C. W.; WIEBE, H.H.; MILLER, C.W. Effect of fluoride on glucose catabolismo in plant leaves. *Plant Physiol*, v. 37, p.305-309, 1962.

URONE, P. The primary air pollutants – gaseous. Their occurrence, sources, and effects. In: STERN. A. C. *Air pollution*. S.l.: Academic Press, 1976. 715 p.

WALLIS, W. J.; MILLER G. W.; PSENAK, M.; SHIEH, J. Fluoride effects on chlorophyll biosynthesis. *Fluoride*, v. 7, p. 69-77, 1974.

WEINSTEIN, L. H. Fluoride and plant life. *Journal of Ocupational Medicine*, v. 19, p. 49-76, 1977.

———; HANSEN, K.S. Relative susceptibilities of Brazilian vegetation to airborne fluoride. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, DF, v. 23, p. 1125-1137, 1988.