

Ano 6, vol X, Número 1, Jan-Jun, 2013, Pág 78-92

## FLÚOR: ELEMENTO POTENCIALMENTE TÓXICO PARA PLANTAS, ANIMAIS E SERES HUMANOS.

Helio Jose Medeiros Santos<sup>1</sup>  
Pêola Reis de Souza<sup>1</sup>  
Paula Francyneth Nascimento Silva<sup>2</sup>  
Rita de Oliveira Braga<sup>2</sup>  
Elaine Maria Silva Guedes<sup>3</sup>  
Allan Klynger da Silva Lobato<sup>4</sup>

### RESUMO

Objetiva-se com esta revisão de literatura demonstrar a ação negativa do flúor como componente tóxico na atmosférica, solo, planta e animais. O flúor ocorre naturalmente na crosta terrestre, como elemento traço em certas rochas e na biosfera, apresentando extrema reatividade. Alguns compostos de flúor, como flúor elementar e o fluoreto de hidrogênio, são muito tóxicos e menos encontrados no ambiente. Um dos aspectos importante sobre esse elemento são as fontes de emissão de F na atmosfera, que são principalmente as indústrias de alumínio, cerâmicas e fertilizantes, esta última durante o processo de produção dos superfosfatos. No solo são observados efeitos químicos causados pela poluição por flúor antes mesmo de ocorrer malefícios a outros organismos, interferindo assim de maneira indireta nas propriedades do solo. A concentração natural desse elemento encontra-se é  $1 \text{ mg kg}^{-1}$ . O flúor é absorvido da atmosfera pelas plantas, principalmente, pelas folhas. Em áreas sem emissão de flúor as plantas contêm, normalmente, menos de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  de F no tecido vegetal. O flúor em forma gasosa penetra no tecido foliar, sobretudo, através dos estômatos, mas também, em menor proporção, através da cutícula e lenticelas de ramificações. No mesófilo, migra com a corrente de transpiração para as zonas foliares de evaporação. Na literatura há alguns relatos sobre o comportamento do F no solo e os fatores que influenciam na sua dinâmica e como as plantas respondem a certas concentrações de flúor nos seus tecidos, assim algumas espécies que podem ser consideradas como plantas bioindicadoras ou de poluição.

**Palavra chave:** poluição, plantas indicadores reatividade no solo.

## FLUORINE: POTENTIALLY TOXIC ELEMENT FOR PLANTS, ANIMALS AND HUMAN BEINGS.

### ABSTRACT

The objective of this literature review demonstrates the negative action of fluoride as a toxic component in air, soil, plants and animals. Fluoride occurs naturally in the earth's crust, such as trace element in certain rocks and in the biosphere, with extreme reactivity. Some fluorine compounds such as elementary fluorine and hydrogen fluoride are much toxic and less found in the environment. One of the important aspects of this element is the F emission sources in the atmosphere, which are mainly aluminum industries, ceramics and fertilizers, the latter during the process of production of superphosphate. In soil it can be observed chemical effects caused by fluoride pollution before harming other organisms, thereby interfering indirectly on soil properties. The natural concentration of this element is 1m g kg<sup>-1</sup>. Fluoride is absorbed from the atmosphere by plants, especially by the leaves. In areas without emission of fluorine plants typically contain less than 10 mg kg<sup>-1</sup> F in plant tissue. The gaseous fluoride penetrates the leaf tissue primarily through stomata, but also to a lesser extent through the cuticle and lenticels of branching. In mesophyll it migrates with the transpiration stream to the areas of leaf evaporation. In literature there are some reports on the behavior of F in the soil and the factors that influence its dynamics and how plants respond to certain concentrations of fluoride in their tissues, and some species that can be considered as bioindicators or pollution.

**Key word:** pollution, plants, indicators of reactivity in soil.

### INTRODUÇÃO

O flúor é considerado um dos grandes causadores da poluição atmosférica no mundo. No Brasil as atividades industriais são os principais agentes, seguidos da produção de fertilizantes fosfatados e fluoretação. Devido a sua alta reatividade transformam-se em compostos mais estáveis. O background mundial de fluoreto nas chuvas é de 0,089 mg L<sup>-1</sup> (Beus et al., 1976). Importantes fontes naturais de

flúor para a atmosfera são a atividade vulcânica, com uma estimativa de emissão mundial total de flúor de  $7,3 \times 10^6 \text{ t ano}^{-1}$ ; e aerossóis marinhos, devido ao seu caráter conservativo e alto teor nas águas marinhas ( $1,3 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Nas plantas, o flúor pode causar problemas de toxidez, sendo as dicotiledôneas as mais sensíveis. Os sintomas nas plantas incluem cloroses, necroses, redução no crescimento e remoção da cera epicuticular, entre outros (Chaves et al., 2002). Existem também algumas espécies adaptadas a altos teores de flúor, por exemplo, as espécies da família Theaceae que acumulam em média  $4.000 \text{ mg/kg}$ , sem problemas de fitotoxicidade (Amaral, 1997).

Embora essencial para os animais, inclusive para o homem, é enquadrado entre os tóxicos Este elemento para os animais é considerado importante para a composição óssea, porém em pouca quantidade, os ruminantes são mais sensíveis a intoxicação Em bovinos com dois anos de idade expostos a diferentes doses de F, apresentaram a concentração de  $6904,3 \text{ mg de F/Kg de peso vivo}$  e fluorose Lemos, et al., 2013.

Portanto, conhecer os problemas e efeitos que o flúor causa na atmosfera, no solo, nas plantas e nos animais são importantes para informar a população de modo geral, bem como o meio técnico científico, contribuindo para tomada de medidas preventivas que possam minimizar o potencial tóxico deste elemento. Assim, objetivou-se demonstrar com esta revisão de literatura, a ação negativa do flúor como componente tóxico na atmosférica, solo, planta e animais.

## **OS POLUENTES NA ATMOSFERA**

A poluição atmosférica, nas regiões urbanas, tem aumentado devido à crescente atividade industrial e ao aumento do número de veículos motorizados em circulação. A qualidade do ar urbano e rural tem causado sérios problemas às condições de vida das pessoas, das plantas e dos animais que vivem nas cidades e arredores.

O nível de poluição ou da qualidade do ar é frequentemente medido pela quantificação das substâncias poluentes presentes no mesmo. Considera-se poluente do ar qualquer substância que pela sua concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem público, danoso aos materiais, fauna

e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade, segundo o Portal do Meio Ambiente (2005).

Uma das formas de emissão de poluentes na atmosfera é o aquecimento de rochas e solos em indústrias de fundição de alumínio e outros metais não ferrosos, fertilizantes fosfatados e outros fertilizantes minerais, vidro, cerâmica e siderúrgica liberam compostos contendo flúor na atmosfera (Arndt et al., 1995). Mirlean et al., 2002 verificando a poluição por flúor em região próxima à indústrias de fertilizantes no município de Rio Grande, localizada em zona estuarina da Lagoa dos Patos (RS) observaram que os fluoretos são uma das principais emissões na região, causando uma considerável degradação na qualidade atmosférica e, conseqüentemente, no restante do ecossistema do município.

Certos processos industriais podem emitir para atmosfera, material em suspensão rico em flúor. Na forma de material particulado, os minerais fluorita, fluorapatita e criolita podem ser originados em processos antropogênicos e naturais; ácido fluorosilícico pode compor aerossóis secundários, formados pela hidrólise de  $\text{SiF}_4$  (Freedman, 1995). O mesmo autor cita uma estimativa de  $105 \text{ t ano}^{-1}$  de lançamento de flúor para atmosfera devido a atividades antropogênicas, nos Estados Unidos, no ano de 1985.

Devido o intemperismo, a interação rocha-solo-água pode favorecer o enriquecimento em fluoreto nas águas subterrâneas, em muitos casos constituindo um problema de saúde pública. Adicionalmente, atividades antropogênicas tais como a agricultura, através da aplicação de fertilizantes, fontes industriais, como a da indústria de alumínio e da fabricação de fertilizantes, podem aumentar consideravelmente o teor de fluoreto (Nanni, 2008). A tabela 1 mostra as concentrações médias deste elemento em ambientes aquáticos.

**Tabela 1:**Concentrações médias de fluoretos nos principais ambientes aquáticos.

Águas não poluídas	Concentrações médias –mg/L
Águas superficiais	0,1 - 0,4
Maioria dos rios do mundo	0,01 – 0,02
Águas subterrâneas	0,1 – 3,0
Oceanos	0,3 – 1,3

Fonte: Hem (1985)

Os fatores que interferem na concentração de Flúor nas águas naturais podem ser: temperatura, PCO<sub>2</sub>, pH, presença ou não de complexos minerais, íons precipitados e colóides, dinâmica do fluxo, solubilidade de minerais, capacidade de troca iônica e sorção-adsorção de minerais, a granulometria e o tipo da litologia e o tempo de residência das águas. As substâncias químicas inorgânicas incorporadas às águas subterrâneas pela dissolução/alteração das rochas são diversas. Muitas destas substâncias minerais são fundamentais para a saúde humana, e o efeito pode variar dependendo da quantidade ingerida pelo indivíduo. Nas águas subterrâneas comuns o Flúor encontra-se normalmente em concentrações inferiores a 1 mg/L (Seabra, 2011). Valores maiores que 3 mg/L são pouco frequentes e acima de 10 mg/L são raros (Hem, 1985).

## **FLÚOR NO SOLO**

No solo são observados efeitos químicos causados pela poluição por flúor antes mesmo de ocorrer malefícios a outros organismos, interferindo assim de maneira indireta nas propriedades do solo. O flúor induz a perda de substâncias de matéria orgânica, alumínio, ferro, e elementos-traço, fazendo com que fiquem mais disponíveis para as plantas e mais facilmente lixiviados (Mirlean, 2002).

O solo é a base dos sistemas agrícolas sustentáveis, sendo sua preservação de vital importância para a manutenção da produtividade, qualidade ambiental e segurança alimentar. Os elementos químicos quando encontrados em concentrações elevadas são potencialmente tóxicos às plantas econômicas cultivadas, mas técnicas agrônômicas como a calagem e as adubações fosfatadas e orgânicas podem diminuir os efeitos tóxicos de iodo e flúor, por exemplo, em solos poluídos. Concentrações excessivas de ametais resultam em fitotoxicidade, causando disfunções, devido à habilidade dos íons ligarem-se fortemente a átomos de oxigênio, nitrogênio e enxofre que são abundantes em sistemas biológicos (Macedo e Morril, 2008).

Embora constituindo somente 0,065% da crosta terrestre, o flúor (F) pode ser considerado um elemento ubíquo, distribuindo-se desde vulcões e suas emanções, passando por diferentes rochas, oceanos, lagos e rios e outras formas de água natural, além disso, o flúor está presente nos ossos, dentes e sangue dos mamíferos

e em todas as partes das plantas (Arndt et al., 1995; Amaral, 1997), sendo originado de várias rochas (tabela 2).

**Tabela 2:** Valores médios de flúor total (mg/kg) encontrados nas rochas.

<b>Rocha</b>	<b>Valor de flúor (mg/Kg)</b>
<b>Basalto</b>	360
<b>Andesito</b>	210
<b>Riolito</b>	480
<b>Fonolito</b>	930
<b>Gabro e Diabásio</b>	420
<b>Granito e Granodiorito</b>	810
<b>Rochas básicas,</b>	1.000
<b>Calcário</b>	220
<b>Dolomita</b>	260
<b>Arenito</b>	180
<b>Sedimentos oceânicos</b>	730
<b>Minerais Silicatados</b>	650
<b>Em solos</b>	200-300

Fonte: Adriano (1986)

Embora pouco se fale sobre o flúor, no caso da poluição antropogênica, ele está associado a compostos altamente reativos. Estes compostos, na forma de partículas ou gases de exaustão, geralmente liberados pelo aquecimento de rochas e solos, resultam, entre outros, dos seguintes processos industriais: grandes incineradores (principalmente a carvão); fundição de alumínio (Al) e outros metais não ferrosos; produção de superfosfato e outros minerais; fabricação de vidro, cerâmica, esmalte, teflon, gás refrigerante, aerossol, inseticida esterilizante; processamento de urânio; floretação da água (Arndt et al., 1995; Amaral, 1997). Em consequência da sua alta reatividade, especialmente na forma de ácido fluorídrico (HF), o flúor se comporta, seja no transporte ou na dispersão, de maneira diferente de outros contaminantes atmosféricos. Assim, não foi observado até agora um transporte à distância de qualidades significativas desses poluentes; no entanto, em áreas mais próximas de emissores, são frequentemente encontradas nas camadas de ar próximas ao solo, concentração de risco para as plantas (Arndt et al., 1995). Por isto a toxicidade de flúor ocorre somente em locais poluídos industrialmente (Malavolta, 1980; Mengel & Kirkby, 1982).

A quantidade total de flúor no solo não se correlaciona com sua disponibilidade. Diversos fatores controlam sua disponibilidade para as plantas, entre

esses: pH, tipo de solo e quantidade de argila, concentração de Ca e P no solo. Quando o pH do solo é alto ou quando o solo apresenta grande quantidade de Ca ou P, o flúor é fixado como  $\text{CaF}_2$  ou  $\text{Al}_2(\text{SiF}_6)_2$ . Mesmo quando o nível de flúor solúvel é alto, como em condições de solo ácido, ele não é facilmente absorvido pelas raízes das plantas (Mengel & Kirkby, 1982). Fung & Wong, 2002, estudando duas variedades de *Camellia sinences*, observaram que quanto mais ácido o solo, maior a concentração de flúor solúvel na solução, chegando a conclusão de que a taxa relativa de crescimento das plantas semeadas diminuiu com o aumento do pH.

Wenzel & Blum, citados por Amaral (1997), avaliando solos contaminados com flúor liberado em regiões metalúrgicas, concluíram que solubilidade do flúor total foi mínima em pH 6,0-6,5. A maior solubilidade em condições de acidez foi explicada pela formação de complexos catiônicos envolvendo alumínio, enquanto o aumento da solubilidade do flúor em pH maior que 6,5 deveu-se à dessorção do flúor induzida pela repulsão das superfícies carregadas negativamente. Desse modo, concluíram que o risco de contaminação para a cadeia alimentar e o lençol freático é baixa em solos pouco ácidos, mas aumenta em condições fortemente ácidas tanto quanto em condições alcalinas.

O flúor é relativamente imóvel no solo e, em sua maior parte, está combinado com espécies químicas que não são prontamente solúveis ou trocáveis. Os solos intemperizados possuem tendência de fixar flúor, sendo essa uma propriedade desejável se os solos em questão fossem usados para o tratamento de rejeitos com elevada concentração de flúor solúvel. O acúmulo de flúor nas camadas superficiais do solo tem merecido destaque, principalmente, nas regiões de clima temperado, ressaltando-se os estudos sobre as mudanças das propriedades químicas dos materiais orgânicos do solo, a atividade de macro e microrganismos e a ciclagem de nutrientes. Tschérko & Kandeler, 1997 concluíram que a acumulação de F em solos contaminados pode promover severa inibição nas propriedades microbianas dos solos.

Por outro lado, nos solos tropicais, a dinâmica do flúor e seus possíveis efeitos benéficos como melhora das condições edafoclimáticas não vêm recebendo a atenção que a potencialidade do tema desperta (Amaral, 1997).

## FLÚOR NA PLANTA

Os efeitos do fluoreto presente na atmosfera e nas precipitações afetam, em maior parte, as plantas, pois esse íon fluoreto penetra no tecido das folhas e possui efeito tóxico cumulativo, causando distúrbios como clorose – perda da pigmentação de clorofila – e queima ou necrose de tecidos (Manahan, 1994). (Silva et al., 2000) em sua pesquisa com flúor em chuva simulada observou que a espécie vegetal *G. gorazema*, foi a mais sensível, no estágio de muda, que mostrou muitas necroses, cloroses e intensa abscisão foliar, sendo a coleta do material vegetal para a quantificação de flúor realizada após a quarta chuva.

Chaves *et al* estudando a ação do flúor dissolvido em chuva simulada sobre a estrutura foliar de *panicum maximum* Jacq. (colonião) e *chloris gayana* kunth. (capim-rhodes) – poaceae, observou injúrias em *P. maximum* onde foram caracterizadas como clorose, início de necrose e necrose, localizadas principalmente nas margens e ápices da lâmina foliar (Fig. 1 A e B), sendo também estes os principais sintomas observados em outras monocotiledôneas submetidas à poluição por fluoretos na atmosfera. Uma maior proporção de folhas em expansão apresentou sintomas visíveis ao final do tratamento quando comparadas às folhas totalmente expandidas.

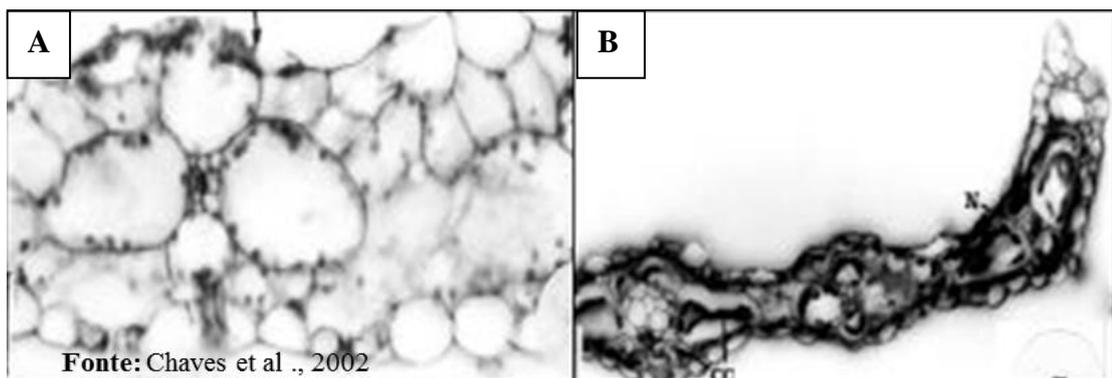
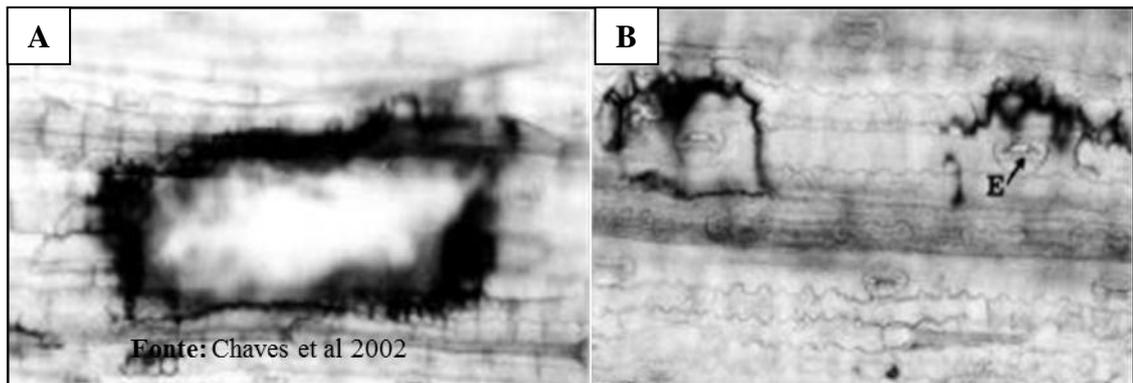


Figura 1 (A) Flúor tratado com F evidenciando área clorótica com alteração no tamanho, número e disposição dos cloroplastos e necrose na epiderme adaxial; (B) margem da lâmina foliar com clorose e início de necrose evidenciando conteúdo citoplasmático reunido no interior das células.

Efeitos do flúor na estrutura da lâmina foliar –*P. maximum* - Nas folhas diafanizadas, as regiões da lâmina que foram afetadas pelo flúor coraram-se

fortemente pela fucsina, sendo possível distinguir e delimitar facilmente as áreas injuriadas (Fig. 2A e B). também registraram a ocorrência de lesões cujas células coram-se densamente pela safranina em folhas de *Artemisia tilesii* diafanizadas, à semelhança do observado para *P. maximum*. : Chaves et al 2002.



Figuras 2(A) *Panicum maximum* – área injuriada na epiderme adaxial; (B) lesões nas células epidérmicas adjacentes aos estômatos.

O flúor é absorvido da atmosfera pelas plantas, principalmente, pelas folhas. Em áreas sem emissão de flúor as plantas contêm, normalmente, menos de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  de F no tecido vegetal, segundo Garber et al. (1967) e outros pesquisadores, citados em ARNDT et al. (1995). Brewer et al. (1965) ressaltaram que sintomas podem aparecer em folhas de gladiolo quando os teores de F estão na faixa de 29 a  $48 \text{ mg kg}^{-1}$ , comprometendo a produção. Fortes et al. (2003) constataram teores de F de 160 e  $126 \text{ mg kg}^{-1}$  em folhas de milho safrinha, semeado a 350 e 1.000 m de distância de indústria produtora de cerâmica. Em poáceas, o sintoma de toxidez de flúor é geralmente caracterizado por clorose nas pontas e margens de folhas em desenvolvimento, estendendo-se às áreas internervais, que se tornam necróticas. Segundo (Otto et. al., 2007) algumas espécies da família das poáceas são sensíveis à presença de F atmosférico, como é o caso do milho (*Zea mays*) e do capim-colonião (*Panicum maximum*). A cana de açúcar é geralmente classificada no grupo sensível ou intermediário.

O flúor (F) não é essencial para as plantas, mas especula-se, que o seja para os animais (Adriano, 1986). As plantas absorvem o elemento na forma do íon fluoreto ( $\text{F}^-$ ), passivamente, entretanto, pouco flúor é absorvido pelas raízes que, em

igualdade de condições, absorvem 100 vezes mais íon cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) que fluoreto ( $\text{F}^-$ ). A baixa absorção e a baixa disponibilidade ajudam a explicar a pequena frequência com que aparece a fitotoxidez de flúor nas plantas e os baixos teores nelas encontrados: 2-20 mg/kg (Malavolta, 1980; Amaral, 1997).

Um arbusto sulafriano, *Dichapetalum cynoson*, pode acumular até 200 mg/kg, como ácido flúor acético, sendo tóxico para os animais, pois este ácido é convertido em flúor citrato que inibe competitivamente a aconitase, enzima responsável pela conversão do citrato em isocitrato no ciclo dos ácidos tricarboxílicos (Malavolta, 1980; Mengel & Kirkby, 1982). No caso de algumas espécies da família Theaceae, que são reconhecidas como uma das principais plantas acumuladoras de F e Al, têm sido encontradas concentrações superiores a 4.000 mg/kg, sem problemas de fitotoxidade (Amaral, 1997).

O flúor em forma gasosa penetra no tecido foliar, sobretudo, através dos estômatos, mas também, em menor proporção, através da cutícula e lenticelas de ramificações. No mesófilo, migra com a corrente de transpiração para as zonas foliares de evaporação (Arndt et al., 1995). Em estudos com flúor marcado ( $\text{HF}^{18}$ ) foi demonstrado que existe um transporte basipetalar do flúor para a raiz e outros órgãos, acompanhando a corrente de assimilados (Ledbetter et al., citados por Arndt et al., 1995).

As plantas, geralmente, acumulam pequenas quantidades de flúor variando fundamentalmente com a espécie vegetal e seu estágio de crescimento. Plantas crescidas em solos ou em outros meios (por exemplo, solução nutritiva) com a mesma concentração de flúor podem apresentar diferenças nos teores desse elemento nas folhas ou em outra parte aérea analisada, mostrando a existência de capacidades distintas de absorção de flúor pelas raízes e/ou transporte e distribuição dentro da planta (Amaral, 1997). Quando em níveis elevados, o flúor provoca aumento na atividade da desidrogenase de glicose 6-P, catalase, peroxidase, oxidase do citocromo; inibe a atividade de fosfatases, enolases, fosfoglicomutase e hexoquinases (Malavolta, 1980; Mengel & Kirkby, 1982; Amaral, 1997) e, provavelmente, deve ocorrer diminuição nas atividades de enzimas que são ativadas pelo  $\text{Mg}^{2+}$  através da formação de compostos insolúveis de F, Mg e P (Malavolta, 1980).

Em monocotiledôneas, o primeiro sintoma é geralmente clorose na ponta das folhas e nas margens de folhas em desenvolvimento. A clorose se estende às áreas intercostais que finalmente se tornam necrosadas. Em dicotiledôneas o primeiro sintoma é, geralmente, uma clorose que ocorre na extremidade da folha, depois se estende ao longo das margens e para a lâmina foliar entre as nervuras. À medida que a exposição aumenta em duração e intensidade, as áreas com clorose na extremidade das folhas se transformam em necrose e caem, gerando um aspecto entalhado (Arndt et al., 1995). Calagem e adubação com Ca ou P reduzem a disponibilidade de F no solo.

## FLÚOR EM HUMANOS E ANIMAIS

O flúor na forma iônica ( $F^-$ ) apresenta toxicidade para os humanos quando ingerido, dependendo da dose e do tempo a que o indivíduo é exposto. Ingestões altas de fluoreto de sódio causam ulcerações nos lábios e nas mucosas bucal e gástrica, reações alérgicas cutâneas, desconforto gastrintestinal, fraqueza, perda de apetite e dor de cabeça (Pillai et al., 1988). Em casos extremos, a doença facilita a quebra dos ossos e as articulações são calcificadas, dificultando a mobilidade do indivíduo e causando dores intensas (Connet, 2000). É bastante significativa a assimilação através do ar (vias respiratórias) devido à poluição atmosférica como constatado na China (Yixin et al., 1993). Além disso, em regiões onde há ocorrências de rochas ricas em flúor, a população está exposta à ingestão por causa do enriquecimento natural das águas subterrâneas e superficiais que abastecem as cidades como, por exemplo, no Brasil no estado do Paraná (Pinese et al., 2001).

O flúor é um elemento com baixa faixa de segurança, estando os níveis de toxicidade muito próximos do normal. Em altas concentrações o  $F^-$  solúvel cairá rapidamente na corrente sanguínea, e será absorvido no estomago, se o pH desse órgão estiver alto o transporte do fluoreto na forma de HF será facilitado pela células da mucosa gástrica. Essa informação é relevante, porque dependendo do conteúdo gástrico esse composto será mais bem absorvido ou não, e em caso de intoxicação a primeira medida a ser tomada é diminuir a absorção do  $F^-$ . A odontologia utiliza o flúor para o controle de cárie, sendo a dose provavelmente tóxica – DPT 5mg  $F^-$ /Kg de peso corporal (Cury et al., 2010). A intoxicação é conhecida como fluorose e ocorre

frequentemente em zonas industriais ou naquelas regiões onde a água contém elevados teores do elemento.

A fluorose pode ser observada em humanos a partir de sintomas estéticos na região bucal, pois os dentes começam a ficar brancos opacos e em estágios mais severos os mesmos adquirem manchas marrons e pretas (Ministério da Saúde, 2009). A sensibilidade das espécies animais é diferente, sendo mais sensíveis os pequenos ruminantes, principalmente, os caprinos, depois bovinos, sendo que as vacas leiteiras apresentam maior sensibilidade, a seguir aves e suínos e por último os eqüinos. A intoxicação raramente ocorre na forma aguda, os sinais geralmente são subagudos ou crônicos (Andriquetto et al., 1999).

Em pesquisa sobre o desempenho ponderal de bovinos suplementados com diferentes doses de fósforo e flúor, obteve como resultado, que a suplementação com fosfato bicálcico em proporção P:F (10:1), os ossos dos animais apresentaram a concentração de 6904,3mg de F/Kg de peso vivo, e aos dois anos de pesquisa lesões dentárias, indicando fluorose foram observadas (Lemos, et al., 2013).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As atividades industriais são as principais vias responsáveis pela emissão de flúor na atmosfera. O F no solo não é a maneira mais eficaz de contaminação para as plantas, pois o principal meio de absorção de F pelos vegetais em áreas contaminadas é pela atmosfera. O flúor no solo induz a decomposição de alguns nutrientes mais rápidos trazendo esses nutrientes para as plantas e acelerando o processo de lixiviação. No organismo animal o teor aceitável de flúor é próximo ao teor crítico, tóxico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Grupo de Pesquisa em Solos e Nutrição de Plantas da Amazônia – GPLAM.

## REFERENCIAS

AMARAL, F.C.S. **Efeito do flúor sobre o alumínio e o fósforo em um podzólico vermelho-amarelo e sua acumulação em algumas espécies vegetais.** 1997. 118 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 1997. ANDRIGUETTO, et al. **Nutrição animal.** 4.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 396p.

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

BEUS, A.; GRABOVSCAIA, L.; TICHONOVA, N. (1976) **Geoquímica ambiental.** Moscow: Nedra, 247 p.

CONNET, P. (2000) An annotated list of 32 key fluoridation studies. **International Fluoride Information Network**, 141. Fluoride Action Network. Disponível em [www.fluoridealert.org](http://www.fluoridealert.org).

CURY, J. A. et al. **Limitações do uso de fluoreto em odontologia:** Toxicidade aguda e toxicidade crônica (Fluorose dental) – Parte III. Disponível em: <http://www.abo.org.br/jornal/117/artigo1.php> Acesso em: 26 de jun. 2013.

FREEDMAN, B. (1995). **Environmental ecology: the ecological effects of pollution, disturbance and other stresses.** Segunda ed. San Diego: Academic Press, 606p.

FUNG, K. F; WONG, M.H. Effects of soil pH on the uptake of Al, other elements by tea plants, **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 2002.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water.** 3rd ed. 1985.

LEMOS, C. L. et al. Desempenho ponderal de bovinos Nelore suplementados com fontes alternativas de fósforo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. São Paulo: p. 188-192, fev. 2013.

YIXIN, C.; MEIQI, L.; ZHAOLONG, H.; XIAOMAO, X.; YONGQUAN, L.; YUANDONG, X.; JING, Z.; YONG, F.; XIWEN, X.; FENGSHENG, X. Air pollution type fluorosis in the region of Pingxiang, Jiangxi, People's Republic of China. **Archives of Environmental Health**, v. 48, p. 246-249, 1993.

MACEDO, L.S.; MORRIL, W.B.B. Toxicidade de ametais em solos e plantas: uma revisão de literatura. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 2, p. 39-42, 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MANAHAN, S. E. **Environmental Chemistry**. Sexta ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 811 p, 1994.

MIRLEAN, N., CASARTELLI, M. R., GARCIA, M. R. D. Propagação da poluição atmosférica por flúor nas águas subterrâneas e solos de regiões próximas às indústrias de fertilizantes (Rio Grande, RS). **Química Nova**, v. 25, p. 191-195, 2002.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia de recomendações para o uso de fluoretos no Brasil**. Brasília, 2009.

NANNI, A. S. **O Flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico**. 2008, p. 20-21. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós- Graduação em Geociências, Porto Alegre-RS, 2008.

PILLAI, K. S.; MATHAI, A. T.; DESHMUKH, P. B. Effect of subacute dosage of fluoride on male mice. **Toxicology Letter**, v. 44, n. 1, p. 21-29. Disponível em [www.fluoridation.com](http://www.fluoridation.com), 1998.

PINESE, J. P. P.; ALVES, J. C.; LICHT, O. A. B. Anomalia hidrogeoquímica no município de Itambaracá (PR): Resultados preliminares. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica e Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul, 80, 10, 2001, Curitiba. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Geoquímica e I Simpósio de Geoquímica dos países do Mercosul**. Curitiba: SBGq, p. 88, 2001.

SILVA, L. C.; AZEVEDO, A. A.; SILVA, E. A. M.; OLIVA, M. A. Flúor em chuva simulada: sintomatologia e efeitos sobre a estrutura foliar e o crescimento de plantas arbóreas. **Revta brasil. Bot.**, São Paulo, V.23, n.3, p.375-383, set. 2000.

SEABRA, G. M. **A presença do flúor nas águas subterrâneas da formação SERGI (jurássico superior) da bacia do recôncavo no estado da bahia, brasil**. 2011, p. 29. Salvador. Monografia (Bacharel em Geologia). Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, Salvador-Ba, 2011.

SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 80, 10, 2001, Curitiba. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Geoquímica e I Simpósio de Geoquímica dos países do Mercosul**. Curitiba: SBGq, p. 88, 2001.

TSCHERKO, D.; KANDELER, E. Ecotoxicological effects of fluorine deposits on microbial biomass and enzyme activity in grassland. **European Journal of Soil Science**, June 1997. Federal Agency and Research Centre for Agriculture, Spurgelfeldstruj'e 191, 1226 Wien, Austria, 1997.

Recebido em 3/3/2013. Aceito em 5/6/2013.

#### Contatos:

Helio Jose Medeiros Santos<sup>1</sup>  
Pêola Reis de Souza<sup>1</sup>  
Paula Francyneth Nascimento Silva<sup>2</sup>  
Rita de Oliveira Braga<sup>2</sup>  
Elaine Maria Silva Guedes<sup>3</sup>  
Allan Klynger da Silva Lobato<sup>4</sup>



<sup>1,2</sup> Discentes de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Paragominas. Pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Solos e Nutrição de Plantas da Amazônia. E-mail: [joshlio@yahoo.com.br](mailto:joshlio@yahoo.com.br), [peolasouza@yahoo.com.br](mailto:peolasouza@yahoo.com.br), [paulanascimento1515@hotmail.com](mailto:paulanascimento1515@hotmail.com), [rita\\_floresta2011@hotmail.com](mailto:rita_floresta2011@hotmail.com)

<sup>3</sup> Docente; Grupo de Pesquisa em Solos e Nutrição de Plantas da Amazônia Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: [elaine.guedes@ufra.edu.br](mailto:elaine.guedes@ufra.edu.br)

<sup>4</sup> Docente, Núcleo de pesquisa vegetal básica e avançada. Amazônia Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: [allan.lobato@ufra.edu.br](mailto:allan.lobato@ufra.edu.br)