

m-ob. 14523  
m.c 14523

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ

EFEITO DE FLUORETOS ATMOSFÉRICOS EM MURUCI  
(*Byrsonima crassifolia* [L.] Rich.), NOS ARREDORES  
DE UMA FÁBRICA DE ALUMÍNIO, BARCARENA, PARÁ,  
BRASIL.

MANOEL TAVARES DE PAULA

Dissertação  
634.447  
P 324  
Ex: 01

BELÉM - PARÁ  
1998

Biblioteca



06530019

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ

**EFEITO DE FLUORETOS ATMOSFÉRICOS EM MURUCI  
(*Byrsonima crassifolia* [L.] Rich.), NOS ARREDORES  
DE UMA FÁBRICA DE ALUMÍNIO, BARCARENA, PARÁ,  
BRASIL.**

MANOEL TAVARES DE PAULA  
Engenheiro Agrônomo

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias do Pará como parte das exigências do Curso de Mestrado em AGRONOMIA, Área de Concentração em BIOLOGIA VEGETAL TROPICAL, para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA.

Prof<sup>o</sup> Dr. BENEDITO GOMES DOS SANTOS FILHO  
Orientador

BELÉM - PARÁ  
1998

UNIVERSIDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ  
BIBLIOTECA

## DEDICATÓRIA

**A DEUS,**

e aos meus pais **JOSÉ e HILDA**

**AGRADEÇO**

Aos meus irmãos e irmãs, a minha esposa  
**DENIZE** e aos meus filhos **KARINA E LEONAM**

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. BENEDITO GOMES DOS SANTOS FILHO, pelo apoio e orientação em todas as etapas deste trabalho;
- A prof. Dr<sup>a</sup>. DORA SUELY BARBOSA DOS SANTOS, pelo apoio, confiança e excelente co-orientação;
- Ao pesquisador da EMBRAPA/CPATU M. sc. HERACLITO EUGÊNIO O. DA CONCEIÇÃO, pela valiosa co-orientação;
- A SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIAS TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE - SECTAM, pela oportunidade de freqüentar o curso;
- A FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ - FCAP, pelas facilidades concedidas;
- A FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL E ENSINO SUPERIOR - CAPES, pela bolsa de estudo;
- A ALUMÍNIO BRASILEIRO S/A - ALBRAS, por ter permitido que este trabalho fosse realizado nas suas instalações, bem como o apoio dado quanto a utilização de laboratório, alimentação e deslocamento Belém/Barcarena/Belém;
- A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, através de sua unidade descentralizada, CENTRO DE PESQUISA AGROFLORESTAL DA AMAZÔNIA ORIENTAL - CPATU, por possibilitar a realização das aulas práticas do curso em seus laboratórios;
- Aos professores do curso (OLINTO G. ROCHA NETO; CARLOS COSTA, CLÁUDIO DE CARVALHO e JOÃO UBIRATAN), pelos conhecimentos transmitidos durante as aulas;
- Ao Prof. RAIMUNDO PARENTE, pela valiosa colaboração durante a fase de análise estatística do trabalho;
- Ao Prof. da FCAP M. Sc. MARCO AURÉLIO NUNES, responsável pelas fotografias inseridas neste trabalho
- A minha irmã MÔNICA, pela digitação e ordenação do trabalho.
- Aos colegas de curso (ALEX, EUNICE, ÉLCIO, INEIDA, NEUTÔNIO E PLÁCIDO), pelo companheirismo e amizade
- A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E TABELAS .....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3 - MATERIAL E MÉTODO.....	14
3.1 - Caracterização da área.....	14
3.2 - Espécie estudada e sua localização.....	17
3.2.1 - Teores de flúor.....	17
3.2.2 - Teores de clorofila a e b, carboidratos e proteínas solúveis	18
3.2.3 - Teores de macro e micronutrientes.....	18
3.3 - Diagnose visual .....	19
3.4 - Análise estatística .....	19
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
5 - CONCLUSÕES .....	38
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXOS .....	44

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

		p.
FIGURA 1	Vista geral da fábrica de alumínio da ALBRAS .....	15
FIGURA 2	Localização da área de estudo .....	16
FIGURA 3	Folhas de plantas de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), expostas e não expostas a emissão de fluoretos atmosféricos, coletados nos dois locais estudados .....	28
FIGURA 4	Teores de N detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	29
FIGURA 5	Teores de P detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	30
FIGURA 6	Teores de Ca detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	32
FIGURA 7	Teores de Mg detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	32
FIGURA 8	Teores de K detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	33
FIGURA 9	Teores de Fe detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	34

<b>FIGURA 10</b>	Teores de Mn detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	35
<b>FIGURA 11</b>	Teores de Zn detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	35
<b>TABELAS 1</b>	Teores de Flúor (ppm), detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	22
<b>TABELAS 2</b>	Teores de carboidratos e proteínas solúveis totais ( $\mu\text{g/g MS}$ ), detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	24
<b>TABELAS 3</b>	Teores de clorofila a e clorofila b ( $\text{mg/g MF}$ ), detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de muruci ( <b>Byrsonima crassifolia</b> ), nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará. ....	25

## RESUMO

**DE PAULA, Manoel Tavares. EFEITO DE FLUORETOS ATMOSFÉRICOS EM MURUCI (*Byrsonima crassifolia* [L.] Rich.), NOS ARREDORES DE UMA FÁBRICA DE ALUMÍNIO, BARCARENA, PARÁ, BRASIL .**

Este estudo foi realizado nos arredores da fábrica de alumínio da ALBRAS, localizada no município de Barcarena - PA, onde fluoretos são lançados na atmosfera durante a extração eletrolítica do alumínio metálico, da solução de criolita com a alumina. Plantas de muruci (*Byrsonima crassifolia* [L.] Rich.) com três anos de idade foram usadas como indicadoras para avaliar o efeito de fluoretos sobre folhas jovens e maduras. As plantas encontravam-se localizadas em duas condições de ambiente: próximo a **Fábrica**, a 200 m da fonte emitente de fluoretos, na direção dos ventos predominantes da região e, na localidade denominada **Água Verde** distante 4 Km da fonte emitente de fluoretos, em direção oposta aos ventos predominantes da região. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos e 12 repetições, onde foram observadas folhas jovens e maduras. Os resultados mostraram que plantas de muruci são bastantes tolerantes a emissão de fluoretos atmosféricos. Folhas jovens e maduras de plantas localizadas próximas a **Fábrica**, mostraram uma alta acumulação de flúor (3040,00 e 9342,50 ppm, respectivamente), apresentando sintomas crônicos e agudos de exposição a esse poluente, enquanto nas plantas localizadas em **Água Verde**, os teores de flúor variaram de 11,21 ppm (folhas maduras) a

21,68 ppm (folhas jovens), não apresentando sintomas de exposição a poluentes. Folhas jovens e maduras, de plantas localizadas próximos a **Fábrica** , mostraram altas concentrações de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn e menores teores de Clorofila a, Carboidratos e Proteínas Solúveis totais, quando comparadas com aqueles detectados em folhas de plantas da região de **Água Verde**.

## ABSTRACT

**DE PAULA, Manoel Tavares. FLUORIDE ATMOSPHERIC EFFECTS IN *Byrsonima crassifolia* (L.) Rich.; AROUND OF ALUMINUM FACTORY, BARCARENA, PARÁ, BRASIL.**

This study was conducted surroundings the factory of the ALBRAS Aluminum, in the município of Barcarena-PA, where fluorides have been released at the atmosphere as results of the extration eletrolitic of the metallic aluminum from the solution of alumina with cryolite. Three years olds trees of Muruci (*Byrsonima crassifolia* [L.] Rich.) were used as indicators of the efecct of the fluorides on young leaves and mature leaves. The trees are localized in two environment conditions: next to the Factory, about 200 m of the source of fluoride emission, in the direcion of predominant winds of region , in the site Água Verde, about 4 Km of the emission source and oposite to the predominant winds. In the experimental design, a randon samples has been used with two treatament and 12 repetition effects on young leaf and mature leaf. The results showed that muruci plants are very tolerant to the emission of atmosphere fluoride. Young leaf and mature leaf exposed next to the factory, shows a high fluorine accumulation (3040,00 and 9342,50 ppm, respective), with chronic and acute symptoms of exposure the fluoride, while trees localized in Água Verde the fluorine teors change from 11,21 ppm (mature

leaf) to 21,68 ppm (young leaf), without symptoms of exposure the pollutants. Young and mature leaf localized next of Factory shows a higher mineral contents of P, K, Ca, Mg, Fe, Mn and Zn, and small contents of chlorophyll, carbohydrate and soluble protein, when compared to leaf of Água Verde region.

## INTRODUÇÃO

Há mais de mil anos já se conhecia no mundo todo o efeito tóxico causado por fluoretos atmosféricos, provenientes de erupções vulcânicas, sobre a vegetação e animais. Sabe-se hoje que, além das fontes naturais, os fluoretos podem advir de vários processos industriais, porém, das formas antropogênicas, a mais preocupante é a de fabricação de alumínio. Segundo BRAILE (1992), os fluoretos, são compostos sólidos, gasosos ou dissolvidos que contém flúor. São emitidos para a atmosfera ou lançados na água por vários processos industriais.

A maioria do alumínio primário do Mundo é produzido hoje pela redução eletrolítica da alumina ( $Al_2O_3$ ), com a utilização da criolita ( $Na_3AlF_6$ ) como eletrólito e solvente, através do processo Hall-Heroult. A alumina, como um produto intermediário, é produzida pelo processo Bayer da Bauxita, que é um minério de ocorrência natural de hidrogênio, óxido e hidróxido de alumínio contendo 45 a 55% de  $Al_2O_3$ . Durante o processo, a alumina, é adicionada à criolita fundida a uma temperatura entre  $950^\circ$  e  $1000^\circ$  C e reduzida diretamente pela corrente elétrica para alumínio e hidrogênio.

Os principais poluentes emitidos durante as operações normais de uma fábrica de alumínio são: fluoretos, particulados, hidrocarbonetos (orgânicos), óxido de enxofre, monóxido de carbono e óxido de nitrogênio. Os

fluoretos emitidos por uma fábrica de alumínio, incluem as formas particuladas e gasosas. As formas particuladas de fluoretos são, a criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), fluoretos de alumínio ( $\text{AlF}_3$ ), fluoretos de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ), e Chiolita ( $\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$ ). Os principais compostos gasosos emitidos por este tipo de empreendimento são, o tetrafluoreto de silício ( $\text{SiF}_4$ ) e fluoreto de hidrogênio (HF). Na forma de fluoreto de hidrogênio (HF), os fluoretos são considerados 100 vezes mais fitotóxicos do que todos os demais poluentes como  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_2$ , outros oxidantes do ozônio (nitrato de peroxiacil, óxido de nitrogênio) e pesticidas.

As plantas absorvem fluoretos na forma gasosa, principalmente através dos estômatos. Os sintomas de toxidez por fluoretos em plantas, são amarelecimento nas bordas das folhas que se movimentam para o centro. No entanto, o efeito produzido por fluoretos em plantas dependem de alguns fatores, tais como: a 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). Também são muito importantes as condições de exposição, a concentração do produto, a duração e frequência de exposição (WEINSTEIN, 1977).

De acordo com ALONSO (1992), as queimadas tem sido o fator que mais tem contribuído para aumentar a poluição atmosférica na região Amazônica, entretanto a instalação de indústrias de fabricação de alumínio na região, motivada por uma grande oferta de matéria prima e energia elétrica barata, também causam grandes preocupações em termos ambientais, nos locais próximos a estas fábricas, haja vista que já existem denúncias junto aos órgãos ambientais e Ministério Público estadual, de danos em vegetações localizadas às proximidades deste tipo de empreendimento.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos causados por fluoretos atmosféricos, provenientes da fábrica de alumínio da ALBRAS, sobre folhas jovens e maduras de plantas de muruci (***Byrsonima crassifolia*** (L.) Rich.), através do estudo de alterações bioquímicas, químicas e diagnose visual.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

Os principais contaminantes do ar atmosférico, quanto a sua natureza química são, compostos sulfurosos, nitrogenados, orgânicos, óxido de carbono, halógenos, matéria particulada e radioativos. Pertencendo ao grupo dos halógenos, o flúor é considerado um dos principais contaminantes do ar, sendo liberado para a atmosfera, a partir de fluoretos que se encontram nas rochas de fosfatos, pelas indústrias de fertilizantes fosfatados. Também a indústria de alumínio emprega criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) liberando flúor no ambiente em forma de gás ou partículas. O flúor é altamente tóxico para as plantas. Através do ar o flúor não exerce efeito nocivo direto sobre animais, mas os herbívoros podem ser intoxicados alimentando-se de plantas com teor elevado do tóxico, passando a apresentar fluorose, que se caracteriza por alterações patológicas nos ossos (BRANCO & ROCHA, 1987).

Os primeiros registros da descrição de dano em planta provocado por fluoretos atmosféricos, aparece na literatura Islândica aproximadamente a 1000 anos atrás, após erupções vulcânicas o gado que comia grama contaminada com pó vulcânico, ficava doente e exibia sintomas agora associados com toxicidade aguda e crônica do fluoreto, ou fluorose (WEINSTEIN, 1977).

No fim do século XIX e início do século XX, houve um grande número de relatos de dano em plantas cultivadas e florestais provocada pela emissão de fluoretos de origem industrial. De acordo com revisão histórica feita por OST (1907) , que cobriu aproximadamente 60 anos, é dado a STÖCKART e

SCHRÖDER o crédito de serem os primeiros a descreverem com detalhes as injúrias provocadas por fluoretos sobre a vegetação, bem como a SCHRODER e REUS, o papel de terem sido os estabelecadores da necessidade de análises químicas de folhas, para confirmar lesões por fluoretos (FLUORIDES, 1971 ).

De acordo com STERN (1976), é usual se considerar como poluentes somente aquelas substâncias adicionadas em concentrações suficientes para produzir um mensurável efeito sobre o homem ou outros animais, vegetação, ou material, no entanto os poluentes também podem incluir alguns compostos naturais ou artificiais, de materiais capazes de flutuar no ar. Eles podem ocorrer como partículas sólidas, gotas líquidas, gases, ou em várias misturas dessas formas. Para HILL et al. (1959), em relação a poluição do ar, o maior interesse é determinar se existe ou não um efeito sobre a vegetação que cresce sob as concentrações de fluoretos atmosféricos, ocorrentes ao redor das indústrias.

Segundo STREHL & ARNDT (1989), nas últimas décadas os parques industriais se multiplicaram nos países em desenvolvimento, no entanto, pouco ou quase nada tem sido feito para minimizar os efeitos das emissões de poluentes. Isso tem como conseqüência uma correspondente ação nociva sobre o meio ambiente, levando às vezes, a uma completa devastação da vegetação nas imediações das indústrias.

Paralelamente à poluição da atmosfera por poeiras, fumaças, gases e óxido, cresce também a emissão de substâncias ácidas. Devido a sua alta reatividade, especialmente na forma de ácido fluorídrico [HF], o flúor se comporta, seja no transporte ou na dispersão, de maneira diferente dos outros contaminantes atmosféricos (ARNDT et al., 1995). De acordo com SMITH<sup>1</sup> (1993), citado por ARDNT et al. (1995), o flúor é um elemento ubíquo, ocorrendo no solo em muitas formas combinadas como fluorita [CaF<sub>2</sub>], criolita [Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>] e apatita [Ca<sub>10</sub>F<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>].

---

<sup>1</sup> SMITH, F.A. Overview of fluorides in everyday life. In: SHUPE, J.L.; PETERSON, H.B.; LEONE, N.C. (Eds.). fluorides - Effects on vegetation, Animals and Humans. Salt Lake City: Paragon Press, 1983. 368p.

De todos os poluentes contidos na atmosfera, os fluoretos são os mais tóxicos para as plantas (WEINSTEIN & HANSEN, 1988). Fluoretos podem ser lançados no ambiente, de várias fontes, como de vulcões, fontes de água quente, oceanos, solos, e se movimentam em toda a atmosfera através das fontes naturais. As outras fontes preocupantes são, fábricas de alumínio, produtos a base de fosfato (fertilizantes), fábrica de produtos cerâmicos e tijolos, fibra de vidro, esmalte, refrigerante e aerossol, na fabricação de gasolina e solda, existindo ainda várias outras fontes (BUSTAMANTE et al., 1993).

Entre os efeitos mais importantes do flúor nos ecossistemas estão aqueles relacionados com alterações nos dentes e esqueleto de herbívoros, especialmente de bovinos e ovinos. Conhecidos como fluorose, estes distúrbios decorrem da ingestão de vegetação com elevadas concentrações de flúor (ARDNT et al, 1995).

De acordo com ARNDT et al. (1995), para que se possa identificar os diferentes tipos de lesões externas visíveis em plantas, causadas por emissões contendo flúor, é necessário uma razoável experiência em várias áreas de estudo das plantas, como botânica geral, taxonomia, fisiologia, patologia e nutrição, além de conhecimentos de entomologia e ecologia.

Em relação aos efeitos de imissões sobre a vegetação, é importante considerar a distinção entre os conceitos de prejuízo e dano ou lesão (GUDERIAN et al<sup>2</sup>, 1960, citado por ARDNT et al., 1995). O primeiro tem um fundamento econômico, relativo a uma diminuição do valor de aproveitamento, de quebras de colheitas e, em termos gerais, de perdas financeiras. Um dano ou lesão é qualquer efeito mensurável a nível da resposta da planta. Perdas econômicas ou prejuízos resultam em parte do efeito inibidor do íon flúor sobre a fotossíntese e sobre enzimas que dependem de cálcio e magnésio (ARDNT et al., 1995).

Segundo ARNDT et al. (1995), o flúor sob a forma de ácido fluorídrico ou de tetrafluoreto de silício, é certamente o mais fitotóxico dos mais comuns

---

<sup>2</sup> GUDERIAN, R.; van HAUT, H.; STRATMANN, H. Probleme der Erfassung und Beurteilung von Wirkungen gasförmiger Luftverunreinigungen auf die vegetation. Ztsc. Pflanzenkrankh. und Pflanzensch., n. 67, p.257-264, 1960.

poluentes atmosféricos , causando nas plantas danos que vão desde alterações metabólicas, lesões foliares, redução no crescimento, até prejuízo ao ecossistema como um todo. Exposições relativamente curtas, como de uma semana, podem causar danos a espécies ou cultivares sensíveis a concentrações  $< 1 \text{ mg F/m}^3$ , enquanto que são necessárias concentrações de  $100 \text{ mg/m}^3$  de  $\text{SO}_2$  ou  $\text{O}_3$  para causar danos nestas mesmas espécies.

Sintomas foliares são os efeitos mais documentados das respostas das plantas ao fluoreto, mas outros órgãos, incluindo flores e frutos, podem exibir também sintomas (WEINSTEIN, 1977).

Os fluoretos penetram na planta primeiramente através dos estômatos das folhas, passando nos espaços intercelulares onde são absorvidos pelas células do mesófilo. Do mesófilo, os fluoretos podem se mover para outras células por simples difusão ou através do tecido vascular. Eles podem mover-se com a transpiração para as extremidades e margens das folhas, onde se acumulam em concentrações várias vezes maiores do que aquelas encontradas na folha como um todo. O sintoma característico de injúria por fluoretos, sobre muitas espécies de plantas de folhas largas, é a necrose , que ocorre predominantemente nas extremidades e margens das folhas, onde os fluoretos se acumulam. Uma incipiente descoloração verde-cinza, devido a saturação de água dos tecidos ao longo das extremidades e margens da folha, é o primeiro sinal de injúria a aparecer sobre espécies sensíveis, tal como como damasco (abricó) e uva Européia. Esse sintoma pode aparecer dentro de 24 horas, devido a uma fumigação com concentrações de fluoretos de vários ppb ou, mais tipicamente, depois de vários dias ou semanas, se as concentrações são baixas. Baixas temperaturas tendem a retardar a manifestação dos sintomas em vários dias. No rendimento , expressão dos sintomas pode ser retardada em várias semanas depois do nível crítico de acumulação de fluoreto ter sido alcançado, se as temperaturas permanecem baixas (FLUORIDES, 1971 ; WEINSTEIN, 1977).

Folhas de damasco expostas a baixas concentrações de fluoretos, desenvolvem primeiramente lesões semicirculares de 1-3 cm de diâmetro ao longo da margem da folha. Uma ligação estreita, típica agudamente definida ,

marron-avermelhado com pouco mais de 1 mm separa o tecido necrosado do tecido sadio. Exame ao microscópio tem mostrado que essa ligação freqüentemente consiste de uma camada de abscisão formada por células em divisão. O tecido necrótico em breve rompe-se, solta-se ao longo dessa ligação e cai, permanecendo o sinal da injúria pela irregularidade na margem da folha. Quando as concentrações de fluoretos são altas, ou o período de exposição é prolongado, grandes áreas de tecidos são afetadas e a injúria continua a se desenvolver. Geralmente a variação na concentração de fluoretos na atmosfera, ou em condições ambientais que influenciam o desenvolvimento de injúria, causam necrose nas folhas (FLUORIDES, 1971).

O que delimita e caracteriza a necrose em folhas de plantas expostas a flúor, é a formação de uma faixa (banda) escura (marron-avermelhada) produzida pela deposição de resinas e taninos nas células periféricas, formada pelas sucessivas fumigações. O tecido necrosado pode, por último, formar uma contínua ligação ao redor da folha, afetando 100% desta, ou pode se limitar a certas quantidades na extremidade ou ao longo de uma idade. Embora o tecido necrosado separe ele pode sair fora, as folhas de damasco raramente sofrem abscisão, mesmo quando os níveis de fluoretos excedem várias centenas de ppm e a folha é severamente marcada. Entretanto desfolhamento tem sido reportado para outros tipos de frutas, com caroço e citrus. Fluoretos podem causar manifestação de sintomas de clorose, como em folhas de citrus, cana de açúcar e morango. A clorose ou amarelecimento se estende para o interior da folha entre as largas nervuras. Nesses primeiros desenvolvimentos, a clorose apresenta-se com uma cor verde-amarelo claro e vai gradativamente tomando a coloração normal do tecido verde escura, ao longo do meio das nervuras. Com contínua exposição a fluoretos, os tecidos cloróticos podem tornar-se completamente amarelos, e a demarcação entre o tecido clorótico e o verde, faz-se agudamente definida (FLUORIDES, 1971).

O fluoreto atmosférico influencia o crescimento e a produtividade biológica das plantas, bem como sistemas enzimáticos, processos metabólicos e fisiológicos (POOVAIAH & WIEBE, 1973; BUSTAMANTE et al., 1993).

O flúor é absorvido da atmosfera pelas plantas, principalmente pelas folhas, segundo ARNDT et al., (1995). E de acordo com McCUNE et al. (1977), o flúor na forma gasosa penetra no tecido foliar, sobretudo através dos estômatos, mas também em menor proporção, através das lenticelas e cutícula de ramificações. No mesófilo, migra com a corrente de transpiração para as zonas foliares de maior evaporação, ou seja, as margens e extremidades (GARREC et al., 1977). Partículas de fluoretos também podem ser absorvidas através das células epidérmicas do limbo foliar (FLUORIDES, 1971).

Os efeitos do flúor em uma planta ou animal ocorre primeiramente a nível subcelular e metabólico. O aumento de concentrações ou da duração de exposições ao flúor, leva ao surgimento de lesões visíveis; espécies mais sensíveis têm seu crescimento reduzido e, sob pressão competitiva no ecossistema, estas espécies tendem a desaparecer (ARDNT et al., 1995).

Muitas enzimas são afetadas pelos fluoretos, entre estas podemos citar a enolase, que é inibida pela formação de um complexo fluoreto-fósforo-magnésio, a succinil desidrogenase, inibida pelo complexo metal-fluoreto-fósforo, assim como as enzimas peroxidase, catalase e citocromo oxidase são inibidas pela combinação de seu grupo heme com ferro. Tem sido uma tendência enfatizar o papel do fluoreto como inibidor da glicólise em virtude da inibição da enolase, entretanto isso pode trazer como consequência a inibição de outras enzimas, e inibir o metabolismo energético do ciclo do ácido tricarboxílico tanto pelo bloqueio da entrada de piruvato e ácidos graxos como pela inibição da succinil desidrogenase. Os fluoretos, entretanto, não podem ser considerados como um simples inibidor da glicólise, mas também como um inibidor geral do metabolismo oxidativo (FLUORIDES, 1971).

Para WEINSTEIN (1977), entre os efeitos mais bem documentados dos fluoretos sobre as vias metabólicas das plantas, encontram-se aqueles que atuam no metabolismo dos carboidratos. CHRISTIANSEN et al. (1949), LATIES (1949) e BONNER & WILDMAN (1946), através do uso de suprimento de substrato de inibidores de fluoretos, demonstraram a inibição do catabolismo da glicose em tecidos isolados de plantas. Glicose <sup>14</sup>C-marcada tem sido usada freqüentemente para estimar a relativa contribuição

de várias vias sobre o catabolismo da glicose. Exposição a fluoretos parecem reduzir a importância relativa da via glicolítica sobre a via das pentoses fosfato (FLUORIDES, 1971). Mas LUSTINEC & POKORNA (1962) também mostraram que a aparente sensibilidade da via glicolítica é altamente dependente da idade do tecido. McCUNE<sup>3</sup> (1969) citado por FLUORIDES (1971), reportou que fluoretos alteram as vias do catabolismo da glicose e sugere que os efeitos representam modificações de mudanças normais que acompanham o crescimento e desenvolvimento da folha. Segundo ORDIN & SCKOE (1963), a interferência com o metabolismo de componentes específicos da parede, incluindo celulose, é considerado um fator de efeito do fluoreto sobre a inibição do crescimento.

De acordo com LEBLANC et al. (1971), há uma baixa no conteúdo de clorofila como resultado da poluição por fluoretos, porém, não há evidências de que algum produto de degradação seja formado. WALLIS et al. (1974) citam que a inibição da incorporação do ácido  $\delta$ -aminolevulínico na via da biossíntese da clorofila, devido a mudanças na integridade estrutural da membrana das mitocôndrias, são as bases bioquímicas que explicam a redução no conteúdo de clorofila de folhas de plantas sob efeito de fluoretos, que é acompanhado pelo acúmulo de flúor nos cloroplastos, e traz como resultado mudanças na estrutura dos cloroplastos. Para LAL & AMBASHT<sup>4</sup> (1981), citados por BUSTAMANTE et al. (1993), a redução no conteúdo de clorofila nas folhas, acompanha o acúmulo de flúor nos cloroplastos. ALVES et al. (1990), observaram uma diminuição nos teores de clorofila a e b em folhas de plantas de soja exposta à chuva ácida simulada, de composição semelhante a de Cubatão/SP, que apresenta flúor em sua composição. Através do estudo de alterações fisiológicas e bioquímicas, ocasionadas por simulações de chuva com doses crescentes de flúor em plantas soja, BUSTAMANTE et al. (1993), detectou que o teor de clorofila a é mais sensível

---

<sup>3</sup>McCune, D.C.: On the establishment of air quality criteria, with reference to the effects of atmospheric fluorine on vegetation. Air Quality monograph 69-3. New York, American Petroleum Institute. 33pp. 1969.

<sup>4</sup>LAL, B. & AMBASHT, R. S. Impairment of chlorophyll content in leaves of *Diospyros melanoseylon* by fluoride pollution. Water, Air Soil Pollut., 16: 361-5, 1981.

ao flúor que o de clorofila **b**. DOLEY<sup>5</sup> (1986) citado por ARNDT et al. (1995), detectou que as lesões por flúor são acompanhadas por acumulação de antocianina (antocianose), como ocorre em algumas espécies de Mirtáceas.

Árvores de citrus expostas a poluição por fluoretos atmosférico acumulam flúor em sua folhagem (BREWER et al., 1960). STOCKING & ONGUN (1962) e CHANG & THOMPSON (1966), propõem que os cloroplastos são os locais que mais acumulam ion metálicos nas folhas, em oposição aos conceitos de que são os vacúolos os maiores sítios de acumulação (HOAGLAND, 1944).

Para BRANDT & HECK (1968), as plantas podem ser agrupadas em classes em função da ocorrência de lesão foliar, como resposta a acumulação de flúor. Sugeriram duas categorias de plantas: uma que desenvolve lesão foliar quando a concentração de fluoretos na folha alcança de 50 a 200 ppm, e uma segunda categoria que não exhibe injúria abaixo de 500 ppm. Para HILL (1969), plantas susceptíveis são aquelas que podem sofrer injúria quando a concentração de fluoreto nas folhas se encontra entre 20 e 200 ppm; e TRESHOW & PACK (1970) acreditam que injúria em plantas altamente susceptíveis pode ocorrer com concentrações abaixo de 50 ppm. PRINZ & SCHOLL (1978), recomendam um máximo de 30 ppm para a proteção de plantas muito sensíveis, e 60 ppm para plantas menos sensíveis e para animais herbívoros.

A relação entre acúmulo de flúor e nutrição de plantas, ainda não está bem clara. Em tomates fumigados com HF, os seguintes efeitos tem sido reportados: (1) redução na acumulação, com baixos níveis nutricionais de P, N, o mesmo não acontecendo com relação ao Ca; (2) redução na acumulação, com baixos níveis nutricionais de Ca, e Mg, e aumento com baixos conteúdos de K e altos de Mg. Baixos níveis nutricionais de P, K, e Fe aumentaram o acúmulo de flúor em feijão e baixos níveis de K, N, Ca, Mg, P, Fe e Mn não tiveram efeito sobre a acumulação em folhas de gladiolo (WEINSTEIN, 1977).

Segundo ARDNT et al. (1995), em plantas de folhas largas (dicotiledôneas), o primeiro sintoma é geralmente uma clorose que ocorre na

---

<sup>5</sup>DOLEY, D. Plant-fluoride relationship - an analysis with particular reference to Australian vegetation. Inkata Press, Melbourne, 1986. 128p.

extremidade da folha, depois se estende ao longo das margens e para a lâmina foliar, entre as nervuras. A medida que a exposição aumenta em duração e intensidade, as áreas com clorose nas extremidades das folhas se transformam em necrose e caem, gerando um aspecto entalhado. Com exposição contínua, as áreas cloróticas podem tornar-se necróticas. As folhas mais jovens são mais vulneráveis. A expansão longitudinal das folhas pode ser inibida, resultando em distorções ou abaulamento em forma de concha. Isto é devido a uma inibição na divisão e expansão celular nas margens das folhas, onde a concentração de flúor é maior, e uma inibição dos processos metabólicos normais; outras partes da folha crescem normalmente. Em algumas espécies de folhas largas, o sintoma inicial pode ser a necrose, sem um estágio intermediário de clorose.

Após estudos em folhas de soja, submetidas a fumigação com fluoreto POOVAIAH & WIEBE (1973), observaram amarelecimento marginal, seguido por necrose, acúmulo de flúor, aumento da transpiração e temperatura da folha.

O emprego de plantas como bioindicadoras de poluentes, requer um conhecimento das alterações específicas causadas tanto pela ação imediata dos poluentes, como pelo efeito acumulativo (BUSTAMANTE et al., 1993).

De acordo com EMBRAPA (1996), as espécies vegetais de maior ocorrência nos diferentes ecossistemas da área em torno da fábrica de alumínio da Albras, são: Sororoquinha (**Heliconia psittacorum** L. F.), Inajá (**Maximiliana regia** Mart.), Banana do mato (**Ravenala guianensis** Peterson), Muruci do campo (**Byrsonima** sp.), Cupuaçuzeiro (**Theobroma grandiflorum**), Múmera (**Cordia exaltata** Lam.), bacaba de leque (**Oenocarpus distichus** Mart.) Mumbaca (**Astrocaryum** sp.), Lacre (**Vismia guianeensis** Choisy), Coratá (**Croton matourensis** Aubl.), Cipó de fogo (**Daviela aspera** Aubl.), Tucumã (**Astrocaryum principes** Barb. Rodr.), Jarana (**Lecythis lurida** [Miers] Mori), Envira preta (**Guatteria chrysopetala** [Stevd] Miq.), Mangueira (**Mangifera indica** L.) e Açaizeiro (**Euterpe oleracea** Mart.). No mesmo trabalho foi feita uma avaliação destas e outras espécies, em função de sintomas característicos de fluoretos e dos teores destes elementos nos

tecidos foliares, sendo as espécies vegetais classificadas como tolerantes, medianamente tolerantes ou intermediárias e sensíveis. Foram classificadas como tolerantes, **Cordia exaltata** Lam., **Byrsonima** sp., **Lecythis lurida** [Miers] Mori., intermediárias, **Mangifera indica** L., **Euterpe oleracea** Mart., **Theobroma grandiflorum** e sensíveis, **Ravenala guianensis**, **Bertholettia excelsa** H. B. B e **Hevea brasiliensis** (H.B.K.) Muell. Arg.

Através de estudo de Biomonitoramento ativo com uso de plantas de pimenta de cheiro, foi verificado que o raio de ação das emissões antropogênicas de fluoretos, provenientes do processos de fabricação de alumínio da ALBRAS, vai desde o centro geométrico da fábrica até cerca de 3 km no sentido dos ventos predominantes de região, sendo que os danos na vegetação susceptível são mais pronunciados até cerca de 1km da emitente, e de 1 até 2km ocorre uma atenuação nos danos provocados pelos fluoretos e de 2 km até 3km, os efeitos só são observados em espécies extremamente sensíveis, como por exemplo a pupunheira (EMBRAPA 1996).

CONCEIÇÃO et al. (1995) após analisar 107 espécies da vegetação da área de influência da ALBRAS (Alumínio Brasileiro S/A), observaram que as médias dos teores de fluoretos totais em tecidos foliares das espécies estudadas, variaram entre 21,9 a 1087 ppm. No mesmo local citado anteriormente, CONCEIÇÃO et al (1997), estudando o efeito de fluoretos atmosféricos, sobre a espécie de palmácea (**Bactris gasipaes**), detectou um aumento de acumulação de flúor nos tecidos da folha de 13 para 2.900 µgF/gMS, após 60 dias de exposição, entre o local de referência e o de maior concentração de risco.

A espécie utilizada no presente estudo, como bioindicadora da emissão de fluoretos atmosféricos foi o muruci (**Byrsonima crassifolia**, [L.] Rich.), que segundo CAVALCANTE (1996), pertence à família das Malpigiáceae, sendo um arbusto ou pequena árvore de 2 a 6m de altura, com tronco tortuoso formando moitas, muitas vezes com os ramos tocando o solo ou crescendo quase horizontalmente; casca espessa, mole, lenticelosa. Folhas opostas, simples, coriáceas curtamente pecioladas, limbo elíptico, de 7-15 cm de comprimento por 3-7 cm de largura, ápice obtuso ou agudo, pelos

ferrugíneos na face inferior, às vezes logo desaparecendo, inflorescência em rácimo terminais alongados, cerca de 12 cm de comprimento. Flores hermafroditas, pentâmeras; cálice com 5 sépalas oval-triangulares, cada uma com duas espessas glândulas na base (principal característica da família); corola formada de 5 pétalas amarelas, livres, limbo circular, côncavo, com base unguiculada; estames em cerca de 10; ovário composto de 3 carpelos. O fruto é uma pequena drupa globosa depressa de 1,5-2cm de diâmetro; exocarpo delgado, de cor amarelo no fruto maduro; mesocarpo (parte comestível) pastoso, amarelo, cerca de 5mm de espessura, de cheiro e sabor muito característico; endocarpo (caroço) arredondado ou ovalado, rígido, algo reticulado, com uma semente viável.

A distribuição geográfica em território brasileiro abrange toda a Amazônia, com penetração nos estados de Mato Grosso até Minas Gerais. Ocorre espontaneamente em todos os países limítrofes com a Amazônia brasileira, América Central e Caribe.

O muruci é planta típica de áreas campestres, dunas, capoeiras rarefeitas, savanas, etc., sempre em solos arenosos. Na zona Bragantina, leste do Pará, bem como na zona do Salgado (litoral paraense) e ilha do Marajó, torna-se mesmo abundante, chegando a formar populações de 50 indivíduos por hectare. É bem possível que essa ocorrência espontânea responda pela quase inexistência de plantios racionais do muruci.

No geral, os frutos são consumidos ao natural, sendo a forma mais simples o refresco, às vezes misturado com farinha de mandioca. O uso tradicional na região é na forma de sorvete, vinho, a seguir o licor e o doce em pasta. Além de seu valor nutritivo, o muruci atende ainda vários outros setores industriais. De sua casca extrai-se o tanino (usado em curtumes) e tintas para tingir tecidos, além de substâncias empregadas em medicamentos. E sua madeira leve, de textura acetinada, é utilizada para a fabricação de móveis e na construção civil.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Caracterização da área:

A área de estudo está localizada nos arredores da fábrica de alumínio da ALBRAS - Alumínio Brasileiro S/A (Fig. 1), correspondente a região leste do município de Barcarena/PA (Fig. 2), delimitada pela Rodovia Pa-150 e Rio Arienga.

A região caracteriza-se por apresentar clima quente equatorial úmido, sendo na classificação de Koppen, do tipo Am. As temperatura médias anuais variam entre 26 e 28°C , com amplitude térmica mínima. As precipitações pluviométricas são abundantes, variando entre 2.500 a 3.000 mm, distribuídos entre 200 a 220 dias, sendo que precipitações máximas ocorrem nos primeiros meses do ano (fevereiro a abril) e mínimas nos últimos seis meses. Os solos predominantes, são o latossolo amarelo distrófico, textura média, fortemente ácidos (pH 4.5 a 5.5), o podzol hidromórfico e o concrecionário laterítico indiscriminado distrófico, textura indiscriminada. A vegetação típica é a floresta equatorial de terra firme, na porção continental, porém, bastante alterada, havendo poucas áreas dessa floresta original. Os níveis topográficos na porção continental apresentam uma altitude de 14 metros. A geologia da área é bastante singela, constituída, como em toda microregião do município de Barcarena, por sedimentos terciários e quaternários (IDESP, 1983).



Fig. 1- Vista geral da fábrica de alumínio da ALBRAS

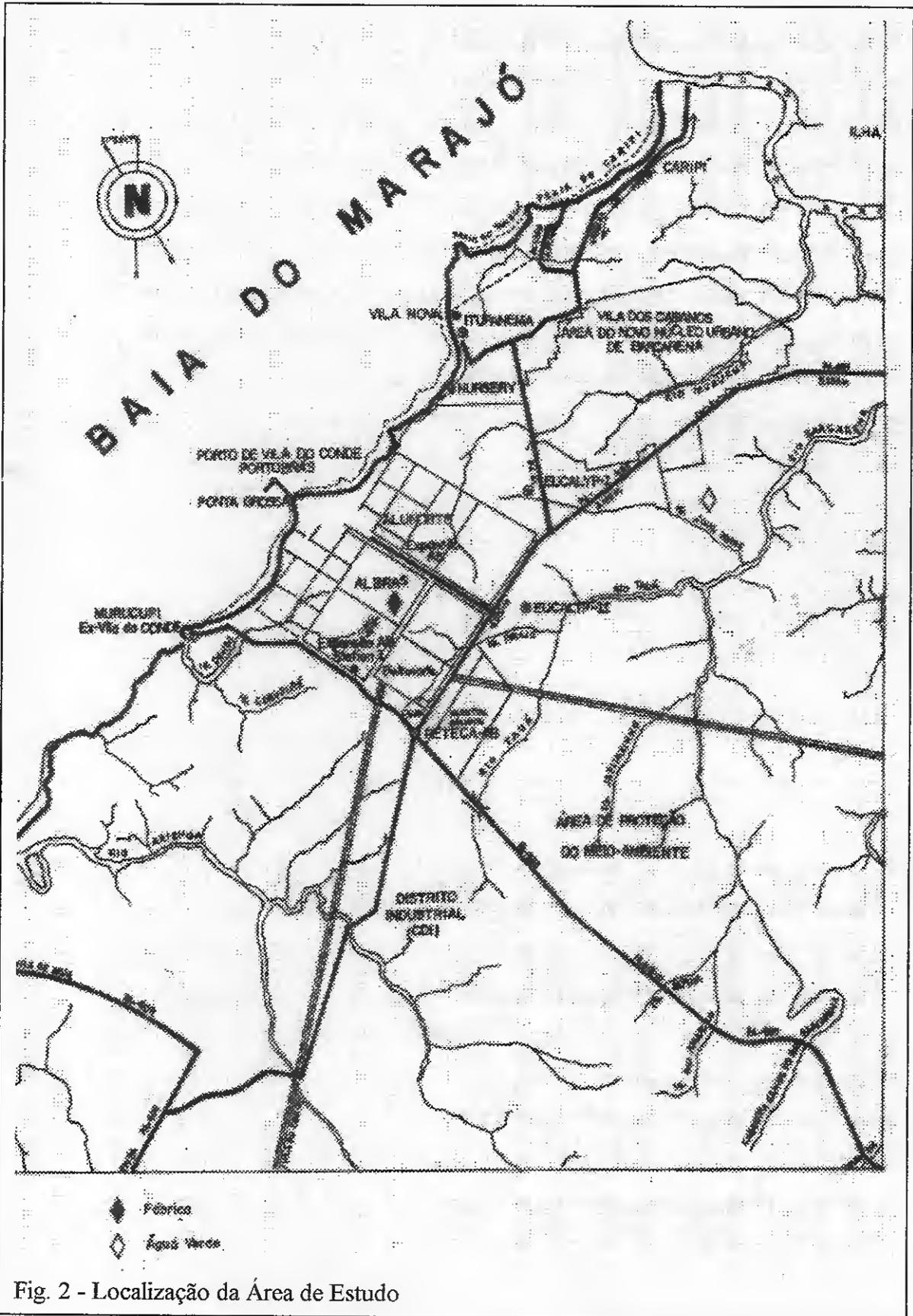


Fig. 2 - Localização da Área de Estudo

### 3.2 - Espécie estudada e sua localização:

Este estudo foi realizado em plantas de muruci (*Birsonima crassifolia* [L.] Rich) com três anos de idade as quais encontravam-se localizadas em 2 condições de ambiente: Na **Fábrica**, a 200 m do “forno de redução II” (onde são liberados fluoretos em estado gasoso e em forma particulada), na direção dos ventos predominantes da região, e na localidade denominada **Água Verde**, a 4 Km da fábrica, em direção oposta aos ventos predominantes da região.

Para ambos os locais foram coletadas folhas jovens (consideradas da extremidade do ramo até a 4<sup>a</sup> folha) e maduras (consideradas a partir da 5<sup>a</sup> folha) onde procedeu-se as seguintes análises:

#### 3.2.1 - Teores de flúor:

Esta análise foi realizada no laboratório de Análises Químicas da ALBRAS. Os teores de flúor foram medidos de acordo com metodologia proposta por GARCIA-CIUDAD et al. (1985), utilizando-se as mesmas plantas das avaliações visuais. Amostras de folhas 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 hs a 80 °C, para obtenção do peso da matéria seca. Em seguida, as folhas dissecadas foram moídas em moinho tipo café e passadas em peneiras de 60 mesh. O flúor foi extraído de 0,5 g de cada amostra moída, maceradas com 25 ml de ácido perclórico (HClO<sub>4</sub>) a 0,1 M, agitadas durante 1h e, posteriormente completando-se o volume para 50 ml com TISAB pH 8,0-8,5. O flúor (F) contido na solução foi determinado por meio de eletrodos combinados, formados por eletrodo de íon específico, previamente calibrado, marca ORION RESEARCH, modelo EA 920. Os teores de fluoretos totais em tecidos foliares, foram obtidos plotando-se os dados das leituras do aparelho em uma curva padrão de fluoreto de sódio (NaF) e expressos em ppm ( µg F /g de matéria seca).

### **3.2.2- Teores de clorofila a e b, carboidratos e proteínas solúveis:**

Estas análises foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia Vegetal e Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP). Para realização destas análises, folhas frescas (jovens e maduras) foram coletadas de plantas nos dois locais estudados e imediatamente colocadas em isopor com gelo, enroladas em papel alumínio. As determinações dos teores de clorofila a e b foram realizadas de acordo com método proposto por ARNON (1949). As análises de carboidratos e proteínas solúveis foram feitas de acordo com a metodologia descrita por CHING & SANTOS (1986), modificada.

### **3.2.3 - Teores de macro e micronutrientes:**

As análises de macro e micronutrientes foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (FCAP). Para realização destas análises, folhas jovens e maduras de muruci foram coletadas nos dois locais estudados e colocadas em saco de papel de 1 kg e colocadas em estufa a 80 °C por 48 hs, para obtenção da matéria seca. Após, as folhas dissecadas foram posteriormente moídas e peneiradas (20 mesh). O material moído foi acondicionado em saco plástico para posterior digestão via úmida, conforme HUNTER (1975), obtendo-se o extrato para determinação dos teores de nitrogênio (N) pelo método de Kjeldhal, modificado por SARRUGE & HAAG (1974), sendo também utilizado por BREMNER (1965). Os teores de fósforo (P) foram determinados por colorimetria e os de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn), por espectrofotometria de absorção atômica (EAA). As leituras das amostras obtidas por EAA, foram comparadas com a curva padrão dos elementos, sendo que a concentração de cada um dos nutrientes foi calculada multiplicando-se o valor fornecido pelo aparelho (em ppm) pelo fator de diluição da amostra.

### **3.3 - Diagnose Visual:**

Este procedimento foi feito "in loco" nos dois locais estudados, bem como através da coleta de amostra de folhas, que foram enroladas em papel umedecidos, colocadas em geladeiras, para posteriormente serem fotografadas.

### **3.4 - Análise Estatística:**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos e 12 repetições, constantes das observações em folhas jovens e maduras (aproximadamente trinta de cada), 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).

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Folhas jovens e maduras de plantas de muruci (**Byrsonima crassifolia** [L.] Rich.) localizadas na região da **Fábrica** apresentaram teores de flúor nos tecidos, significativamente superiores em comparação aos teores obtidos em folhas jovens e maduras de plantas localizadas na região de **Água Verde** (Tabela 1). Essas concentrações mais elevadas detectadas em folhas de plantas localizadas na região da **Fábrica**, foram ocasionadas, provavelmente, pela maior proximidade destas plantas com as células de redução, da Fundição, as quais liberam no ar atmosférico grandes quantidades de poluentes, onde encontram-se incluídos os fluoretos, que são considerados os mais fitotóxicos de todos os demais poluentes emitidos por este tipo de empreendimento. LEDBETTER (1960), baseado em análise de plantas com isótopos radioativo-F<sup>18</sup> verificou que o maior sítio de acumulação de fluoreto é na folha. Os teores elevados de flúor detectados nas folhas jovens das plantas localizadas na região da **Fábrica** da ALBRAS assemelham-se àqueles encontrados por ROBERTS & THOMPSON (1980), os quais detectaram em líquen, uma concentração de 2830 ppm de flúor/peso seco de folhas em uma área localizada a 1 km de uma fábrica de produção de fósforo elementar, em Newfoundland, Canadá.

Folhas maduras de plantas localizadas na região da **Fábrica** também apresentaram teores de flúor significativamente superiores aqueles detectados nas folhas jovens das plantas localizadas na mesma região (Tabela 1). Esses

resultados são justificáveis devido ao maior tempo de exposição das folhas maduras em relação as folhas mais jovens. BUSTAMANTE (1988) estudando o efeito da chuva simulada com doses crescentes de flúor, observou um acúmulo deste elemento, em relação ao tempo de exposição, tanto na parte área quanto no sistema radicular de plantas de soja (cvs. Bossier e Doko), porém havendo um maior acréscimo na parte aérea.

Analisando-se ainda a Tabela 1, observa-se que folhas jovens de plantas localizadas em **Água Verde** apresentaram teores de flúor nos tecidos significativamente superiores aqueles detectados em folhas maduras para o mesmo local. Entretanto, esses teores embora significativamente diferentes, são bem próximos daqueles encontrados por WEINSTEINS (1977) e MALAVOLTA (1980), os quais afirmaram que os teores normais de flúor em plantas são de 2 a 20 ppm/peso seco de folhas.

De acordo com JACOBSON et al. (1966), as plantas exibem um largo alcance de tolerância com relação a injúria foliar pela acumulação de fluoretos. Algumas variedades susceptíveis de gladiolo desenvolvem necrose quando a concentração excede a 20 ppm, entretanto, algodão pode não mostrar evidência de injúria com mais de 4000 ppm no tecido foliar. Para BRANDT & HECK (1968), as plantas podem ser agrupadas em classes em função da ocorrência de lesão foliar como resposta a acumulação de flúor, sugeriram duas categorias de plantas, uma que desenvolve lesão foliar quando a concentração de fluoretos na folha alcança de 50 a 200 ppm, e um segundo grupo que não exibem injúria abaixo de 500 ppm do elemento. Para HILL (1969), plantas susceptíveis são aquelas que podem sofrer injúria quando a concentração de fluoretos nas folhas se encontra entre 20 e 200 ppm; e TRESHOW & PACK (1970) acreditam que injúria em plantas altamente susceptíveis pode ocorrer com concentrações abaixo de 50 ppm. PRINZ & SCHOLL (1978), recomendam um máximo de 30 ppm ( $\mu\text{g F/g PS}$ ) para a proteção de plantas muito sensíveis, e 60 ppm para plantas menos sensíveis e para animais herbívoros. Como pode ser observado acima, existem várias opiniões de diferentes autores com relação ao valor da concentração máxima de flúor na qual as plantas podem ser classificadas em função de sua

capacidade de acumular fluoretos e demonstrar injúria. Neste trabalho onde foram detectadas concentrações elevadas de flúor nos tecidos de folhas de plantas localizadas na região da **Fábrica** (Tabela 1), indicam que possivelmente esta espécie apresenta grande capacidade para acumular elevadas concentrações de fluoretos nos tecidos, antes mesmo de demonstrar qualquer sintoma, o que não acontece com outras espécies da região, como por exemplo as palmeiras, que quando submetidas a pequenos intervalos de exposição a fluoretos, apresentam rapidamente os sintomas e em poucos dias podem morrer.

**TABELA 1** - Teores de flúor ( ppm), detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de **B. crassifolia**, nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará

Local	folhas jovens	folhas maduras
Fábrica	3040,00 a B	9342,50 a A <sup>1</sup>
Água Verde	21,68 b A	11,21 b B

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Analisando-se a Tabela 2 , verifica-se que tanto folhas jovens como 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**. MILLER (1958), verificou que a enzima enolase, a qual atua no passo final da glicólise, é inibida quando tecidos de plantas são submetidos a níveis tóxicos de fluoretos. Esses resultados foram confirmados por ROSS et al (1962), os quais estudando a influência da injúria por fluoretos nas formas de KF e HF, observaram que folhas de plantas injuriadas, apresentavam um relativo aumento em importância da via das pentoses fosfato, atribuindo a diminuição das taxas da via glicolítica devido a inibição da enolase . Como as folhas de plantas localizadas na região da **Fábrica** apresentaram grandes teores de flúor (Tabela 1), a menor quantidade de carboidratos solúveis totais

encontrados nessas plantas pode estar relacionado com a inibição da atividade da enzima enolase e sendo esta, enzima chave da via glicolítica, para formação de piruvato, composto que penetra no ciclo de Krebs, deduz-se que as plantas expostas a fluoretos na fábrica tenham a produção de energia metabólica de suas células reduzida. Um outro fator que pode ser considerado é que as plantas expostas na **Fábrica** com grandes quantidades de flúor nos tecidos, tiveram que utilizar maior quantidade de carboidratos para fabricação de energia, do que as plantas de **Água Verde** com uma quantidade normal de flúor nos tecidos das folhas.

Os resultados encontrados neste trabalho também concordam com os de GARREC et al.<sup>6</sup> (1981), citados por ARDNT et al. (1995), e BUSTAMANTE (1988) os quais verificaram uma diminuição nos níveis de carboidratos, com o aumento do conteúdo de flúor em tecidos de plantas. 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. O mesmo aconteceu quando foi feita a comparação entre folhas jovens e maduras de plantas localizadas na região de **Água Verde**.

Quanto aos teores de proteínas solúveis totais, também mostrado na Tabela 2, observa-se que apenas as folhas maduras de muruci, localizadas em **Água Verde**, apresentaram concentrações significativamente superiores em comparação com aquelas detectadas nos mesmos tipos de folhas de plantas localizadas na região da **Fábrica**. ARDNT (1970) e JÄGER & GRILL (1975) relatam que o balanço protéico, que é muito importante para o crescimento, é alterado pelo efeito do flúor sobre a síntese de aminoácidos. Para CHANG (1973)<sup>7</sup>, citado por BUSTAMANTE et al. (1993), o retardamento no crescimento e a aceleração da senescência, induzidos pelo fluoreto, são processos controlados por mudanças diretamente relacionadas com a síntese de proteínas. Os resultados obtidos neste trabalho concordam com os autores

<sup>6</sup> GARREC, J.P.; PLEBIN, R.; AUDIN, M. Effets du fluor sur les teneurs en sucres et en acides aminés d'aiguilles de sapin *Abies alba* Mill. Environm. pollut. Ser. A, n. 26, p.281-295, 1981.

<sup>7</sup> CHANG, C. W. Biochemical and biophysical investigation into growth and aging of corn seedlings treated with fluoride. Fluoride, 6(3): 162-78, 1973.

acima, uma vez que folhas de plantas de muruci localizadas na região da **Fábrica**, com elevados teores de flúor nos seus tecidos (Tabela 1) apresentaram teores mais baixos de proteínas quando comparados com aqueles detectados em folhas de plantas localizadas na região de **Água Verde**.

**TABELA 2** - Teores de carboidratos e proteínas solúveis totais, em  $\mu\text{g/g}$  de matéria fresca (MF), detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de **B. crassifolia**, nos dois locais estudados. Média de 12 repetições. Barcarena, Pará.

	Carboidratos solúveis totais	
Local	Folhas jovens	Folhas maduras
Fábrica	370,50 b A	409,60 b A <sup>1</sup>
Água Verde	546,70 a A	655,50 a A
	Proteínas solúveis totais	
Fábrica	5647,56 a A	4847,80 b A <sup>1</sup>
Água Verde	6575,39 a A	6758,34 a A

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Folhas jovens e maduras de muruci localizadas na região de **Água Verde** apresentaram teores de clorofila **a** significativamente superiores aqueles encontrados nos mesmos tipos de folhas de plantas localizadas na região da **Fábrica** (Tabela 3 ). Folhas maduras de plantas localizadas na **Fábrica** apresentaram teores significativamente superiores de clorofila **a** 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 comparou-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 aquelas detectadas em folhas maduras no mesmo local.

**TABELA 3** - Teores de clorofila **a** e clorofila **b**, em mg/g MF, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de **B. crassifolia**, nos dois locais estudados. Média de 12 repetições, Barcarena, Pará.

	Clorofila <b>a</b>	
Local	Folha jovens	Folha maduras
Fábrica	0,393 b B	0,559 b A <sup>1</sup>
Água Verde	1,256 a A	1,436 a A
	Clorofila <b>b</b>	
Fábrica	0,616 a B	0,827 a A <sup>1</sup>
Água Verde	0,823 a A	0,997 a A

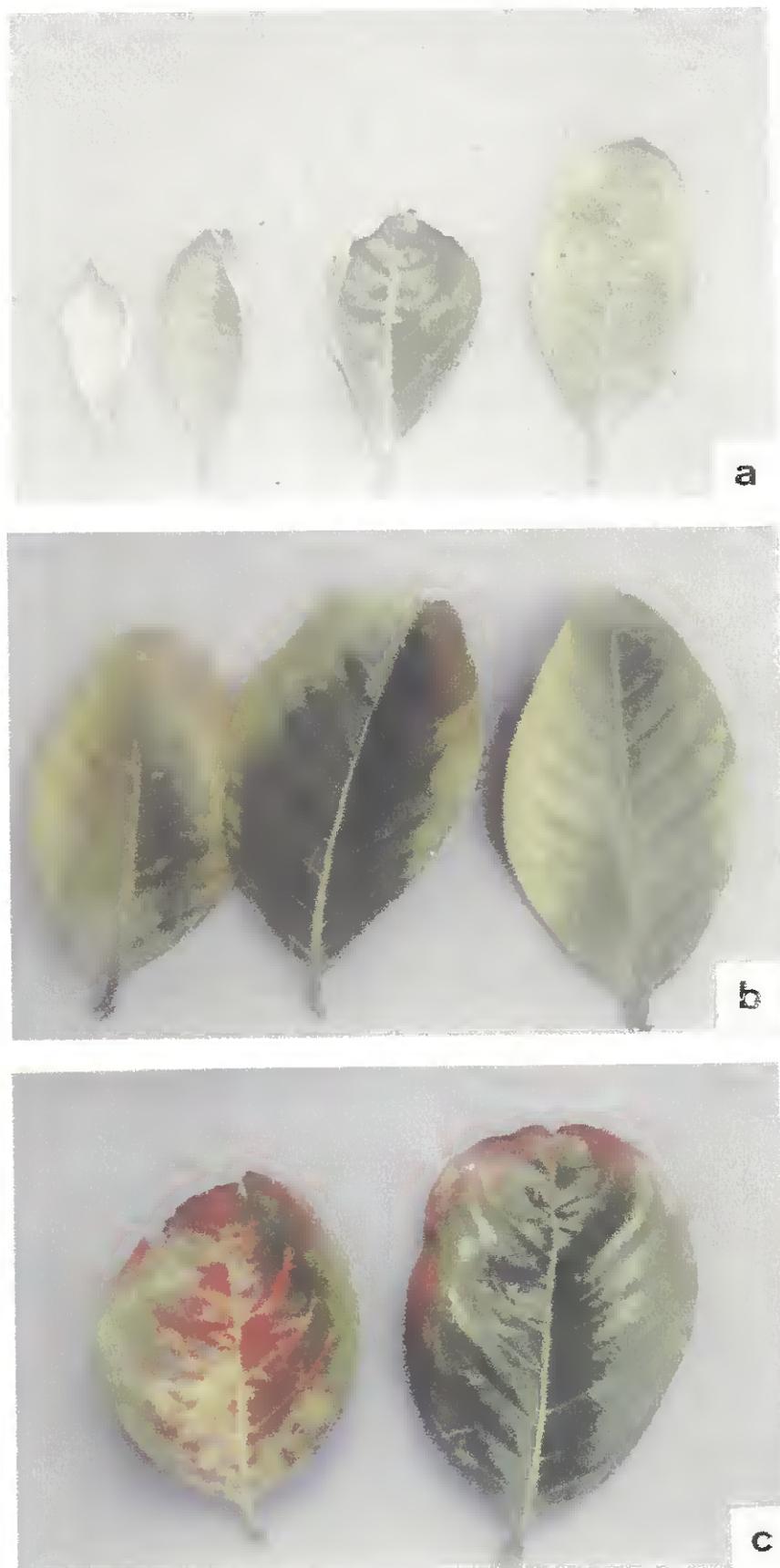
<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O que pode ser observado pelos resultados obtidos acima, é que as plantas localizadas em **Água Verde** apresentaram teores de Clorofila **a** superiores aos detectados na região da **Fábrica**. Esses resultados coincidem com as observações realizadas "in loco" nos dois locais, pois as folhas jovens e maduras de plantas localizadas na **Fábrica** apresentavam degradações (clorose e até necrose), sintomas que em nenhum momento foi observado na lâmina foliar de folhas de plantas localizadas na região de **Água Verde**. Portanto, observa-se que a concentração de clorofila **a** e **b** foram afetadas pelos altos teores de flúor detectados nas folhas de plantas localizadas na região da **Fábrica**. MCNULTY & NEWMAN (1961), verificaram uma diminuição nos conteúdos de clorofila **a**, clorofila **b**, carotenos e protoclorofila, com o aumento da concentração de fluoretos, em comparação com a testemunha não tratada. Entretanto, afirmam que se a redução do conteúdo de clorofila de folhas tratadas com fluoretos, realmente acontece, essa inibição deve preceder a transformação protoclorofila para clorofila. O mesmo pesquisador verificou também que a clorose, provocada por fluoretos,

acontece com uma simultânea desintegração dos cloroplastos, fazendo com que ocorra uma diminuição de todos os pigmentos desta organela. As bases bioquímicas para esse efeito é uma inibição da incorporação do ácido  $\delta$ -aminolevulinico na via da biossíntese da clorofila e o efeito pode ser o resultado de mudanças na estrutura dos cloroplastos (WALLIS, 1974). Para WEINSTEIN (1977), a ocorrência de sintomas visível como clorose é a manifestação da alteração da estrutura dos cloroplastos ou outras organelas. LEBLANC (1971), estudando a concentração do íon de hidrogênio proveniente do HF, em líquens, concluiu que a mesma, poderia não ser suficiente para causar deslocamento do  $Mg^{2+}$  da molécula de clorofila. Alternativamente, fluoretos podem se combinar com  $Mg^{2+}$  na molécula de clorofila a, fazendo com que esta se torne inútil para a fotossíntese e não podendo ser extraída com acetona a 80%. Os resultados obtidos neste trabalho também coincidem com os de BUSTAMANTE (1993), que estudando o efeito de flúor em soja, através da utilização de chuva simulada, observou uma redução no teor de clorofila a nas cvs. Bossier e Doko, porém quanto ao teor de clorofila b, somente a cv. Bossier apresentou decréscimo, o mesmo não acontecendo, significativamente, para o cv. Doko. No mesmo trabalho, esses mesmos autores detectaram que o teor de clorofila a é mais sensível ao flúor que o de clorofila b, o que coincide com os resultados deste trabalho, pois foi verificado uma diferença significativa nos teores de clorofila a em folhas de muruci entre os dois locais estudados, o mesmo não acontecendo quanto aos teores de clorofila b.

Para MCNULTY & NEWMAN (1961), clorose e necrose tem sido longamente reconhecido serem os primeiros sintomas visíveis de injúria por fluoretos. De acordo com (ARDNT et al., 1995), os principais sintomas de exposição a fluoretos, observados em plantas de folhas largas (dicotiledôneas), são: inicialmente uma clorose que se estende ao longo das margens e para a lâmina foliar, entre as nervuras; a medida que a exposição aumenta em duração e intensidade, às áreas com clorose nas extremidades das folhas se transformam em necrose e caem, sendo que folhas mais jovens

são mais vulneráveis. Durante a análise de diagnose visual no campo, foi observado que as folhas de plantas de muruci localizadas nas proximidades da **Fábrica**, apresentavam abaulamento, clorose e lesões necróticas nas margens e extremidades, injúria generalizada do limbo foliar, bem como o desenvolvimento de coloração avermelhada nas margens, um indício provável da presença de antocianina, sintomas causados provavelmente pelo acúmulo de flúor nos tecidos, (Fig. 3a, b, c). Todos esses sintomas observados em folhas de plantas localizadas na **Fábrica**, provavelmente não afetaram de forma acentuada o seu crescimento ou rendimento, haja vista não ter sido detectado visualmente, diferenças marcantes entre estas plantas e aquelas localizadas em **Água Verde**. De acordo com WEINSTEIN (1988), é possível que existam espécies de plantas que apresentem severa injúria foliar externa, causada por efeito do flúor, entretanto, o efeito sobre o rendimento ou qualidade (vai depender em qual fase do ciclo do rendimento a injúria ocorreu), em outras espécies, a folhagem pode parecer normal mas o rendimento ou qualidade pode ser reduzido. Com relação as folhas de plantas localizadas em **Água Verde**, foi observado que estas não apresentaram nenhum tipo de sintomas de exposição a fluoretos à fluoretos (Fig. 4a, b), o que pode ser justificado pelos baixos teores de flúor nos seus tecidos (Tabela 1).

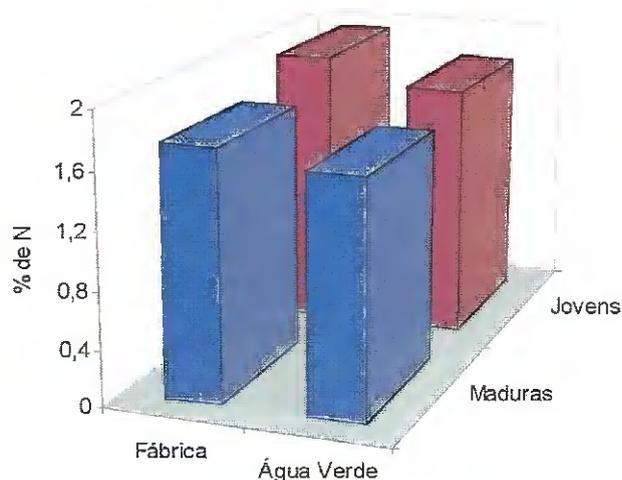


**FIGURA 3** - Folhas jovens e maduras de plantas de *Byrsonima crassifolia* localizadas na Fábrica: a) apresentando abaulamento; b e c) Com clorose nas bordas e entre as nervuras, necrose na extremidade apical e marginal e injúria generalizada no limbo foliar.



**FIGURA 4** - Folhas jovens e maduras de plantas de *Byrsonima crassifolia* localizadas em **Água Verde**, não apresentando sintomas de exposição à fluoretos.

Para o nitrogênio (Fig. 5), folhas jovens e maduras de plantas de muruci localizadas na região da **Fábrica** não apresentaram concentrações significativamente diferentes daquelas detectadas nos mesmos tipos de folhas na região de **Água Verde**. Folhas jovens, na **Fábrica**, apresentaram teores superiores de nitrogênio quando comparadas com folhas maduras no mesmo local. Entretanto, não houve diferenças significativas entre os dois tipos de folhas em **Água Verde**. Os resultados obtidos para o N, demonstram que os teores superiores de flúor, detectados nas folhas de plantas localizadas na **Fábrica** (Tabela 1), provavelmente não foram suficientes para afetar de forma significativa a diferença no conteúdo deste nutriente, entre os dois locais, porém as menores concentrações de clorofila a (Tabela 3), observadas nas folhas de plantas localizadas na **Fábrica** em relação à aquelas detectadas em **Água Verde**, devem ser indícios de que este elemento tenha sido afetado pelo alto teor flúor na **Fábrica**.



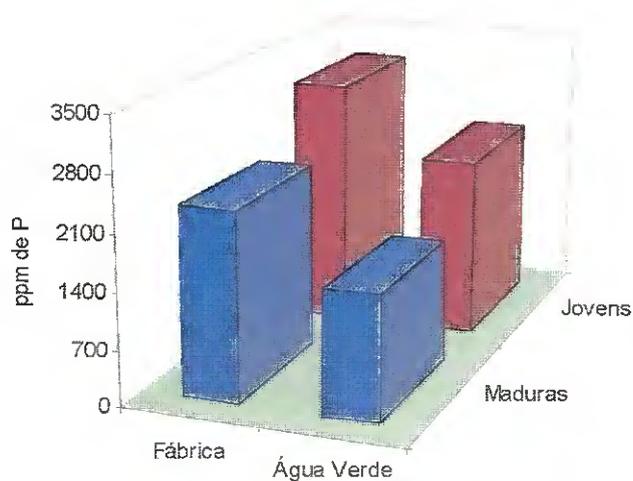
**FIGURA 5** - Teores de N, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de *Byrsonima crassifolia*, nos dois locais estudados. Médias de 12 repetições. Barcarena, Pará.

Folhas jovens e maduras de plantas de muruci localizadas na região da **Fábrica** apresentaram concentrações de **P**, **Ca** e **Mg** significativamente superiores aquelas detectadas em folhas jovens e maduras de plantas

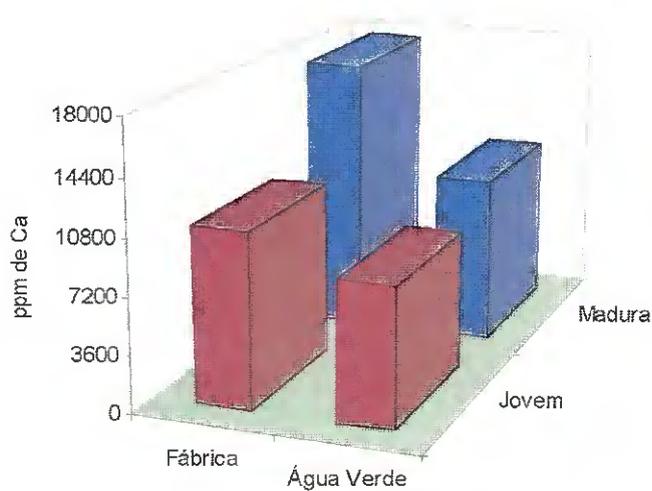
**Água Verde**, folhas jovens apresentaram teores superiores de **P**, quando comparadas com os teores detectados em folhas maduras nos mesmos locais . Na região da **Fábrica**, folhas maduras apresentaram teores superiores de **Ca** e **Mg** quando comparados com aqueles detectados em folhas jovens no mesmo local . Em **Água Verde**, as folhas maduras apresentaram teores significativamente superiores de **Ca** , do que aqueles detectados em folhas jovens, porém, neste local os dois tipos de folha não diferiram significativamente, quanto aos teores de **Mg**.

Quanto ao **P**, elemento considerado móvel nas plantas, este seguiu uma tendência normal de se acumular nas folhas mais jovens (MAESTRI, et al., 1996), sendo que a observação de coloração avermelhada (antocianina) nas folhas de plantas localizadas na **Fábrica** (Fig. 3), são sintomas característico de deficiência deste nutriente (MALAVOLTA, 1980). Com relação ao **Mg**, elemento também considerado móvel nas plantas, este não seguiu uma tendência normal de se acumular nas folhas mais jovens, pois na **Fábrica** acumulou-se nas folhas maduras, no entanto, os baixos teores de clorofila **a** (Tabela 3) e sintomas de clorose nas margens e entre as nervuras, observados nas folhas maduras (Fig. 3b) de plantas localizadas na **Fábrica**, são indícios da influência do flúor sobre o balanço nutricional deste elemento, resultados que concordam com os de MACLEAN, et al. (1976), que estudando o efeito de fumigações de HF, em folhas de plantas tomate crescidas em solução nutritiva com diferentes concentrações de **Mg**, observou que plantas, com maior acúmulo de flúor nas folhas, crescidas em solução com menores conteúdos de **Mg**, foram as mais susceptíveis, apresentando clorose e até necrose , enquanto que aquelas crescidas em solução com excesso de **Mg**, foram mais tolerantes. Em relação ao **Ca**, elemento considerado pouco móvel nas plantas, verificou-se que este também seguiu uma tendência normal, acumulando-se nas folhas maduras, tanto na **Fábrica** quanto em **Água Verde**, porém na **Fábrica** as folhas jovens, com elevados teores de flúor nos tecidos (Tabela 1), apresentaram sintoma de abaulamento ou recurvamento das pontas das folhas (Fig. 3a), que segundo MAESTRI et al. (1996), são sintomas

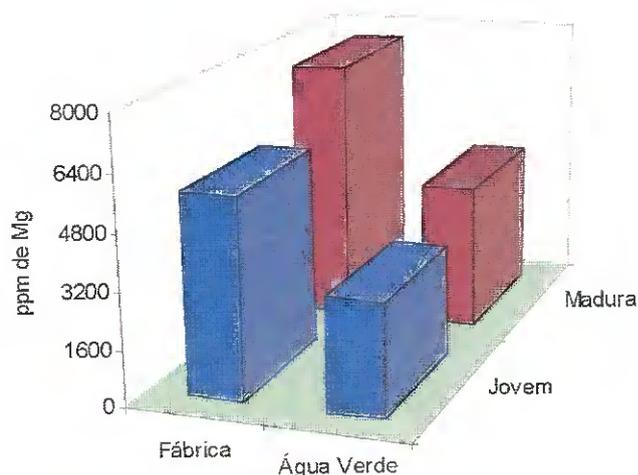
característico de deficiência de **Ca** em folhas jovens, indicando uma provável imobilização deste nutriente (cátion bivalente) pelo flúor (ARNDT, et al., 1995).



**FIGURA 6** - Teores de P, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de *Byrsonima crassifolia*, nos dois locais estudados. Médias de 12 repetições. Barcarena, Pará.

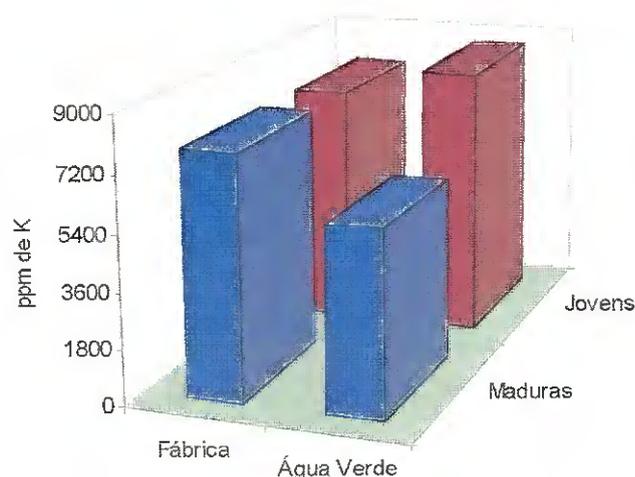


**FIGURA 7** - Teores de Ca, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de *Byrsonima crassifolia*, nos dois locais estudados. Médias de 12 repetições. Barcarena, Pará.



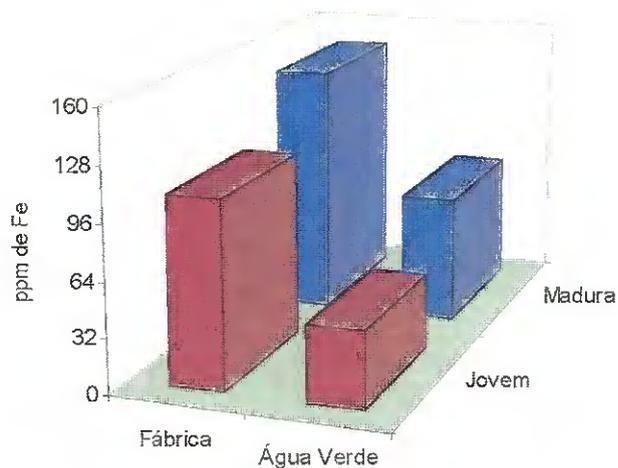
**FIGURA 8** - Teores de Mg, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de *Byrsonima crassifolia*, nos dois locais estudados. Médias de 12 repetições. Barcarena, Pará.

Folhas maduras de plantas localizadas na região da **Fábrica**, apresentaram teores significativamente superiores de K quando comparadas com aqueles detectados no mesmo tipo de folhas, em plantas localizadas na região de **Água Verde** (Fig. 9). O oposto ocorreu quando fez-se a comparação entre folhas jovens em relação aos dois locais. Folhas jovens de plantas localizada em **Água Verde** apresentaram teores superiores de K quando comparadas com folhas maduras no mesmo local. Já na região da **Fábrica** não houve diferenças significativas entre os dois tipos de folhas. Folhas maduras de plantas localizadas na **Fábrica**, apresentaram sintomas de necrose nas margens e extremidades das folhas (Fig. 3c); que segundo MALAVOLTA (1980), são sintomas de deficiência de K em plantas; indicando uma possível influência do flúor sobre este macronutriente.

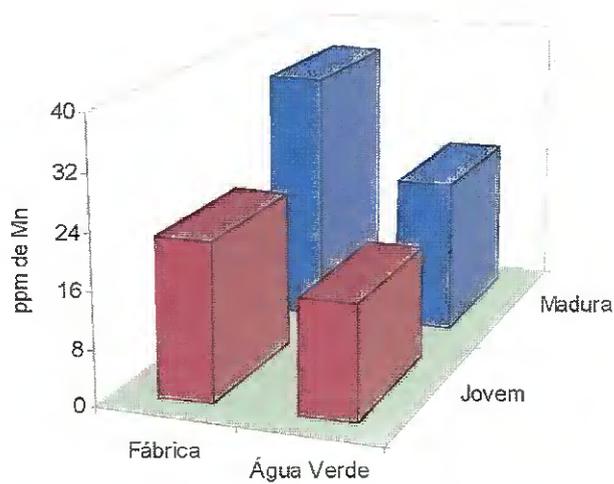


**FIGURA 9** - Teores de K, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de *Byrsonia crassifolia*, nos dois locais estudados. Médias de 12 repetições. Barcarena, Pará.

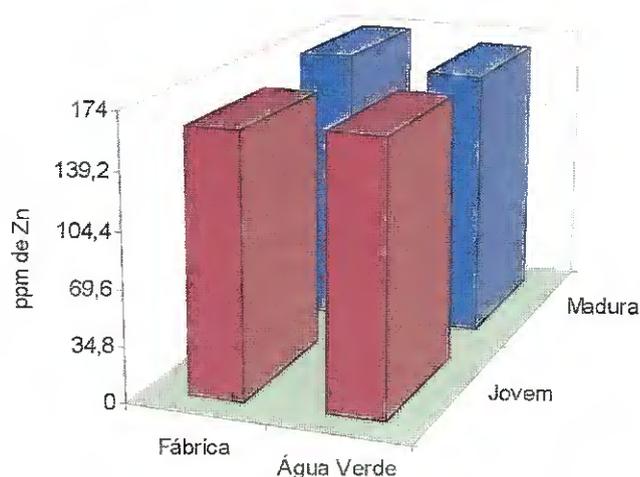
Folhas jovens e maduras na região da **Fábrica** apresentaram teores superiores dos micronutrientes **Fe** e **Mn** quando comparados com aqueles detectados em folhas jovens e maduras de plantas localizadas em **Água verde** (Fig. 10 e 11). Na **Fábrica** a comparação entre folhas jovens e maduras não apresentou diferenças significativas quanto ao teor de **Fe**. Porém em **Água Verde**, as folhas maduras apresentaram teores de **Fe** significativamente superiores àqueles detectados em folhas jovens. Quanto ao **Mn**, as folhas maduras de plantas localizadas na **Fábrica**, apresentaram teores superiores deste micronutriente, quando comparado com aqueles detectados em folhas jovens no mesmo local, o mesmo ocorrendo quando comparou-se os dois tipos de folhas em **Água Verde**. (Fig. 10).



**FIGURA 10** - Teores de Fe, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de *Byrsonima crassifolia*, nos dois locais estudados. Médias de 12 repetições. Barcarena, Pará.



**FIGURA 11** - Teores de Mn, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de *Byrsonima crassifolia*, nos dois locais estudados. Médias de 12 repetições. Barcarena, Pará.



**FIGURA 12** -Teores de Zn, detectados em tecidos de folhas jovens e maduras de *Byrsonima crassifolia*, nos dois locais estudados. Médias de 12 repetições. Barcarena, Pará.

Para o **Zn** não houve diferenças significativas entre folhas jovens e maduras com relação aos locais. Na **Fábrica** as folhas maduras apresentaram teores superiores deste elemento quando comparada com aqueles detectados em folhas jovens no mesmo local, sendo que na região de **Água Verde** não houve diferenças significativas quando comparou-se os dois tipos de folhas (Fig. 12).

Os micronutrientes **Fe**, **Zn** e **Mn**, elementos considerados imóveis nas plantas (MAESTRINI, et al., 1996), seguiram uma tendência normal de acumular-se em folhas maduras, sendo que alguns sintomas associados a estes micronutrientes como, menores teores de clorofila, coloração avermelhada nas folhas, clorose marginal, foram amplamente observados em folhas de plantas localizadas na Fábrica, com altas concentrações de fluoretos nos tecidos. Entretanto de acordo com WEINSTEINS (1977), sintomas de deficiência de zinco, cálcio, potássio, e algumas vezes ferro, podem ser confundidos com injúria provocados por fluoretos. A clorose marginal e internerval que caracteriza a deficiência de manganês sobre plantas, tal como pêsego, cereja e citrus são também similares aos sintomas de toxicidade causado por fluoretos, (FLUORIDE, 1971). Estudos realizados por ARNDT et al., (1995) constataram que o flúor forma combinações insolúveis com cátions bivalentes e, por isso, em plantas cronicamente submetidas ao flúor, surgem

freqüentemente sintomas que lembram manifestações de deficiência de **Mn**, **Zn** e **Mg** , que são necrose, inibição do crescimento e clorose entre as nervuras. As reações do flúor com cátions divalentes, são cruciais quando este poluente inibe enzimas que têm **Ca** ou **Mn** como ativadores, o que causa rompimento de passos metabólicos e de processos funcionais da planta.

Pela análise geral dos resultados para macro e micronutrientes, observa-se que as folhas de plantas localizadas na região da **Fábrica** apresentaram teores superiores destes em comparação com as folhas de plantas localizadas em **Água Verde**, isso provocado provavelmente devido uma adubação inicial diferenciada, entre os dois locais, na época de implantação dessa cultura . Outro fator que pode ter influenciado são os resíduos de nutrientes provenientes do transporte do minério de alumina dentro da **Fábrica** e dos resíduos oriundos do próprio processo de fabricação de alumínio da fábrica. Apesar da literatura recomendar muito cuidado para que não se confunda sintomas provocados por deficiência nutricional, com sintomas de exposição a fluoretos, no presente trabalho não houve dúvida quanto a isto, pois as folhas das plantas da região da **Fábrica** que apresentaram melhor conteúdo nutricional, porém maior conteúdo de flúor nos tecidos, foram as que apresentaram sintomas de injúria por fluoretos nos tecidos, o mesmo não acontecendo com as plantas da região de **Água Verde**, estas com conteúdo nutricional inferior e uma menor quantidade de flúor nos tecidos, confirmando com isso que todos os sintomas de injúrias, observados nas folhas de plantas localizadas na **Fábrica**, foram provavelmente provocados por Fluoretos.

## 5 - CONCLUSÕES

- Folhas jovens e maduras de plantas de *B. crassifolia* expostas a fluoretos na região da **Fábrica** apresentaram um maior acúmulo de flúor, e de macro e micronutrientes e menores teores de clorofilas, carboidratos e proteínas solúveis totais nos tecidos, quando comparadas com aqueles detectados em folhas jovens e maduras de plantas localizadas em **Água Verde**;
- As folhas de plantas de muruci localizadas na região da **Fábrica** apresentaram, abaulamento, clorose nas margens e entre as nervuras, necrose na extremidade apical e maginal, sintomas característicos de exposição a fluoretos, o mesmo não acontecendo com folhas de plantas localizadas em **Água Verde**;
- Levando em consideração as altas concentrações de flúor nos tecidos das folhas plantas localizadas na **Fábrica**, bem como o tempo de exposição, pode-se considerar o muruci como uma espécie bastante tolerante a emissão de fluoretos, podendo ser recomendado para povoar áreas onde existam grandes quantidades de emissão de fluoretos, apenas como vegetação, não sendo recomendado o consumo de seus frutos.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, LINEU RODRIGUES. Poluição e Desenvolvimento. In: SIMDAMAZÔNIA - Seminário Internacional sobre Meio Ambiente, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia, Belém, 16 a 19 de fevereiro de 1992. Anais... Belém: SECTAM. p.21-29.
- ALVES, P. L. DA C. A., OLIVA, M. A ., CAMBRAIA, J. e SANT'ANNA, R. Efeito da chuva ácida simulada e de um solo de Cubatão (SP) sobre parâmetros relacionados com a fotossíntese e a transpiração de plantas de soja. Rev. Bras. Fisiol. Vegetal. 2(1): 7 - 14, 1990.
- ARNDT, Uwe; FLORES, F. e WEINSTEIN, L. H. Efeito do Flúor sobre as plantas : Diagnose de danos na vegetação do Brasil. Porto Alegre: Ed. da Universidade / UFRGS, 1995. 155p.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24:1-15. 1949.
- BONNER, J and WILDMAN S.G. Enzymatic mechanisms in the respiration of spinach leaves. Arch. Biochem. 10:497-518, 1946.
- BRAILE, P. M. Dicionário Inglês - Português de termos técnicos de ciências ambientais = English - Portuguese dictionary of technical terms on environmental sciences - Rio de Janeiro: SESI - DH -COHISI, 1992. 502p.
- BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. Elementos de ciências do ambiente. 2. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. 206p.
- BRANDT, C. S. ; HECK, W.W. Effects of air pollutants on vegetation. A. C. STERN'S Ed. Air Pollution. Vol. 1 (2nd ed.), New York, Academic Press, Inc. pp. 401-443, 1968.

- BREMNER, J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C. A. , ed. Methods of soil analysis. Madison: American Society of Agronomy. V.2 Chemical and Microbiological properties. p.1149-1170, 1965.
- BREWER, R.F, SUTHERLAND, F.H and GUILLEMET, F.B: Sorption of fluorine of citrus foliage from equivalent solution of HF, NaF, NH<sub>4</sub>F, and H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>. Proc Amer. Soc. Hort. Sci. 76:215-219,1960.
- BUSTAMANTE, M. C. Efeitos Fisiológicos e Bioquímicos do Flúor em dois cultivares de soja (Glicine max L. Merrill).Viçosa, UFV, 1988. 75p. (Tese M.S.).
- BUSTAMANTE, M C., OLIVA, M. A, SANTANNA e LOPES, F.L. Sensibilidade da soja ao flúor. Rev. Bras. Fisiologia Vegetal. São Carlos, 5(2): 151-158. 1993.
- CAVALCANTE, P. B. Frutas Comestíveis da Amazônia. 6a ed. - Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996 - (Coleção Adolpho Ducke).
- CHANG, C.W. and THOMPSON, C.R. Site of fluoride accumulation in navel orange leaves. Plant Physiol. 41: 211-213. 1966.
- CONCEIÇÃO, H. E. O.; SILVA, E. S. A. e ROCHA NETO, O. G. Sensibilidades de Espécies Vegetais de Ecossistemas Amazônicos a Fluoretos. Resumos do V Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. Lavras, MG. p. 285. 1995.
- CONCEIÇÃO, H. E. O.; ALVES, G. O. P.; SILVA, E. S. A. e BASTOS, A. R. R. . Efeitos de fluoretos atmosféricos sobre Palmáceas. Resumos do VI Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. Belém, PA. p. 254. 1997.
- CHING, T.M., & SANTOS, D. S. B. Fisiologia do Desenvolvimento da Semente. Curso, CETREISEM/Dep. Botânica/Instituto de Biologia. Universidade Federal de Pelotas, 1986.
- CHRISTIANSEN, G.S., KUNZ, L.J, BONNER, W.D, J.R and THIMANN K.V: The action of growth inhibitors on carbohydrate metabolism in the pea. Plant Physiol. 24:178-181, 1949.
- EMBRAPA. Relatório preliminar do Contrato de Cooperação Técnica AB - 011/92, EMBRAPA - CPATU/ALBRAS - Alumínio Brasileiro S/A novembro/1992 a abril/1996. Belém, 1996.
- FLUORIDES. Committee on Biologic Effects of Atmospheric Pollutants Washington, D.C., National Academy of Sciences, National Council. 1971.
- GARREC, J.P.; PLEBIN, R.; LHOSTE, A. M. Influence du fluor sur la composition minerale d' aiguilles pollueés de sapin (*Abies alba* Mill.). Environm. Pollut., n. 13, p. 159-167, 1977.

- 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. 16(18): 1107-22. 1985.
- HILL, A.C., PACK, M.R., TRANSTRUM, L.G and WINTERS, W.S. Effects of atmospheric fluorides and various types of injury on the respiration of leaf tissue. Plant Physiol, 34:11-16, 1959.
- HILL, A.C. Air quality standards for fluoride vegetation effects. J. Air Pollut Control. Assoc. 19:331-336, 1969.
- HOAGLAND, D. R. Inorganic Nutrition of Plants. Chronica Botanica, Waltham, Mass. 1944.
- HUNTER, H. A. Laboratory analysis of vegetal tissues samples. Raleigh, International soil fertility Evaluation and Improvement Program. N. C. S. U., 1975. 5p (mimeografado).
- IDESP, Programa de Desenvolvimento Rural Integrado -PDRI- Caracterização Sócio-Econômica e Física da API (Barcarena) - Relatório Final, Belém, p. 6-17, 1983.
- JACOBSON, J.S, WEINSTEIN L. H., McCUNE, D.C. and HITCHCOCK, A. E: The accumulation of fluoride by plants. J. Air Pollut Control Assoc. 16:412-417, 1966
- LATIES G. G. : The role of pyruvate in the aerobic respiration of barley roots. Arch. Biochem. 20:284-299, 1949.
- LEDBETTER, M.C.; MAVRODINEANU, R.; WEISS, A. J. Distribution studies of radioactive fluoride - 18 and stable fluoride - 19 in tomato plants. Contrib. Boyce Thompson Inst. Pl. Res., 20: 331-48. 1960.
- LEBLANC, F., G. COMEAU, and D. N. RAO. Fluoride injury symptoms in epiphytic lichens and mosses. Can. J. Bot. 49: 1691-1698. 1971.
- LEBLANC, F., D. N. RAO, and G. COMEAU. Indices of atmospheric purity and fluoride pollution pattern in Arvida, Quebec. Can. J. Bot. 50: 991-998. 1972.
- LUSITEC, J. and POKORNA V: Alternation of respiratory pathway during the development of wheat leaf. Biol. Plant. Acad. Sci. Bohemoslov 4:101-109, 1962.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo, 1980.

- MAESTRI, M.; ALVIM, P. T.; E SILVA, M. A.; MOSQUIM, P.R.; PUSCHMANN, R.; CANO, M. A. O & BARROS, R. S. *Fisiologia vegetal (exercícios práticos)*. Universidade Federal de Viçosa - Minas Gerais. 1996. 91p.
- MACLEAN D.C., SCHNEIDER R. E. and McCUNE D.C: Fluoride susceptibility of tomato plants as affected by magnesium nutrition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101:347-352, 1976.
- 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, Japan, p.116-119 1977.
- MCNULTY, I.B., and NEWMAN, D.W. Mechanisms of fluoride induced chlorosis. *Plant Physiol.* 36: 385-388, 1961.
- MILLER, J.E., and MILLER, G.W. Propertie of enolase extracts from pea seed. *Plant Physiol*, 33:199-206, 1958.
- NEWMAN, D.W. and McNulty, I.B. The effect of fluoride fumigation on the chlorophyll content of leaves. *Plant Physiol.* 32 (suppl.): vii, 1957. (abst. ).
- ORDIN. L. & SCKOE, B. P. Inhibition of metabolism in avena coleoptile tissue by fluoride. *Plant Physiol.*, 38: 416-21, 1963
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. 12<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1978. 467 p.
- POOVAIAH, B.W. and WIEBE, H.H: Tylosis formation in response to fluoride fumigation of leaves. *Phytopathology*. 59: 518-519, 1969.
- POOVAIAH, B.W. and WIEBE, H.H: Influence of hydrogen Fluoride Fumigation on the Water Economy of Soybean Plants. *Plant Physiol.* 51:396-399, 1973.
- 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*, n46, p.26-77, 1978.
- ROBERTS, B. A. and THOMPSON. Lichen as indicators of fluoride emission from a phosphorus plant, Long Harbour, Newfoundland, Canada. *Can. J. Bot.* 58: 2218-2228. 1980.
- ROSS, C.W., WIEBE, H.H. And MILLER G.W.: Effect of fluoride on glucose catabolism in plant leaves. *Plant Physiol*, 37:305-309, 1962.
- SARRUGE, J. R & HAAG, H. P. *Análises Químicas em Plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- STERN. A. C. *Air Pollution*. /s.l./ Academic Press, 1976. 715 p.

- STERN, A. C. Air Pollution. /s.l./ Academic Press, 1976. 715 p.
- STREHL, T. & ARNDT, U. Alterações apresentadas por *Tillandia* e *T. recurvata* (Bromeliaceae) exposta ao HF e SO<sub>2</sub>. Porto Alegre. IHERINGIA. V. 39. p. 3-17. 1989.
- STOCKING, C. R. and A. ONGUN. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. Am. J. Botany 49: 284-89, 1962.
- TRESHOW, M. & PACK, M. R. Fluoride. in J. S. JACOBSON & A. C. HILL'S Eds. Recognition of Air pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas. Informative report 1, TR-7 Agricultural committee. Pittsburgh, Air pollution Control Association, pp. D1-D17, 1970.
- WALLIS, W. J., MILLER G. W., PSENAK M. and SHIEH J. Fluoride effects on chlorophyll biosynthesis. Fluoride, 7: 69-77. 1974.
- WEINSTEIN, L. H. Fluoride and plant life. Journal of Occupational Medicine, 19:49-76, 1977.
- WEINSTEIN, L. H. e HANSEN, K.S. Relative susceptibilities of Brazilian vegetation to airborne fluoride. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, n.23, p.1125-1137, 1988.

**QUADRO 1:** Análise de Variância dos Teores de Flúor (ppm), detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	54662469.4176	54662469.4176	318.42 **
RESÍDUO	22	3776738.4773	171669.9308	
TOTAL	23	58439207.8949		

MÉDIA GERAL = 1530.8271

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 2:** Análise de Variância dos Teores de Flúor (ppm), detectados em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	522438025.0104	522438025.0104	566.23 **
RESÍDUO	22	20298546.2292	922661.1922	
TOTAL	23	542736571.2396		

MÉDIA GERAL = 4676.8542

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 3:** Análise de Variância dos Teores de Flúor (ppm), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	238329037.5000	238329037.5000	217.79 **
RESÍDUO	22	24074425.0000	1094292.0455	
TOTAL	23	262403462.5000		

MÉDIA GERAL = 6191.2500

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 4:** Análise de Variância dos Teores de Flúor (ppm), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	657.3067	657.3067	16.86 **
RESÍDUO	22	857.6867	38.9858	
TOTAL	23			

MÉDIA GERAL = 6.2439

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 5:** Análise de Variância dos Teores de Carboidratos solúveis totais ( $\mu\text{g/g M F}$ ), detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	122463.1637	122463.1637	4.23 **
RESÍDUO	22	636282.4964	28921.9317	
TOTAL	23	758745.6601		

MÉDIA GERAL = 441.9295

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 6:** Análise de Variância dos Teores de Carboidratos solúveis totais ( $\mu\text{g/g M F}$ ), detectados em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	362548.1188	362548.1188	8.52 **
RESÍDUO	22	936077.9765	42548.9989	
TOTAL	23	1298626.0954		

MÉDIA GERAL = 532.5157

\* \*Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 7:** Análise de Variância dos Teores de Carboidratos solúveis totais ( $\mu\text{g/g M F}$ ), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	9176.4184	9176.4184	0.52 NS
RESÍDUO	22	391853.9814	17811.5446	
TOTAL	23	401030.3999		

MÉDIA GERAL = 390.0505

**QUADRO 8:** Análise de Variância dos Teores de Carboidratos solúveis totais ( $\mu\text{g/g M F}$ ), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	70930.2330	70930.2330	1.69 NS
RESÍDUO	22	921186.0909	41872.0950	
TOTAL	23	992116.3239		

MÉDIA GERAL = 601.0590

**QUADRO 9:** Análise de Variância dos Teores de Proteínas solúveis ( $\mu\text{g/g M F}$ ), detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	5165233.3213	5165233.3213	4.19 NS
RESÍDUO	22	27132173.1230	1233280.5965	
TOTAL	23	32297406.4443		

MÉDIA GERAL = 6111.4736

**QUADRO 10:** Análise de Variância dos Teores de Proteínas solúveis ( $\mu\text{g/g M F}$ ), detectados em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	21901202.0834	21901202.0834	17.41 **
RESÍDUO	22	27676138.7084	1258006.3049	
TOTAL	23	49577340.7917		

MÉDIA GERAL = 5803.0676

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 11:** Análise de Variância dos Teores de Proteínas solúveis ( $\mu\text{g/g M F}$ ), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	3837742.7318	3837742.7318	3.69 NS
RESÍDUO	22	22879903.4901	1039995.6132	
TOTAL	23			

MÉDIA GERAL = 5247.6752

**QUADRO 12:** Análise de Variância dos Teores de Proteínas solúveis ( $\mu\text{g/g M F}$ ), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	200830.6183	200830.6183	0.14 NS
RESÍDUO	22	31928408.3413	1451291.2882	
TOTAL	23			

MÉDIA GERAL = 6666.8660

**QUADRO 13:** Análise de Variância dos Teores de Clorofila a (mg/g M F) em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	4.4686	4.4686	59.04 **
RESÍDUO	22	1.6653	0.0757	
TOTAL	23	6.1339		

MÉDIA GERAL = 0.8247

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 14:** Análise de Variância dos Teores de Clorofila a (mg/g M F) em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	4.6200	4.6200	62.76 **
RESÍDUO	22	1.6196	0.0736	
TOTAL	23	6.2397		

MÉDIA GERAL = 0.9974

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 15:** Análise de Variância dos Teores de Clorofila a (mg/g M F) em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.1942	0.1942	1.62 NS
RESÍDUO	22	2.6454	0.1202	
TOTAL	23	2.8396		

MÉDIA GERAL = 1.3462

**QUADRO 16:** Análise de Variância dos Teores de Clorofila a (mg/g M F) em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.1642	0.1642	5.65*
RESÍDUO	22	0.6395	0.0291	
TOTAL	23	0.8037		

MÉDIA GERAL = 0.4760

\*\* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 17: Análise de Variância dos Teores de Clorofila b (mg/g MF) detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.256	0.256	3.69 NS
RESÍDUO	22	1.527	0.694	
TOTAL	23	1.783		

MÉDIA GERAL = 0.719

TABELA 18: Análise de Variância dos Teores de clorofila b (mg/g MF) detectados em folhas adultas de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.174	0.174	3.06 NS
RESÍDUO	22	1.259	0.057	
TOTAL	23	1.434		

MÉDIA GERAL = 0.912

TABELA 19: Análise de Variância dos Teores de Clorofila b (mg/g MF) detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.1832	0.1832	2.68 NS
RESÍDUO	22	1.5039	0.0684	
TOTAL	23	1.6871		

MÉDIA GERAL = 0.9100

TABELA 20: Análise de Variância dos Teores de clorofila b (mg/g MF) detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.2663	0.2663	4.57 *
RESÍDUO	22	1.2830	0.0583	
TOTAL	23	1.5493		

MÉDIA GERAL = 0.7213

\* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 21:** Análise de Variância dos Teores de Fósforo (ppm), detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	4.5606	4.5606	22.59 **
RESÍDUO	22	4.4405	0.2018	
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>9.0011</b>		

**MÉDIA GERAL = 2.6813**

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 22:** Análise de Variância dos Teores de Fósforo (ppm), detectados em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	3.8865	3.8865	18.78 **
RESÍDUO	22	4.5538	0.2070	
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>8.4403</b>		

**MÉDIA GERAL = 1.9446**

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 23:** Análise de Variância dos Teores de Fósforo (ppm), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	3.5613	3.5613	20.80 **
RESÍDUO	22	3.7671	0.1712	
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>7.3283</b>		

**MÉDIA GERAL = 2.7320**

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 24:** Análise de Variância dos Teores de Fósforo (ppm), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	2.9667	2.9667	12.49 **
RESÍDUO	22	5.2268	0.2376	
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>8.1935</b>		

**MÉDIA GERAL = 1.8938**

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 25:** Análise de Variância dos Teores de Cálcio (ppm), detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	32364037.5000	32364037.5000	23.61 **
RESÍDUO	22	30153628.1250	1370619.4602	
TOTAL	23	62517665.6250		

MÉDIA GERAL = 9944.3750

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 26:** Análise de Variância dos Teores de Cálcio (ppm), detectados em folhas adultas de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	300492958.5937	300492958.5937	37.74 **
RESÍDUO	22	175185559.8958	79622979.9953	
TOTAL	23	475678518.4896		

MÉDIA GERAL = 14098.2292

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 27:** Análise de Variância dos Teores de Cálcio (ppm), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	255927031.5104	255927031.5104	40.51**
RESÍDUO	22	138992880.7292	6317858.2150	
TOTAL	23	394919912.2396		

MÉDIA GERAL = 14371.1458

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 28:** Análise de Variância dos Teores de Cálcio (ppm), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	36862730.6667	36862730.6667	6.67 *
RESÍDUO	22	121677245.2917	5530783.8769	
TOTAL	23	158539975.9583		

MÉDIA GERAL = 9320.4583

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**TABELA 33:** Análise de Variância dos Teores de Nitrogênio (ppm) detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.166	0.166	3.19 NS
RESÍDUO	22	1.146	0.521	
TOTAL	23	1.312		

MÉDIA GERAL = 1.867

**TABELA 34:** Análise de Variância dos Teores de Nitrogênio (ppm) detectados em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.256	0.256	3.19 NS
RESÍDUO	22	1.527	0.694	
TOTAL	23	1.312		

MÉDIA GERAL = 0.719

**TABELA 35:** Análise de Variância dos Teores de Nitrogênio (%) detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.2750	0.2750	12.07 **
RESÍDUO	22	0.5012	0.0228	
TOTAL	23	0.7762		

MÉDIA GERAL = 1.8498

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**TABELA 36:** Análise de Variância dos Teores de Nitrogênio (%) detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	0.1285	0.1285	1.16 NS
RESÍDUO	22	2.4359	0.1107	
TOTAL	23	2.5644		

MÉDIA GERAL = 1.7109

**QUADRO 37:** Análise de Variância dos Teores de Potássio (ppm) detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	4808387.760	4808387.760	2.37 NS
RESÍDUO	22	44652293.229	2029649.692	
TOTAL	23	49460680.989		

MÉDIA GERAL = 8178.229

**TABELA 38:** Análise de Variância dos Teores de Potássio (ppm ) detectados em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	20609066.666	20609066.666	13.46 **
RESÍDUO	22	33688591.666	1531299.621	
TOTAL	23	54297658.333		

MÉDIA GERAL = 6805.416

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 39:** Análise de Variância dos Teores de Potássio (ppm) detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	12.7604	12.7604	0.00 NS
RESÍDUO	22	33895124.4792	1540687.4763	
TOTAL	23	33895137.2396		

MÉDIA GERAL = 7731.3542

**TABELA 40:** Análise de Variância dos Teores de Potássio (ppm ) detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	45278801.0417	45278801.0417	22.41 **
RESÍDUO	22	44445760.4167	2020261.8371	
TOTAL	23	89724561.4583		

MÉDIA GERAL = 7252.2917

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 41:** Análise de Variância dos Teores de Ferro (ppm), detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	24945.3776	24945.3776	18.72 **
RESÍDUO	22	29322.4115	1332.8369	
TOTAL	23	54267.7891		

MÉDIA GERAL = 76.4688

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 42:** Análise de Variância dos Teores de Ferro (ppm), detectados em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	30834.5859	30834.5859	5.15 *
RESÍDUO	22	131680.0365	5985.4562	
TOTAL	23	162514.6224		

MÉDIA GERAL = 110.1979

\*\* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 43:** Análise de Variância dos Teores de Ferro (ppm), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	8372.0026	8372.0026	1.37 NS
RESÍDUO	22	134840.2448	6129.1020	
TOTAL	23	143212.2474		

MÉDIA GERAL = 127.3646

**QUADRO 44:** Análise de Variância dos Teores de Ferro (ppm), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	5445.0937	5445.0937	4.58 *
RESÍDUO	22	26167.2396	1189.4200	
TOTAL	23	31612.3333		

MÉDIA GERAL = 5929.17

\*\* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 45:** Análise de Variância dos Teores de Manganês (ppm), detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	232.8151	232.8151	5.42 **
RESÍDUO	22	945.8073	42.9912	
TOTAL	23	1178.6224		

MÉDIA GERAL = 19.3021

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 46:** Análise de Variância dos Teores de Manganês (ppm) detectados em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	1207.7109	1207.7109	14.51 **
RESÍDUO	22	1831.0990	83.2318	
TOTAL	23	3038.8099		

MÉDIA GERAL = 29.0104

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 47:** Análise de Variância dos Teores de Manganês (ppm), detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	1124.0859	1124.0859	12.64 **
RESÍDUO	22	1957.0990	88.9590	
TOTAL	23	3081.1849		

MÉDIA GERAL = 29.2604

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

**QUADRO 48:** Análise de Variância dos Teores de Manganês (ppm) detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

**QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO**

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	196.9401	196.9401	5.29 *
RESÍDUO	22	819.8073	37.2640	
TOTAL	23	1016.7474		

MÉDIA GERAL = 19.0521

\*\* Significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 49: Análise de Variância dos Teores de Zinco (ppm) detectados em folhas jovens de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	93.023	93.023	2.04 NS
RESÍDUO	22	1005.140	45.688	
TOTAL	23	1098.164		

MÉDIA GERAL = 163.781

TABELA 50: Análise de Variância dos Teores de Zinco (ppm) detectados em folhas maduras de *B. crassifolia*, nos dois locais estudados

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	312.842	312.842	3.98 NS
RESÍDUO	22	1728.916	78.587	
TOTAL	23	2041.759		

MÉDIA GERAL = 169.818

TABELA 51: Análise de Variância dos Teores de Zinco (ppm) detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, na Fábrica

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	809.6817	809.6817	8.65 **
RESÍDUO	22	2060.2029	93.6456	
TOTAL	23	2869.8846		

MÉDIA GERAL = 167.6208

\*\* Significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

TABELA 52: Análise de Variância dos Teores de Zinco (ppm) detectados em folhas jovens e maduras de *B. crassifolia*, em Água verde

QUADRO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIAÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
TRATAMENTOS	1	1.2604	1.2604	NS
RESÍDUO	22	673.8542	30.6297	
TOTAL	23	675.1146		

MÉDIA GERAL = 165.9792

