

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

**CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA DISPERSÃO DO FLÚOR, ATRAVÉS DE
TEORES FOLIARES, EM ESPÉCIES VEGETAIS DE INTERESSE ECONÔMICO, A
PARTIR DO PÓLO CERÂMICO DE SANTA GERTRUDES-SP**

Irene Aparecida Fávaro Fahl

Orientador: Profª Dra. Ana Tereza Caceres Cortez

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geografia
- Área de Concentração em Organização do
Espaço, para obtenção do Título de Mestre
em Geografia.

Rio Claro (SP)
2003

551.4+ Fahl, Irene Aparecida Fávaro.
F157c Caracterização geográfica da dispersão do flúor, através de teores foliares em espécies vegetais de interesse econômico, a partir do pólo cerâmico de Santa Gertrudes-SP / Irene Aparecida Fávaro Fahl. -- Rio Claro : [s.n.], 2004
120 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Ana Teresa Caceres Cortez

1. Geografia física – Aspectos ambientais.
2. Flúor-contaminação. 3. Exploração do meio ambiente.
4. Legislação. I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Raphael e Adelina pelo incentivo. (in memoriam).

Ao meu marido Joel, meus filhos Kristine e Cristiano, pelo amor, carinho e confiança depositados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Ana Tereza Cáceres Cortez, pela orientação e ensinamentos transmitidos, pelo exemplo de conduta pessoal, profissional e pela amizade.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, por todas as oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

Ao Departamento de Geografia por todas as oportunidades e cessão de materiais.

Ao Centro de Ecofisiologia e Biofísica – Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) – Campinas-SP.

Ao pesquisador científico Joel Irineu Fahl, pelas valiosas sugestões, pela grande colaboração oferecida em todas as etapas dessa pesquisa.

Ao Dr. Heitor Cantarella e ao técnico de laboratório, Alexandre Augusto Borghi do Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), pela execução das análises de laboratório.

À Dra Rachel Benetti Queiroz Voltan, do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Jardim Botânico – Centro Experimental Central do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), pelas análises histológicas efetuadas no material vegetal estudado..

Ao Dr. Jener Fernando Leite de Moraes do Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), pelo auxílio na elaboração dos mapas.

À Silvana Aparecida Barbosa Abrão, pela digitação e carinho demonstrado.

Ao Eduardo Lauriano Alfonsi, pelo auxílio nas coletas vegetais.

Ao meu marido Joel, por seu amor, paciência e compreensão nos momentos mais difíceis, e pelo apoio irrestrito para a realização dessa importante etapa da minha vida.

Aos meus filhos, Kristine e Cristiano pelo amor e confiança demonstrados.

À equipe de funcionários da Biblioteca e da Secretaria de Pós-Graduação, pelo excelente atendimento.

A Deus, inteligência suprema e causa primária de todas as coisas.

Sumário

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Lista de Figuras	iv, v
Lista de Quadros	vi
Lista de Tabelas	vii
Resumo	viii
Abstract	x
1. Introdução	01
2. Objetivos	03
3. Localização Geográfica da Área de Estudo	04
4. Material e Métodos	08
5. Revisão Bibliográfica e Fundamentação Teórica	13
5.1. Definições gerais	13
5.2. Legislação vigente	16
6. Aspectos gerais do flúor	21
6.1. Origem e ocorrência	21
6.2. O problema do flúor nas emissões gasosas causadas por indústrias	22
6.3. Mecanismos de liberação do flúor em indústrias cerâmicas	27
7. Caracterização do Pólo Cerâmico	30
7.1. Histórico e Crescimento	30
7.2. A exploração do Meio Ambiente	34
7.3. Aspectos Fisiológicos e Climáticos da Área	36
Relevo	36
Hidrografia	38
Clima e Balanço Hídrico	40
Geologia	47
Cobertura Vegetal	53
Solos	56
8. Resultados e Discussão	63
9. Considerações Finais	90
Referências	92

Lista de Figuras

Fig. 1. – Localização dos municípios do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes.	05
Fig. 2. – Localização geográfica dos municípios do estado de São Paulo, onde foram efetuadas as coletas vegetais.	06
Fig. 3. – Localização geográfica dos pontos nos municípios onde foram realizadas as coletas vegetais.	07
Fig. 4. – Estufa de aquecimento com circulação de ar forçada	10
Fig. 5. – Micro moinho Tipo Willye	11
Fig. 6. – Etapas de planejamento, de escolha dos locais de estudo, amostragem, e execução das análises	12
Fig. 7. – Emissões gasosas de fluoreto geradas nas diversas etapas e processos de fabricação na indústria de pisos e revestimentos cerâmicos.	26
Fig. 8. – Curva de emissão laboratorial de flúor.	28
Fig. 9. - Coluna estratigráfica simplificada da Bacia do Paraná na região de Rio Claro e Santa Gertrudes, São Paulo.	29
Fig. 10. – Principais elos que compõem a cadeia produtiva do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes.	35
Fig. 11. – Imagem de alta resolução, onde estão representados os lineamentos estruturais e os contornos litológicos sobre o Modelo Digital de Terrenos (MDT) da Folha de Rio Claro.	37
Fig. 12. – Padrão de drenagem assimétrico dos rios Corumbataí, Cabeça e Passa Cinco. Localização do Platô de Rio Claro entre os rios Corumbataí e Ribeirão Claro.	40
Fig. 13. - Condições climáticas, temperatura média e precipitação média no município de Cordeirópolis (SP), no período de 1961 a 1990, Lat: 22°32'S; Long: 47°27'W; Alt: 622m.	42
Fig. 14. – Direção predominante do vento no município de Cordeirópolis-SP no período de 1961 a 1990; Lat: 22°32'S; Long: 47°27'W; Alt: 639m.	43
Fig. 15. – Umidade Relativa do Ar (%) no município de Cordeirópolis-SP (período 1961 a 1990); Lat: 22°32'S; Long: 47°27'W; Alt: 639m.	44
Fig. 16. – Temperatura do Ar no município de Cordeirópolis-SP (período 1961 a 1990; Lat: 22°32'S; Long: 47°27'W; Alt: 639m.	45
Fig. 17. – Balanço Hídrico Normal – Cordeirópolis-SP (IAC: D4 – IACO2)	47
Fig. 18. – Unidades litoestratigráficas – Fontes de Argila utilizadas em cerâmica vermelha.	50
Fig. 19. – Mapa Geológico da Região do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes (modificado de IPT, 1981).	51
Fig. 20. – Modelo digital de terreno representando as unidades litoestratigráficas, rodovias municipais e intermunicipais e limites urbanos.	52
Fig. 21. – Áreas de mata nativa da Fazenda São José – S.P (Município de Rio Claro).	55

- Fig. 22.** – Mapa pedológico do Estado de São Paulo (1999). 60
- Fig. 23.** – Teores de flúor em material seca de folhas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião, no eixo Santa Gertrudes-Analândia-SP. 65
- Fig. 24.** – Teores de flúor em matéria seca de folhas de café/ citrus (dicotiledôneas) e cana de açúcar/ capim colônião (monocotiledôneas) no eixo Santa Gertrudes-Analândia-SP. 67
- Fig. 25.** – Teores de flúor em matéria seca de folhas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião no eixo Santa Gertrudes-Araras-SP. 69
- Fig. 26.** – Teores de flúor em matéria seca em folhas de café/ citrus (dicotiledôneas) e cana de açúcar/ capim colônião (monocotiledôneas) no eixo Santa Gertrudes-Araras-SP. 71
- Fig. 27.** – Teores de flúor em matéria seca de folhas de café/ citrus (dicotiledôneas) e cana de açúcar/ capim colônião (monocotiledôneas) no eixo Santa Gertrudes-Holambra-SP. 73
- Fig. 28.** – Teores de flúor em matéria seca de folhas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião no eixo Santa Gertrudes-Holambra-SP. 74
- Fig. 29.** – Teores de flúor em matéria seca de folhas de café/ citrus (dicotiledôneas) e cana de açúcar/ capim colônião (monocotiledôneas) no eixo Santa Gertrudes-São Pedro-SP. 76
- Fig. 30.** – Teores de flúor em matéria seca de folhas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião no eixo Santa Gertrudes- São Pedro-SP. 77
- Fig. 31.** – Resultados dos valores médios dos teores de flúor, obtidos em investigações efetuadas em café, citrus, cana de açúcar, capim colônião, nos eixos Santa Gertrudes-Analândia, Araras, Holambra e São Pedro-SP. 79
- Fig. 32.** – Teores médios de flúor (mg F/kg de massa seca de folha) de quatro espécies vegetais (café, citrus, cana de açúcar e capim colônião), a partir do ponto de origem (antiga estação ferroviária de Santa Gertrudes-SP), no sentido a Analândia, Araras, Holambra e São Pedro. 82
- Fig. 33.** – Corte transversal de folha de *Coffea arabica* desenvolvida em região com alto teor de flúor (área dentro do pólo cerâmico). 84
- Fig. 34.** – Corte transversal de folha de *Coffea arabica* desenvolvida em região com alto teor de flúor (área dentro do Pólo Cerâmico). 85
- Fig. 35.** – Corte transversal de folha de capim colônião desenvolvido em região com alto teor de flúor (área dentro do pólo cerâmico), que apresentavam coloração esverdeada. 86
- Fig. 36.** - Corte transversal de folha de capim colônião sadio desenvolvido em região com baixo teor de flúor (Centro Experimental de Campinas). 87
- Fig. 37.** Folhas de capim colônião crescidas em áreas próximas ao centro emissor de flúor, mostrando sintomas característicos de fitotoxicidade (Clorose laminar e necrose na extremidade foliar). 88

Lista de Quadros

Quadro 1. – Valores limites de emissão de flúor em diversos países da União Européia.	16
Quadro 2. – Síntese da legislação brasileira e do Estado de São Paulo sobre áreas contaminadas.	20
Quadro 3. – Resultados obtidos para flúor nas pastas cerâmicas.	29
Quadro 4 - Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião coletadas em pontos georreferenciados, no eixo Santa Gertrudes e Analândia-SP.	63
Quadro 5. Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião coletadas em pontos georreferenciados, de áreas isentas de fontes emissoras de flúor.	64
Quadro 6. Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião coletadas em pontos georreferenciados, no eixo Santa Gertrudes/ Araras-SP.	68
Quadro 7. Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião coletadas em pontos georreferenciados, no eixo Santa Gertrudes/ Holambra-SP.	72
Quadro 8. Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião coletadas em pontos georreferenciados, no eixo Santa Gertrudes/ São Pedro-SP.	75
Quadro 9. Distância calculada necessária para os teores foliares médios de flúor das quatro espécies caírem para 50% da concentração média em cada eixo.	80
Quadro 10. Distância teórica necessária p/ os teores foliares médios de flúor das quatro espécies vegetais (café, citrus, cana de açúcar e capim colônião) caírem para 10 mg F/kg m.s. de folha seca da concentração média em cada eixo.	80
Quadro 11. - Teores foliares médios de flúor (mg F/kg m.s.folha) de quatro espécies vegetais de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião em função da distância do Ponto zero do pólo emissor.	81

Lista de Tabelas

- Tabela 1** - Dados sócio-econômicos do município de Santa Gertrudes e do Estado de São Paulo. 32
- Tabela 2** - Evolução da produção do pólo cerâmico de Santa Gertrudes. 33
- Tabela 3** - Reserva de argila no pólo cerâmico de Santa Gertrudes. 34
- Tabela 4** - Balanço Hídrico Normal no município de Cordeirópolis-SP (1961/ 1990). 46
- Tabela 5** - Quantificação das classes de formações geológicas superficiais da área do Município de Rio Claro, em Km², e porcentagem. 49
- Tabela 6** - Municípios da Bacia do Rio Corumbataí inseridos em Unidades de Conservação propriamente ditas e Áreas Correlatas. 54

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a emissão de flúor do pólo cerâmico de Santa Gertrudes-SP, e sua dispersão geográfica nas direções de Analândia, Araras, Holambra e São Pedro, através da determinação dos teores de flúor acumulados em folhas de plantas de quatro espécies vegetais de valor econômico café (*Coffea arabica*), citrus (*Citrus sinensis*), cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) e capim colonião (*Panicum maximum*), crescidas nas proximidades das indústrias e ao longo dos trajetos entre o pólo cerâmico e os locais descritos, assim como avaliar seus efeitos nas características anatômica das folhas de café e de capim colonião. Observou-se, que os maiores teores foliares de flúor (80 mg de flúor/kg de matéria seca (m.s.) de folha), foram acumulados pelas plantas de citrus e os menores (49 mg de flúor/kg de m.s. de folha) pelas plantas de cana de açúcar. Plantas de café e de capim colonião acumularam valores intermediários (69 e 54 mg de flúor/kg de m.s. folha), respectivamente. Em média, as dicotiledôneas (café e citrus) acumulam maiores teores foliares de flúor que as monocotiledôneas (cana de açúcar e capim colonião). A redução nos teores foliares de flúor, para 50% do teor máximo observado nas proximidades centro emissor, ocorreu a uma distância de 2,45 a 2,49 km, nos eixos Santa Gertrudes/São Pedro e Santa Gertrudes/Analândia, respectivamente, enquanto que no eixo Santa Gertrudes/Araras, a redução para 50% do teor máximo somente ocorreu a uma distância de aproximadamente 6,0 km do ponto de origem. Enquanto que, nos eixos em direção a Analândia, Araras e Holambra, teores foliares de 10 mg de flúor/kg de m. s. de folha, foram observados a cerca de 15 km da origem, na direção de São Pedro, esse valor somente foi observado a cerca de 20 km. Num raio de aproximadamente 10 km do Pólo emissor, ainda são mantidos teores próximos de 20 mg de flúor/Kg de m. s. de folha. Plantas de capim colonião crescidas próximas do centro emissor, apresentam alta sensibilidade ao flúor presente na atmosfera, mostrando folhas com clorose distribuídas por todas as regiões da lâmina foliar e necrose, principalmente nos ápices e nas margens das folhas. Nessa condições, verificou-se através de análise estrutural de cortes de folhas, sensível redução do número de cloroplastos nas células do mesófilo. Essas alterações visíveis, como clorose e necrose dos tecidos foliares, associadas à sensível redução do número de cloroplastos, e outros possíveis danos a nível interno da planta, certamente acarretam considerável redução de sua capacidade produtiva. Plantas de café mostraram maior tolerância ao flúor atmosférico em relação ao capim colonião. Os resultados obtidos neste trabalho, indicam a necessidade de estudos mais aprofundados na área de influência do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, visando quantificar e qualificar os danos causados pelo

flúor atmosférico a nível de plantas e culturas econômicas, assim como no ecossistema como um todo.

PALAVRAS CHAVES: Estudos Ambientais, Flúor, Fluoreto, *Coffea arabica*, *Citrus sinensis*, *Panicum maximum*, *Saccharum officinarum*

ABSTRACT

This work had the objective to evaluate the emission of fluorine of Santa Gertrudes, -São Paulo State ceramic region, and its geographical dispersion to the directions of Analândia, Araras, Holambra and São Pedro, through the determination of the tenors of accumulated fluorine in leaves of plants of four vegetable species such as coffee (*Coffea arabica*), citrus (*Citrus sinensis*), sugar cane (*Saccharum officinarum*) and colonião grass (*Panicum maximum*), grown in the proximities of the industries and along the itineraries between the Ceramic Region and the nucleus of the fluorine scattering area. Also, to evaluate their effects in the anatomical characteristics of the leaves of coffee and colonião grass. It was observed that the largest foliate fluorine tenors (80 mg of F/kg of dry matter (d.m.)), were accumulated for the citrus plants, and the smallest (49 mg of F/kg of d.m.) for the plants of sugar cane. Coffee and colonião grass plants accumulated intermediate values (69 and 54 mg of F/kg of d.m.), respectively. On average, the dicotyledonous plants (coffee and citrus) accumulate larger foliate tenors of fluorine than the monocotyledonous plants (sugar cane and colonião grass). The reduction in the foliate tenors of fluorine, for 50% of the maximum tenor observed in the proximities of the issuing center, happened at a distance from 2.45 to 2.49 km, in the axes Santa Gertrudes/São Pedro and Santa Gertrudes/Analândia, respectively. While in the axis Santa Gertrudes/Araras, the reduction for 50% of the maximum tenor only happened for a distance of approximately 6.0 km of the origin point. In the axes towards Analândia, Araras and Holambra, foliate tenors of 10 mg of F/kg of d. m. of leaf, were observed close to 15 km from the origin, while in São Pedro's direction, that value only was observed about 20 km. In a ray of approximately 10 km of the issuing center, still tenors of about 20 mg of F/Kg of d.m. of leaf are maintained. Plants of colonião grass close to issuing center, present high sensibility to the fluorine occurred in the atmosphere, showing leaves with chlorose distributed by all of the foliate tissues and necrosis, mainly in the apexes and in the margins of the leaves. In that conditions, it was verified through structural analysis of cuts of leaves, sensitive reduction of the chloroplasts number in the cells of the mesofyl. Those visible alterations, as chlorose and necrosis of the foliate tissues, associated to the sensitive reduction of the chloroplasts number, and other possible damages at internal level of the plant, that certainly produce considerable reduction of the photosynthetic activity. Plants of coffee showed larger tolerance to the atmospheric fluorine in relation to the colonião grass. The obtained results indicate the need of studies more deepened in the area of influence of Santa

Gertrudes's Ceramic region, seeking to quantify and to qualify the damages caused by the atmospheric fluorine for plants and crops level, as well as for all the ecosystem.

Keywords: Environmental studies, Fluorine, Fluoride, *Coffea arabica*, *Citrus sinensis*, *Panicum maximum*, *Saccharum officinarum*

1. INTRODUÇÃO

Compreendido em escala global, na qual os conhecimentos técnico-científicos integram-se aos humanos, sócio-culturais, políticos e econômicos, objetivando alcançar um desenvolvimento sustentável, o meio ambiente é abordado nos meios científicos, revistas, jornais e intensamente na mídia eletrônica, com grande interesse, em função da intensificação, e da gravidade de problemas ambientais, que ocorrem em todo o planeta.

Dentro desta abordagem, Mateo Rodrigues et al. (1977), questiona a sustentabilidade do modelo econômico adotado e as práticas desenvolvimentistas que têm se baseado na idéia do crescimento econômico, como motor propulsor do desenvolvimento social.

Segundo Marinho (1999), muitos dos problemas ambientais atuais não são recentes, e inerentes ao próprio desenvolvimento da história do homem. Nesse contexto, a atividade mineradora e agroindustrial e o próprio desenvolvimento da sociedade organizada se constituem na mais antiga e generalizada tentativa de modificação do meio ambiente. Essas modificações tornaram-se mais intensas, principalmente a partir das revoluções industriais, e somadas às necessidades do aumento contínuo de produção, ampliaram o grau de interferência sobre os ecossistemas, intensificando o impacto ambiental negativo, em escala cada vez maior, contribuindo para a degradação ambiental.

Tanno (1994) agrupa os pólos cerâmicos paulistas em duas regiões do Estado de São Paulo, em províncias geomorfológicas da Depressão Periférica Paulista e do Planalto Ocidental, sendo caracterizado por nove pólos: Itu-Campinas; Tatuí-Campinas; Tambaú-Vargem Grande do Sul; Panorama-Paulicéia; José Bonifácio-Nova Avanhandava; Santa Gertrudes-Cordeirópolis; Barra Bonita-Bariri; Mogi-Guaçu-Itapira; Ourinhos-Palmital.

O Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes constitui-se hoje no mais importante centro de produção de placas cerâmicas da América do Sul, sendo responsável por cerca de 60% da produção brasileira. Localizado nos municípios paulistas de Rio Claro, Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Limeira, Araras, Ipeúna e Ajapi, congrega um complexo minero-industrial com cerca de 70 indústrias cerâmicas com produção mensal superior a 15.000.000 m² de placas de revestimentos cerâmicos.

A formação deste Pólo Cerâmico tem como causas principais, a sua localização geográfica privilegiada, próximo aos grandes centros consumidores, como também, a existência na região, de um horizonte de rochas argilosas, com espessura média de 90 m, estendendo-se por cerca de 200 km, compreendendo a Formação Corumbataí que possui grandes extensões constituídas de excelentes fontes de matéria prima para produção de placas

cerâmicas de boa qualidade, sem necessidade de adição de outros produtos minerais, possibilitando o processamento industrial via seca, que permite uma produção a custos mais baixos que outros pólos competidores.

Apesar dos benefícios sociais e econômicos que o Pólo Cerâmico trouxe para a região, o acelerado crescimento industrial, nem sempre foi acompanhado por adequado conhecimento da matéria prima e aprimoramento tecnológico dos processos de produção de massa cerâmica, fato este, que de modo geral, tem caracterizado a atividade como predatória e impactante ao ambiente.

Um dos aspectos de maior impacto ao ambiente causado pela indústria cerâmica relaciona-se com a emissão de gases resultantes dos processos térmicos a altas temperaturas empregados na queima da matéria prima. Dos diversos gases emitidos, em decorrência da decomposição térmica das argilas que compõe a matéria-prima, os mais preocupantes são os fluoretos, por constituírem-se em sérios problemas às regiões agrícolas e urbanas adjacentes às fontes emissoras, mesmo porque, o flúor, presente na atmosfera assume níveis tóxicos mesmo em concentrações baixas ($0,6\mu\text{g}/\text{m}^3$) (LEONARD & GRAVES, 1972; SHARMA, 1985). A liberação de grande quantidade de efluentes gasosos, constitui-se portanto, em significativa fonte de contaminação ou poluição ambiental.

Este trabalho, contemplou investigações de campo (coleta de espécies vegetais), visitas a viveiros agrícolas e análises em laboratório de plantas existentes em áreas sujeitas à contaminação.

Além disso, aproveitou-se a oportunidade dos trabalhos de campo, para, em contato com a população ligada ao setor agrícola, discutirmos sobre medidas de controle na emissão de efluentes gasosos na região do Pólo Cerâmico.

2. OBJETIVOS

Embora inúmeros trabalhos tenham estudado as respostas de espécies vegetais de interesse econômico, ao flúor gasoso, existem poucos dados disponíveis na literatura sobre os teores foliares relativos de flúor entre essas espécies vegetais, bem como sobre a dispersão deste poluente a partir do pólo emissor. Assim os objetivos gerais deste trabalho foram:

- Estudar os níveis de contaminação pelo flúor em folhas de plantas de espécies vegetais (monocotiledônea e dicotiledônea perenes), de interesse econômico;
- Avaliar a dispersão geográfica deste poluente a partir do núcleo emissor;
- Estudar os efeitos da contaminação de flúor nas características anatômicas de folhas de plantas de espécies vegetais acima referidas.

Objetivo específico

- Oferecer informações sobre níveis de contaminação de espécies vegetais de interesse econômico, pelo flúor atmosférico a partir do núcleo emissor, esperando despertar no setor industrial a necessidade de adoção de medidas tecnológicas para otimizar o processo industrial e minimizar a emissão gasosa de fluoretos, inserindo com isso, o Pólo Ceramista de Santa Gertrudes em uma filosofia de “produção limpa”.

3. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

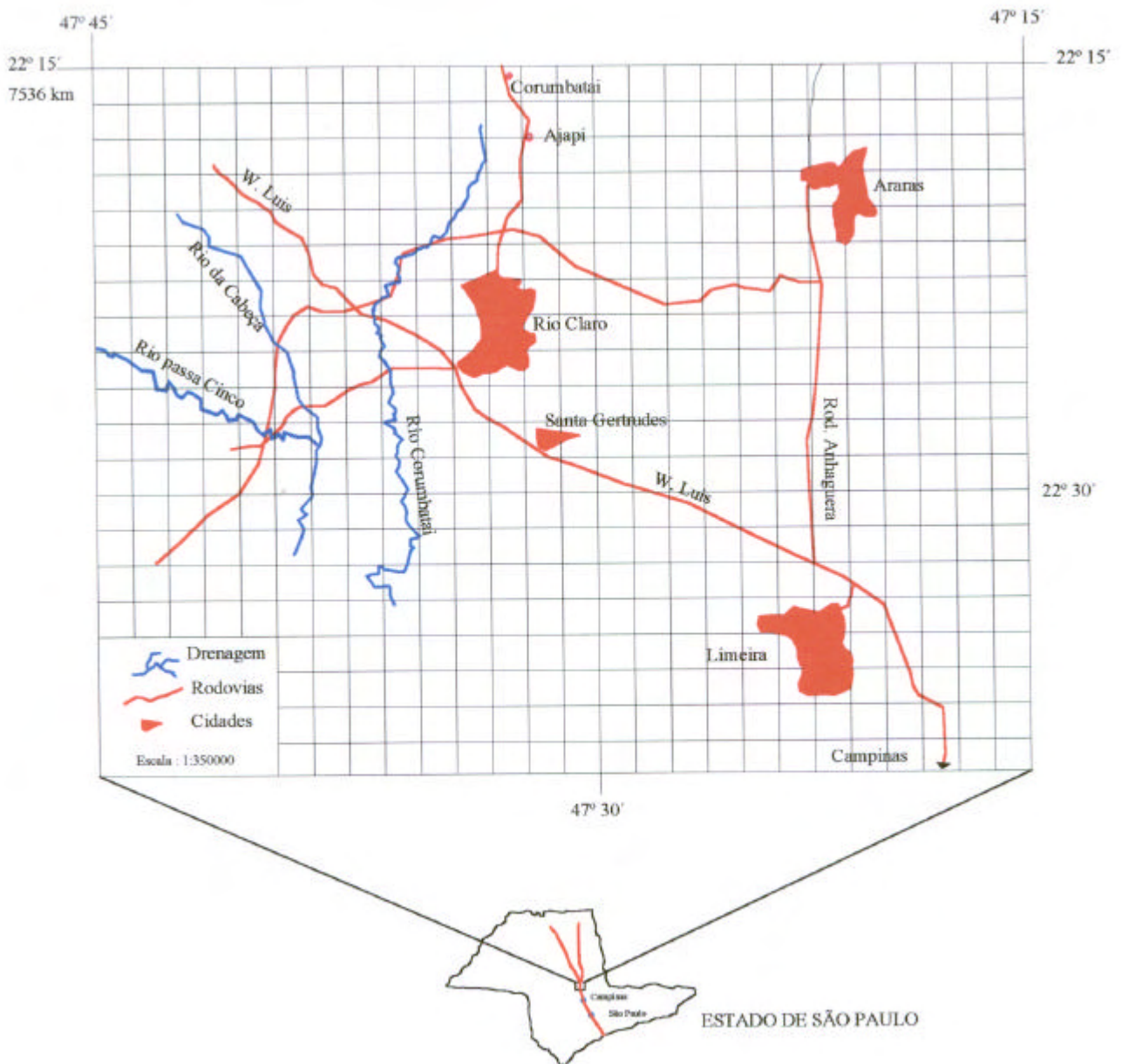
O Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes, localizado nos municípios paulistas de Rio Claro, Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Limeira, Araras, Ipeúna e Ajapi (Figura 1), corresponde a um complexo minero-industrial com mais de 70 indústrias cerâmicas, que se agregam na Associação Paulista dos Produtores Cerâmicos (ASPACER).

O núcleo do pólo cerâmico, localizado no município de Santa Gertrudes, situa-se na bacia hidrográfica do córrego da Fazenda Itaquí, e sofre influência direta daquelas indústrias cerâmicas. A área, conhecida como “região dos lagos de Santa Gertrudes”, fica na porção mais a montante da bacia, que contempla inclusive suas nascentes.

A região do pólo cerâmico está localizada próxima ao centro da região mais desenvolvida do Estado de São Paulo, a chamada “Califórnia Brasileira”. A área estudada compreende a Folha Topográfica de Rio Claro SF-23-M-1-4 em escala 1:50 000, entre as coordenadas 22°15’ a 22°30’ Latitude Sul e 47°30’a 47° Longitude W, localizando-se na região centro-sudeste do Estado de São Paulo, na região administrativa de Campinas (Figura 2). As vias de acesso são estradas de rodagem e ferrovias. As rodovias principais, asfaltadas que se destacam são: SP-310 (Washington Luis); SP-127 (Fausto Santomauro), SP-304 (Luís de Queiroz); SP-306 (Rodovia do Açúcar). Além destas, asfaltadas ou não, têm-se várias rodovias vicinais, estradas municipais, e vias secundárias para escoamento dos produtos regionais.

A falta de cobertura vegetal adequada e de medidas de conservação e fiscalização ambiental tem exposto as regiões adjacentes ao pólo a um risco em relação à qualidade de vida.

O rápido crescimento das indústrias cerâmicas e o aumento das áreas mineradoras, têm levado, além do rompimento de corredores naturais de vida silvestre à perda de elementos referenciais da paisagem, interferindo na percepção dos moradores quanto ao ambiente em que residem. A esses problemas, acrescenta-se o aumento das emissões gasosas de fluoretos, decorrentes da monoqueima e biqueima de minerais, comprometendo o ciclo biológico das plantas.

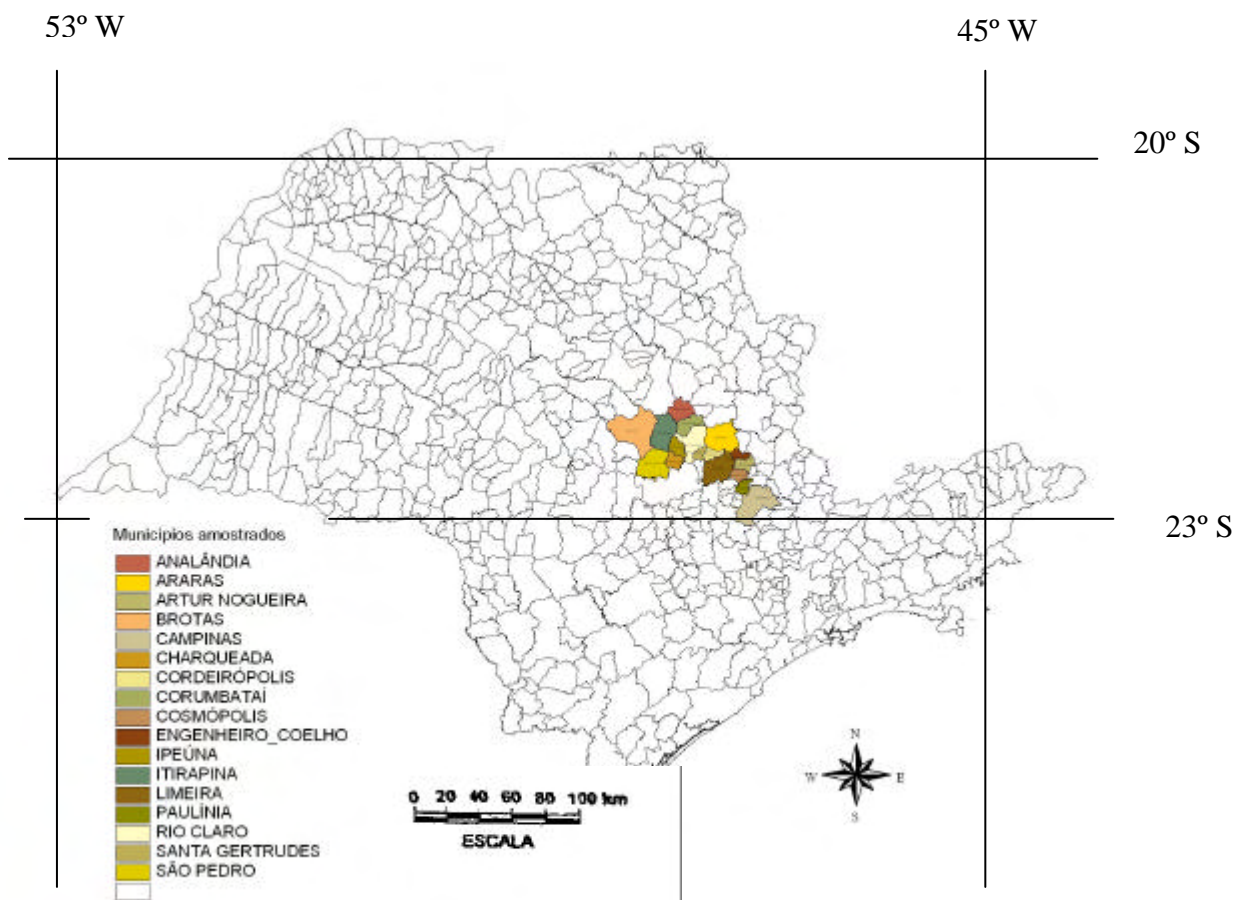


Escala: 1:50 000

Fonte: Masson, M.R., 1999

Org: Fahl, I.A., 2003

Figura 1. Localização dos municípios do pólo cerâmico de Santa Gertrudes.



Fonte: Folha de Rio Claro (IBGE) apud, Silva (2001)

Org: Fahl, I.A.F., 2003

Figura 2. Localização geográfica dos municípios do estado de São Paulo, onde foram efetuadas as coletas vegetais.



Fonte: Folha de Rio Claro (IBGE) apud, Silva (2001)

Org: Fahl, I.A.F., 2003

Figura 3. Localização geográfica dos pontos nos municípios onde foram realizadas as coletas vegetais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A abordagem desse capítulo contempla os métodos adotados na atual pesquisa, o material utilizado, a descrição das etapas de estudo, os procedimentos técnicos utilizados, na coleta, preparação, adequação dos materiais para análise em laboratório e definição dos roteiros onde foram obtidas as amostras. Para a organização e estruturação da pesquisa, adotou-se a possibilidade de realizar um estudo atendendo as etapas iniciais da seguinte concepção metodológica.

Delimitação espacial dos roteiros

Considerando o município de Santa Gertrudes o núcleo do pólo cerâmico, estabelecemos quatro eixos definidos, contemplando os municípios assinalados nas seguintes direções, conforme nos mostra a figura 3.

Eixo S-N (sul-norte): Municípios de Santa Gertrudes, Rio Claro, Ajapi, Corumbataí e Analândia. Eixo Analândia.

Eixo W-SE – (oeste-sudeste): Municípios de Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Limeira, Artur Nogueira. Eixo Artur Nogueira.

Eixo E-SW (leste-sudoeste): Municípios de Santa Gertrudes, Ipeúna, Charqueada e São Pedro. Eixo São Pedro.

Eixo E-NE (leste-nordeste): Municípios de Santa Gertrudes – Cordeirópolis (Distrito de Cascalho), Araras. Eixo Ellihut Root.

Procedimento

As amostras foliares de material vegetal para análises químicas foram obtidas através de coletas realizadas a partir do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, referenciado na antiga estação ferroviária (22°27'10" Lat. S, 47°31'37" Long. W e altitude 590 m) em plantas de culturas comerciais de duas espécies vegetais perenes de dicotiledôneas (citrus – *Citrus sinensis* L. e cafeeiro – *Coffea arabica* L.); de duas espécies também perenes de monocotiledôneas (cana de açúcar – *Saccarum Officinarum* L. e de capim colônia – *Panicum Maximum* Jacq), estendendo-se nas direções dos quatro eixos descritos, até uma distância máxima de cerca de 41 km.

Em cada ponto amostrado, ao longo dos quatro eixos, efetuou-se o georreferenciamento, com auxílio de um GPS (Sistema de Posicionamento Global) GARMIN Mod. 12XL, do local de amostragem de folhas de cafeeiro, coletando-se também folhas das demais espécies vegetais de plantas ou culturas situadas o mais próximo possível desse ponto.

As coletas das amostras de folhas de cada espécie vegetal, para análise do teor de flúor, foram efetuadas obedecendo as recomendações descritas por Van Raij (1997) para análises foliares de nutrientes minerais.

No laboratório, após serem lavadas duas vezes com água bidistilada, o material foi condicionado em sacos de papel, identificados e colocados para secar em uma estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, (fig. 4), mantida a 65°C, até atingir peso constante. Posteriormente, cada uma das amostras, foi moída em um mini moinho Tipo Willye (Figura 5), sendo novamente acondicionada em saco de papel, identificada e encaminhada ao laboratório de análises químicas do Centro de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) para determinação do teor de flúor.

O método utilizado para determinação do teor de flúor das amostras foliares das quatro espécies vegetais foi o de Frankenberger et al. (1996) e McQuaker & Gurney (1977), conforme descrito abaixo.

Esta versão do método utiliza 0,250 g de amostra de plantas para situações em que uma quantidade limitada de material está disponível.

O método usado é uma adaptação do procedimento recomendado por Frankenberger et al. (1996). A modificação introduzida se refere à fórmula do TISAB¹ e ao uso de uma curva padrão de F no lugar do método de adição padrão para o cálculo do F na amostra.

O F total é determinado após a fusão da amostra de solo com NaOH, a qual promove a decomposição de todos os compostos contendo F no material vegetal. O método apresentado foi desenvolvido por McQuaker & Gurney (1977), a partir de uma modificação no método de fusão com NaOH-Eletrodo específico de F originalmente apresentado por Baker (1972) para plantas, o qual pode ser empregado para a determinação de F em amostras de solos e plantas. Esse método apresenta precisão, expressa em termos de coeficiente de variação, de 4,3% para amostras com concentração de F na faixa de 50 a 600 mg/kg. A recuperação de F adicionado variou de 95 a 100% (MCQUAKER & GURNEY, 1977).

¹ complexante do alumínio e ferro da amostra analisada

A adição de TISAB visa complexar interferentes tais como Al e Fe, além de equalizar a força iônica da solução de leitura. A filtragem do resíduo da fusão, em meio alcalino, permite a remoção do excesso de Fe ou Al que possam estar presentes.



Figura 4. Estufa de aquecimento com circulação de ar forçada de ar.



Figura 5. Micro Moinho Tipo Willye.

De forma semelhante às amostragens de material vegetal, efetuadas na área do pólo emissor de flúor, foram coletadas amostras foliares em no mínimo duas culturas de cada espécie, em áreas isentas de fontes emissoras de flúor (Região próxima a Brotas-SP e Garça e Marília-SP) no eixo noroeste, nas quais também foram analisados os teores de flúor.

Em áreas próximas ao ponto zero, foram coletadas folhas de plantas de café e de capim colônia, nas quais foram feitos cortes histológicos para análises anatômicas, segundo o método descrito por Johansen (1940), utilizando coloração safranina-azul de alcã, conforme Voltan et al. (1992).

A figura 6 apresenta um esquema das etapas realizadas na pesquisa, desde o planejamento e escolha do local de estudo até os resultados finais.

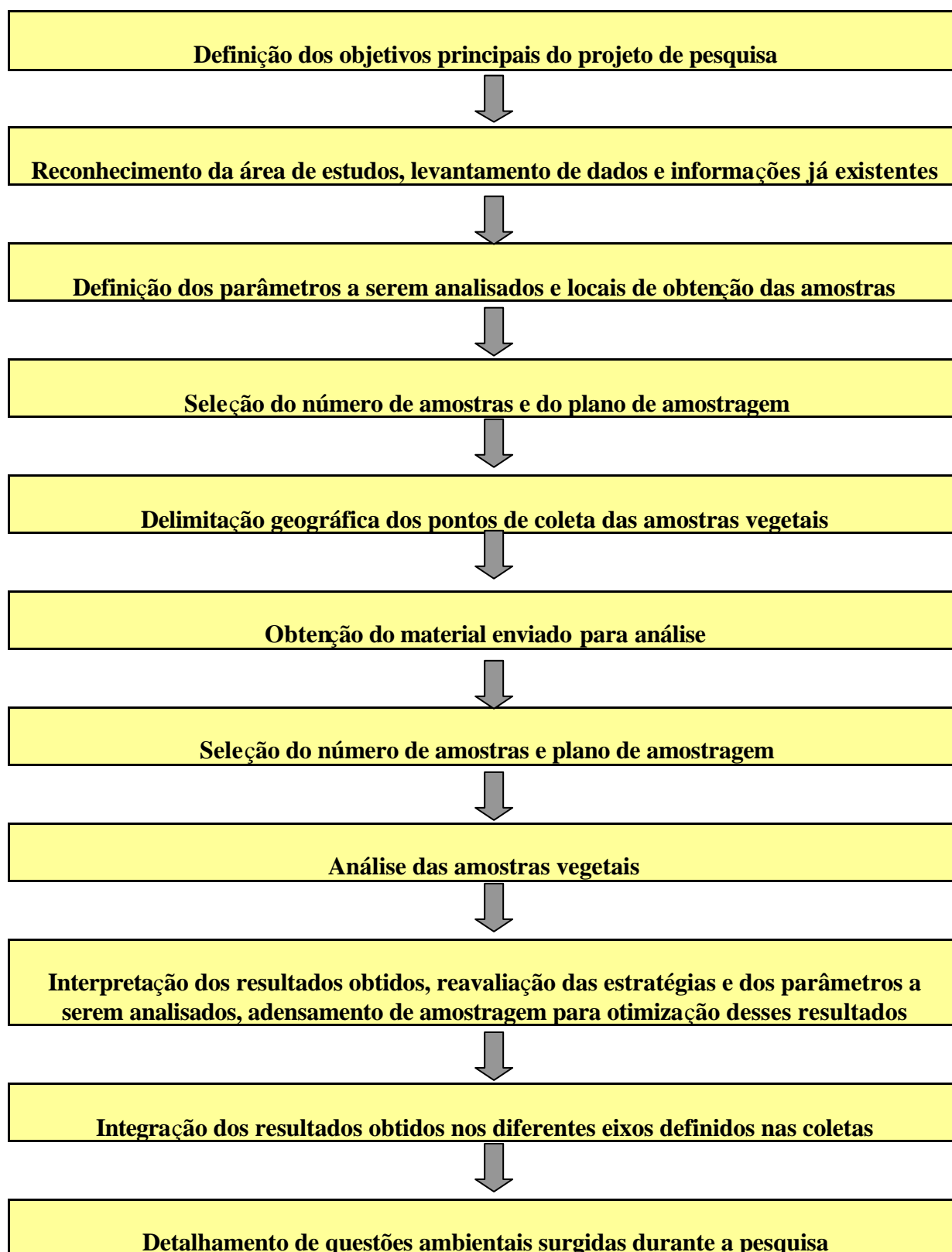


Figura 6. Etapas de planejamento, de escolha de locais de estudo, amostragem, e execução das análises.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1. Definições gerais

No Brasil são inúmeras as regiões urbano-industriais submetidas à ação intensa de poluentes, o que torna imprescindível o desenvolvimento de mecanismos de controle da poluição. Os métodos físico-químicos de avaliação do nível de poluição têm, ainda, aplicação limitada nos países em desenvolvimento, devido aos altos custos de sua utilização. O monitoramento biológico da poluição, mediante o emprego de espécies vegetais, tem se revelado uma alternativa eficiente e econômica (ARNDT E SCHWEIZER, 1991, TRESHOW & ANDERSON, 1991).

As plantas mostram maior sensibilidade à poluição de flúor que os animais, incluindo o homem (PILLAI, 1984). Estudos com diversas espécies de gramíneas tropicais submetidas à ação do flúor mostraram a existência de amplo espectro de sensibilidade, situando-se o *Panicum maximum* (Colonião) como um dos mais sensíveis (FIGUEIREDO, 1994; CHAVES, 1997). Plantas de arroz, cultivadas próximas à indústria cerâmica, apresentaram folhas com sintomas de fitotoxicidade, sendo detectado teores de flúor 80 vezes maiores em relação aos de folhas não contaminadas (SUN & SU, 1985). Esses mesmos autores consideraram ainda que plantas com altos teores de flúor, quando ingeridas por herbívoros, podem resultar em doenças denominadas fluorosis, que causam sérios distúrbios metabólicos a esses animais.

Nas plantas, o flúor é absorvido na forma gasosa, principalmente pelas folhas, sobretudo através dos estômatos e, em menor proporção pela cutícula, acumulando-se nos tecidos vegetais sob a forma solúvel e inorgânica (F^{-1}), causando necroses quando concentrações atingem níveis fitotóxicos, o que caracteriza como poluente de natureza cumulativa (COULTER et al. 1985; MILLER, 1993).

Apesar dos mecanismos envolvidos nos danos causados pelo flúor às plantas, não estarem completamente entendidos, diversos trabalhos relatam os efeitos deste elemento em diversos processos metabólicos e bioquímicos de plantas (WEINSTEIN, 1977; DRURY et al. 1980; MURRAY, 1982; PUSHNIK & MILLER, 1990 e MILLER, *op. cit.*).

O principal sintoma provocado pelo flúor nas plantas é a necrose das margens e ápice das folhas (GARBER, 1973), sendo também relatados sintomas de clorose e necrose foliar (CARLSON et al. 1979), redução no crescimento (MACLAREN & SCHNEIDER, 1981), na taxa fotossintética (PANDEY, 1985) e de respiração (HOVATH et al. 1978), nos teores de

açúcares e proteínas das folhas (SHARMA, 1985), no conteúdo de clorofila (PILLAI, 1984), remoção da cera epicuticular, (PRADO FILHO, 1993; OLIVA et al. 1997).

Para que uma espécie vegetal possa ser usada como bioindicadora, seu comportamento, em resposta a agentes poluentes, deve ser bem conhecido através de parâmetros anatômicos e fisiológicos. Assim, são relevantes estudos das alterações estruturais causadas por mudanças antropogênicas do ambiente, com ênfase sobre os efeitos da poluição atmosférica sobre plantas nativas e, ou, cultivadas (ARNDT e SCHWEIZER, 1991, TRESHOW & ANDERSON, 1991).

Segundo Vogel (1988) , a quantidade de fluoreto do ar está associada basicamente a dois fatores: a atividade humana através da emissão dos efluentes industriais e através dos vulcões que são responsáveis por grande parte do fluoreto da atmosfera. Dentre as principais fontes industriais emissoras de fluoreto na atmosfera, estão:

- Indústrias metalúrgicas – preferencialmente a indústria de alumínio;
- Indústrias cerâmicas – esmaltação, fundição, fábrica de tijolos, telhas, etc.
- Centrais elétricas e incineradores.
- Indústrias químicas tais como fertilizantes, compostos a base de fosfato e fluoretos.

Segundo Arndt et al. (1995) em casos de poluição antropogênica, o flúor está associado a compostos altamente reativos, geralmente liberados pelo aquecimento de rochas e solos, através de processos industriais como: 1. fundição do alumínio; 2. produção de fertilizantes fosfatados e 3. fabricação de vidro e cerâmica.

Arndt et al. (*op. cit.*) na forma de ácido fluorídrico ou de tetrafluoreto de silício, o flúor geralmente tem o maior potencial fitotóxico entre os poluentes atmosféricos comuns, provocando danos que vão desde alterações metabólicas, lesões foliares, redução no crescimento e desenvolvimento, até prejuízos aos ecossistemas.

De acordo com Weinstein (1977), o fluoreto acumula-se nas plantas e causa injúria em espécies susceptíveis, em concentrações atmosféricas 10 a 100 vezes menores (aproximadamente 0,8 mg Fm³) que outros poluentes como o ozônio, dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio. Para Weinstein (*op. cit.*), o desenvolvimento de sintomas nas plantas injuriadas como a clorose pode indicar decréscimo da capacidade metabólica das células, enquanto necrose pode resultar completa desintegração estrutural. Algumas espécies sensíveis ao flúor denunciam o efeito do poluente antes dos sintomas visuais. O estudo de plantas como bioindicadoras da emissão de poluentes requer um conhecimento das alterações

específicas causadas tanto pela ação imediata dos poluentes como pelo seu efeito acumulativo.

Segundo Arndt e Schweizer (1991), os bioindicadores são organismos ou comunidade de organismos que reagem à poluição com modificação de suas funções vitais normais (indicadores de reação), ou que são capazes de acumular poluentes (indicadores de acumulação).

Chang (1975), observa que na forma particulada o flúor causa menos dano à vegetação do que na forma gasosa e a quantidade desse poluente que penetra e se acumula na planta depende de fatores internos, como a idade e o estado de desenvolvimento; e externos, como a concentração, a duração da exposição à luz, à umidade, a temperatura e os ventos.

Conforme observa Miller (1993), nas plantas, o flúor é absorvido principalmente pelas folhas. Na forma gasosa penetra nos tecidos, sobretudo através dos estômatos e, em menor proporção, pela cutícula.

Miller (*op. cit.*), explica que existe um considerável número de estudos a respeito da absorção de fluoretos do ar e do solo pelas plantas, mas pouco tem sido pesquisado sobre a sua absorção da água, o que torna relevante esses estudos nessa área, pois altas concentrações de flúor na água de irrigação podem levar à acumulação desse poluente nas folhagens, atingindo níveis fitotóxicos. Trabalhos sobre as modificações estruturais em plantas submetidas ao flúor dissolvido em água são também escassos.

Correia (2000), observa que a emissão de fluoretos produzidos durante a queima de materiais cerâmicos tradicionais tem recebido muita atenção recentemente devido ao seu possível impacto ambiental. Os estudos realizados até o momento apontam basicamente para duas soluções possíveis: o controle do processo e a instalação de filtros. Apesar da eficácia incontestável a instalação de filtros requer investimentos consideráveis.

Conforme Correia (*op. cit.*), dados obtidos pelo Centro de Tecnologia Cerâmica e do Vidro (CTCV) – Portugal, a comparação dos resultados dos monitoramentos do parâmetro fluoretos nos fornos das indústrias cerâmicas, deverá ser efetuado com os valores limites de aplicação geral de 50 mg/m^3 , isto é, referidos a um teor de oxigênio de referência de 8%. No quadro 1 o autor apresenta os valores limites de emissão para o poluente flúor, em países da União Européia.

Quadro 1. Valores limites de emissão de flúor em diversos países da União Européia.

País	Valor limite mg/m ³	Ref O ₂
Alemanha	5	18
Bélgica	5	18
Espanha	80	—
França	5	18
Grécia	80	—
Holanda	5	18
Itália	5	18
Reino Unido	30	18
Portugal	50	8

Fonte: Correia, A.M.S (2000) CTCV (Centro de Tecnologia Cerâmica e Vidro). Portugal. V.E.

5.2 Legislação vigente

Poluição, contaminação, impacto ambiental

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1963) define *poluição ambiental* como “degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudique a saúde, segurança e o bem estar das populações; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões de qualidade ambiental estabelecidos”. Segundo esta referência, *contaminação* é “a introdução no meio ambiente (água, solo ou ar) ou em alimentos de organismos patogênicos, de substâncias tóxicas ou radioativas em concentrações nocivas à saúde, ou de elementos que possam afetar a vida do homem. É um caso particular de poluição” (ABNT, 1963, p. 94).

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (CETESB, 1999), considera os termos poluição e contaminação como sinônimos, por serem amplamente utilizados na literatura e legislação ambiental.

A Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 2000), *apud* Silva (2002), define contaminação como “qualquer substância ou material que é inserido a um sistema (meio ambiente, corpo humano, comida, etc.) onde normalmente não é encontrado.”

Define também contaminação ambiental como “a presença de substâncias perigosas no meio ambiente e, sob o ponto de vista da saúde pública, é associada à afetação da saúde ou qualidade de vida dos seres humanos vivendo ou trabalhando próximos à contaminação”.

O termo *impacto ambiental*, cujo conceito, segundo a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1992-1998, “está associado a idéia de alteração ou efeito ambiental considerado significativo ou importante por meio de uma avaliação especificamente dirigida ao empreendimento investigado, podendo ser negativo ou positivo”.

Pela definição da ABNT, impactos ambientais são “alterações que os ecossistemas podem sofrer, principalmente por ação antrópica, sendo algumas de caráter irreversível”. Considera ainda que degradação da qualidade ambiental é “uma alteração adversa das características do meio ambiente e, por conseguinte, a ação humana pode vir a: desencadear ou amplificar determinados processos naturais, que causem degradação; induzir ou causar diminuição da qualidade e interferir na quantidade de recursos hídricos disponíveis em uma determinada bacia hidrográfica” (ABNT, 1993, p. 94).

De acordo com Cortez (1987), desde o Código das Águas, de 1934, o Brasil teve uma grande evolução em termos de legislação ambiental; progressivamente nossas leis e decretos foram se aperfeiçoando e de uns anos para trás, qualquer atividade que implique em impactos negativos ao meio ambiente está submetida às regras precisas.

Com relação especificamente as atividades industriais, o decreto lei nº 1413, de 14 de agosto de 1975, tem como objetivos obrigar as indústrias a promover medidas necessárias para prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos da poluição e da contaminação do meio ambiente. Essas medidas de prevenção e controle da poluição industrial são previstas no decreto nº 76.386 de 03 de outubro de 1975, permitindo aos Estados e municípios estabelecer condições para o funcionamento das empresas, inclusive quanto a prevenção ou correção da poluição industrial e da contaminação do meio ambiente, respeitado os critérios, normas e padrões fixados pelo Governo Federal.

Em 1980, a lei nº 6.803 dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição. As zonas destinadas à instalação de indústrias foram classificadas nas categorias: zona de uso estritamente industrial, zonas de uso predominante/ e industrial e zonas de uso diversificado (CORTEZ, *op. cit.*)

A Constituição Federal de 1988, onde são apresentadas todas as diretrizes relativas ao meio ambiente, é a principal norma a ser adotada no que diz respeito à legislação ambiental. A partir daí surgiram normas complementares visando disciplinar o uso e a exploração dos recursos naturais.

O artigo 25 da Constituição Federal estabeleceu que os Estados podem ser organizados e regidos pelas Constituições e Leis que adotarem, observados os princípios desta.

No âmbito Federal, a Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, com base nos incisos VI e VII do artigo 23 e 235 da Constituição Federal. Nesta norma são estabelecidos os critérios básicos relativos a questão ambiental e são criados órgãos de assessoria, com o objetivo de implantar a Política Nacional do Meio Ambiente.

A Política Nacional do Meio Ambiente, introduz instrumentos de planejamento ambiental, determina a responsabilidade e penalidades para casos de poluição. Tem por objetivo “a recuperação de áreas degradadas” e “ao poluidor cabe a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados”. Segundo esta lei “são considerados bens a proteger: a saúde e o bem estar da população; a fauna e a flora; a qualidade do solo, das águas e do ar; os interesses de proteção à natureza/ paisagem; a ordenação territorial e planejamento regional e urbano; a segurança e ordem pública” (GLOEDEN, 1999; MMA, 2000; SENADO FEDERAL, 2000).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), contempla o estabelecimento de normas e padrões de qualidade, compatíveis com o meio ambiente, ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.

De acordo com a Legislação Federal: Controle da Poluição Ambiental (atualizado até novembro de 1995), pela Resolução nº 05/89, de 15 de junho de 1989 foi instituído o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR, e os limites máximos de emissões poluidoras da atmosfera, fontes novas de poluição e padrões de qualidade do ar.

Em 28 de junho de 1990, o CONAMA edita a Resolução nº 03/90, cujos artigos 1, 3 e 6, definem poluente atmosférico e estabelece padrões de qualidade para o ozônio, monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio, e níveis de qualidade do ar, respectivamente. Em 06 de dezembro de 1990, o CONAMA aprovou a Resolução nº 8/90, com finalidade de estabelecer a nível nacional, limites máximos de emissões de poluentes de ar (padrão de emissão) para processos de combustão externa em novas fontes fixas de poluição.

De acordo com Blasco (1976), a Legislação Brasileira de um modo geral, está orientada para fixar níveis mínimos de qualidade do ar, e para a indústria cerâmica e vidros, não existe uma legislação específica em matéria de contaminação atmosférica.

Entretanto na Norma NBR 11.175 – incineração de resíduos perigosos, da ABNT, embora o objetivo desta norma não seja relacionada a liberação de efluentes gasosos para o

meio ambiente, é abordado nos itens “4.1, 4.2.3”, a questão de emissão para 7 mg/Nm³ de Fluoreto, quando opera-se com um fluxo de massa superior ou igual a 25 g/h. Por essa mesma norma, caso o padrão de massa seja inferior a 25g/h, o padrão de emissão não é aplicado.

O quadro 2 mostra uma síntese das legislações federal e do Estado de São Paulo sobre áreas contaminadas, segundo a CETESB (1999).

Quadro 2. Síntese da legislação brasileira e do Estado de São Paulo sobre áreas contaminadas.

Nível federal	
<p>Constituição 1988</p> <p>Cap. VI, Art. 225 - princípio: "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado"</p>	<p>Lei 6.938/81 com Decreto 99.274/90 - sobre a Política Nacional do Meio Ambiente Art. 2º, VIII - define a <i>recuperação de áreas degradadas</i> como um objetivo da Política Nacional de Meio Ambiente; Art. 4º, VII - obriga o <i>poluidor de recuperar e/ou indenizar os danos causados</i>; Art. 6º, VI e VII define os <i>órgãos estaduais e municipais responsáveis</i> e obriga os Municípios a <i>observar as normas estaduais</i></p>
	<p>Lei 6.766/79 - sobre o parcelamento do solo Art. 3º, Parágrafo Único, II e V - não permite o parcelamento do solo nas áreas poluídas</p>
Nível estadual (São Paulo)	
<p>Constituição do Estado de São Paulo de 1988</p> <p>Seção I, Art. 193 - define aspectos da Política Ambiental, entre os quais a proteção contra poluição e degradação; Inc. XIV - <i>coloca medidas (...) de responsabilização dos causadores (...)</i> Inc. XX - exige medidas preventivas ou corretivas.</p>	<p>Lei 9.509/97 - sobre a Política Estadual do Meio Ambiente Art. 2º, I - define a <i>recuperação do meio ambiente degradado</i> como princípio; XVII - <i>coloca a obrigação de recuperar (...) os danos causados pelo poluidor</i>; Art. 6º estabelece os <i>órgãos do SEAQUA</i></p>
	<p>Lei 997/76 - sobre o controle de poluição Art. 2º - define poluição; Art. 3º - proíbe poluição; Art. 13 - autoriza o Poder Executivo a determinar medidas</p>
	<p>Decreto 8.468/76 - regula a Lei 997/76 (considerando AC como fator nocivo ao meio ambiente:) Título I, Art. 5º e 6º - estabelece a atuação da CETESB para o problema de AC e menciona a integração na esfera municipal (Inc. I-III, VII e IX); Título IV é dedicado à poluição do solo (Art. 51 - 56)</p>
	<p>Lei 6.134/88 - sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas Art. 4º - define poluição</p>
	<p>Lei 898/75 - disciplina uso do solo p/ proteção dos mananciais</p>
	<p>Lei 7.663/91 - sobre o zoneamento industrial</p>
	<p>Lei 7.663/91 - sobre a Política de Recursos Hídricos</p>
	<p>Lei 7.750/ 92 - sobre a Política de Saneamento</p>
	<p>Lei 9.999/98 disciplina o uso de zonas industriais sob o critério de contaminação de solo</p>
	<p>Decreto 32.955/91 - regula a Lei 6.134/88 Art. 16 - trata dos resíduos sólidos, líquidos ou gasosos; Art. 17 - regulamento p/ projetos de disposições de resíduos, obrigação de monitoramento e remediação em casos de alteração na qualidade da água;</p>

Fonte: CETESB (1999), *apud* Silva, 2001.

6. ASPECTOS GERAIS DO FLÚOR

6.1. Origem e ocorrência

O flúor é um elemento que ocorre no solo em muitas formas combinadas, sobretudo como fluorita [CaF_2], criolita [Na_3AlF_6] e apatita [$\text{CaF}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$] (Smith, 1983).

Além das fontes naturais representadas pelos vulcões, transporte aéreo de poeira e liberação de vapores do mar que podem introduzir na atmosfera, quantidades consideráveis de partículas e gases contendo flúor, este contaminante se origina, também, de diversas atividades humanas e normalmente está associado a compostos altamente reativos. (ARNDT et al. 1995). Esses compostos, na forma de partículas ou gases de exaustão, são normalmente liberados pelo aquecimento de rochas e solos, em processos industriais, destacando-se entre eles os grandes incineradores, fundição de alumínio e outros metais não ferrosos, indústria de fertilizante e indústria de vidro e cerâmica.

Sob a forma de ácido fluorídrico ou de tetrafluoreto de silício, o flúor é considerado o mais fitotóxico dos poluentes atmosféricos mais comuns, causando nas plantas danos que podem ir desde alterações metabólicas, lesões foliares, redução no crescimento e no desenvolvimento e prejuízos no ecossistema como um todo.

Devido à 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 quantidades significativas deste poluente; no entanto em áreas mais próximas de emissores, são frequentemente encontradas, nas camadas de ar mais próximas ao solo, concentrações de risco para as plantas.

É importante considerar nas medidas de imissão², a velocidade e direção do vento e a topografia em torno do emissor, pois a deposição de poluentes do ar ocorre na superfície do solo, sobre construções e sobre os organismos que ali vivem. Nesse caso é significativo considerarmos a rugosidade da superfície, uma vez que os poluentes são, por exemplo, melhor removidos do ar por árvores e florestas do que por gramados.

Após a deposição de poluentes sobre a superfície das plantas, podem ocorrer reações químicas de intercâmbio como o organismo. Grande parte, porém, pode ser lavada pelas

² Imissão – no estudo da poluição, particularmente na literatura científica alemã, o termo **imissão**, se refere àquilo que existe, que está em um determinado ambiente e que pode entrar para um organismo, representando um risco em potencial. A imissão é expressa em concentração de imissão, isto é, quantidade de poluente por volume de ar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

chuvas, causando um escoamento bastante contaminante para o solo. No caso de deposições de flúor sobre árvores, isto pode produzir danos também à vegetação rasteira protegida pelas copas.

O flúor é absorvido da atmosfera pelas plantas principalmente pelas folhas, mas também pode ocorrer absorção da solução do solo pelas raízes. O flúor em forma gasosa penetra no tecido foliar sobretudo através dos estômatos, mas também em menor proporção, através da cutícula ou ramificações. Após chuvas repetidas, compostos de flúor podem ser lavados das folhas, o que pode sugerir que alguma quantidade de flúor, pode estar presente em uma forma solúvel e móvel.

Têm sido detectadas variações nos teores de flúor nos diversos depósitos argilosos, em função do seu posicionamento estratigráfico, composição mineral e textura. Quando os materiais cerâmicos são queimados, ocorre a destruição estrutural de alguns minerais, havendo a liberação do flúor, sob a forma de íon fluoreto. Este reage com o vapor d'água da atmosfera do forno, formando ácido fluorídrico (HF), que é posteriormente arrastado pelo fluxo gasoso até a chaminé. Para além do ácido fluorídrico, o flúor pode também ser libertado sob a forma de ácido fluorsilício ou tetrafluoreto de silício, na sua forma gasosa, enquanto na forma de partícula, pode surgir fluoreto de cálcio [CaF_2], fluoreto de potássio e alumínio (K_3AlF_6) e hieratita (K_2SiF_6). (ALMEIDA et al., *op cit*).

6.2. O problema do flúor nas emissões gasosas causadas por indústrias

O flúor é amplamente conhecido como poluidor do meio ambiente, tendo como as principais fontes de emissão as indústrias químicas, como as de fertilizantes, indústrias metalúrgicas e indústrias cerâmicas (VOGEL, 1988).

A poluição por fluoreto, nas proximidades dessas indústrias vem sendo estudada, nos últimos anos, nos diferentes meios como no ar, na água, nas plantas e no solo (MIRLEAN, 2002).

No Brasil existem poucos estudos publicados sobre o enriquecimento de flúor em zonas industriais, destacando-se dentre eles o trabalho desenvolvido por Domingos et al. (1993), que estudou as conseqüências da poluição atmosférica na vegetação e no solo na Serra do Mar, região próxima a Cubatão, e constatou que grande parte do flúor, ao ser ciclado em quantidades elevadas, permanece imobilizado no solo.

Como decorrência da industrialização rápida e frequentemente descontrolada, começam a se manifestar sérios distúrbios na vegetação, em geral associados a uma acentuada erosão e seguida por uma devastação completa dos ecossistemas.

O flúor poluente lançado na atmosfera provoca danos na vegetação, através das emissões gasosas causando sintomas externos visíveis nas folhas, ramos, flores e frutos. Nesse texto é feita referência a origem, ocorrência, grau de absorção e aspectos analíticos do flúor e considerados os efeitos sobre o crescimento e a produção das plantas. Toda essa diagnose foi efetuada a partir das emissões gasosas da indústria cerâmica.

Às emissões gasosas de fluoretos são atribuídos, a ocorrência de doenças respiratórias no homem, corrosão de materiais, perda do brilho de vidros, toxidade para plantas, podendo atingir níveis que resultem em sérias implicações na cadeia alimentar humana e chuvas ácidas.

O fluoreto normalmente está presente na matéria prima em quantidades relativamente baixas, situando-se na faixa de 0.01 – 0.1%. Durante o processo de queima o flúor é em parte liberado como ácido fluorídrico (HF) na forma gasosa.

O íon de fluoreto no organismo humano tem uma atuação fisiológica relativamente intensa e a sua presença pode causar, dependendo da dose ingerida, efeitos benéficos ou prejudiciais. A ingestão diária de alguns miligramas pode trazer efeitos benéficos na prevenção das cáries dentárias, enquanto que, concentrações diárias maiores, por longo tempo, podem provocar efeitos nocivos ao esmalte dos dentes e aos ossos, e uma única dose a nível de gramas pode causar efeito agudo ou letal (DOULL et al. 1980).

A inalação e absorção, salvo raras exceções, acontecem quase que exclusivamente por exposição ocupacional ou acidental, enquanto que a ingestão ocorre através de alimentos, bebidas, águas de abastecimentos, cremes dentais, etc (DOULL et al, *op. cit.*). Esses autores relatam também que o fluoreto quando ingerido ou inalado se difunde através dos tecidos celulares do corpo, aloja-se nos ossos ou é eliminado pelos rins.

O fluoreto pode provocar, dependendo do tempo e da frequência de exposição, intoxicação crônica ou aguda. Kolkmeier, (1986) descreve que o efeito tóxico crônico, conhecido como fluorose, causa anomalias ou imperfeições, provocando reumatismo permanente ou osteoporose e que a intoxicação aguda ocorre quando há exposição a uma alta concentração de fluoreto, o que pode provocar náuseas, vômitos, diarréias, dores abdominais, etc.

A disponibilidade de fluoreto nas rochas e solos ocorre em regiões vulcânicas ativas e a concentração de fluoreto no solo apresenta uma variação muito grande, sofrendo influência

da formação geológica, do uso de fertilizantes fosfatados e pesticidas, da água de irrigação, deposição de gases e partículas emitidas por indústrias que manipulam compostos de flúor.

Também os fluorocarbonos (CFCs), têm sido liberados em grande quantidade na atmosfera, em consequência de seu uso na indústria de refrigerantes e como propelentes em aerossóis. Na atmosfera, esses compostos podem permanecer por períodos de 40 a 150 anos.

Na região do pólo cerâmico de Santa Gertrudes/ Cordeirópolis vem se verificando nas últimas décadas, um acelerado crescimento, fundamentalmente baseado na inovação tecnológica que trouxe grande avanço na melhoria da qualidade, e conseqüentemente crescente aumento da demanda pela produção (BOSCHI, 2002). De acordo com Oliveira (2002), a partir do ano de 1994, a produção brasileira voltou a crescer substancialmente em virtude da retomada da demanda interna, pelos efeitos positivos do Plano Real na economia. Com isso, ocorreu um incremento significativo na indústria de construção civil, o qual viabilizou uma maior demanda pelos revestimentos cerâmicos no mercado nacional. Houve também do ponto de vista das inovações tecnológicas grandes mudanças no desenvolvimento dos produtos, através da automação e diferenciação de produtos (design). O setor cresceu consideravelmente.

Assim o impacto da atividade de produção de revestimentos com os novos processos industriais de monoqueima, ou com o ciclo tradicional de biqueima, atinge o meio ambiente através de emissões de pós e gases na atmosfera, descarga de águas industriais e rejeitos na forma de resíduos de fabricação e tratamento (BORUFF et al. 1987).

Um dos tipos de poluição ambiental mais preocupante atualmente, relaciona-se às emissões gasosas resultantes dos processos térmicos a alta temperatura, conhecidos como queima, originados nos processos de fabricação da indústria de pisos e revestimentos cerâmicos (Figura 7). Nessa figura, observa-se diversas etapas e processos de fabricação na indústria de pisos e revestimentos cerâmicos. Na etapa dos pisos não esmaltados e na primeira queima do processo de biqueima, o fluxo de fluoretos liberados é maior que o processo de monoqueima. Toda essa liberação de fluoretos está relacionada com a temperatura e conseqüentemente com o fluxo emitido. A biqueima é portanto, o processo que contempla maior liberação de fluoretos na atmosfera a uma temperatura também maior e maior fluxo gasoso.

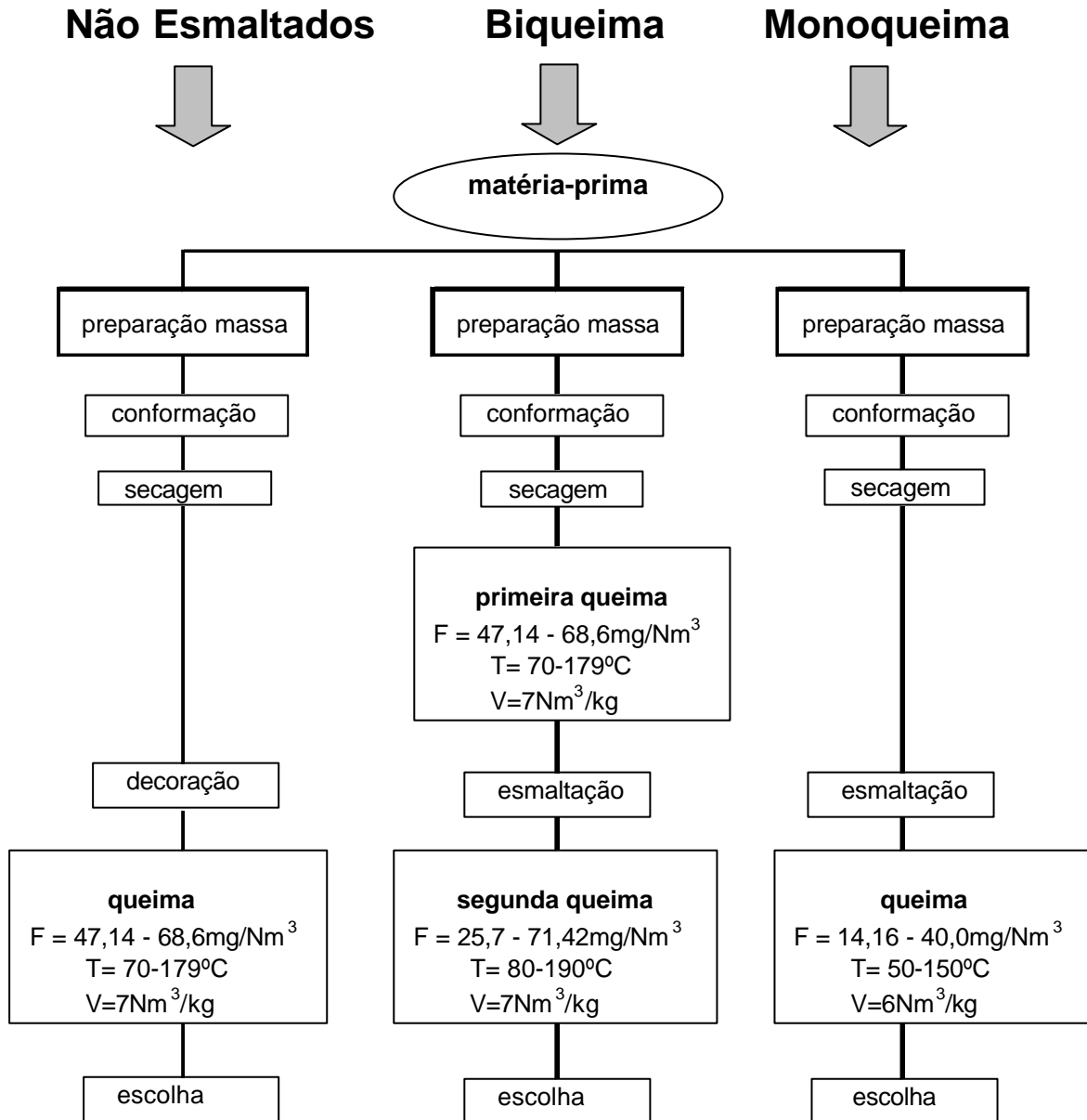
Segundo Almeida et al. (2001), essas emissões gasosas contaminam o ar com compostos inorgânicos fluorados, resultantes da decomposição térmica das matérias primas, com maior incidência nos sub setores da cerâmica estrutural, de pavimento e revestimento. Verifica-se que é no caso da *telha e acessórios* que o problema tem maior relevância, já que

os monitoramentos revelaram valores superiores a 100 mg/ Nm³ (i. e. o dobro do valor limite médio emitido)³. No *pavimento e revestimento*, 49% dos monitoramentos situam-se acima dos 100 mg/ Nm³. No caso do *tijolo e o elemento vazado* essa percentagem é de apenas 13%. No sub setor da cerâmica utilitária e decorativa, apenas 2% dos monitoramentos estava acima dos 100 mg/ Nm³ sendo que todos eles se referiam a processos com fornos contínuos.

Diante da análise desses dados, conclui-se que a emissão de flúor é um problema setorial para empresas cerâmicas, sendo a sua magnitude, função principalmente das matérias primas e condições de processamento de materiais. Daí a necessidade de investigar, por um lado, os mecanismos de liberação, e por outro, as variáveis de controle de matérias primas e o processo de fabricação que influenciam a liberação do flúor, tendo em vista soluções que permitam reduzir o seu impacto ambiental.

³ mg/Nm³ refere-se a mg de flúor por nanômetro cúbicos de gás emitido.

Fonte: Site – http://www.on.br/glossario/alfabeto/u/unidades_de_medida.html – acesso em 26/02/2003.



Onde:

F = emissões de fluoreto na atmosfera

T = temperatura dos gases emissores

V = fluxo

Figura 7. Emissões gasosas de fluoreto geradas nas diversas etapas e processos de fabricação na indústria de pisos e revestimentos cerâmicos. (Fonte: Frajndlich, 1999).

6.3. Mecanismos de liberação do flúor em indústrias cerâmicas

Em função do tipo de argila e do ciclo de queima definido, a emissão (volatilização) de fluoreto inicia-se a temperaturas acima dos 500-800°C, começando a liberação a ser significativa a partir dos 800°C, atingindo o seu máximo no início do patamar de queima definido.

À medida que as pastas gresificam (absorção de água diminui), o processo de liberação de fluoretos para a atmosfera vai diminuindo.

Um elevado teor de vapor de água na atmosfera do forno, induz à liberação do fluoreto a temperatura mais baixas (cerca de 400°C).

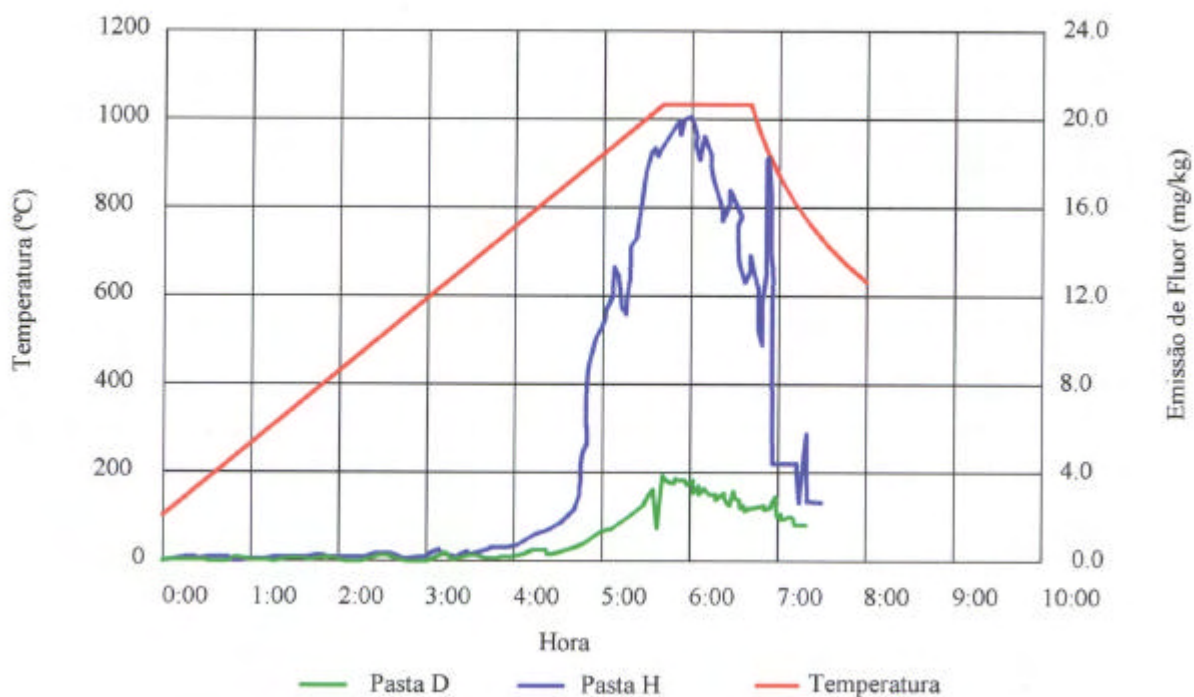
Dentre a grande quantidade de gases liberados de fornos, durante os processos industriais das cerâmicas, o fluoreto é especialmente importante, e junto com outros contaminantes, são liberados durante a queima de todas as matérias primas que contenham alumínio quando esta é submetida a uma temperatura superior a 700°C (Figura 8). O teor de flúor presente na matéria prima nem sempre segue uma correlação com o volume de fluoreto lançado na atmosfera como gás, proveniente da queima nos fornos. A quantidade efetiva de fluoreto lançada, normalmente representa apenas uma fração do conteúdo total presente na matéria prima. Destacam-se como fatores importantes na quantidade de fluoreto liberado, 1) o tempo de permanência no qual o material cerâmico permanece na temperatura entre 700 a 1020°C; 2) a quantidade de vapor d'água presente na atmosfera da câmara de queima que em casos extremos já indica a emissão de fluoreto gasoso a uma temperatura próxima a 400°C (Figura 5); 3) a composição da matéria prima, que é um fator relevante quando apresenta uma certa quantidade de carbonato de cálcio ou outro componente que possa reagir com o fluoreto, fixando-o na forma de CaF_2 (BORUFF et al., *op. cit.*; VOGEL, *op. cit.*).

Na figura 8, observa-se que a temperatura se estabiliza a partir de aproximadamente cinco horas desde o início do patamar de queima, indicando nesse horário 1020°C. Da pasta D as emissões gasosas de flúor passam a ser emitidas após 5 horas do início da queima e não ultrapassam 4 mg/ Kg. A pasta H, libera o fluoreto também a partir de 5 horas, mas atinge nesse período 20 mg/ Kg, na mesma temperatura, significando que contém maior teor de flúor na matéria prima.

A pasta cerâmica H, conforme mostra Almeida (*op. cit.*) é proveniente de matéria prima oriunda de terraços fluviais e a pasta cerâmica D é proveniente de argila. (Quadro 3).

A figura 9 mostra a idade geológica dos sedimentos utilizados na elaboração das pastas cerâmicas, indicando que a concentração de flúor aumenta nas pastas cerâmicas,

obtidas em terrenos mais antigos. A Formação Corumbataí do Grupo Passa Dois, respectivamente do período Permiano Superior, da Era Paleozóica, é intensamente explorada no pólo cerâmico de Santa Gertrudes-SP, representando extensas jazidas de matéria prima para serem utilizadas na indústria de placas de revestimento cerâmico.



Fonte: Almeida (2001)

Figura 8. Curva de emissão laboratorial de flúor.

Quadro 3. Resultados obtidos para flúor nas pastas cerâmicas.

Idade geológica	Matéria -prima	Empresa Cerâmica (Pasta cerâmica)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
Plio-pleistocênico	Terraços fluviais								
Pliocênico	“Formação de Aguada”								
Pliocênico	“Formações vermelhas de Gamita e Vale do Grou”								
Miocênico	Bacias terciárias do interior da Meseta Ibérica								
Miocênico	“Argila de Tomar”								
Cretáceo superior	“Argilas de Taveiro”								
Cretáceo superior	“Argilas de Aveiro”								
Jurássico superior	“Sinclinal Alpedriz - Porto Carro”								
Jurássico superior	“Bacia de Torres Vedras”								
Teor em flúor (mg/Kg)		850	800	650	660	780	730	920	1310

Fonte: Almeida (2001)

ERA	PERÍODO	UNIDADES GEOLÓGICAS	
Cenozóica (65 a 2 M.a.)	Quaternário – Terciário		Depósitos Aluviais
			Formação Rio Claro
			Coberturas não diferenciadas
Mesozóica (225 a 65 M.a.)	Cretáceo	Grupo Bauru	Formação Itaqueri
	Cretáceo Inferior – Triássico	Grupo São Bento	Formação Serra Geral e intrusivas básicas associadas
			Formação Botucatu
			Formação Pirambóia
Paleozóica (570 a 225 M.a.)	Permiano Superior	Grupo Passa Dois	Formação Corumbataí
	Permiano Médio		Formação Irati
	Permiano Inferior-Carbonífero Superior	Grupo Tubarão	Formação Tatuí
			Subgrupo Itararé

Fonte: adaptada de ZAINE & PERINOTTO, 1996, *apud* Colturato, 2002**Figura 9.** Coluna estratigráfica simplificada da Bacia do Paraná na região de Rio Claro e Santa Gertrudes, São Paulo.

7. CARACTERIZAÇÃO DO PÓLO CERÂMICO

7.1. Histórico e Crescimento

De acordo com a Associação Paulista dos Ceramistas (ASPACER), a partir do ano de 1920, o município de Santa Gertrudes, começava a implantar a indústria cerâmica, em vista a qualidade de seu solo com reservas abundantes de argila da Formação Corumbataí. Nessa época muitos imigrantes de origem principalmente italiana iniciaram a exploração das rochas argilosas.

Inicialmente o suprimento de argila se deu a partir do sítio Ribeirãozinho, hoje sítio São José, onde era feita a atividade extrativa de argila e plantio de eucaliptos, destinados à alimentação das fornalhas de queima dos fornos de cerâmica. O processo produtivo era totalmente manual, sem o mínimo de automatização. As atividades industriais eram desenvolvidas de uma forma empírica, com pouco embasamento técnico. As áreas industriais constituíam-se em galpões de madeira roliça, com cobertura de telhas de barro e piso de terra batida, chamados popularmente de “ranchos”. Os equipamentos eram basicamente um amassador de argila movido a tração animal, prensas manuais e fornos.

A fabricação, processo rudimentar, se dava a partir da extração da argila, que era amassada em bastões, prensada, seca e queimada em fornos de alvenaria. Esse processo tinha um ciclo de aproximadamente 30 dias. A partir de 1960, a produção começou a diversificar-se com uma mistura de cerâmica vermelha, com telhas de vários modelos, tijolos furados, elementos vazados e revestimentos. A partir de 1970 iniciou-se a produção de pisos extrudados ou marombados e queimados em fornos intermitentes. Nessa época, o piso era sem esmalte, sendo os efeitos decorativos feitos com pinturas ou relevos aplicados manualmente. Nesse período, também era produzido um piso “dupla face”, sendo que era utilizada uma única face, indo a outra como “contra peso”. Isso perdurou até perceber-se que abrindo e dividindo as faces, a produção dobrava.

Em meados de 1975, iniciou-se o processo de salga dos pisos, colocando-se sal grosso dentro do forno, para se obter uma superfície com certa vitrificação. A produção das indústrias, nessa época atingiu 100.000 m² por mês, resultado considerado muito significativo.

Por volta de 1980, a Cerâmica Santa Gertrudes, traz uma inovação e inicia a produção de pisos sem esmalte, prensados, e em seguida a esmaltação em biqueima. Era o embrião do processo atual na região. Com essa inovação, aumenta a concorrência entre as indústrias e a

evolução tecnológica foi tão rápida que o forno para a biqueima se tornou obsoleto e ultrapassado no espaço entre sua compra e instalação. Surge o forno em monoqueima, que aumentava a produção. Em 1989 a produção aumentou ainda mais e conseqüentemente a demanda por matéria prima.

Nos períodos 1991-1996 e 1996-2001, o crescimento demográfico anual do município de Santa Gertrudes foi, respectivamente, de 5,44% e 3,97% contra 1,58% e 2,02% no estado de São Paulo. Tudo leva a crer que esses índices estejam intimamente associados ao crescimento das indústrias cerâmicas. A tabela 1 ilustra a expansão do município de Santa Gertrudes em comparação com o estado de São Paulo, através de indicadores sócio-econômicos (SEADE, 2001; IBGE, 2001).

No ano de 2002, de janeiro a julho, as 71 indústrias do pólo cerâmico exportaram 11,1 milhões de metros de revestimento cerâmico para o exterior contra 6,6 milhões em 2001. Em julho de 2002 foi criado um centro de inovação tecnológica do Estado, viabilizando-se uma parceria entre o Centro Cerâmico do Brasil (CCB) e a ASPACER.

A expansão industrial, segundo dados do IBGE (Censo de 2000), acelerou-se no pólo cerâmico, principalmente no município de Santa Gertrudes, que tem na indústria ceramista praticamente toda base de sua economia. A população absoluta é de 15,8 mil pessoas e as 16 empresas do setor empregam atualmente 3.740 pessoas, o que corresponde a 23,5% de seus habitantes.

A arrecadação de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) tem como principais fontes as empresas cerâmicas, chegando a 19,2% do orçamento local e anualmente são cobrados R\$ 2,5 milhões de ICMS.

Tabela 1. Dados sócio-econômicos do município de Santa Gertrudes e do Estado de São Paulo.

Informação	Santa Gertrudes	Estado de São Paulo
Taxa geométrica de crescimento anual da população (1991-1996)	5.44%	1.58%
Taxa geométrica de crescimento anual da população (1996-2001)	3.97%	2.02%
Taxa de urbanização (%) 1996	97.7%	93.11%
População (%) do Estado - 1996	0,0398	100
Nº de estabelecimentos industriais - 1996	45	98082
Nº de habitante/ estabelecimento industrial - 1996	301,0	347,4
ICMS - % Estadual - 1995	0,0289	100
ICMS - % Estadual - 1999	0,451	100
Valor adicionado - % no Estado – 1995	0,334	100
Valor adicionado - % no Estado – 1999	0,0451	100

Fonte: IBGE (2001) e SEADE (2001)

Segundo relatórios da ASPACER, as empresas estão se modernizando, gerando empregos diretos e indiretos, como transportes, vendas, marketing, design, assistência técnica, necessários às empresas. São portanto, as cerâmicas, a base da economia do município de Santa Gertrudes.

Estimativas da CETESB (1998), *apud* Silva 2001, sugeriram produção média mensal, em 1998, de aproximadamente 450 toneladas de resíduos sólidos pelas indústrias cerâmicas

do pólo de Santa Gertrudes, indicando expressiva redução em relação a 1966 (cerca de 1500 toneladas mensais). Considerando o grande aumento da produção industrial de pisos (Tabela 2) estes números são positivos, entretanto ainda indicam que uma grande carga poluidora potencial tem sido gerada.

Tabela 2. Evolução da produção do pólo cerâmico de Santa Gertrudes.

Informação	1995	1996	1997	1998	1999
Produção (mês de dezembro em milhões de m ²)	6,61%	8,42%	10,62%	12,00%	* 16,00%
Participação no mercado nacional	32%	40%	50%	60%	75%

Fonte: Christofolletti (1999); * = estimativa

As argilas são as principais matérias primas para confecção das massas para cerâmica vermelha. Como a indústria de cerâmica vermelha caracteriza-se por processar grandes volumes de matérias primas, a baixo preço no mercado, é necessário que o custo da produção seja competitivo no mercado consumidor. Por isso, as argilas devem ter as características necessárias para atender o mercado ao menor custo possível. As indústrias cerâmicas geralmente estão localizadas junto às minas, que vêm sendo exploradas quase sempre pelos próprios donos das cerâmicas, caracterizando uma integração vertical no setor cerâmico.

De acordo com Gaspar Jr. et al. (1997), a produção anual (estimada) das argilas do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes é da ordem de mais de 2.000.000 t./ano. Com base nas reservas atuais (Tabela 3), pode-se estimar uma vida útil de 30 anos para essas minas, mantendo-se a atual produção, após o que as empresas cerâmicas deste pólo precisarão utilizar matérias primas de novos depósitos (relativamente perto, para não encarecer o custo total) para atender a demanda do mercado cerâmico.

Tabela 3. Reserva de argila no Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes

Município	Quantidade (t)		
	Medida	Indicada	Inferida
Cordeirópolis	35.465.204	12.248.625	11.345.866
Itacemópolis	344.360	—	—
Leme	1.992.517	—	—
Limeira	5.102.511	3.861.691	583.700
Pirassununga	716.000	889.000	645.000
Rio Claro	6.125.327	3.572.564	670.632
Santa Gertrudes	5.016.959	1.474.990	46.678
Total	54.832.878	22.046.870	13.291.876

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro – DNPM, 1997

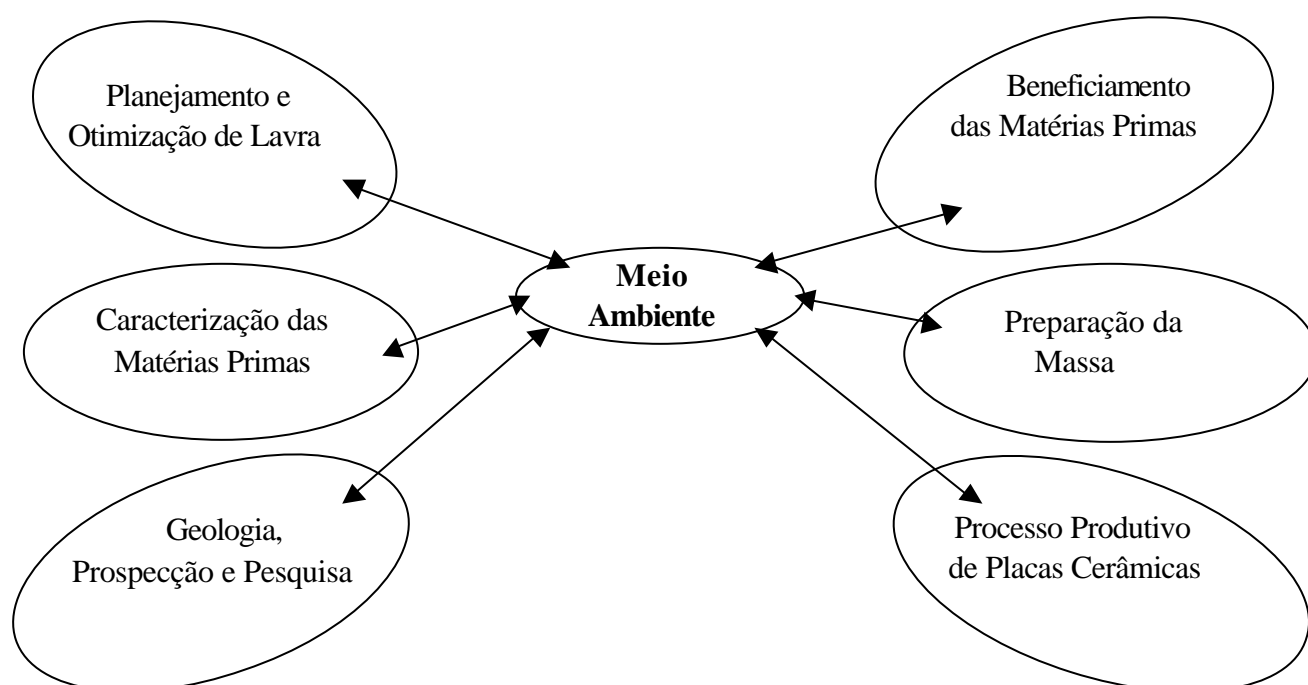
7.2. A exploração do Meio Ambiente

Para caracterização ambiental do pólo cerâmico, além de se ter baseado em pesquisa bibliográfica e levantamento de dados existentes, a coleta e análise de espécies vegetais forneceram informações importantes para essa revisão.

A abundância de matéria prima possibilitou o aumento da produção a custos baixos e o crescimento das indústrias. Houve grande investimento nas fábricas, que hoje operam com altos fornos e equipamentos importados de avançada tecnologia. Porém, a pesquisa dos depósitos, lavra e beneficiamento do minério, formulação das massas cerâmicas e outras iniciativas ligadas aos aspectos ambientais e legislação mineral, não foram adequadamente contempladas. As mineradoras avançaram sem o adequado conhecimento do minério e sem utilização de métodos e equipamentos adequados a cada situação. Muitas áreas em expansão, são abandonadas e minérios de baixo teor são descartados, quando poderiam ser utilizados em misturas com outros mais ricos. A atividade exploradora, torna-se impactante ao meio ambiente, pois as jazidas são exploradas sem plano de lavra e de modo inadequado.

Assim que o minério chega às indústrias cerâmicas, o material passa por uma série de operações incluindo misturas, homogeneização, secagem, britagem, moagem e preparo de massas cerâmicas, de maneira empírica e sem critérios técnicos disponíveis para otimização e

aproveitamento desse minério. Existe também ausência de cuidados para minimizar o impacto sobre o solo, as águas e o ar da região. Essa realidade é agravada pela inexistência de um zoneamento geoambiental que subsidie a exploração mineral em conformidade com as potencialidades e fragilidades do meio físico. Torna-se importante conhecer a jazida, planejar sua lavra, pois se for feita de forma inadequada terá reflexos negativos na formulação de massas cerâmicas homogêneas comprometendo o produto final. Conforme a figura 10, todos os elos da cadeia de produção, têm potencial para provocar danos ao meio ambiente, e qualquer atividade ligada à indústria cerâmica deve ser contemplada levando-se em conta o desenvolvimento sustentável.



Fonte: Grupo Qualidade em Cerâmica da UNESP, Rio Claro et al. (2000)⁴.

Figura 10. Principais elos que compõem a cadeia produtiva do pólo cerâmico de Santa Gertrudes.

Tendo sido constatada a presença de teores de flúor nos efluentes gasosos gerados durante a queima das peças cerâmicas, impactando a região no entorno das indústrias, objetivamos detectar a fonte geradora da contaminação, conforme amostragem demonstrada em nossa pesquisa.

⁴ Projeto Aprimoramento Tecnológico dos processos de produção de massa cerâmica em equilíbrio com o Meio Ambiente no Pólo de Santa Gertrudes (2000).

Nesse trabalho, selecionamos parâmetros sensíveis de alterações fisiológicas e bioquímicas precoces em espécies vegetais analisadas e de uma forma sumária procuramos contribuir para o desenvolvimento sustentável das empresas cerâmicas.

7.3. Aspectos Fisiológicos e Climáticos da Área

- RELEVO

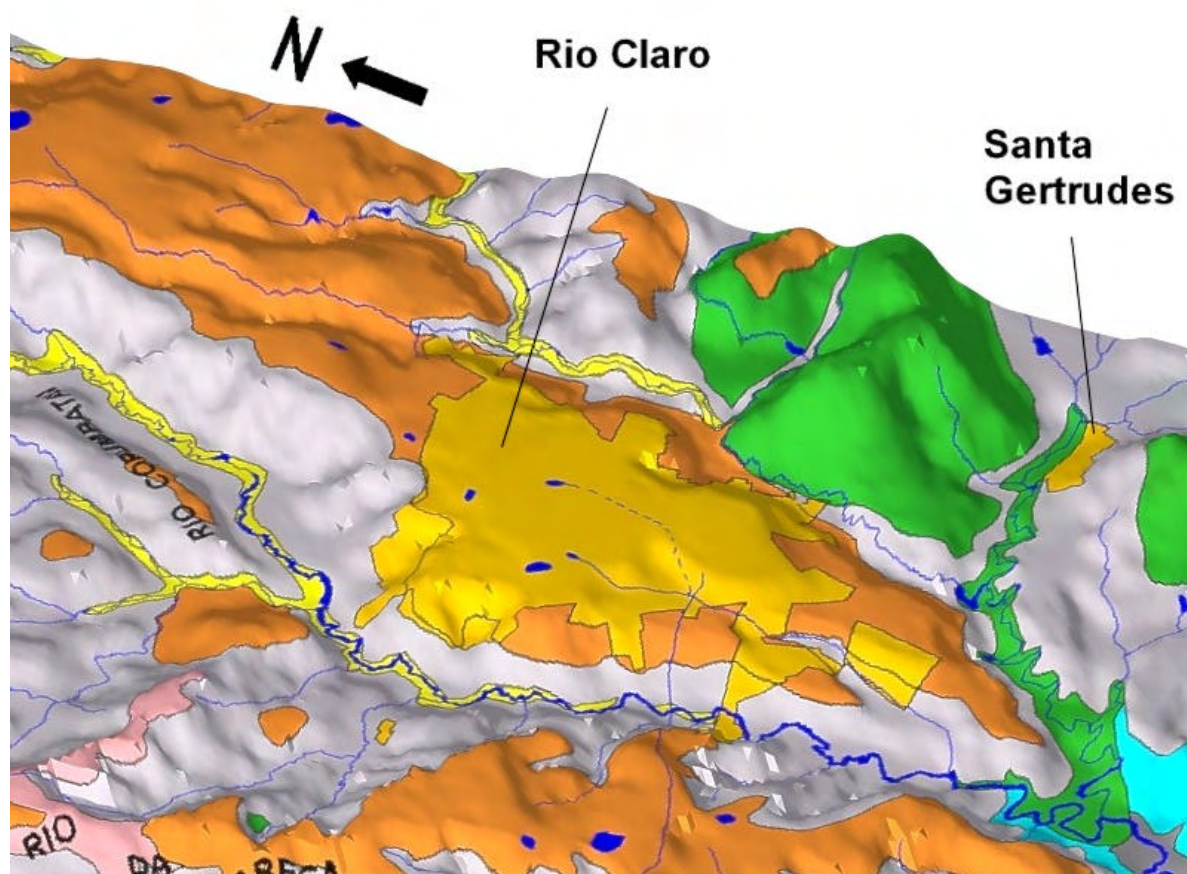
A área corresponde aos municípios de Rio Claro, Santa Gertrudes, Cordeirópolis e Araras, inserindo-se no domínio geotectônico da Bacia Sedimentar do Paraná, estabelecido sobre a plataforma sul americana, em um embasamento cratônico consolidado no Cambro – Ordoviciano, na era Paleozóica (FÚLFARO et al. 1982). Foi nesse domínio que se formou através da atuação dos processos de circundesnudação, o macro-compartimento de relevo denominado Depressão Periférica Paulista (MORAIS REGO, 1932, apud AB’SABER, 1939).

Segundo Mauro et al. (1995) “A gênese desse compartimento de relevo, está associada ao término dos grandes eventos de sedimentação da Bacia do Paraná, que culminaram com a Deposição do Grupo Bauru (Cretáceo Superior), passando a predominar episódios erosivos, condicionados pelas variações ambientais bioclimáticas. A escavação nas bordas da Bacia, deu-se com a superposição da drenagem, adaptada às linhas tectônicas, condicionadas por variações climáticas (climas seco e úmido), que por sua vez condicionaram a ação dos processos morfogenéticos” (Mauro, *op. cit.*, p. 60). Tais características, “juntamente com movimentos ascensionais e pelos mergulhos de horizontal e sub-horizontal dos pacotes sedimentares são responsáveis pela poligenia que caracterizou a erosão linear, com os entalhamentos, da rede de drenagem, a erosão diferencial e a erosão areolar que resultou em superfícies de aplainamento dos topos das cuestas basálticas e na Depressão Periférica Paulista” (Mauro, *op. cit.*, p. 60).

A figura 11 mostra a disposição da Formação Rio Claro, bem como dos aluviões quaternários ao norte da estrutura. O esquema sugere um forte controle morfoestrutural para a sua disposição, controladas pelos lineamentos estruturais e pelos processos de soerguimento desta área, não apenas no Terciário, mas também no Quaternário, como registrado pela drenagem atual, fortemente encaixada nesta zona em contraste com um pequeno represamento a montante.

Essa superfície apresenta inclinação suave em direção ao eixo da bacia de sedimentação de Rio Claro, disposto no sentido geral NNE – SSW, ocupado pelo rio

Corumbataí, e que por ser generalizada na área foi denominada superfície de Rio Claro (PENTEADO, 1969).



Escala: 1:50000

Fonte: Ebert e Bueno (1998)

- Q. Quaternário
- Trc.- Fm Rio Claro
- Tci - Coberturas Indiferenciadas
- Tsr - Fm. Sta Rita do Passa Quatro
- J Ksg - Fm. Serra Geral
- Trp - Fm Pirambóia
- Fc - Fm Corumbataí
- Fi - Fm Irati
- Ft - Fm Tatuí
- Fci - Fm Itararé

Figura 11. Imagem de alta resolução, onde estão representados os lineamentos estruturais e os contornos litológicos sobre o Modelo Digital de Terrenos (MDT) da Folha de Rio Claro.

As vertentes desses interflúvios apresentam colinas suavemente convexas, circunscritas em seus bordos, e limitadas por marcante ruptura de declive, estando niveladas ‘as cotas 580-590 metros (PENTEADO, *op. cit.*, 1969). Essas colinas desdobram-se em patamares escalonados até os vales principais, aspecto este resultante de processos erosivos do quaternário (entre a época da elaboração do topo dos divisores e a atual). Na sua porção inferior apresentam-se freqüentemente capeadas por cascalheiras e identificam-se como o antigo assoalho fluvial, constituindo o nível dos terraços 4 a 6 metros acima das várzeas (PENTEADO, *op. cit.*, 1969). “Altimetricamente, o conjunto desses níveis erosivos quaternários posicionam-se entre 600-650 metros, alto dos interflúvios e o fundo dos vales situados a 500-550 metros, e são bem evidenciados na paisagem pela rarefação da cobertura vegetal nas vertentes do rio Corumbataí” (PENTEADO, *op. cit.*, 1969, p. 30).

- HIDROGRAFIA

O pólo cerâmico de Santa Gertrudes está situado na média Depressão Periférica Paulista, e é drenado a leste pelos rios Mogi-Guaçu e Pardo (ALMEIDA, 1974). A oeste, o rio Corumbataí e Ribeirão Claro, constituem a rede de drenagem principal da área do Pólo Cerâmico, pertencendo à bacia do rio Piracicaba, que por sua vez integra a média bacia do rio Tietê.

Esta rede de drenagem estabeleceu-se provavelmente a partir do Terciário, sendo responsável pelo processo de escavação do relevo.

O rio Corumbataí, com extensão aproximada de 120km, tem suas nascentes na Serra de Santana, a cerca de 800m de altitude e vai desaguar no rio Piracicaba, na cidade de Piracicaba a 470m. No alto curso é encachoeirado e corre em vales estreitos e profundos. Na cidade de Rio Claro, no médio curso, o declive é pequeno, de 2m/km e corre em vales abertos com muitas curvas e meandros. Segundo Zaine et Perinotto (1996), os afluentes do rio Corumbataí são: o Passa Cinco pela margem direita e Ribeirão Claro, na margem esquerda.

A população urbana atendida com abastecimento de água é de 307.646 habitantes. Os altos índices de urbanização, acarretam uma grande produção de resíduos domiciliares, devido principalmente aos hábitos de consumo atuais e a falta de consciência e educação ambiental.

Segundo Cortez (2002), atualmente apenas a cidade de Rio Claro gera entre 110 e 120 toneladas diárias de lixo doméstico, sendo que a disposição desses resíduos já está sendo um problema enfrentado pela administração local . A autora enfatiza que “nas últimas três décadas, em todo o mundo, com o crescimento do consumo dos produtos industrializados e,

mais recentemente, com o surgimento de produtos descartáveis, aliados à explosão populacional dos países do Terceiro Mundo, a geração de lixo vem assumindo proporções que tornam esse assunto uma das principais preocupações de qualquer governante” (*op. cit.*, pg. 38).

Na área do Pólo Cerâmico ocorre um forte assoreamento e erosão acelerada. A atividade mineradora é responsável por grande produção de sedimentos, que são carregados para os canais de drenagem. Palma Silva (1999) verificou que os principais impactos ambientais negativos da Bacia do Corumbataí foram lançamento de esgotos residenciais e efluentes industriais, ocasionando poluição nas águas superficiais e subterrâneas; erosão e assoreamento devido à retirada das matas ciliares, pelas atividades mineradoras; manejo inadequado das áreas agrícolas; predominância de monoculturas na região, especialmente cana-de-açúcar e utilização inadequada dos agrotóxicos.

A figura 12 nos mostra um padrão de drenagem fortemente assimétrico dos afluentes do Corumbataí e Passa Cinco, bem como a localização da cidade de Rio Claro no plano elevado entre o rio Corumbataí e Ribeirão Claro (Platô de Rio Claro). A presença de tributários mais longos nas encostas, indicam que as posições de reverso oeste é compatível com um basculamento das camadas para leste/sudeste. Este modelo permite o reconhecimento de três domínios morfológicos distintos: o relevo de cuestas da Serra de Santana, fortemente dissecado, com cânions e morros testemunhos na porção NW da folha, colinas e morros na faixa central, além do interflúvio amplo e aplainado na porção leste, sobre o qual estão assentadas as cidades de Rio Claro e Ajapi.



Escala: 1:50000

Fonte: Ebert e Bueno, 1998

Figura 12. Padrão de drenagem assimétrico dos rios Corumbataí, Cabeça e Passa Cinco. Localização do Platô de Rio Claro entre os rios Corumbataí e Ribeirão Claro.

- CLIMA E BALANÇO HÍDRICO

A localização geográfica proporciona à região do pólo cerâmico, características de transição climática, explicada por Penteadó (1966) como uma zona de interseção das três grandes correntes de circulação regional:

a) Correntes de noroeste – estão relacionadas às massas Equatorial Continental e Continental Tropical, mais freqüente no verão; influenciam no aumento do calor, das precipitações e umidade do ar, apresentando na área valor médio de 73% (Souza, 1993).

b) Correntes de leste ou de noroeste – estão relacionadas à atuação da Massa Tropical Atlântica, com efeitos variados de acordo com a época do ano. No verão, devido a

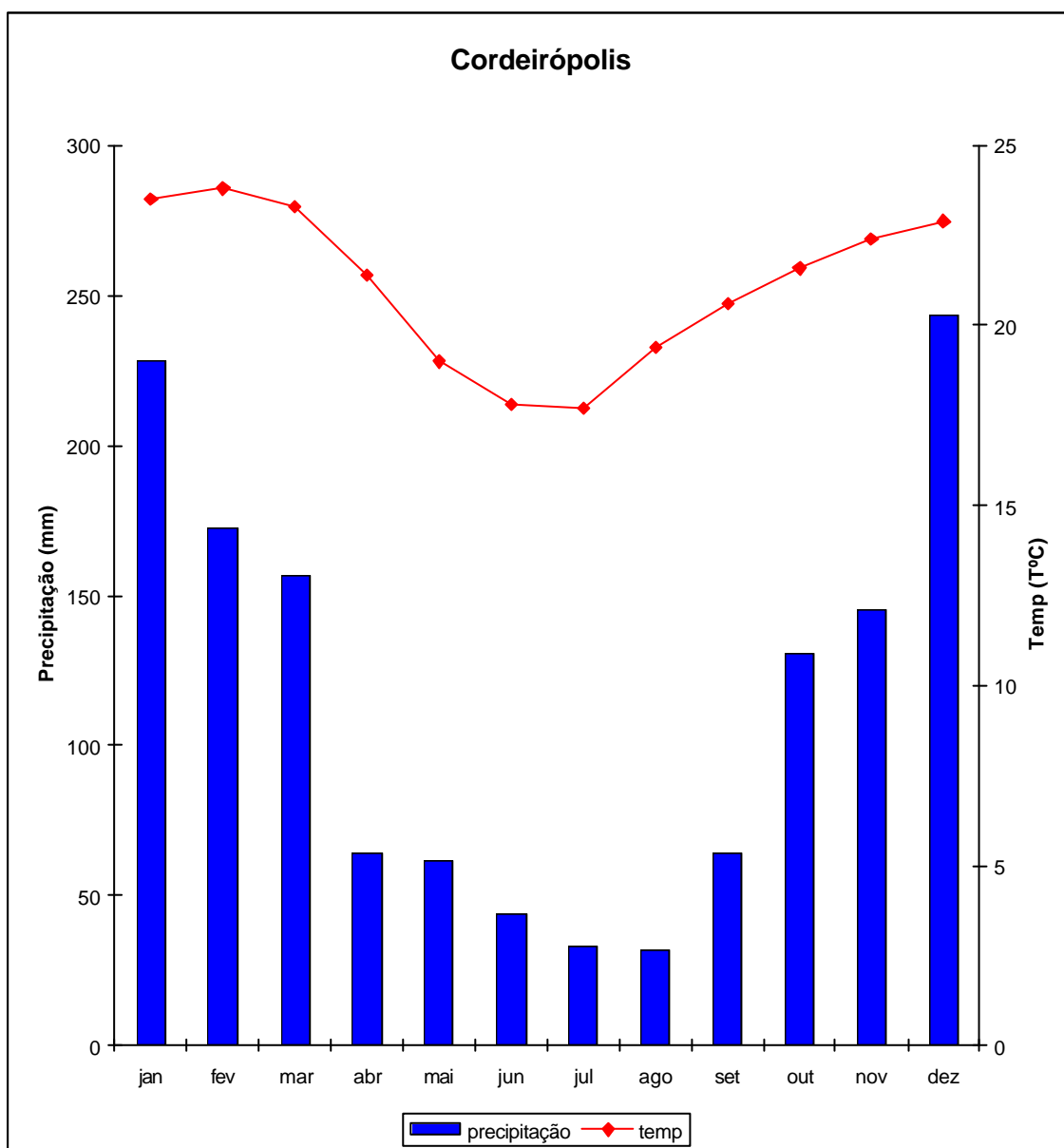
instabilidade basal, geralmente provocam tempos chuvosos; no outono-inverno, graças às condições de estabilidade por resfriamento basal, tempo seco.

c) Corrente do sul – provoca ondas de frio e mecanismos frontais decorrentes do choque das massas Intertropicais e Polares (Frente Polar), responsáveis pela maior parte das precipitações, especialmente no inverno e nas estações intermediárias.

Os ventos, que são deslocamento das massas de ar, podem estar associados aos sistemas anticiclônicos polares (ventos de S, SW e SE), à depressão do interior do continente (ventos de W e NW) e aos anticiclones tropicais marítimos (ventos de E e NE). Em resposta à ação desses sistemas de massa de ar, como notada por Silva (1997 b) apud Marinho (1999), referente ao período de 1981 a 1990, verifica-se a predominância de ventos que sopram de SW para SE, durante todos os meses do ano. Os ventos de S – SE para N – NW estão associados à ocorrência de frentes frias, enquanto que no período de maior calor, ocorre a inversão.

Para Oliveira e Rotta (1973), as características climáticas dessa região apontam para o tipo de clima CWa, segundo Koppen, ou seja, mesotérmico de inverno seco, com verões quentes e chuvosos. A temperatura varia, numa média anual de 28,62°C máxima a 15,57° mínima. Mesmo no inverno, a temperatura não é uniformemente baixa, só ocorrendo dias mais frios quando há avanço da Massa Polar. No verão, a temperatura chega a valores acima de 35°C.

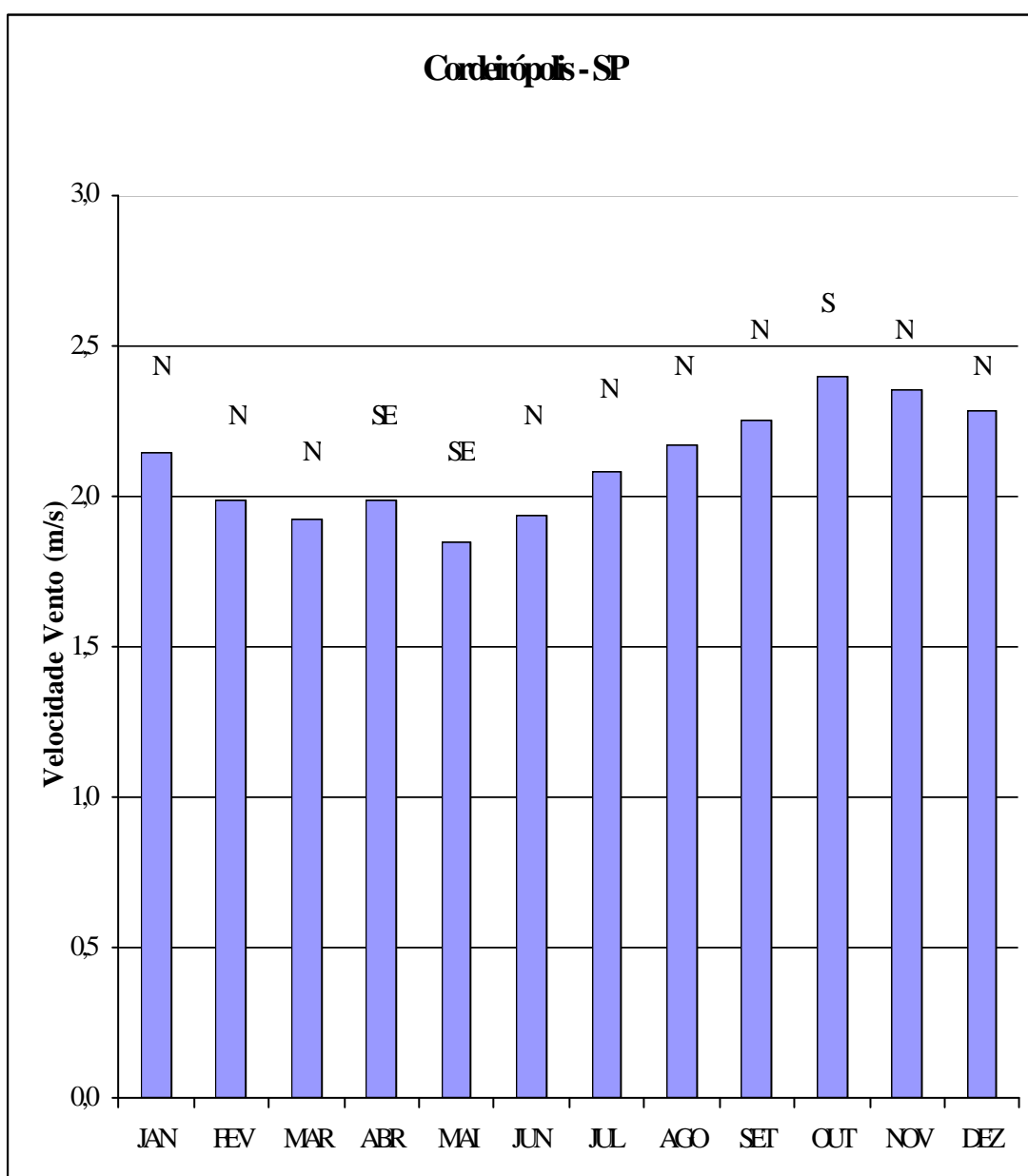
A figura 13 nos mostra as condições climáticas do município de Cordeirópolis, no período de 1961 a 1990, contemplando as condições normais de chuva e temperatura.



Fonte: Centro de Ecofisiologia e Biofísica – Seção de Climatologia Agrícola do IAC

Figura 13. Condições climáticas, temperatura média e precipitação média no município de Cordeirópolis (SP), período de 1961 a 1990. Lat: 22° 32' S; Long: 47° 27' W; Alt: 622m.

A figura 14 nos mostra a predominância da direção do vento, na maioria dos meses do ano, em direção ao norte. De acordo com os dados obtidos na estação Meteorológica de Rio Claro (SP) – CEAPLA (UNESP), os ventos predominantes na região do pólo cerâmico de Santa Gertrudes são do quadrante leste, com intensidade média de 2 m/s (7,2 km/h). Quanto aos temporais com ventos de forte intensidade predominam do quadrante oeste, com velocidade média de 15 m/s (54 km/h).

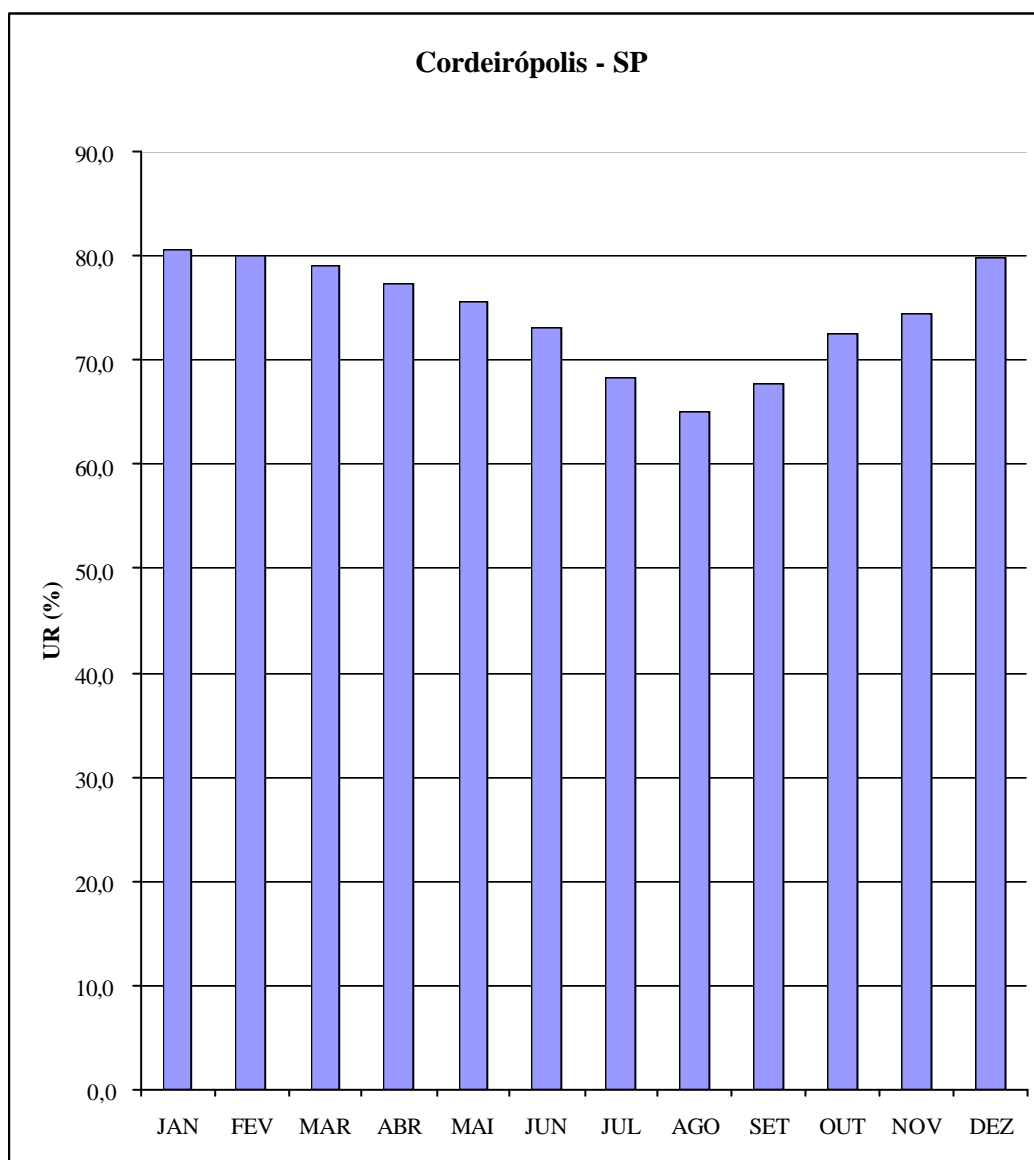


Fonte: Centro de Ecofisiologia e Biofísica – Seção de Climatologia Agrícola do IAC

Figura 14. Direção predominante do vento no município de Cordeirópolis-SP, no período de 1961 a 1990.

Lat: 22° 32' S; Long: 47° 27' O; Alt: 639m.

A figura 15 mostra a umidade relativa do ar no município de Cordeirópolis, no período de 1961 a 1990, onde as maiores concentrações de UR, são observadas nos meses de outubro a abril, oscilando entre os valores de 70% a 80%. Nos meses de maio, junho e julho, os valores indicados variam entre 60% a 70%.

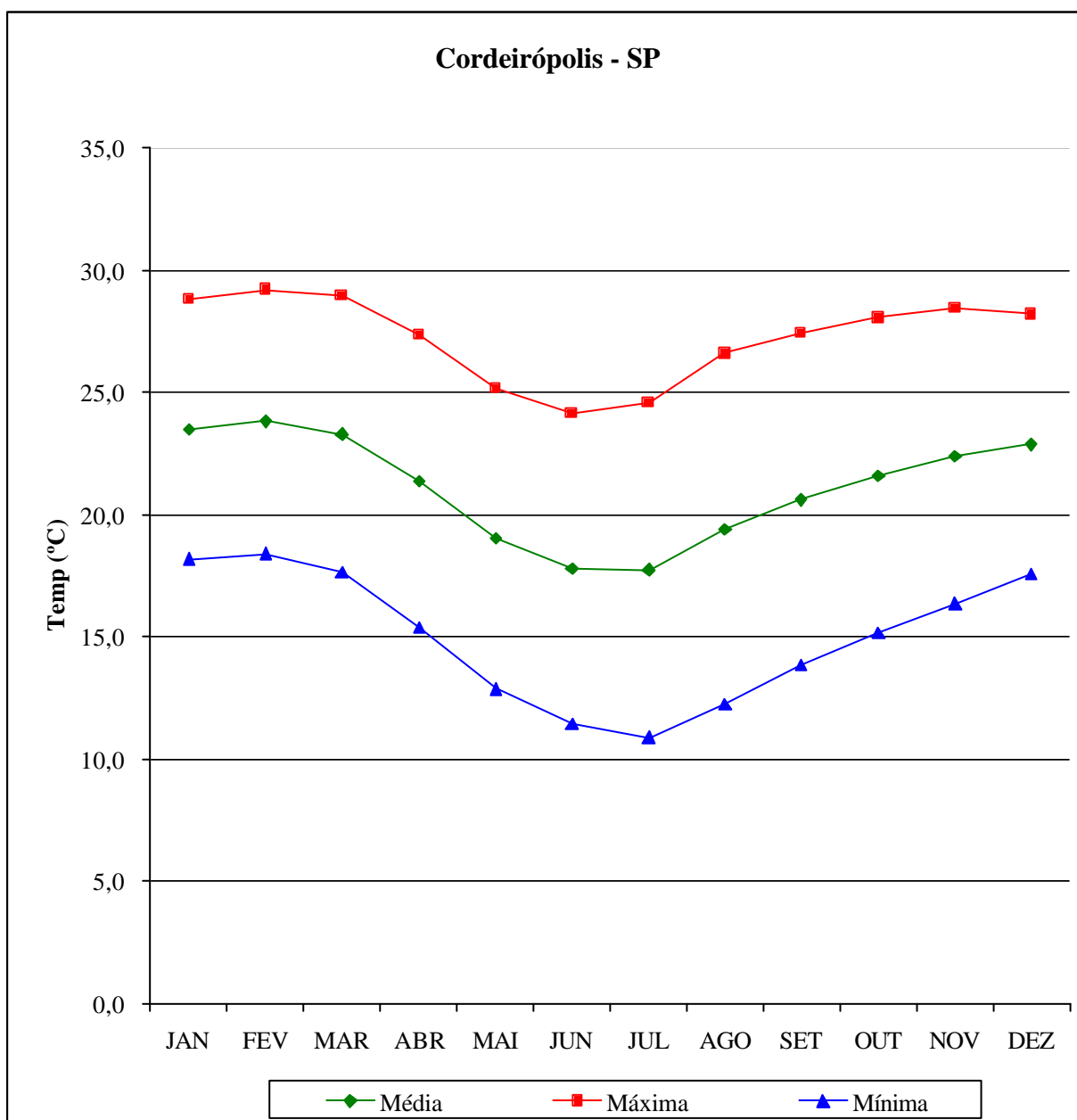


Fonte: Centro de Ecofisiologia e Biofísica – Seção de Climatologia Agrícola do IAC

Figura 15. Umidade Relativa do Ar (%) no município de Cordeirópolis-SP (período 1961 a 1990).

Lat: 22° 32' S; Long: 47° 27' O; Alt: 639m.

A figura 16 nos mostra as oscilações da temperatura durante o ano, contemplando a mínima, média e máxima. Essas oscilações são compatíveis com os dados apresentados na figura 13, que apresenta uma variação da temperatura anual com meses mais quentes de outubro a março, seguida dos meses mais chuvosos no mesmo período. Os meses mais frios, correspondem aos meses com menores índices pluviométricos.



Fonte: Centro de Ecofisiologia e Biofísica – Seção de Climatologia Agrícola do IAC

Figura 16. Temperatura do Ar no município de Cordeirópolis-SP (período 1961 a 1990)

(Lat: 22° 32' S; Long: 47° 27' O; Alt: 639m)

A partir do levantamento dos dados existentes referentes ao Balanço Hídrico Normal (1961/ 90), junto ao Centro de Ecofisiologia e Biofísica – IAC, no município de Cordeirópolis-SP (Tabela 4), obtivemos informações que nos permitiram considerar os períodos mais e menos chuvosos, a média, a máxima, a mínima temperatura do ar. Esses dados contemplam a região estudada e nos forneceram uma visão do excedente e déficit hídrico regional (Figura 17).

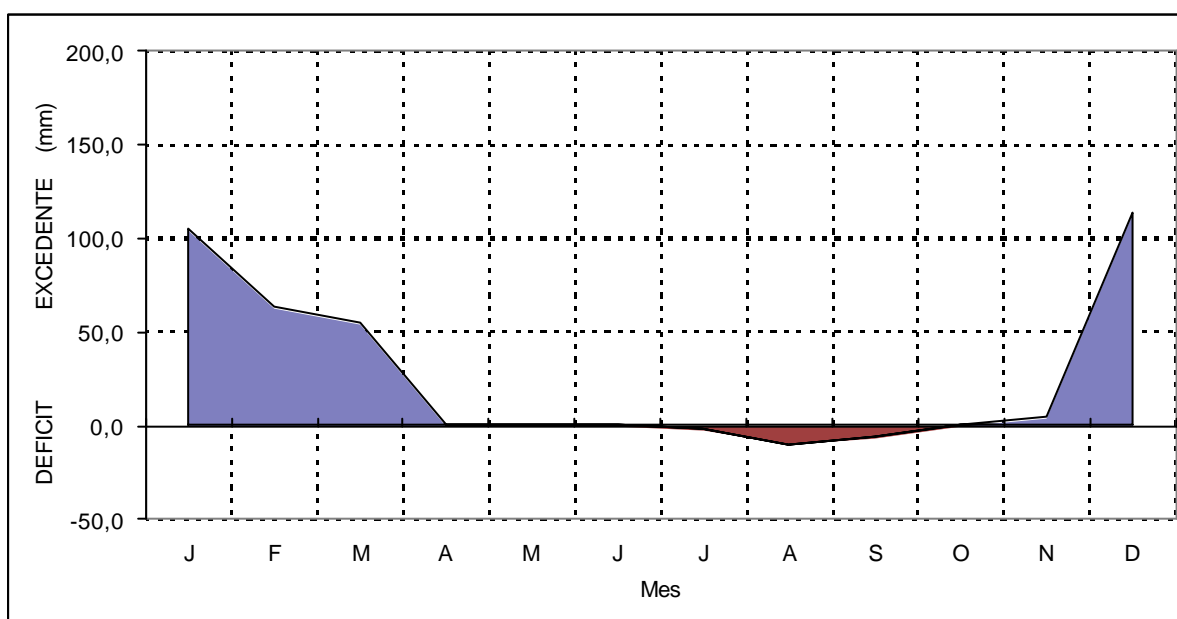
Tabela 4. Balanço Hídrico Normal no município de Cordeirópolis-SP (1961/ 1990).

Mes	TMed °C	PREC mm	ETP mm	ETa mm	P-ETP mm	CAD mm	EXC mm	DEF mm
J	23,5	228	124	124	104	125	104	0
F	23,8	173	110	110	63	125	63	0
M	23,3	157	103	103	54	125	54	0
A	21,4	64	76	75	-12	114	0	1
M	19,0	62	59	59	3	117	0	0
J	17,8	44	48	48	-4	113	0	0
J	17,7	33	52	49	-19	98	0	3
A	19,4	32	66	55	-34	75	0	11
S	20,6	64	80	73	-16	66	0	7
O	21,6	131	102	102	29	95	0	0
N	22,4	145	111	111	34	125	4	0
D	22,9	234	121	121	113	125	113	0
ANUAL	21,1	1367	1050	1029	317		338	21

TMed – Temperatura média
 PREC – Precipitação (mm)
 ETP – Evapotranspiração potencial
 ETa – Evapotranspiração atual
 P-ETP- Precipitação menos evapotranspiração potencial
 CAD – Capacidade de água disponível
 EXC – Excedente hídrico
 DEF – Déficit hídrico

[125 mm. Local: Cordeirópolis (Limeira) – SP (IAC: D4-IAC02) - segundo o método de Thornthwaite & Mather (1955). Lat. 22°32'S; Long. 47°27'W; Alt. 639m].

O balanço hídrico é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Através da contabilização do suprimento natural da água ao solo, pela chuva, e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial, e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível, apropriada ao estudo em questão, o balanço hídrico fornece estimativas de evapotranspiração real, deficiência hídrica ou excedente hídrico. É um instrumento agrometeorológico útil e prático para caracterizar o fator, umidade do clima. Como mostra a figura 17, de outubro a março, há um excedente hídrico e de abril a setembro, um déficit hídrico, na região estudada.



Fonte: Centro de Ecofisiologia e Biofísica – IAC, (1961-90)

Figura 17. Balanço Hídrico Normal – Cordeirópolis-SP (IAC:D4-IAC02).

GEOLOGIA

A Depressão Periférica Paulista constitui parte integrante da Bacia de Sedimentação do rio Paraná. Estudos recentes sobre esta bacia têm revelado a existência de cinco seqüências estratigráficas distribuídas no tempo e no espaço, conferindo a superposição de três bacias do Paraná, segundo Hasui et al. (1989). A primeira bacia do Paraná compreenderia as seqüências siluriana/devoniana, a segunda bacia, as seqüências carbonífera/permiana e a terceira bacia, as seqüências triássica/jurássica/eo-cretácica.

Segundo os mesmos autores, o processo de sedimentação na Bacia do Paraná teve início no Eo-Meso-Cretáceo, após o magnetismo basáltico, a partir de uma reestruturação tectônica e estrutural do espaço ocupado pela Bacia e pela margem atlântica através de sua faixa costeira, acarretando no Cretáceo Superior o início do levantamento da Serra do Mar.

Na área do pólo cerâmico de Santa Gertrudes ocorrem especificamente unidades litoestratigráficas da borda nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, constituindo-se de sedimentos paleozóicos do Grupo Tubarão (Formações Itararé e Tatuí), do Grupo Passa Dois (Formações Corumbataí e Irati), do Grupo São Bento (Formação Pirambóia), pelas rochas intrusivas básicas, sob a forma de “sills” e diques de diabásio, e por depósitos quaternários (Formação Rio Claro e aluviões). Segundo Lima (1994) *apud* Penteadó (1966b), de maneira geral, os sedimentos arenosos do Triássico e Neoceno-zóico ocupam a maior parte da superfície do município de Rio Claro (Penteadó, 1966b), conforme os dados da tabela 5.

De acordo com Silva, (2001), de forma simplificada, a área de estudo pode ser entendida, geologicamente, pela existência de três pacotes, da base para o topo:

- Um copo ígneo de diabásio, em forma de *sill*.
- Um pacote sedimentar representado pela Formação Corumbataí, caracterizado principalmente pela presença de fraturas.
- Um pacote sedimentar, heterogêneo, indiferenciado e recente, formado por solo de alteração (principalmente da Fm. Corumbataí), aluviões e áreas aterradas.

Este último pacote é o maior interesse a esta pesquisa, por estar sob influência direta de ações antrópicas, particularmente de indústrias locais.

Tabela 5. Quantificação das classes de formações geológicas superficiais da área do Município de Rio Claro, em km² e porcentagem.

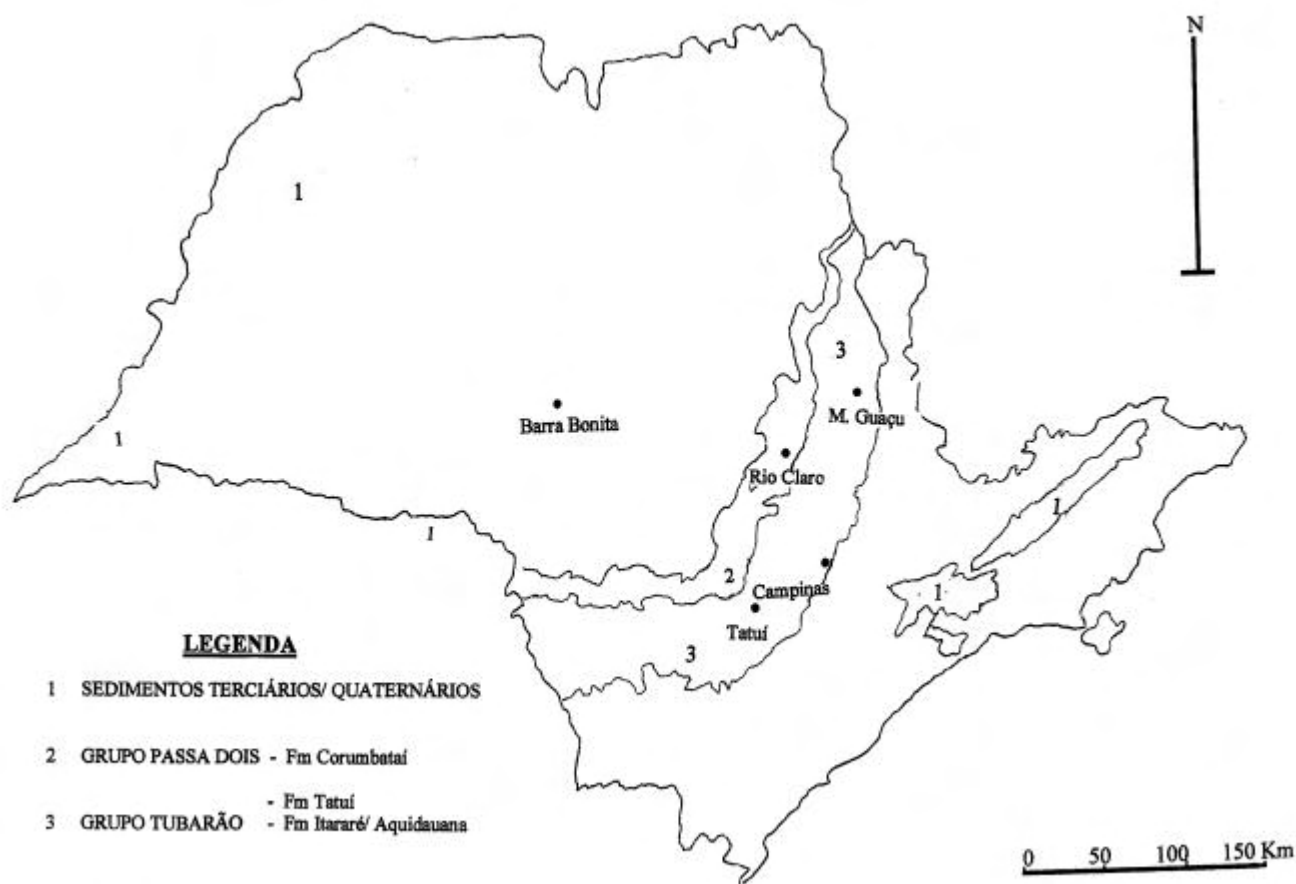
Classe	Área (km ²)	%
Aluviões	15,39	3,04
Fm. Rio Claro (Trc)	134,	26,58
Coberturas indiferenciadas	4,16	0,82
Intrusivas básicas	26,71	5,28
Fm. Pirambóia (Frp)	64,95	12,85
Fm. Corumbataí (Pc)	201,15	39,78
Fm. Irati (Pi)	20,03	3,96
Fm. Tatuí (Pt)	12,69	2,51
Fm. Itararé (Pci)	15,70	3,11
Falha	0,86	0,17
Coberturas não discriminadas	4,61	0,91
Rio, lago	4,97	0,98

Fonte: Penteado (1966b), *apud* Lima (1994).

As argilas para Cerâmica Vermelha são amplamente produzidas no Estado de São Paulo, registrando-se, em quantidades variáveis, em grande parte dos 572 municípios que o integram.

Segundo Gaspar (1998), geologicamente o Estado de São Paulo possui diversos pacotes rochosos que comportam depósitos argilosos expressivos, Esses depósitos concentram-se predominantemente na Depressão Periférica Paulista (RUIZ et al. 1987) Dentre as unidades litoestratigráficas que mais se destacam como portadoras de depósitos figuram: no grupo Tubarão, as Formações Itararé, Aquidauana e Tatuí; e no Grupo Passa Dois, a Formação Corumbataí, cujas distribuições podem se vistas na figura 18 .

As matérias primas, segundo Gaspar (*op. cit.*), são extraídas a céu aberto, onde são escolhidos os níveis argilosos mais expressivos.

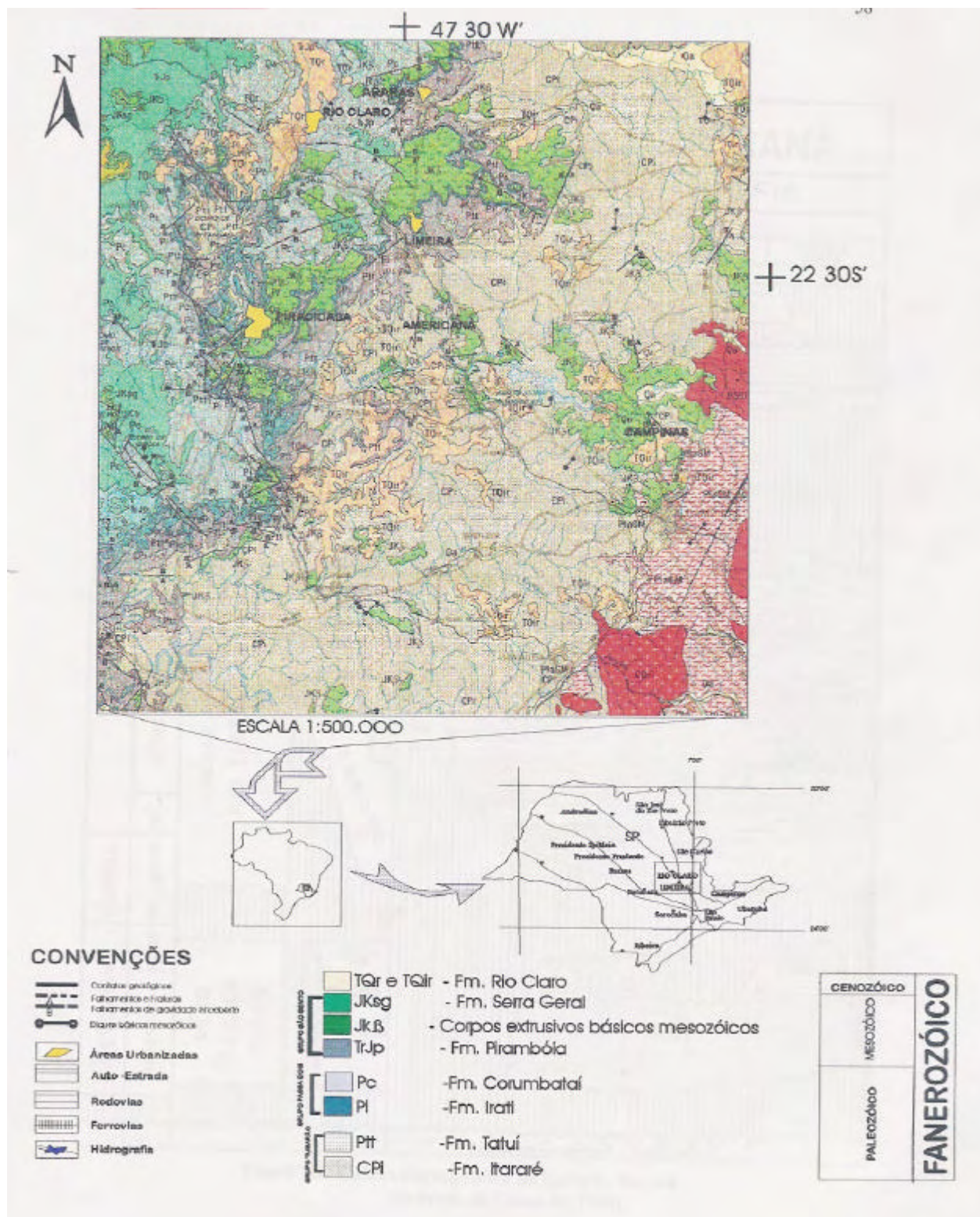


Fonte: Ruiz et al. (1987)

Org: Fahl (2003)

Figura 18. Unidades litoestratigráficas – Fontes de Argila utilizadas em cerâmica vermelha.

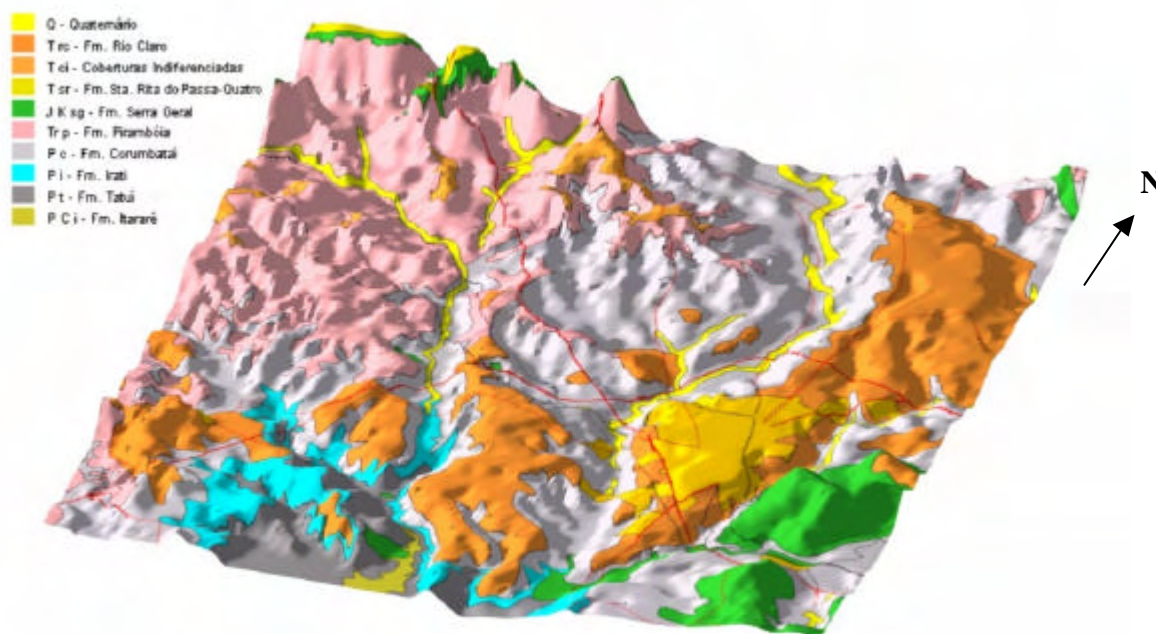
De acordo com as informações contidas na figura 19, sobre as formações geológicas do Estado de São Paulo é possível reconhecer na área do Pólo Cerâmico uma variação lito-estrutural representada por sedimentos Paleozóicos da Formação Tatuí (PT), da Formação Irati (Pi) e da Formação Corumbataí (Pc); e de idade mesozóica ocorrem os sedimentos da formação Pirambóia (Trp) e as rochas intrusivas básicas (V). As demais ocorrências de idade cenozóica estão associadas às formações superficiais aluvionares, coluvionares e terraços fluviais.



Fonte: IPT (1981)

Figura 19. Mapa Geológico da Região do pólo cerâmico de Santa Gertrudes (modificado de IPT, 1981)

De acordo com Bueno et al. (1998), a figura 20 nos mostra diferentes formações geológicas, onde são visíveis no modelo apresentado, a relação existente entre os aspectos geológicos e fisiográficos, como a Serra de Santana, sustentada pelos derrames basálticos da Fm. Serra Geral, as depressões das bacias dos rios da Cabeça e Corumbataí, constituídos por argilitos da Fm. Corumbataí. Aí o relevo apresenta-se muito dissecado, bem como seus aluviões quaternários. Ao sul da folha são visíveis as formações Tatuí e Itararé, alçadas tectonicamente na região, conhecida como Domo de Pitanga. O modelo, permite uma visualização simultânea de dados fisiográficos e geológicos do terreno, constituindo poderosa ferramenta para análise e representação de dados para investigações geológicas e morfológicas.



Fonte: Ebert e Bueno (1998)

Escala: 1:50.000 (Folha de Rio Claro)

Figura 20. Modelo Digital de Terreno representando as unidades litoestratigráficas, rodovias municipais e intermunicipais e limites urbanos.

- COBERTURA VEGETAL

Segundo Toppmair (1975), a vegetação primitiva correspondente aos municípios próximos a Rio Claro e Santa Gertrudes era composta pela **mata latifoliada tropical perene**, que recobria os solos de terra roxa resultantes da decomposição básica. Essa formação vegetal foi definida, “como apresentando uma estação seca bem marcada, que condiciona a periodicidade de sua vida vegetativa, que é caracterizada pela perda de folhas durante a estação seca, sendo que o número de decíduas aumenta progressivamente para o interior”. Alonso (1977) *apud* Berríos (1986, p. 74).

Zaine et al. (1996) destaca que a cobertura primitiva do Estado de São Paulo era de cerca de 80%; correspondente a 20.450.000 ha, até a metade do século passado. As áreas de vegetação natural foram muito reduzidas. Em 1973, constituíam 8,3% equivalente a 2.075.000 ha e em 1985 representavam 2,28%. No período de 1900-92, a região administrativa de Campinas, registrava 204.954 ha de cobertura vegetal primitiva, correspondendo a 0,84% da área original (Instituto Florestal, 1993).

Pagano (1985), observou a vegetação das áreas de mata da Bacia do Corumbataí, identificando manchas esparsas da **mata mesófila⁵ semidecídua**. Entre os municípios de Rio Claro e Araras, a mata original cobria 2.250 ha, hoje restrita a 580 ha, passou a ser derrubada em 1939, a partir do avanço das culturas de milho e feijão. O autor ainda destaca o índice de diversidade de espécies encontradas no estado de São Paulo, daí a importância de se conservar o patrimônio genético dessa área. Nas bordas da mata, verifica-se a presença de vegetação secundária, caracterizada por árvores de grande porte e com predomínio de arbustos de médio e pequeno porte, muito próximas também, de áreas de cultivo de cana de açúcar. A queimada da cana representa sérios riscos de incêndios florestais, através de técnicas inadequadas, além de provocar o esgotamento dos nutrientes, problemas do solo por agrotóxicos e de poluição do ar.

Camargo (1988), descreve a **mata latifoliada tropical de encosta**, com espécies arbóreas, de troncos retos, com altura predominante entre 10 e 20 m, podendo atingir 35 m, de copas bem abertas e com sistema radicular pouco profundo. Segundo esse autor o extrato arbustivo, também aparece, na Bacia do Corumbataí.

A figura 21, da folha topográfica de Araras, contempla a presença de matas, dos seus limites atuais e primitivos e das culturas que ocuparam posteriormente esse espaço.

⁵ Plantas mesófilas são que toleram níveis médios de umidade e secas, apenas ocasionais (no lado oposto temos os higrófitos e xerófitos) – Melhoramentos e Editora UNESP. 1998.

O cerrado, definido por Goodland e Ferri (1979), apud Zaine et al. (1996), foi definido, em sentido genérico, como um grupo de formas de vegetação que se apresentam relacionadas à fertilidade do solo. As árvores que atingem 3 metros de altura são chamadas de **campo sujo**, **campo cerrado** (até 4 m de altura), **cerrado** até 6 m de altura e o **cerradão** (em torno de 9 m de altura). Os três primeiros se enquadram no grupo das formações campestres e o último entre as formações florestais.

O núcleo da região do pólo cerâmico de Santa Gertrudes era ocupado originalmente por cerrado, que se estendia, segundo Pagano et al. (1989), apud Zaine (1996), para o norte, em direção a Corumbataí, Analândia, Itirapina, hoje sendo representado por algumas manchas isoladas, em função das atividades econômicas que substituíram a vegetação original.

Ao norte do município de Rio Claro, a vegetação natural está representada por algumas manchas da mata latifoliada tropical, onde destacam-se três áreas dessa vegetação na Fazenda São José (Figura 21).

A tabela 6 contempla os municípios da Bacia do Rio Corumbataí, como áreas definidas pelo CONAMA, por **Áreas de Proteção Ambiental**, **Estação Ecológica** e **Reserva Ecológica** (Unidades de Conservação propriamente ditas e Áreas Correlatas).

Tabela 6. Municípios da Bacia do Rio Corumbataí inseridos em Unidades de Conservação propriamente ditas e Áreas Correlatas.

MUNICÍPIO	APA Corumbataí - Perímetro Corumbataí	APA Piracicaba/ Juqueri Mi- rim - Área I	Estação Ecológica	Estação Experi- mental	Área Natural Tombada	Estância climática	Floresta Estadual
RIO CLARO	X	X	--	--	X	--	X
IPEÚNA	X	X	--	--	--	--	--
CHARQUEADA	X	--	--	--	--	--	--
CORUMBATAÍ	X	X	--	--	--	--	--
ANALÂNDIA	X	X	--	--	--	X	--
ITIRAPINA	X	X	X	X	--	--	--

Fonte: Zaine et al. (1996); Cortez (2002)
Org: Fahl (2003)

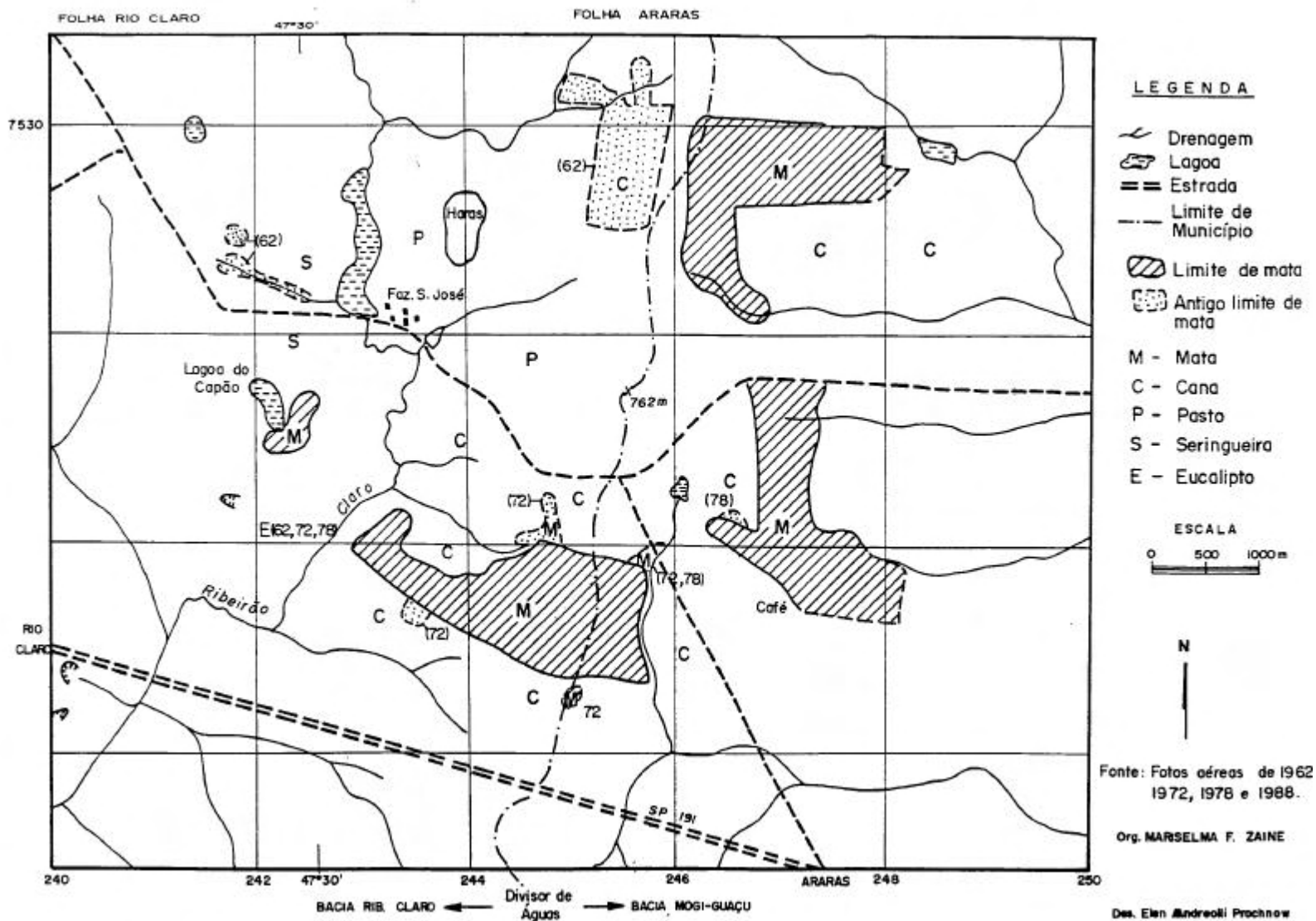


Figura 21. Áreas de mata nativa da Fazenda São José (Município de Rio Claro).

- SOLOS

Na literatura sobre solos do Estado de São Paulo, a maior parte das referências citam que na região de Santa Gertrudes ocorre latossolo vermelho.

Em mapeamento pedológico efetuado na região sudeste do Brasil, RADAM BRASIL (1983), confere à área Latossolo Vermelho Escuro Distrófico (LEd 7); segundo Moniz (1972), predomina Latossolo Vermelho Escuro Orto. No mapa do IAC (1981), há Latossolo Roxo Distrófico (LRd) a Eutrófico (LRe), possivelmente referindo-se à alteração de diabásios presentes regionalmente.

Regionalmente, segundo Oliveira & Prado (1984), 52,5% do levantamento efetuado, abrangendo porções dos municípios de Corumbataí, Rio Claro, Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Limeira e Iracemápolis, equivalem a latossolos (tipos LE, LEa e Lva). São solos ácidos e de baixa fertilidade.

O levantamento mais recente é o de IAC (1999), que adota nova terminologia, segundo o recém publicado Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), (EMBRAPA, 1999). Segundo essa classificação, os solos podzólicos, por exemplo, passam a ser denominados argilossolos, e terras roxas estruturadas, de nitossolos vermelhos.

A figura 22 mostra os solos da região do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, classificados de acordo com a nomenclatura anterior (CAMARGO et al., 1987) e em itálico a classificação com a nova nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, publicada pela Embrapa (1999). Essa classificação foi feita baseada em levantamentos pedológicos, coordenados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no Estado de São Paulo, considerando-se a Folha de Araras (OLIVEIRA et al., 1982) em escala de 1: 500 000.

Legenda:

A primeira letra entre parêntesis indica o símbolo da classe no 1º nível categórico (Ordem) , a segunda e terceira representam o símbolo da classe do 2º nível (Sub ordem). Em itálico, a denominação anterior dada aos solos da classe.

ARGISSOLOS (P)

Podzólicos Vermelho-Escuros Tb, Podzólicos Vermelho-Amarelos Tb

ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA)

Podzólicos Vermelho-Amarelos

PVA-16 - Solos Distróficos A. moderado; textura argilosa e média/ argilosa rel. argilosa; rel. suave ondulado. Aparece no município de Araras

PVA-27 – Solos Distróficos abrupticos; A. moderado; text. arenosa/ média rel. ondulado. Aparecem no município de Rio Claro e Ipeúna.

PVA-29 – Solos Distróficos arênicos; A. moderado; text. arenosa/ média rel. ondulado. Aparecem entre os municípios de Rio Claro e Corumbataí

PVA-31 – Solos Distróficos abrupticos ou não; A. moderado; text. média/ argilosa e rel. ondulado. Aparecem no município de Rio Claro e de Santa Gertrudes.

PVA-32 – Solos Distróficos abrupticos ou não; A. moderado; text. argilosa e média/ argilosa rel. ondulado. Aparece no município de Rio Claro

LATOSSOLOS VERMELHOS (LV)

Latossolos Roxos + Latossolos Vermelho-Escuros

LV-4 – Solos Eutroféricos e Distroféricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos; ambos A. moderado; text. argilosa rel. suave ondulado. Aparecem nos municípios de Rio Claro, Cordeirópolis, Limeira.

LV-6 – Solos Eutroféricos e Distroféricos rel. plano e suave; ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos rel. suave ondulado. Ambos A. moderado e chernozêmico de text. argilosa. Aparece no município de Rio Claro.

LV-9 – Solos Eutroféricos e Distroféricos, rel. suave ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos rel. ondulado. Todos A. moderado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos A. moderado e chernozêmico rel. ondulado. Todos text. argilosa. Aparecem nos municípios de Santa Gertrudes e Rio Claro

LV-28 – Solos Distroféricos A. moderado e proeminente e Eutroféricos; A. moderado + LATOSSOLOS VERMELHOS. Distróficos A. moderado. Todos rel. suave ondulado + NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutroféricos e Distróficos; A. chernozênico e moderado rel. ondulado. Todos textura argilosa. Aparece no município de Iracemápolis.

LV-58 – Solos Distróficos A. moderado de text. argilosa + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; A. húmico de text. média e argilosa. Ambos rel. suave ondulado e plano. Aparecem nos municípios de Iracemápolis e Cordeirópolis.

LV-69 – Solos Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos e Eutroféricos. Todos com text. argilosa rel. suave ondulado + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos de text. média e argilosa, rel. suave ondulado e plano. Todos A. moderado. Aparecem no município de Araras.

LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LVA)

Latossolos Vermelho-Amarelos

LVA-4 – Solos Distróficos; A. moderado de textura média rel. suave ondulado. Aparecem no município de Rio Claro

LVA-6 – Solos Distróficos; A. moderado; text. média rel. suave, ondulado e plano. Aparecem no município de Rio Claro.

LVA-38 – Solos Distróficos. A. moderado e proeminente; text. média e argilosa + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos; A. moderado; text. argilosa e média/ argilosa, ambos rel. suave ondulado. Aparecem no município de Cordeirópolis.

LVA-44 – Solos Distróficos; A. moderado, text. argilosa e média; rel. suave, ondulado e plano + GLEISSOLOS HAPLICOS e MELÂNICOS. Ambos rel. de várzea. Aparecem no município de Araras.

NEOSSOLOS LITOLICOS (RL)

Solos Litólicos

RL-5 – Solos Eutróficos A. moderado e chernozênico, rel. forte, ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos e Distroféricos latossólicos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos. Ambos A. moderado, rel. suave, ondulado. Todos text. argilosa. Aparecem na proximidade do município de Corumbataí.

RL-7 – Solos Eutróficos; A. moderado ou chernozênico, rel. ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos; A. moderado, rel. suave ondulado. Ambos text. argilosa + ARGILOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, abrupáticos de textura arenosa/média, rel. suave, ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos e Eutroféricos de text. argilosa, rel. ondulado. Ambos A. moderado. Aparecem entre os municípios de Analândia e Corumbataí.

RL-14 – Solos que resultam da associação de NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos Tb de text. média + CAMBISSOLOS HAPLICOS Tb Distróficos de text. média ou argilosa. Ambos A. moderado + AFLORAMENTO de ROCHAS. Todos rel. montanhoso. Aparecem no município de Rio Claro.

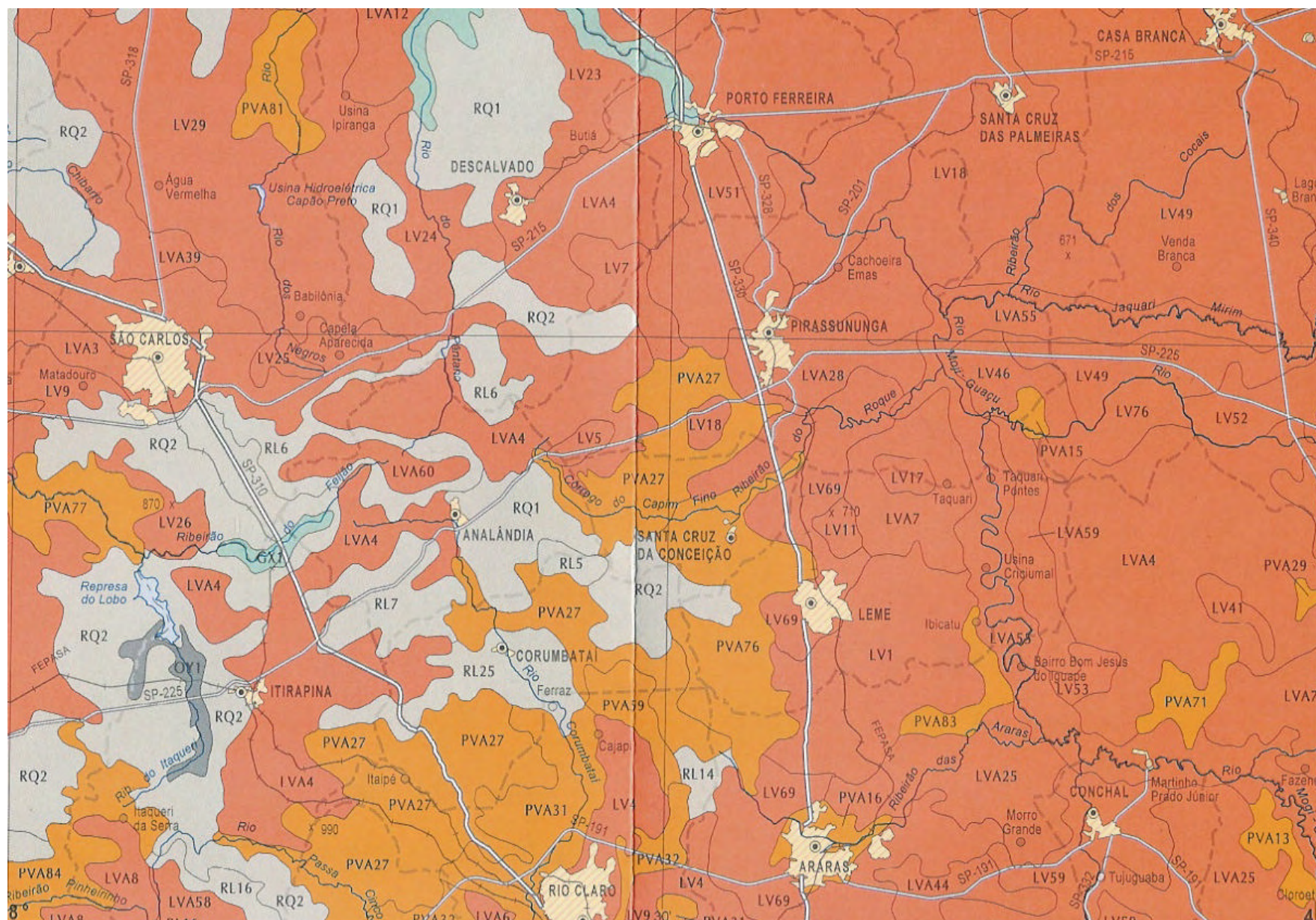
RL-25 – Solos Eutróficos e Distróficos de text. indiscriminada, rel. ondulado + ARGILOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos abrupáticos rel. ondulado. Ambos A. moderado + GLEISSOLOS HAPLICOS e Melânicos. Ambos Distróficos rel. de várzea. Aparecem no município de Corumbataí.

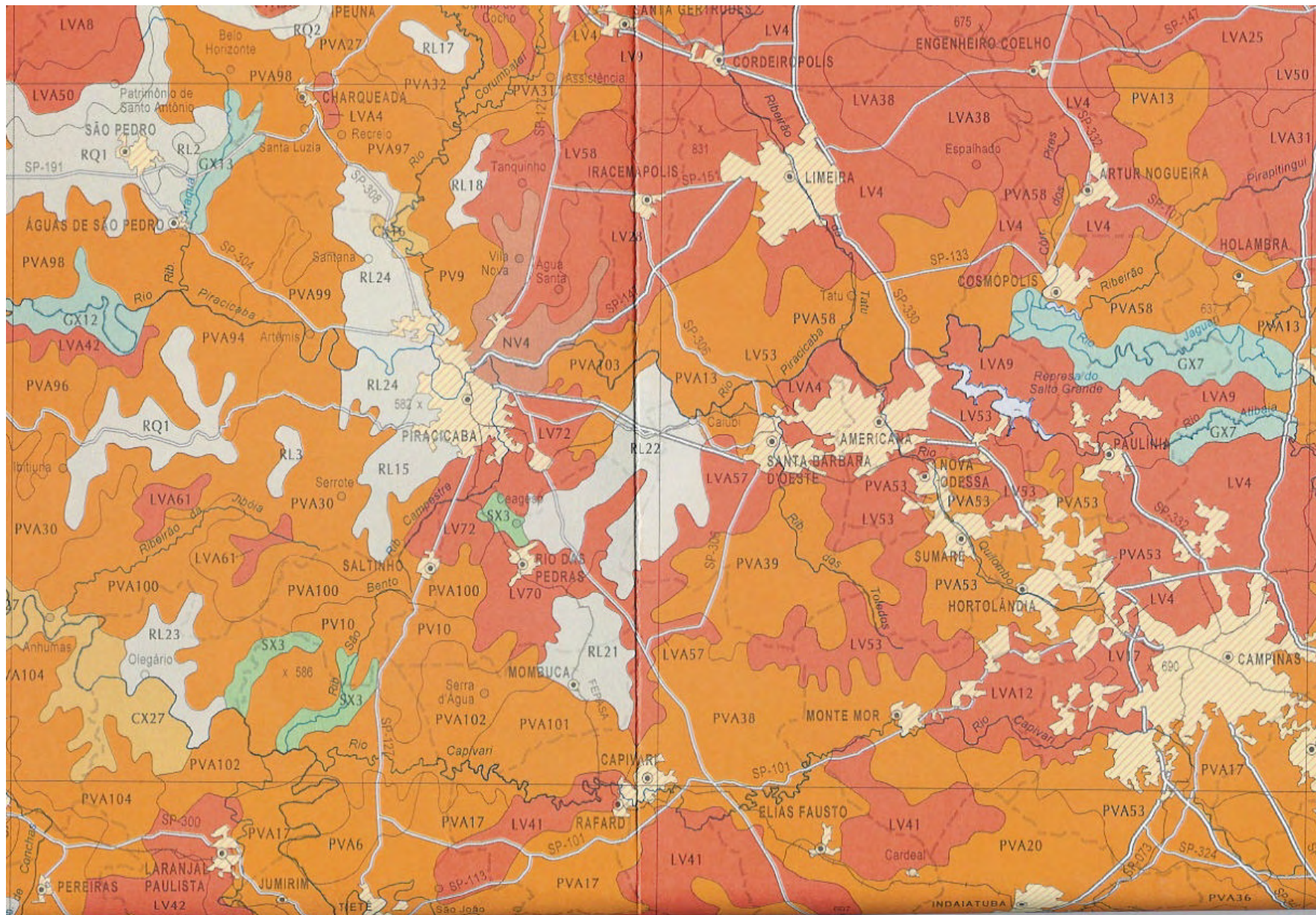
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS (RQ)

Areias Quatzozas, Areias Quartzozas Hidromórficas.

RQ1 – Solos órticos Distróficos; A. moderado rel. suave ondulado e plano. Aparecem no município de Analândia.

Figura 22. MAPA PEDOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (1999)





Fonte: Mapa Pedológico do Estado de São Paulo ; EMBRAPA – Ministério da Agricultura e do Abastecimento; IAC

Escala: 1:500 000 - 1999

Legenda*:**PVA-16** - Solos Distróficos A. moderado**PVA-27** – Solos Distróficos abrupticos**PVA-29** – Solos Distróficos arênicos**PVA-31** – Solos Distróficos abrupticos ou não**PVA-32** – Solos Distróficos abrupticos ou não; A moderado**LV-4** – Solos Eutróficos e Distroféricos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos**LV-6** – Solos Eutróficos e Distroféricos rel. plano e suave**LV-9** – Solos Eutróficos e Distroféricos, rel. suave ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutróficos rel. ondulado. Todos A. moderado**LV-28** – Solos Distroféricos A. moderado e proeminente e Eutróficos; A. moderado**LV-58** – Solos Distróficos A. moderado de text. argilosa + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos**LV-69** – Solos Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos e Eutróficos**LVA-4** – Solos Distróficos; A. moderado**LVA-6** – Solos Distróficos; A. moderado**LVA-38** – Solos Distróficos. A. moderado e proeminente**LVA-44** – Solos Distróficos; A. moderado**RL-5** – Solos Eutróficos A. moderado e chernozêmico, rel. forte, ondulado + NITOSSOLOS VERMELHOS Eutróficos e Distroféricos latossólicos + LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos. Ambos A. moderado**RL-7** – Solos Eutróficos; A. moderado**RL-14** – Solos que resultam da associação de NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos Tb de text. média + CAMBISSOLOS HAPLICOS Tb Distróficos de text. média ou argilosa. Ambos A. moderado
5 – Solos Eutróficos e Distróficos de text. indiscriminada, rel. ondulado + ARGILOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos abrupticos rel. ondulado. Ambos A. moderado**RQ1** – Solos órticos Distróficos; A. moderado

* Solos da área estudada

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com nossas pesquisas, pudemos verificar bibliografia e informações sobre a emissão de fluoretos especificamente no pólo cerâmico de Santa Gertrudes, e seus efeitos sobre espécies vegetais nativas e culturas de valor econômico são inexistentes. Portanto, tivemos que obter todos os dados através de levantamentos “in situ” e devido à grande heterogeneidade ambiental dessa área foram efetuadas investigações de campo com plantas de *Coffea arabica* (café), *Citrus sinensis* (citrus), *Saccarum officinarum* (cana de açúcar) e *Panicum maximum* (capim colônião), visando determinar a concentração de flúor acumulado nas folhas, em função da distância das fontes emissoras.

A proposta de coleta do material vegetal obedeceu à sistematização apresentada na figura 23, na qual são plotados os locais das amostragens, de acordo com suas coordenadas geográficas e altitudes, obtidas através de um GPS (Sistema de Posicionamento Global) GARMIN Mod. 12XL.

Pela mesma figura observa-se que as amostras foram efetuadas ao longo de quatro eixos, convergentes para o ponto central, considerado “Ponto zero”, georreferenciado próximo à antiga estação ferroviária de Santa Gertrudes-SP, representando a área de maior concentração de flúor.

No quadro 4 são apresentados os teores foliares de flúor de plantas das quatro espécies vegetais econômicas (café, citrus, cana de açúcar e capim colônião), coletadas em pontos georreferenciados, no eixo Santa Gertrudes a Analândia-SP, numa extensão de aproximadamente 38 km do ponto considerado como “zero”, referenciado pela antiga estação ferroviária de Santa Gertrudes-SP.

Quadro 4. Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião coletadas em pontos georreferenciados, no eixo Santa Gertrudes e Analândia-SP.

Local Amostra	Latitude S	Longitude W	Altitude m	Distância* Km	Espécies amostradas			
					Café	Citrus	Cana	Colônião
					mgF/m.s Folha			
Sta Gertrudes *	22°27'10"	47°31'37"	590	0	69	80	49	54
Rio Claro	22°25'12"	47°33'05"	610	4	22	49	15	16
Ajapi	22°18'35"	47°32'28"	683	16	6	7	5	7
Morro Grande	22°14'25"	47°33'54"	715	24	8	4	3	3
Ferraz/ Corumbataí	22°14'25"	47°37'30"	690	24,2	5	7	2	1
Corumbataí/ Analândia	22°11'47"	47°37'33"	690	30	3	2	1	1
Analândia	22°08'05"	47°39'22"	680	38	4	2	1	1

* Ponto zero – origem dos eixos de amostragem. Antiga Estação da Fepasa.

** Distância do local de coleta ao Ponto Zero.

De acordo com os dados apresentados, verifica-se que nos materiais vegetais amostrados nas proximidades do ponto zero, os teores de flúor nas folhas, variaram de 49 mg de F/kg m.s. de folha (matéria seca), observado para a cana de açúcar até o valor mais elevado, verificado em folhas de citrus, nas quais, os teores de flúor alcançaram, valores médios de 80 mg de F/ kg de m.s de folha. As folhas de plantas de café e de capim colônia apresentaram valores intermediários de 69 e 54 mg F/kg de m.s. de folha, respectivamente.

Pelo mesmo quadro, observa-se que os teores de flúor em folhas coletadas a uma distância de 4 km do ponto zero, exibiram em média uma queda de 60% em relação aos teores máximos observados em folhas, coletadas nas proximidades do ponto zero. Esses teores continuaram a cair com menor intensidade com o aumento da distância em relação ao ponto zero (Estação Fepasa), apresentando valores relativamente baixos, a partir de dezesseis km em direção ao município de Analândia-SP.

Nesse eixo, os materiais coletados a partir do município de Corumbataí-, apresentaram teores foliares de flúor semelhantes aos teores foliares naturais obtidos de plantas localizados em locais distantes e isentos de fontes emissoras de flúor, coletadas nas proximidades de Gália e Marília-SP (Quadro 5).

Quadro 5. Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônia coletadas em pontos georreferenciados, de áreas isentas de fontes emissoras de flúor.

Local Amostra	Latitude S	Longitude W	Altitude m	Espécies amostradas				
				Café	Citrus	Cana	Colônia	
					mgF/m.s Folha			
Marília	22°17'21"	49°54'37"	672m	3	-	-	-	
Marília	22°08'77"	50°06'79"	639m	-	-	1	-	
Gália	22°16'70"	49°35'82"	671m	-	-	-	1	
Gália	22°16'70"	49°35'82"	671m	-	1	-	-	
Gália	22°16'70"	49°35'82"	671m	2	-	-	-	

Na figura 23, são apresentadas as curvas dos teores de flúor foliar das quatro espécies vegetais estudadas, em função da distância do pólo emissor, representadas por equações exponenciais, que foram as que melhor se ajustaram aos dados obtidos, apresentando um coeficiente de ajuste (R^2) superior a 80%.

Verifica-se por essa figura, que a equação exponencial se ajusta bem a todos os pontos, com exceção dos pontos de teores máximos obtidos, no ponto zero, os quais são subestimados, quando calculados pelas equações, como pode ser visto pelos valores da intersecção exibidos nessas mesmas equações. A mesma figura mostra, que nas proximidades da fonte emissora as maiores acumulações de flúor foram observadas em folhas de citrus e as menores em folhas de cana de açúcar.

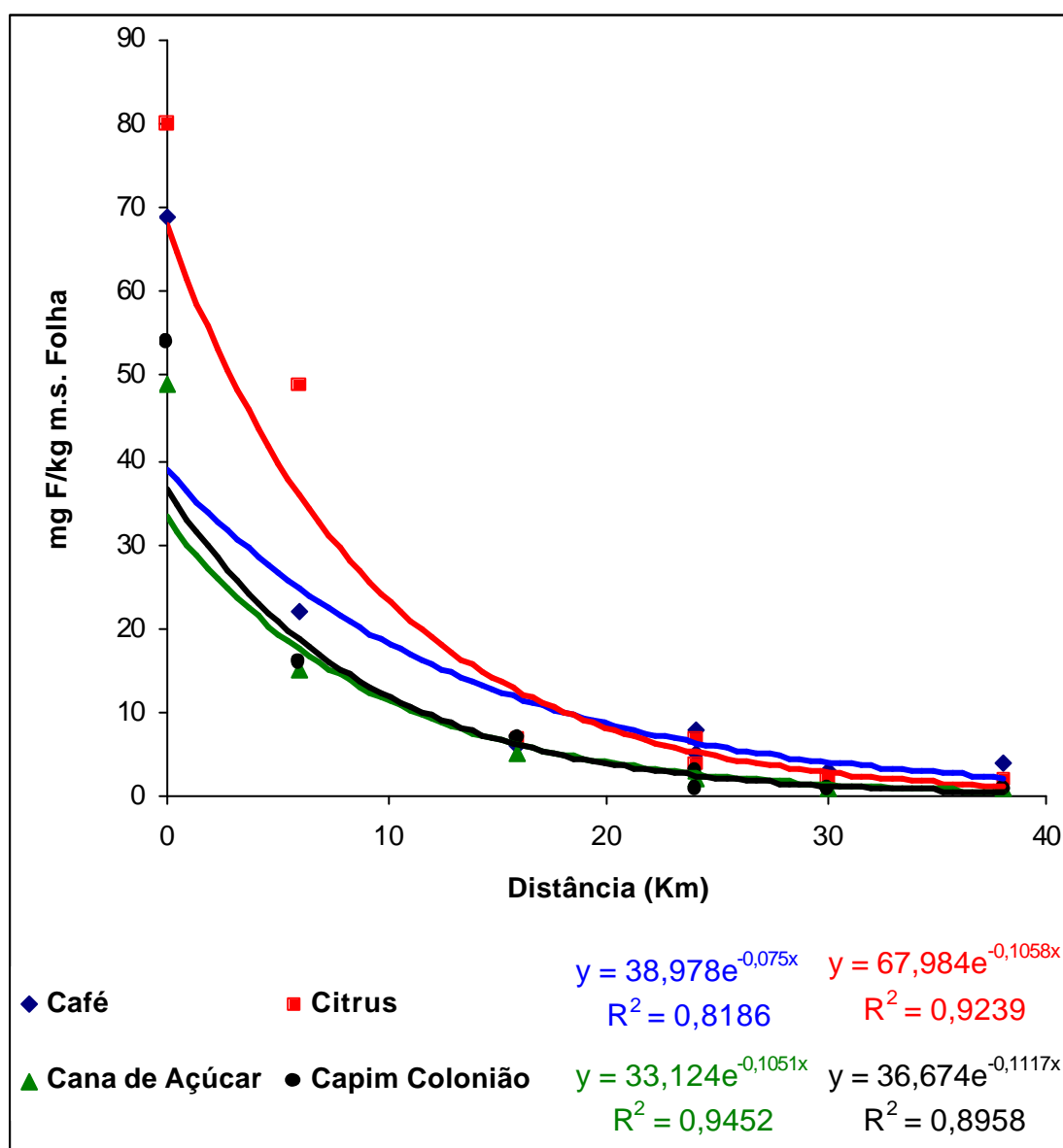


Figura 23. Teores de flúor em matéria seca de folhas de café, citrus, cana de açúcar e capim colonião, no eixo Santa Gertrudes – Analândia-SP.

Considerando a média dos teores foliares de flúor, das espécies dicotiledôneas perenes (cítrus e café), observa-se que eles são superiores aos teores médios das monocotiledôneas (cana de açúcar e capim colonião), como mostra a figura 24. Uma das causas do maior acúmulo de flúor em folhas de cítrus e café, estaria provavelmente relacionado com a maior durabilidade das folhas de café e cítrus em relação às de cana de açúcar e de capim colonião, que proporcionaria mais tempo de exposição ao ambiente contaminado pelo flúor.

Arndt et al. (1995) relata que o tempo de exposição do material vegetal ao ambiente contaminado inclui-se dentre os principais fatores que contribuem para o aumento do teor de flúor na matéria seca dos vegetais. Em trabalho realizado com plantas de café, Fahl et al. (1992) mostra que em período de pleno crescimento da planta, a expansão total de uma folha nova, ocorre em média a cada 45 dias, o que representaria, pelo método de amostragem de folha utilizado, ou seja, retirada do terceiro par de folhas contado a partir do ápice do ramo, que as folhas de café amostradas, tinham no mínimo 90 dias de exposição ao ambiente. Para as plantas de cítrus, o tempo mínimo de exposição seria igual ou superior as do café, podendo alcançar até 120 dias de exposição (SPIEGEL-ROY & GOLDSCHMIDT, 1996). Machado et al. (1982), mostram que folhas de cana de açúcar do terceiro e quarto nó do colmo, contando-se a partir do ápice da planta, teria no mínimo 70 dias de exposição. Idade semelhante teriam as folhas de capim colonião (USBERTI FILHO, J.A., Informação Pessoal, 2003)⁶.

⁶ Fornecidas pelo Pesquisador Científico Dr. José Alfredo Usberti Filho, do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

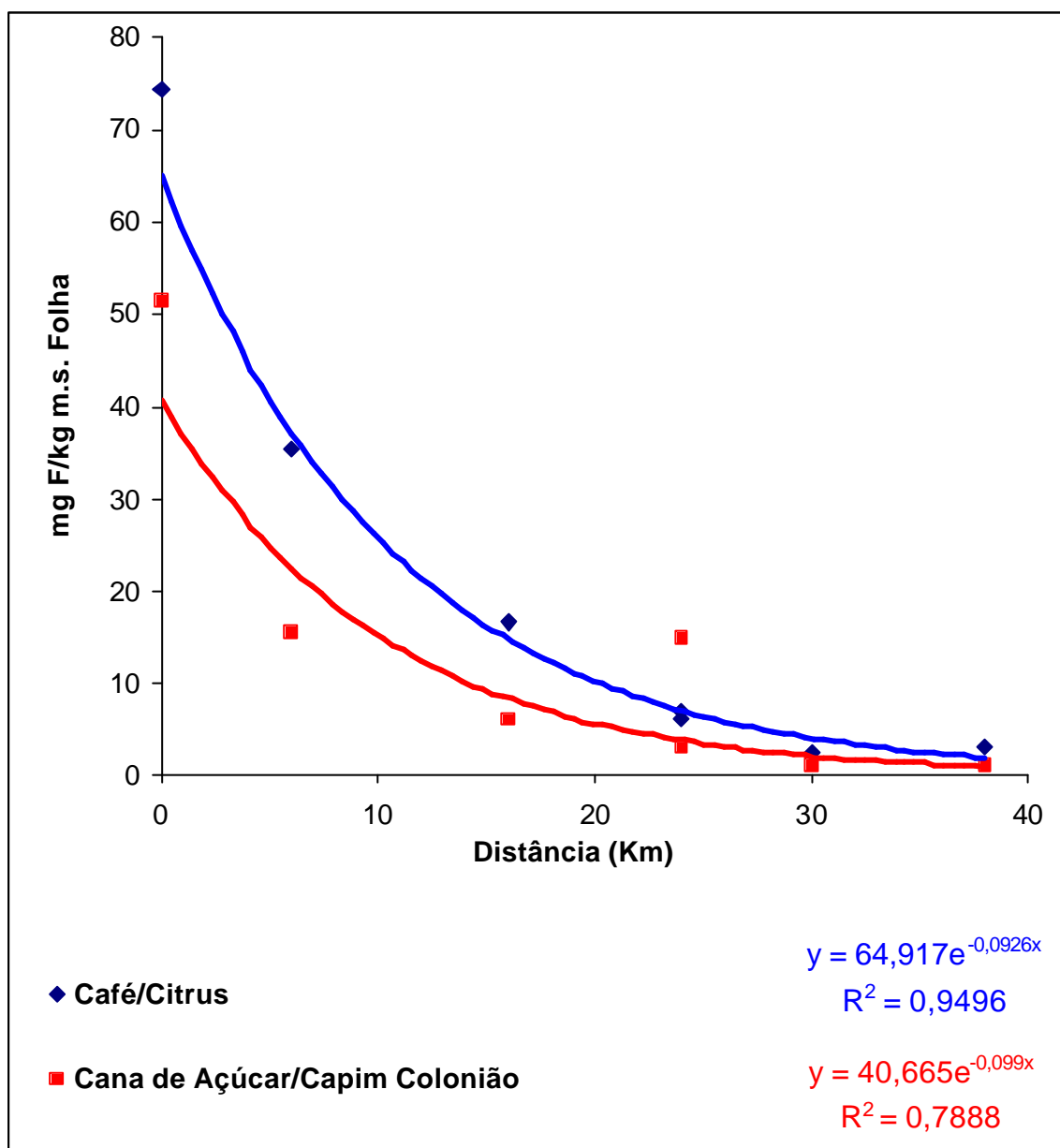


Figura 24. Teores de flúor em matéria seca de folhas de café/ citrus (dicotiledôneas) e cana de açúcar/ capim colonião (monocotiledôneas) no eixo Santa Gertrudes-Analândia-SP.

Arndt et al. (1995) relata que o acúmulo de flúor nos tecidos vegetais, além do tempo de exposição ao ambiente contaminado, deve-se contemplar ainda a concentração do elemento contaminante do ar, a direção do vento, temperatura e umidade do ar.

No quadro 6 e figura 25 são apresentados os teores foliares de flúor das quatro espécies (café, citrus, cana de açúcar e capim colônião), coletados ao longo do eixo Santa Gertrudes-Araras, com orientação sul-nordeste, numa extensão de 23,7 km. Verifica-se que, até a distância de 14,5 km da origem, compreendida entre Santa Gertrudes e Araras, os teores foliares das quatro espécies mantiveram-se acima de 13 mg F/kg m.s. de folha. Teores foliares de flúor inferiores a 10 mg F/kg m.s de folha somente foram verificados em folhas amostradas após a cidade de Araras, a 14,5 km do ponto inicial.

Quadro 6. Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião coletadas em pontos georreferenciados, no eixo Santa Gertrudes/ Araras-SP.

Local Amostra	Latitude S	Longitude W	Altitude m	Distância** km	Espécies amostradas			
					Café	Citrus	Cana	Colônião
					mgF/m.s Folha			
Sta Gertrudes *	22°27'10"	47°31'37"	590	0	69	80	49	54
São Bento	22°26'30"	47°30'03"	701	2,95	33	49	26	40
Sítio Paraíso	22°24'51"	47°29'10"	710	6,0	33	40	24	39
Formadão	22°23'42"	47°28'10"	710	8,7	30	22	25	23
Faz. Santana	22°24'05"	47°27'13"	708	9,4	16	29	23	23
Araras	22°24'43"	47°24'40"	660	14,5	14	19	13	15
Baggio	22°20'47"	47°24'40"	640	16,8	5	9	9	13
Elihut Root	22°19'05"	47°20'55"	660	23,7	4	1	2	4

* Ponto zero – origem dos eixos de amostragem. Antiga Estação da Fepasa.

** Distância do local de coleta ao Ponto zero.

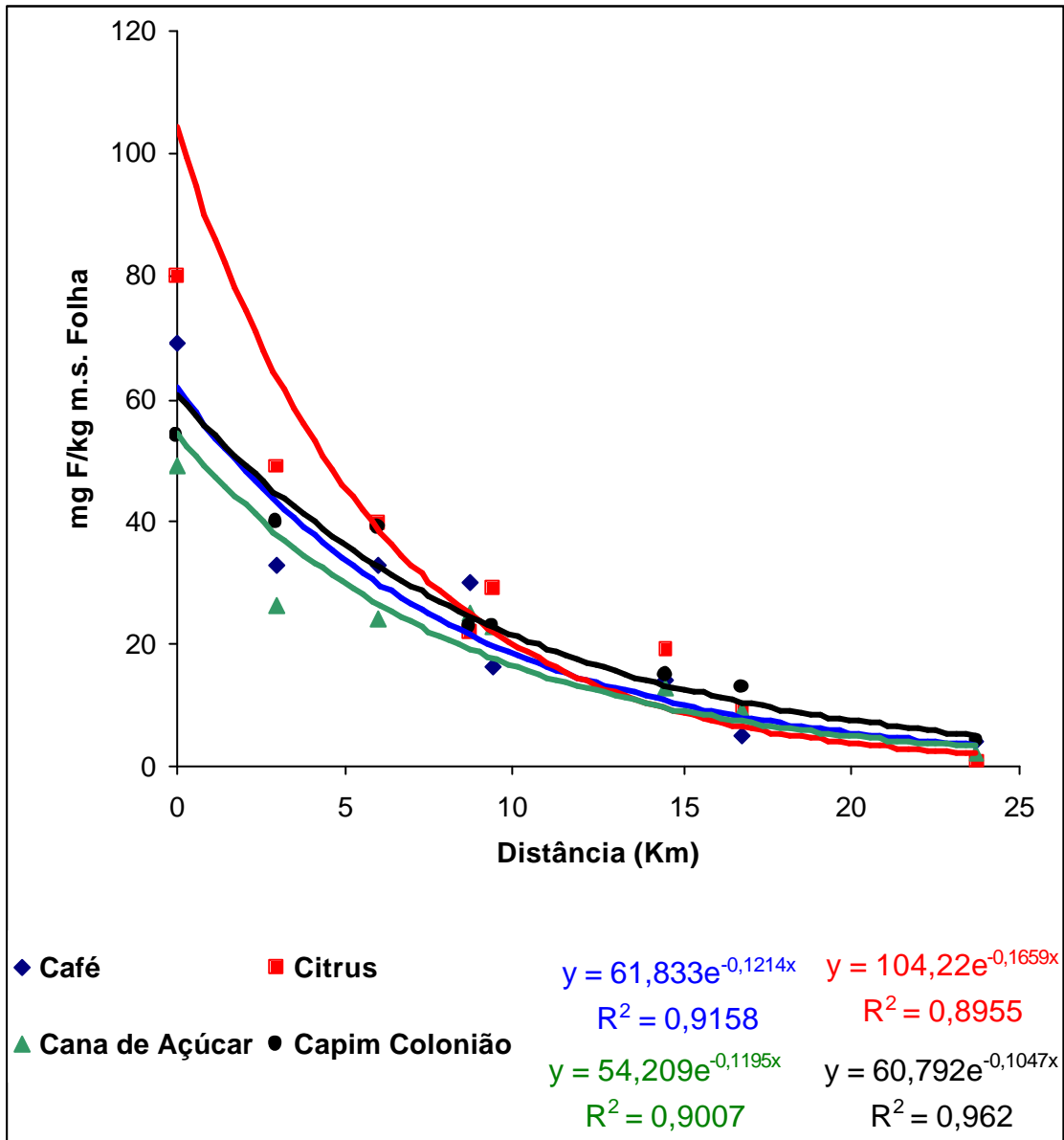


Figura 25. Teores de flúor em matéria seca de folhas de café, citrus, cana de açúcar e capim colonião no eixo Santa Gertrudes-Araras-SP.

As altas concentrações de flúor apresentadas pelas folhas, na área situada entre Santa Gertrudes e Araras, podem ter como causa principal, a manutenção de altas concentrações deste poluente no ar, proporcionado pela somatória da quantidade de flúor, emitido pelas inúmeras indústrias cerâmicas existentes no eixo Santa Gertrudes-Cordeirópolis. Na direção de Araras, as emissões de flúor dessas indústrias exerciam grande impacto, influenciado pelo vento sul e sudeste, predominante na região como mostra a figura 14. A figura 25, ainda mostra como fonte de contribuição para a manutenção de altos teores foliares, na primeira faixa desse eixo, a emissão de flúor efetuada pela cerâmica Antígua, localizada próximo ao km 10 desse eixo.

Como verificado no eixo Santa Gertrudes–Analândia, observa-se a predominância de altos teores de flúor nas folhas de citrus, em relação às folhas das demais espécies. A figura 26, reforça a ocorrência desses elevados teores nas folhas das dicotiledôneas perenes (café e citrus) em relação às monocotiledôneas (cana de açúcar e capim colônia).

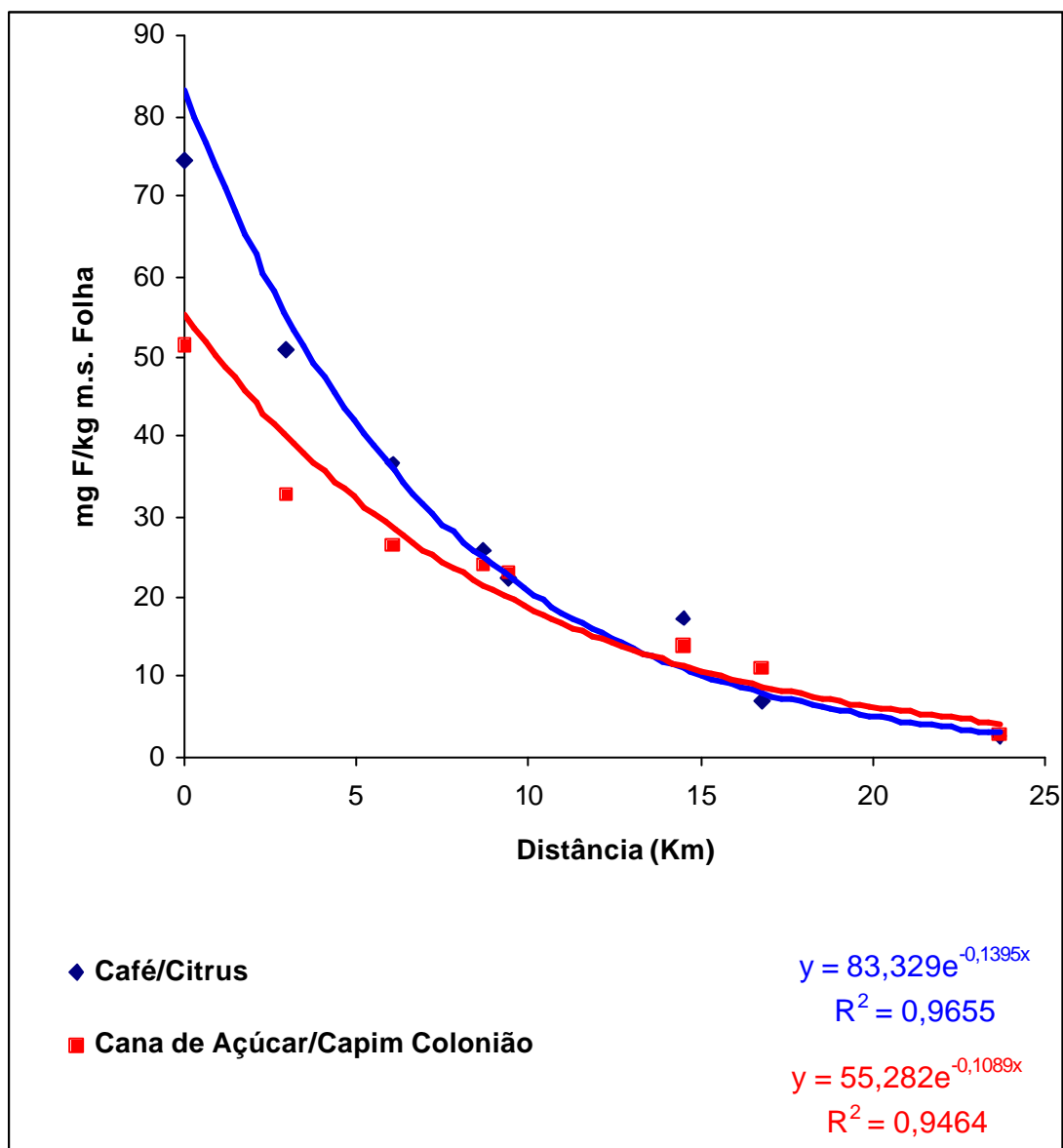


Figura 26. Teores de flúor em matéria seca em folhas de café/ citrus (dicotiledôneas) e cana de açúcar/ capim colonião (monocotiledôneas) no eixo Santa Gertrudes-Araras-SP.

No eixo Santa Gertrudes-Holambra (Quadro 7 e Figuras 27 e 28), orientado no sentido sudeste e com extensão de 41,4 km da origem, verifica-se que as amostras retiradas no km 5,6 no eixo Santa Gertrudes-Cordeirópolis, apresentaram concentrações foliares de flúor relativamente elevadas, em consequência da proximidade de cerâmicas do eixo Santa Gertrudes/ Cordeirópolis.

A partir do km 8,2 e 9,4 (proximidade da entrada da Fazenda Ibicaba e áreas localizadas no Morro Azul), as amostras indicaram quedas sensíveis nos teores de flúor, ocasionados pela inexistência de fontes emissoras deste poluente e pela orientação predominante do vento, que exerce influência contrária à direção das fontes emissoras. Amostras coletadas a 20 km, já revelaram teores de flúor inferiores a 10 mg F/kg.m.s. de folha, alcançando no km 29, valores semelhantes aos teores naturais apresentados no quadro 7. As estimativas de concentrações próximas ao ponto zero, mostram valores semelhantes aos verificados para o eixo Santa Gertrudes-Analândia e inferiores aos observados, no eixo Santa Gertrudes-Araras (Figuras 25 e 26).

Quadro 7. Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colômbio coletadas em pontos georreferenciados, no eixo Santa Gertrudes/ Holambra-SP.

Local Amostra	Latitude S	Longitude W	Altitude m	Distância** km	Espécies amostradas			
					Café	Citrus	Cana	Colômbio
					mgF/m.s Folha			
Sta Gertrudes *	22°27'10"	47°31'37"	590	0	69	80	49	54
Tato Minatel	22°28'05"	47°28'30"	695	5,6	45	42	32	33
Faz. Ibicaba	22°29'57"	47°27'49"	670	8,2	10	14	11	12
Pedágio	22°32'02"	47°25'47"	650	13,5	10	17	11	12
Morro Azul	22°30'58"	47°27',57"	690	9,4	10	19	11	7
Bairro Ferrão	22°31'01"	47°21'14"	677	1,0	7	8	6	6
Bairro Pinhal	22°32'59"	47°18'57"	627	5,0	7	8	1	2
Bairro dos Frades	22°33'36"	47°15'48"	583	10,0	1	1	4	3
B. Córrego Bonito	22°33'15"	47°13'46"	643	12,0	2	1	1	2
Bairro São Bento	22°33'14"	47°11'58"	610	15,0	2	2	2	4
Holambra	22°33'13"	47°11'57"	660	41,4	5	1	3	1

* Ponto zero – origem dos eixos de amostragem. Antiga Estação da Fepasa.

** Distância do local de coleta ao Ponto zero.

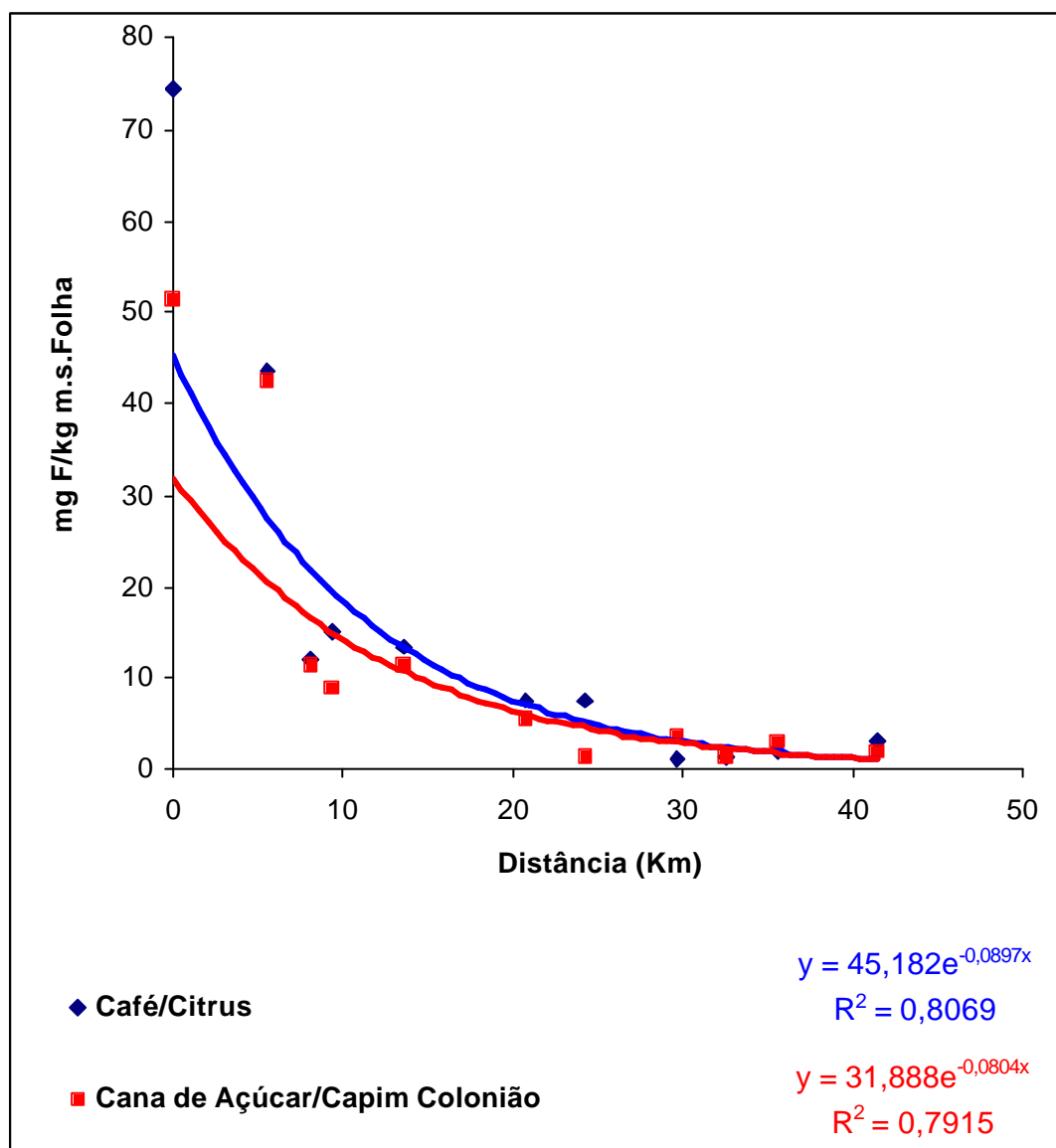


Figura 27. Teores de flúor em matéria seca de folhas de café/ citrus (dicotiledôneas) e cana de açúcar/ capim colonião (monocotiledôneas) no eixo Santa Gertrudes-Holambra-SP.

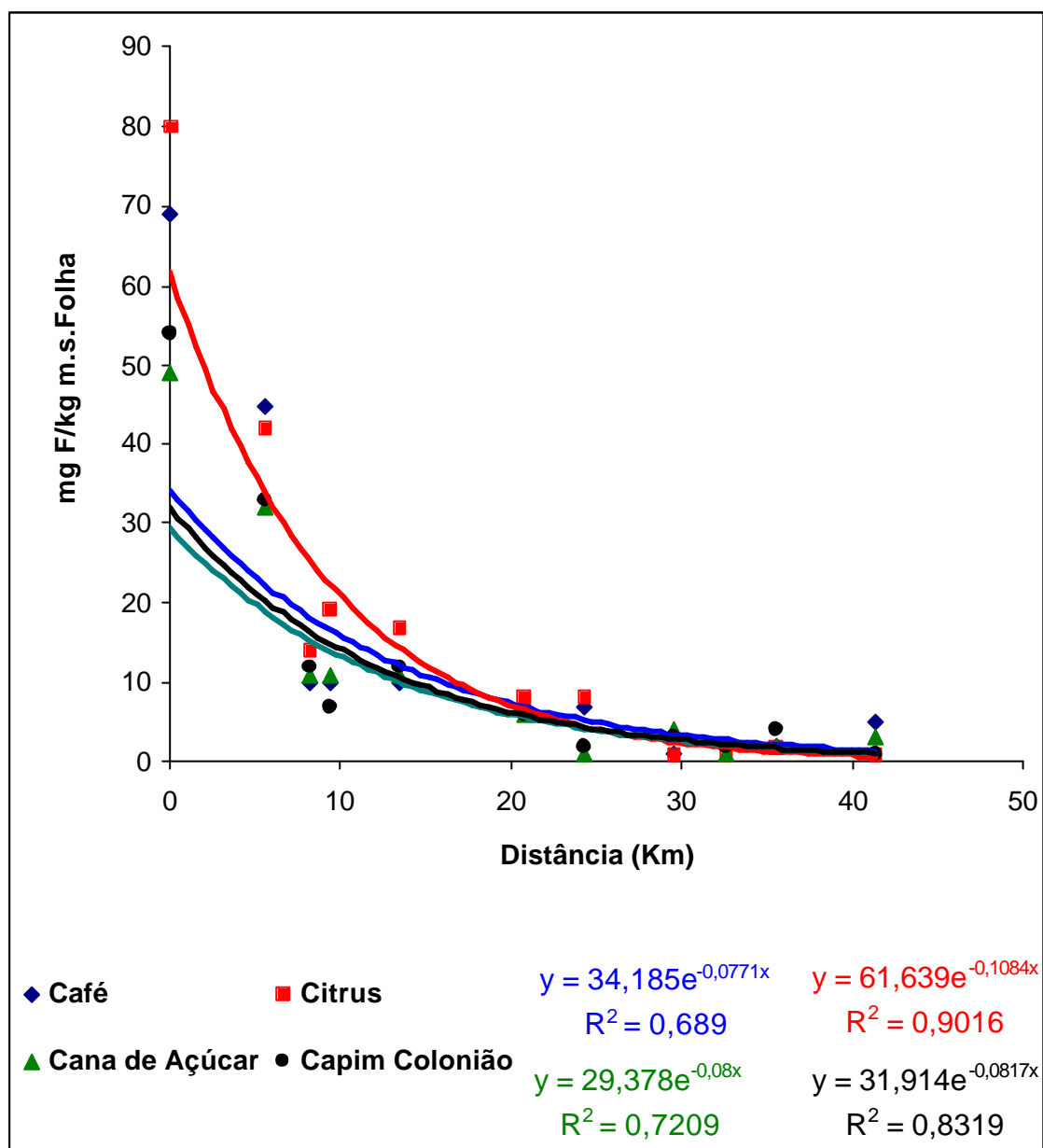


Figura 28. Teores de flúor em matéria seca de folhas de café, citrus, cana de açúcar e capim colonião no eixo Santa Gertrudes-Holambra-SP.

Os teores foliares de flúor do eixo Santa Gertrudes-São Pedro, orientado no sentido sudoeste e com extensão de 36,6 km da origem, são apresentados no quadro 8. Verifica-se, como observamos no eixo Santa Gertrudes-Araras, que os teores de flúor amostrados, mantém-se elevados até o km 12 deste eixo, em áreas localizadas nas proximidades da propriedade “Piconzé”, onde os teores de flúor observados em folhas de café, indicam 32 mg F/kg m.s. de folha. Neste eixo, mesmo com o aumento da distância do ponto de origem, os teores mostram-se em valores superiores aos outros eixos, evidenciando claramente a influência das cerâmicas e olarias de tijolos localizados próximos à rodovia Washington Luis (Figura 29).

Quadro 8. Teores foliares de flúor de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colômbio coletadas em pontos georreferenciados, no eixo Santa Gertrudes/ São Pedro-SP.

Local Amostra	Latitude S	Longitude W	Altitude m	Distância** km	Espécies amostradas			
					Café	Citrus	Cana	Colômbio
					mgF/m.s Folha			
Sta Gertrudes *	22°27'10"	47°31'37"	590	0	69	80	49	54
Rio Claro	22°25'12"	47°33'05"	610	4	22	49	15	16
Piconzé	22°24'39"	47°36'35"	638	12,1	32	21	10	19
Portal	22°24'54"	47°41'0,6"	656	16,8	15	6	6	5
Charqueada	22°30'15"	47°46'0,5"	620	25,5	15	7	5	5
Charqueada	22°32'0,5"	47°47'55"	597	29,4	7	3	3	4
São Pedro	22°31'38"	47°52'25"	540	36,6	3	4	5	4

* Ponto zero – origem dos eixos de amostragem. Antiga Estação da Fepasa.

** Distância do local de coleta ao Ponto zero.

Neste eixo, as estimativas dos teores de flúor de cada espécie obtida pelas suas respectivas equações exponenciais, mostram clara supremacia dos foliares de flúor das dicotiledôneas perenes (café e citrus) em relação às monocotiledôneas (cana de açúcar e capim colômbio), o que é reforçado pelos teores médios estimados da figura 30.

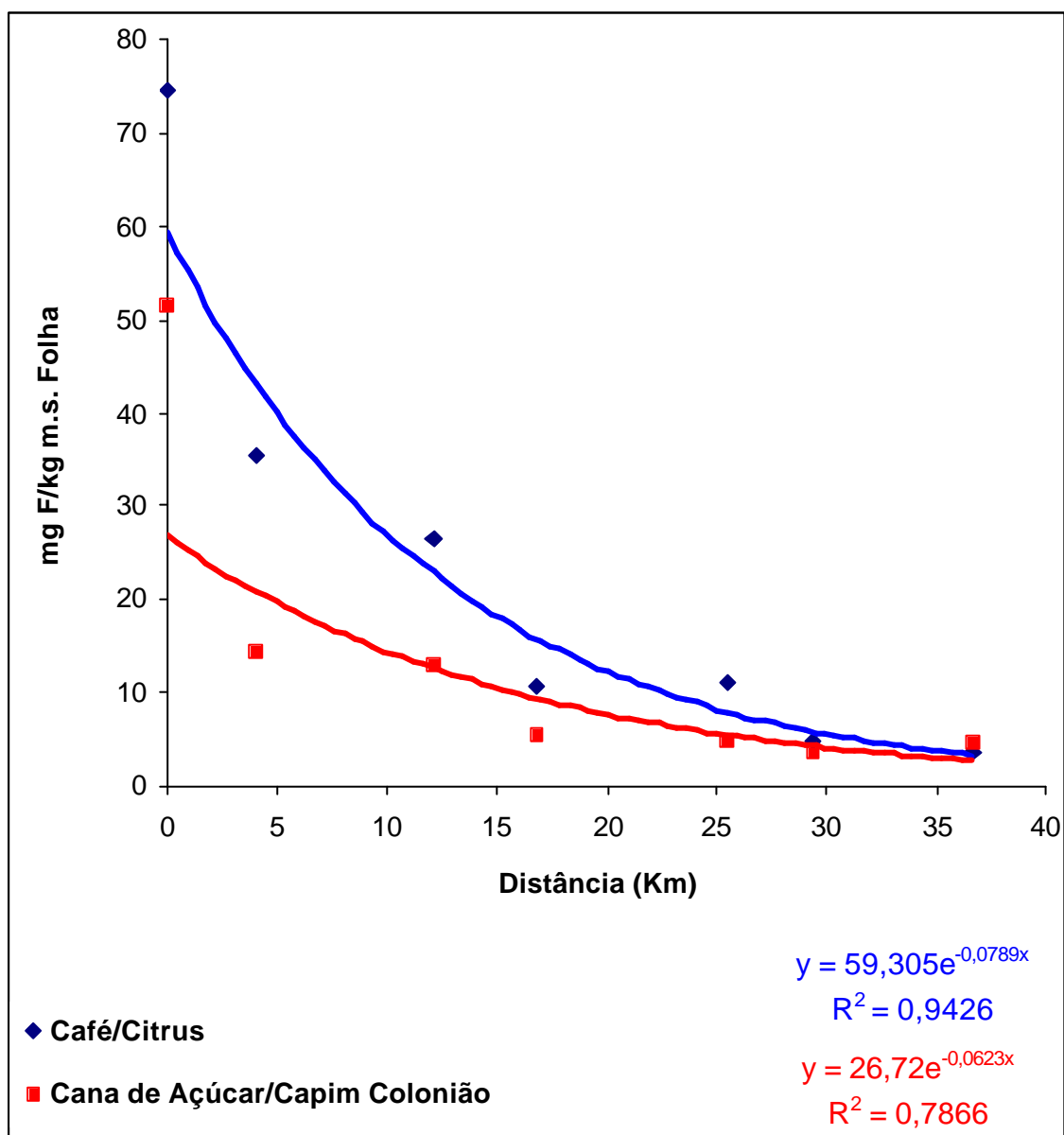


Figura 29. Teores de flúor em matéria seca de folhas de café/ citrus (dicotiledôneas) e cana de açúcar/ capim colonião (monocotiledôneas) no eixo Santa Gertrudes-São Pedro-SP.

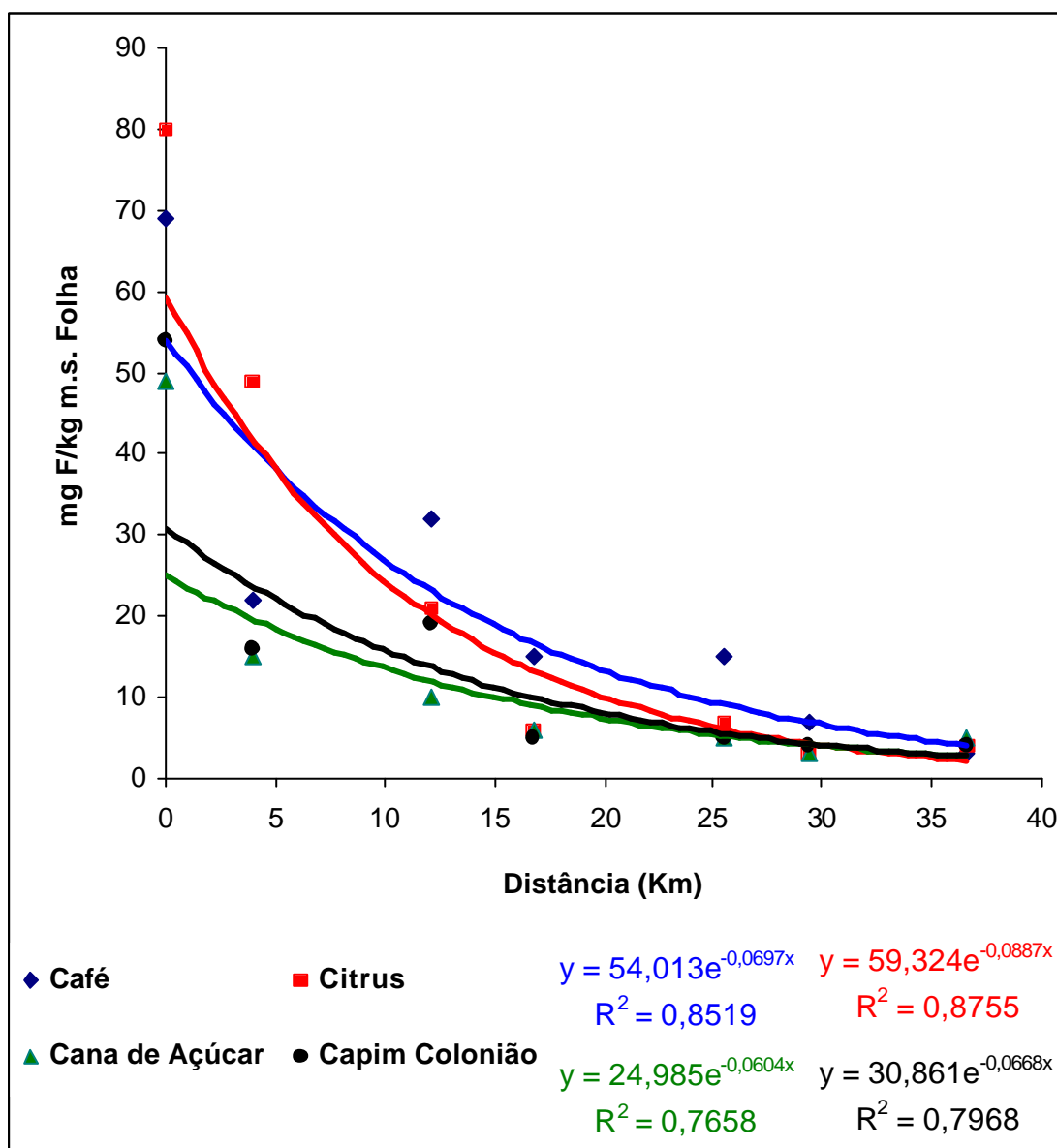


Figura 30. Teores de flúor em matéria seca de folhas de café, citrus, cana de açúcar e capim colônião no eixo Santa Gertrudes- São Pedro-SP.

Visando estabelecer uma análise comparativa da dispersão de flúor no sentido dos quatro eixos amostrados, foram estimados os teores foliares médios de flúor, através de equações exponenciais ajustadas com os teores foliares médios das quatro espécies vegetais por eixo (Figura 31). Pelas equações apresentadas na referida figura, foi estimada a distância necessária para os teores foliares médios das quatro espécies, caírem para 50% da concentração média em cada eixo (Quadro 9). Verifica-se pelo quadro, que nos eixos Santa Gertrudes-São Pedro e Santa Gertrudes-Analândia, os teores foliares médios de flúor, apresentam metade da concentração, a uma distância de 2,45 a 2,49 km do ponto zero, respectivamente, enquanto que no eixo Santa Gertrudes-Araras, foi necessário, aproximadamente, 6,0 km para ocorrer redução de 50% dos teores foliares de flúor.

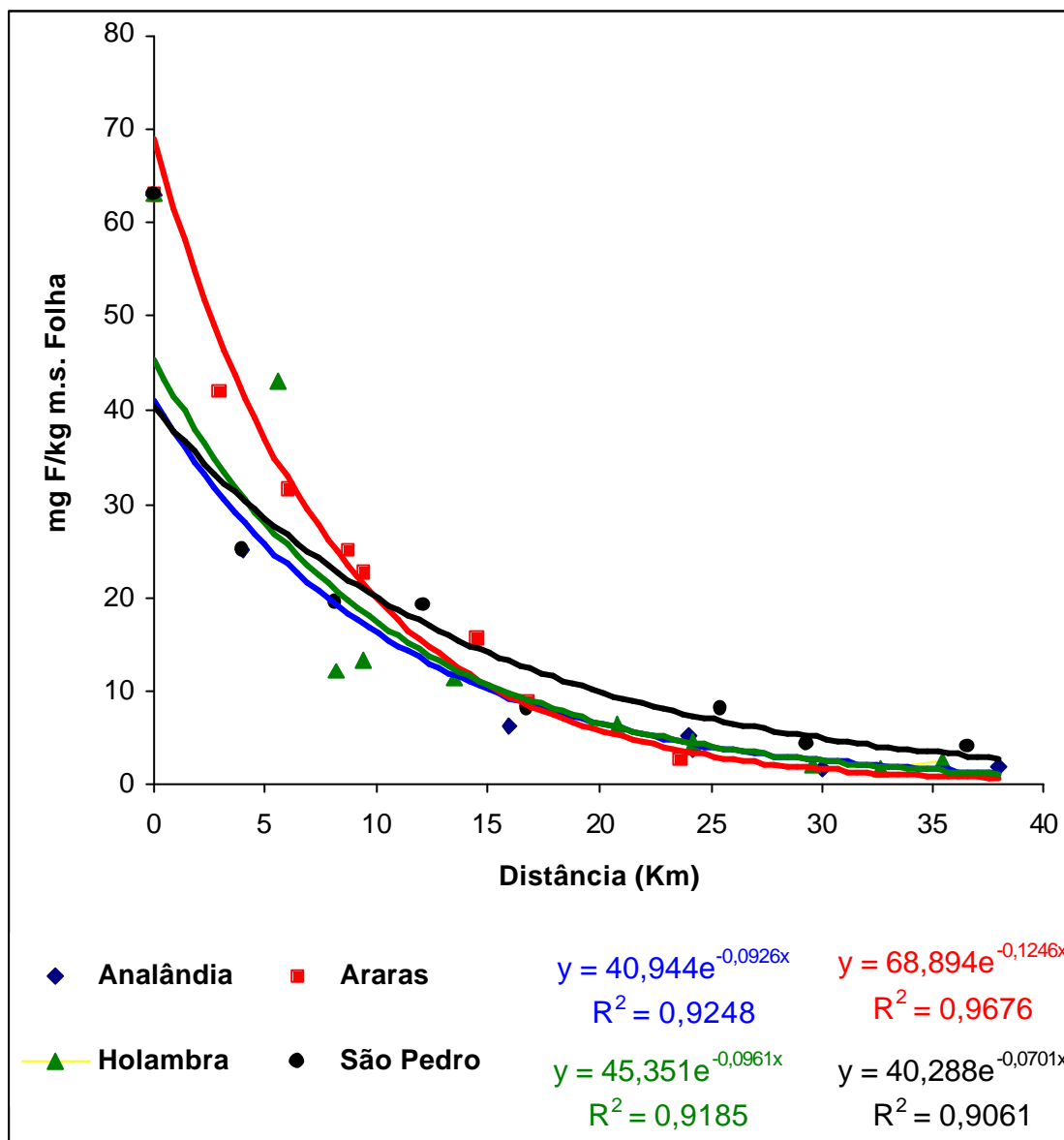


Figura 31. Resultados dos valores médios dos teores de flúor, obtidos em investigações efetuadas em café, citrus, cana de açúcar, capim coloniã, nos eixos Santa Gertrudes-Analândia, Araras, Holambra e São Pedro-SP.

Quadro 9. Distância calculada necessária para os teores foliares médios de flúor das quatro espécies caírem para 50% da concentração média em cada eixo.

Eixos	Distância (km)
Santa Gertrudes/ Analândia	2,49
Santa Gertrudes/ Araras	5,94
Santa Gertrudes/ Holambra	3,39
Santa Gertrudes/ São Pedro	2,45

No quadro 10 são apresentadas as distâncias necessárias para os teores foliares médios de flúor das quatro espécies caírem para 10 mg de F/kg de m.s. de folha em cada eixo. Observa-se que nos eixos Santa Gertrudes-Analândia, Santa Gertrudes-Araras e Santa Gertrudes-Holambra, a partir de aproximadamente 15 km do ponto zero (antiga estação ferroviária de Santa Gertrudes), as concentrações foliares médias de flúor situam-se em valores abaixo de 10 mg de F/kg de m.s. de folha, enquanto que no eixo Santa Gertrudes-São Pedro, esse valor só ocorre em distâncias superiores a 20 km. Como já foi exposto justifica-se a manutenção dos níveis mais elevados neste eixo, pela ocorrência de cerâmicas e olarias de tijolos, distribuídas ao longo deste espaço.

Quadro 10. Distância teórica necessária para os teores foliares médios de flúor das quatro espécies vegetais (café, citrus, cana de açúcar e capim colômbio) caírem para 10 mg F/kg m.s. de folha da concentração média em cada eixo.

Eixos	Distância (Km)
Santa Gertrudes/ Analândia	15,22
Santa Gertrudes/ Araras	15,48
Santa Gertrudes/ Holambra	15,73
Santa Gertrudes/ São Pedro	20,70

O quadro 11 fornece os teores foliares médios de flúor das quatro espécies vegetais (café, citrus, cana de açúcar e capim colonião) em função da distância do ponto zero.

Verifica-se que, num raio de 5,0 km deste ponto, as concentrações médias foliares de flúor mantêm-se acima de 26 mg F/kg m.s. de folha, atingindo no eixo Santa Gertrudes-Araras valores próximos a 37 mg F/kg m.s. de folha.

Quadro 11. Teores foliares médios de flúor (mg F/Kg m.s.folha) de quatro espécies vegetais de plantas de café, citrus, cana de açúcar e capim colonião em função da distância do Ponto zero* do pólo emissor.

Eixos	(Km)			
	0	5	10	15
	-----mgF/Kg m.s.Folha-----			
Santa Gertrudes/ Analândia	63	25,77	16,22	10,20
Santa Gertrudes/ Araras	63	36,95	19,82	10,62
Santa Gertrudes/ Holambra	63	28,05	17,35	10,75
Santa Gertrudes/ São Pedro	63	28,38	19,99	14,08

*Ponto zero – origem dos eixos de amostragens. Antiga Estação Fepasa de Santa Gertrudes-SP.

No raio de 10 km, ainda são mantidos teores próximos de 20 mg de F/kg de m.s. de folha, caindo para valores próximos de 10 mg somente a partir de um raio de 15 km do ponto zero, no centro emissor.

A figura 32 ilustra a irradiação do flúor, a partir do centro emissor, pelos teores foliares médios de flúor das quatro espécies vegetais (café, citrus, cana de açúcar e capim colonião), identificados por círculos representativos de faixas crescentes de teores, nas direções de Analândia, Araras, Holambra e São Pedro. Como referido anteriormente, verifica-se que no eixo Santa Gertrudes/ Araras e Santa Gertrudes/ São Pedro, os teores em faixas mais elevados se mantêm por maiores distâncias.

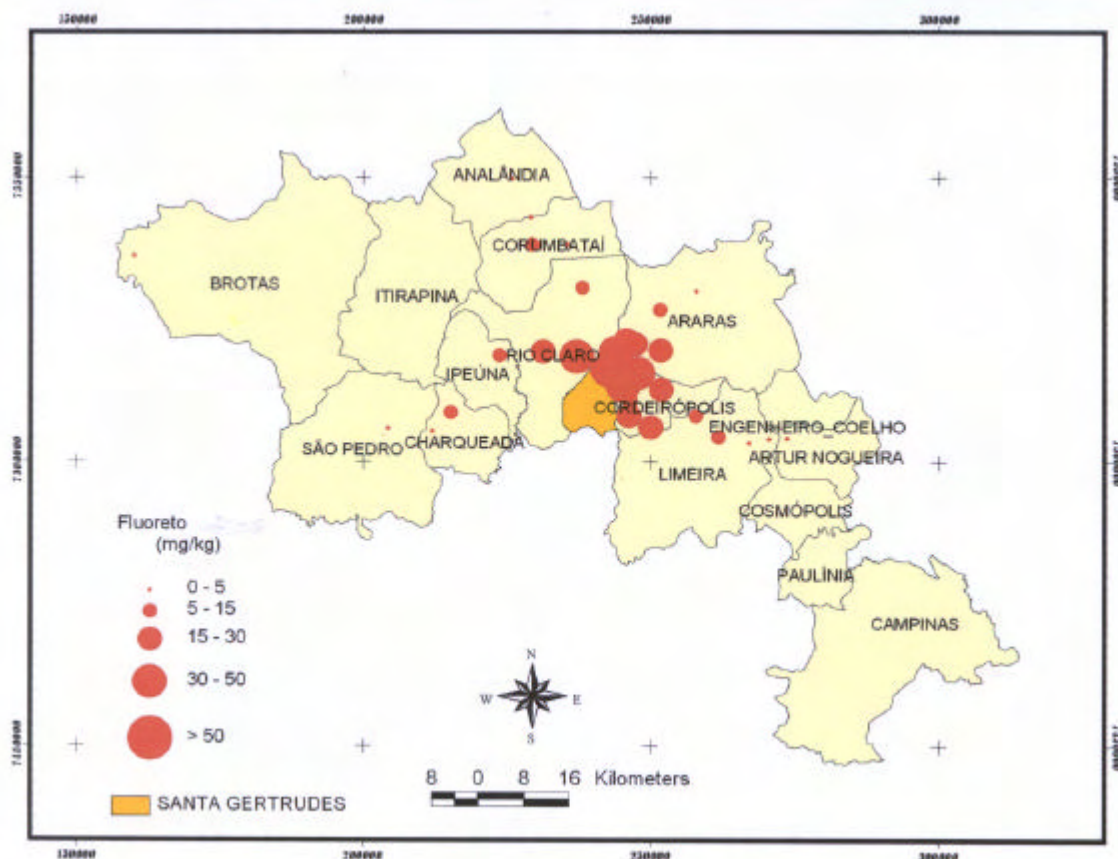


Figura 32. Teores médios de flúor (mg F/kg de massa seca de folha) de quatro espécies vegetais (café, citrus, cana de açúcar e capim colônião), a partir do ponto de origem (antiga estação ferroviária de Santa Gertrudes-SP), no sentido a Analândia, Araras, Holambra e São Pedro.

O flúor sob a forma de ácido fluorídrico ou de tetrafluoreto de silício é considerado o mais fitotóxico dos poluentes atmosféricos mais comuns, causando nas plantas danos que vão desde alterações metabólicas, lesões foliares, redução no crescimento e no desenvolvimento, até prejuízos nos ecossistemas como um todo. Exposições relativamente curtas, como de uma semana, podem causar danos a espécies ou cultivares sensíveis a concentrações de menos que 1 mgF/m^3 , enquanto que são necessárias concentrações de 100 mg/m^3 de SO_2 ou O_3 , para causar danos nestas mesmas espécies (ARNDT et al. 1995).

Na literatura, os trabalhos normalmente relacionam danos causados pelo flúor aos vegetais com concentrações deste elemento na atmosfera (mgF/m^3 de ar) ou na forma de chuva simulada contendo flúor (mgF/L) (ARNDT et al. 1995; BUSTAMANTE et al. 1993; ALVES et al. 1990; YANG & MILLER, 1963). Por outro lado, são escassas as informações relacionando efeitos fitotóxicos de teores de flúor acumulados nos tecidos vegetais (WEINSTEIN, 1977; BUSTAMANTE et al. 1995), embora sejam amplos os valores das concentrações foliares que causam danos às plantas. As Normas da VDI (União dos Engenheiros Alemães, 1985), citam teores limites de 30 e 80 mg F/kg de material vegetal para plantas sensíveis e tolerantes. Bustamante et al. 1973, observaram alterações fisiológicas e metabólicas em plantas de soja (*Glycine Max L.*), com níveis de concentrações de flúor na folha, inferiores a 1 mg F/kg de material vegetal.

Nas figuras 33 a 36, são apresentados cortes de estruturas anatômicas de folhas de plantas de café e de capim colônia, coletadas em áreas próximas ao centro emissor de flúor, que apresentavam teores foliares superior a 60 mg de F/kg m.s. de folha, e de folhas de plantas destas mesmas espécies, coletadas em áreas isentas de fontes de emissão de flúor.

Observa-se pela figura 33 que as folhas do cafeeiro em condições isentas de flúor, apresentam mesófilo diferenciado, estando o tecido paliçádico na face superior da lâmina foliar e o parênquima lacunoso na face inferior. O mesófilo é caracterizado pela abundância de cloroplastos, responsáveis pelo processo de fotossíntese, estando os estômatos presentes apenas na epiderme inferior.

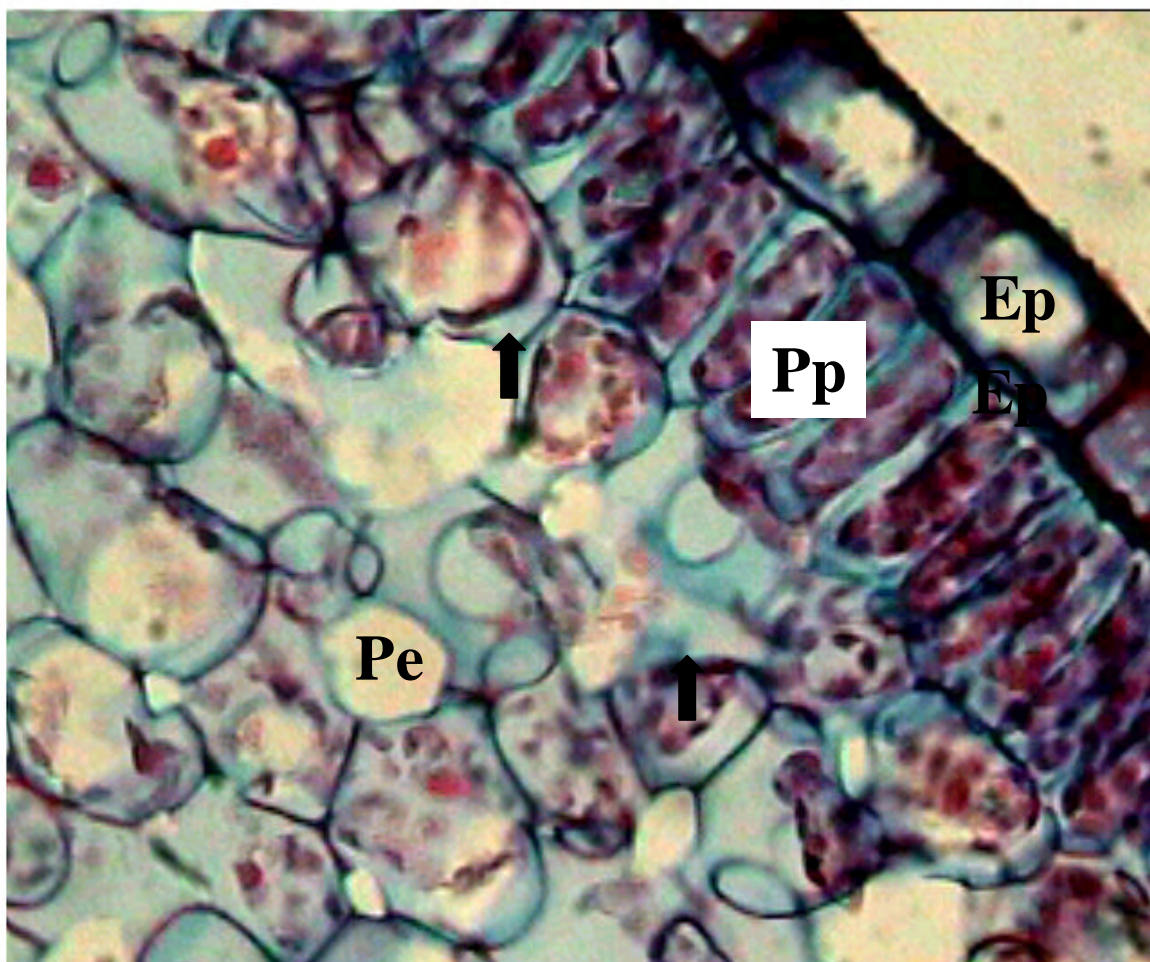


Figura 33. Corte transversal de folha de *Coffea arabica* desenvolvida em região com alto teor de flúor (área dentro do Pólo Cerâmico). Ep= epiderme; Pp= parênquima paliçádico; Pe= parênquima esponjoso; Cl= cloroplastos. As setas indicam os cloroplastos. Aumento 600X.

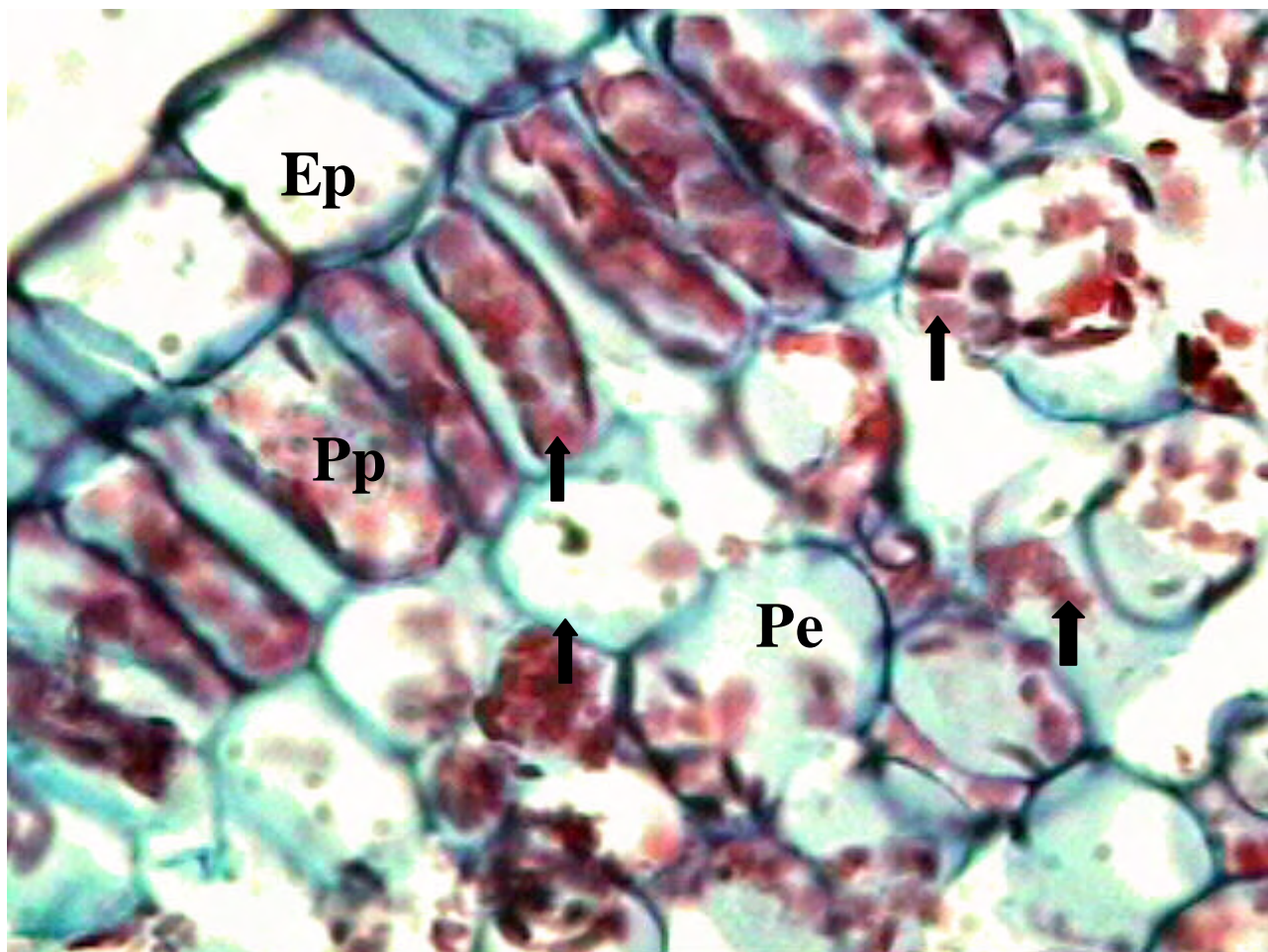


Figura 34. Corte transversal de folha de *Coffea arabica* desenvolvida em região com alto teor de flúor (área dentro do Pólo Cerâmico). Ep= epiderme; Pp= parênquima paliçádico; Pe= parênquima esponjoso; setas= cloroplastos. Aumento 800X.

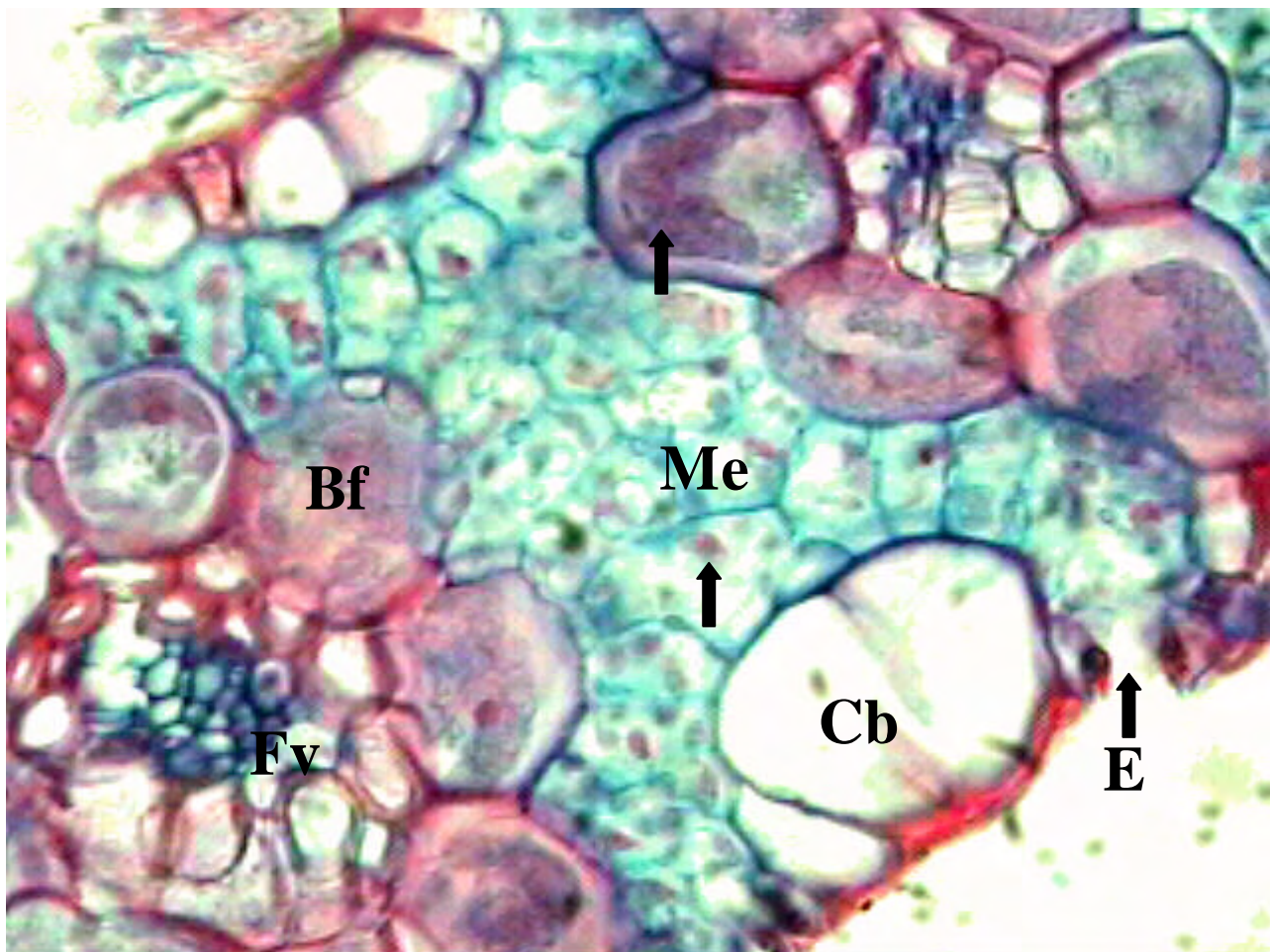


Figura 35. Corte transversal de folha de capim coloniã desenvolvido em regiã com alto teor de flúor (área dentro do Pólo Cerâmico), que apresentavam coloraçã esverdeada. Cb= células buliformes; Me=mesofilo; Fv= Fv feixe vascular; Bf= bainha de feixe; E= estômato. setas= cloroplastos. Aumento 600X

Pela figura 36 verifica-se que folhas do capim coloniãõ não apresentam no mesófilo diferenciação entre parênquimas paliçádico e lacunoso, tendo no seu interior uma bainha de células envolvendo os feixes vasculares, as quais contém os cloroplastos.

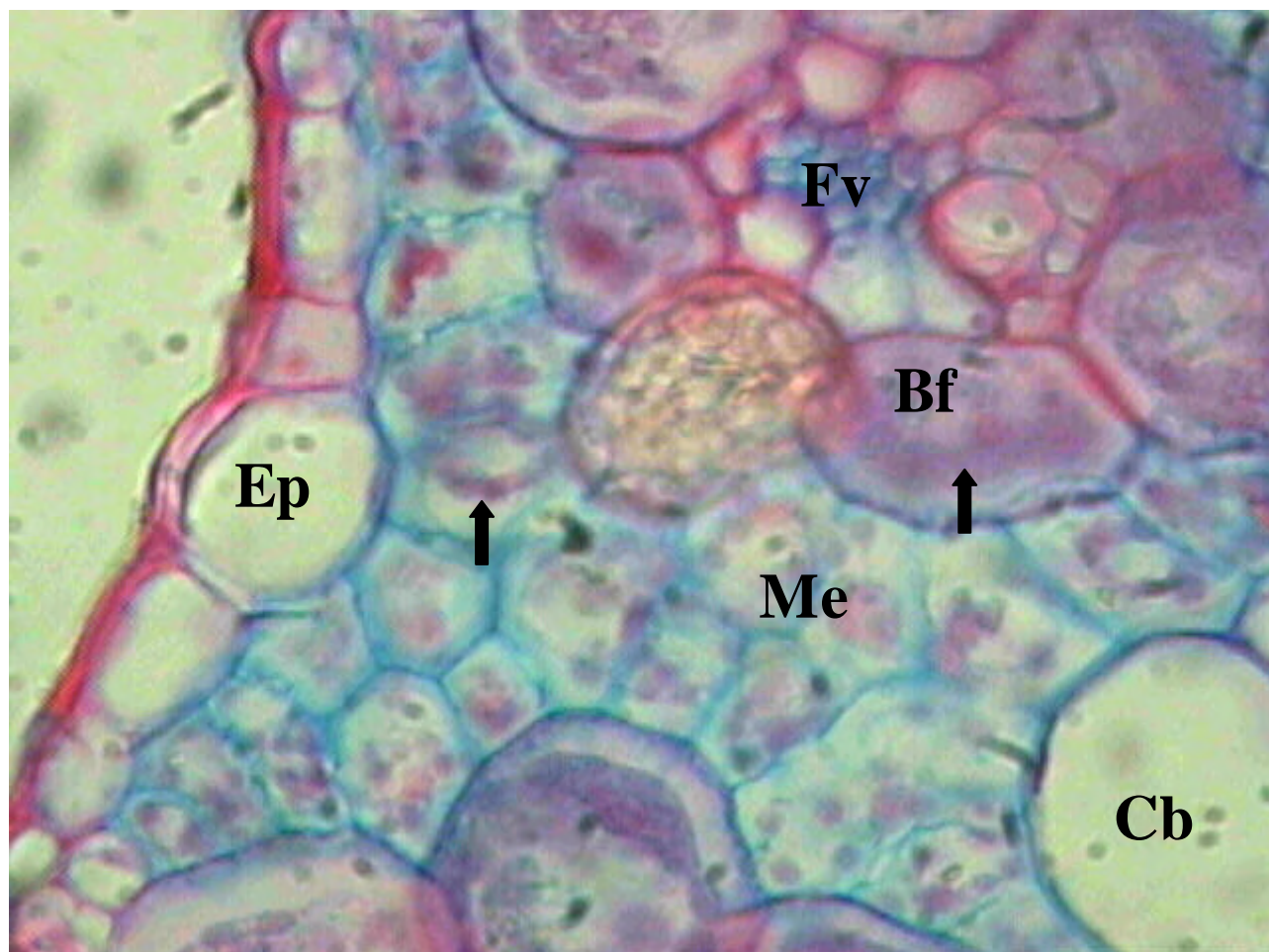


Figura 36. - Corte transversal de folha de capim coloniãõ sadio desenvolvido em região com baixo teor de flúor (Centro Experimental de Campinas). Cb= células buliformes; Ep= epiderme; Fv= feixe vascular; Me=mesofilo; Fv= Fv feixe vascular; Bf= bainha de feixe. Setas= cloroplastos. Aumento 800X.

Entretanto, plantas de capim colonião, crescidas em áreas próximas das fontes emissoras de flúor, mostram sintomas característicos de fitotoxicidade a esse elemento evidenciando clorose, distribuída por toda a lâmina foliar e necrose, principalmente nos ápices e nas margens das folhas (Figura 37).



Figura 37. Folhas de capim colonião crescidas em áreas próximas ao centro emissor de flúor, mostrando sintomas característicos de fitotoxicidade (Clorose laminar e necrose na extremidade foliar).

Sintomatologia semelhante, foi observado por Chaves (1997) em capim colônia submetido à chuva simulada com soluções de fluoreto de potássio. Na análise estrutural de cortes de folhas com sintomas de fitotoxicidade de flúor, feita ao microscópio, foi observado sensível redução no número de cloroplastos (Figura 34).

A essas alterações visíveis, como clorose e necrose dos tecidos foliares, associada a sensível redução, do número de cloroplastos a nível interno das folhas, certamente estaria ocorrendo outros danos, a nível do metabolismo, principalmente na atividade fotossintética (ARNDT ET AL. 1995).

Em folhas de café coletadas em áreas que apresentaram maior acúmulo de flúor na matéria seca, não foram observadas diferenças sensíveis no número de cloroplastos das células, indicando através desta característica anatômica, maior tolerância do cafeeiro, ao flúor atmosférico, em relação ao capim colônia.

Como verificado nessa pesquisa, o nível de flúor gasoso emitido pelo pólo cerâmico de Santa Gertrudes, pode levar algumas espécies vegetais a acumularem em seus tecidos, teores que resultem em danos estruturais, fisiológicos e metabólicos, comprometendo o desenvolvimento e produção de espécies econômicas, além de impactos severos aos ecossistemas regionais. Isso indica a necessidade de um maior número de estudos que quantifiquem geograficamente a relação entre as emissões das indústrias cerâmicas e o meio ambiente ao redor, incluindo animais, vegetais e o homem.

Por outro lado, é preciso incentivar também as indústrias a definirem sua Política Ambiental, que como salienta Cortez (1997, p. 52) “conhecendo-se a existência ou não de uma Política Ambiental da empresa, é possível avaliar as principais necessidades e dificuldades por ela enfrentada, como por exemplo, como manter uma atividade economicamente competitiva diante de leis cada vez mais rigorosas, a importância de se adequar essas leis e principalmente, de utilização de tecnologias limpas, como uma medida preventiva”.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da competitividade nos diferentes mercados, devido à globalização da economia e às mudanças tecnológicas, tem conduzido as empresas a adotarem estratégias diferenciadas para enfrentarem os novos desafios e as novas necessidades dos clientes. Diante desse panorama a indústria brasileira de cerâmica para revestimento, e mais diretamente as empresas do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, passaram nos últimos anos por um período de expansão, buscando o aumento da produtividade, sem no entanto contemplar adequadamente estudos de caracterização, gerenciamento, mitigação das áreas próximas às indústrias cerâmicas. Essas questões têm sido uma das grandes preocupações do meio científico e tecnológico na atualidade, principalmente quando considerada a gravidade de suas conseqüências.

Nessa pesquisa, pudemos observar que as plantas são excelentes bioindicadoras de poluição ambiental, principalmente aquelas situadas nas proximidades do núcleo do pólo emissor.

Assim, concluímos que existe estreita correlação entre a quantidade de flúor absorvida pelas culturas analisadas e a proximidade geográfica do centro emissor comprovando que as etapas propostas na metodologia realizada, são compatíveis com os resultados obtidos, nas análises efetuadas.

O diagnóstico deve, portanto ser apoiado por uma análise da planta, já que os sintomas não são desencadeados apenas através da poluição do ar. Influências meteorológicas extremas, como o vento, calor e geada, e a deficiência hídrica relacionada a esses fatores, podem conduzir muito freqüentemente, a um quadro de lesões semelhantes, como afirmou Dolley (1966). Evidentemente, uma análise de flúor é indispensável na maioria dos casos.

Plantas como o capim colonião, crescidas próximas do centro emissor do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, apresentam alta sensibilidade ao flúor presente na atmosfera, mostrando folhas com clorose distribuídas por todas as regiões da lâmina foliar e necrose, principalmente nos ápices e nas margens das folhas. Nessas condições, verifica-se também através de análise estrutural de cortes de folhas, sensível redução do número de cloroplastos nas células do mesófilo. Essas alterações visíveis, como clorose e necrose dos tecidos foliares, e outros possíveis danos a nível interno da planta, certamente acarretam considerável redução de sua capacidade produtiva. Plantas de café mostraram maior tolerância ao flúor atmosférico, em relação ao capim colonião.

Os efeitos do flúor sobre os seres humanos, animais, plantas e materiais, em casos de danos agudos ou crônicos em grandes áreas, constituem importantes justificativas da necessidade das medidas de proteção ambiental.

Deve haver uma interação da sociedade com as indústrias do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, com o objetivo de reivindicar melhorias no controle da qualidade do ar, bem como a realização de análises que possibilitem a detecção de possíveis efeitos do flúor na saúde da população. A participação da população, esclarecida e bem informada sobre essas questões, poderá contribuir para a otimização do controle das atividades internas das empresas, conseqüentemente para melhorias no controle de qualidade durante todo processo de fabricação do produto. Ainda destacamos, que a identificação da fonte de contaminação com flúor na indústria cerâmica e a proposta de matérias primas opcionais, para substituição no processo de fabricação de placas de revestimentos cerâmicos, são medidas importantes que as indústrias devem implementar, na busca de uma produção mais limpa.

Como foi demonstrado, as diversas espécies de plantas analisadas, mostraram, embora em graus diferentes, que são sensíveis às emissões de flúor, ocasionadas pelas indústrias cerâmicas.

Os resultados obtidos neste trabalho, indicam a necessidade de estudos mais aprofundados na área de influência do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, visando quantificar e qualificar os danos causados pelo flúor atmosférico sobre plantas em geral, culturas econômicas e os seres humanos, enfim sobre o ecossistema como um todo.

O meio ambiente, como conjunto de elementos sociais e naturais, não é um sistema estático e fechado, no qual o homem está à sua margem. Cada sociedade deve construir seu meio ambiente e ao mesmo tempo produzir bases materiais e culturais de sua vida. Daí podermos entender a importância da criação e execução de disposições constitucionais para preservar o meio ambiente como um bem comum, essencial à vida da população, a ser exercida sob responsabilidade do Poder Público com a participação da coletividade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.; FRADE, P.; CAMPANTE, H.; MARQUES, J.C.; CORREIA, A.M.S. (2000) **Redução do teor de flúor nos efluentes gasosos da indústria cerâmica**. Rev. Cerâmica Industrial, Coimbra, v.6, n.3, p. 7-41, 2000.

ALONSO, M.T. Vegetação. In: **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, SERGRAF, 1977, v.3, p. 91-117 .

ARNDT, U.; SCHWEIZER, B.. The use of bioindicators for environmental monitoring in tropical and subtropical countries. **Stuttgart, BRD**. In: ELLENBERG, JR. et al. **Biological monitoring-signals from the environment**. Braunschweig, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft. 1991, p. 199-206.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA **Terminologia na indústria cerâmica**. Cidade ABC, 2000. Disponível em: <<http://www.abc.org.br>> . Acesso em: 15 dez 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE, 1992, 247 p.

_____. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE, 1998, 587 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-13042:– **Glossário de poluição das águas: terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993, 94 p.

_____.– **Caracterização das cargas poluidoras em efluentes líquidos industriais e domésticos: procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995, 22 p.

AZEVEDO, A.A. **Ação do flúor, em chuva simulada, sobre a estrutura foliar de *Glycine max* (L.) Merril**. São Paulo. Editora, 1995, 95 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.SP

BAKER, R.L. Determination of fluoride in vegetation using the specific electrode. *Anal. Chem.* V. 44, p. 1326-1327, 1972.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; VALADARES, J.M.A.S. O molibdênio em solos do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 15., 1976, Campinas, *Anais*. Campinas, p. 107-111.

BERRIOS, M.R. **O Lixo Domiciliar: A Produção de Resíduos Sólidos Residenciais em Cidades de Porte médio e a Organização do Espaço: O Caso de Rio Claro.** SP. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP.

BLASCO, A. ESCARDINO, A.; BUSANI, G.; MONFORT, E.; AMORÓS, J.L.; ENRIQUE, J.; BELTRÁN, V.; NEGRE, P. Tratamiento de emisores gaseosas efluentes líquidos y residuos sólidos de la industria cerámica, 1976.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Legislação ambiental federal.** Disponível em: <www.mma.gov.br> Acesso em: 12 jun 2003.

BRASIL: Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF, 1988.

BUENO, J.M.R. **Análise estrutural, morfo-estrutural e modelagem tridimensional dos maciços alcalinos de Itatiaia e Passa Quatro:** uma comparação com a evolução tectônica, cenozóica das bacias sedimentares do sudeste brasileiro. 2000. (Especialização em Geografia Física). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CARLSON, C.E.; GORDON, C.C.; GILLIGAN, C.J. The relationship of fluoride to visible growth/ health characteristics of *Pinus monticola*, *Pinus contortorta* and *Pseudotsuga menziesu*. *Fluoride*, v. 12, p. 9-17, 1979.

CHANG, L.S. Fluoride. In: MUDD, J.B.; KOZLOWSKI, T.T. (Ed.) **Responses of plants to air pollution.** New York.: Academic, 1975. p. 57-95.

CHAVES, A.L.F. **Ação do flúor dissolvido em chuva simulada sobre a estrutura foliar de *Panicum maximum* Jacq. (colonião) e *Chloris Gayana* Kunth (capim-rhodes) – Poaceae.** 1997. 79 f. Tese (Mestrado em Botânica)- Instituto de Botânica, Universidade de Viçosa, Viçosa.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – **Manual de gerenciamento de águas contaminadas: Projeto CETESB-GTZ,** Cooperação técnica Brasil – Alemanha. São Paulo, 1999. 385 p.

_____. **Legislação Ambiental do Estado de São Paulo: legislação geral sobre ar, solos e águas.** 2001. Disponível em <www.cetesb.sp.gov.br>.

CORTEZ, A.T.C. Legislação ambiental brasileira, no período de 1934 – 1984. **Revista Geografia,** São Paulo, v. 5/6, p. 7-27. 1986/1987.

_____. **A Política Ambiental em Indústrias de Rio Claro (SP).** 1997. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Administração da Qualidade) - Faculdade Claretianas de Rio Claro e Fundação Armando Álvares Penteado, Rio Claro.

_____. **A Gestão de Resíduos Sólidos Domiciliares: coleta seletiva e reciclagem – a experiência em Rio Claro (SP).** 2002. 150 f. Tese (Livre Docência em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

COULTER, C.T.; PACK, M.R., SULZBACH, C.W. An evaluation of the dose response relationship of fluoride injury to *Gladiolus*. **Atmosph. Environm.**, n. 19, p. 1001-1007, 1985.

DRURY, J.S.; ENSMINGER, J.T; HAMMONS, A.S.; HOLLEMAN, J.W.; LEWIS, E.B.; PRESTON, E.L.; SHRINER, C.R.; TOWILL, L.E. **Reviews of the environmental effects of pollutants: IX. Fluoride.** Cincinnati: US. Environmental Protection Agency, 1980. p. 106-175.

EBERT, H.D.; BUENO, J.M.R. **Modelo digital de terreno e geológico da Folha de Rio Claro (1:50000)**. Rio Claro: 1998. Disponível em: <<http://petro.rc.unesp.br/public/rioclaro>>. Acesso em 18 jan 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 421 p.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRONOMIA LUIZ DE QUEIROZ. Balanço hídrico do município de Rio Claro, segundo método Thornthwaite & Matter. In: **Balanço hídrico de municípios do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1999. CD-ROM.

FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; MAGALHÃES, A.C.; VEGA, J. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science**, London, v. 69, n. 1, p. 161-169, 1994.

FIGUEIREDO, J.G. **Avaliação de gramíneas tropicais como bioindicadoras da presença do flúor**. 1994. 87 f. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FRANKENBERGER JR., W.T.; TABATABAI, M.A.; ADRIANO, D.C.; DONER, H.E. Bromine, chlorine, and fluorine. P. 833-867. In: BINGHAM, J.M. (ed.) **Methods of Soil Analysis: Part 3: chemical methods**. Madison: Soil Science Society of América, 1996. 1390 p. (SSSA Book Serie, 5).

FÚLFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.E.; VIANNA, R.B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 12, n.4, p. 590-610, 1982.

GARBER, K. The differential diagnosis of fluoride damage to plants. **Fluoride**. v. 6, n. 1, p. 33-40, 1973

GASPAR JUNIOR, L.A. **Estudo mineralógico, químico e textural das rochas sedimentares da Formação Corumbataí (Jazida Perucchi) e suas implicações como a matéria prima para a cerâmica vermelha**. 1998. Rio Claro, 147 f. Dissertação (Mestrado

em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

GASPAR, JR; CHRISTOFOLETTI, S.R.; SOUZA, M.H.O.; VALLARELLI, V.; MORENO, M.M. Panorama atual do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes em função de novos estudos mineralógicos e texturais da matéria prima utilizada na indústria de revestimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 41º, 1997, São Paulo.

GLOEDEN, E. (1999) **Gerenciamento de áreas contaminadas na bacia hidrográfica de Guarapiranga**, 1999. 198 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GOODLAND, R; FERRI, M.G. **Ecologia do cerrado**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1979. p. 193.

HASUI, Y; HARALY, M.L.E.; MIOTO, J.A.; SAAD, A.R.; CAMPANHA, V.A.; HAMVA, V.M.; GALLI, V.A.; FRANGIPANI, A.; PULEGHINI FILHO, P. **Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1989. v. 1-2, (Relatório n. 27.394).

HORVATH, I.; KLASOVA, A.; NAVARRA, J. Some physiological and ultrastructural changes of *Vicia Faba* L. after fumigation with hydrogen fluoride. **Fluoride**. v. 11, n. 2, p. 89-99, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Enciclopédia dos Municípios Brasileiros**: Rio de Janeiro, 1957. v. VXXVII, p. 77-80.

_____. **Censo Demográfico**: São Paulo. Rio de Janeiro, 1987. p.228.

_____. **Censo Demográfico**: São Paulo. Rio de Janeiro, 1990. p. 214.

_____. **Censo Demográfico**: São Paulo. Rio de Janeiro, 1991. p. 218.

_____. **Censo Demográfico**: São Paulo. Rio de Janeiro, 1992. p. 227.

_____. **Censo Demográfico**: São Paulo. Rio de Janeiro, 2000. p. 217.

INSTITUTO GEOLÓGICO. **Formações Geológicas de Superfície**: Folha Geológica de Araras – SF 23-M-II-3. São Paulo, 1987. escala. 1:50 000. Color

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do IAC. Campinas: IAC, 1986. 94 p. (Boletim Técnico, 106).

_____. Solos do estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. **Boletim Científico**, Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, v. 45, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha plani-altimétrica**, São Carlos: 1981, escala 1:50000.

_____. Censo 2001. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em 15 dez 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE. **Avaliação de impacto ambiental**: agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília, DF, 1995. 134 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, 1981 a., Escala 1:1000000. 2v.

_____. **Agenda 21**: Documento da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92). Texto traduzido, cópia obtida no AGAMA-Agrupamento de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente, da DIGEO-Divisão Geologia do IPT, 1997, 615 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. **Folha plani-altimétrica de Santa Gertrudes II**, número 066/090, SF-23-Y-A-I-4-SE-A, 1979 b, Escala 10.000. São Paulo.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York. Mac. Graw Hill Book, 1940. p.523.

LEONARD, C.D. & GRAVES, H.B. Effect of fluoride air pollution on Florida citrus. **Fluoride**. v. 5, n. 3, p.145-163, 1972.

LIMA, M.A. **Avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no município de Rio Claro, SP**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, Tese (Doutoramento em Geografia) p. 54-117. 1994.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, 1982.

MACLEAN, D.C. & SCHNEIDER, R.E. Effects of gaseous hydrogen fluoride on the yield-grown wheat. **Environ. Pollut**, Series A, v. 24, p. 34-44, 1981.

MARINHO, V.L.F. **Estudo Ambiental na Bacia do Ribeirão das Furnas/ Araras (SP)**. 1999. p.3. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

MASSON, M.R. - **Rochas da formação Corumbataí como matéria prima para indústria cerâmica: sua influência na qualidade dos produtos**. 1998. 133 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

MATEO RODRIGUEZ, J.M.; RUA DE CABO, A.; BRESCANSIN, R.B.; MARINHO, V.L.F. **Laudos e perícias em depredações ambientais**. In: MAURO, C.A. (Coord). **Laudos periciais em depredações ambientais**. Rio Claro. LPR, DPR, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1997. Introdução Geral. p. 15-26.

MCQUAKER, N.R.; GURNEY, M. Determination of total fluoride in soli and vegetation using an alkali fusion-selective ion electrode technique. **Anal. Chem** v. 49, p. 53-56, 1977.

MILLER, G.W. The effect of fluoride on higher plants. **Fluoride**. v. 26, n.1, p. 3-22, 1993

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2000). Legislação e histórico. Temas pesquisados: meio ambiente e recursos hídricos. Disponível em <www.mma.gov.br>. Acesso em 15 dez 2003.

MURRAY, F. (ed) **Fluoride emissions**. Sidney, Academic Press. 234 p., 1982.

OLIVA, M.A.; SILVA, E.A.M.; AZEVEDO, A.A.; SILVA, L.C. Flúor em chuva simulada: sintomatologia e efeitos sobre a estrutura foliar e o crescimento de plantas arbóreas. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo. v. 23, n.4. p. 383-391, 2000.

OLIVEIRA, J.A. & PRADO, H. Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula São Carlos. **Boletim Técnico**, Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, 1984, 188p.

_____. **Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo**. Quadrícula de Piracicaba. Carta. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1989. Escala 1:100.000.

OLIVEIRA, J.B.; ROTTA, C.L. Levantamento Pedológico Detalhado da Estação Experimental de Limeira (SP). **Bragantia**: 1973. v. 32, n. 1, p. 1-60.

PAGANO, S.N. **Estudo florístico, fitossociológico e de ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua, no Município de Rio Claro. SP**. 1985. 201 f. Tese (Doutoramento em Geociências) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

_____. Produção de Folhedo em Mata Mesófila Semidecídua no Município de Rio Claro, SP. **Rev. Brasil. Biolog.** s.l.; v. 49, n. 3, p. 634-639, 1989.

PALMA SILVA, G. M., RIBEIRO, A.T.; LUCIANO, E.A.; SALATI FILHO, E.; AMARAL, W.; TAU-K-TORNIZIELO, S.M. Diagnóstico Ambiental do Tratamento de Esgoto, Município de Corumbataí, SP. Um estudo de caso. In: SIMPÓSIO DO CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA ENGENHARIA AMBIENTAL, V, Itirapina. Resumos. Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da EESC/ Universidade de São Paulo, 1999.

PANDEY, G.P. 1985. Effects of gaseous hydrogen fluoride on leaves of Terminalia tomentosa and Buchanania lanzan trees. **Environ Pollut**, Series A, v. 37, p. 323-334.

PENTEADO, M.M. Condições geomorfológicas ao provisionamento da água na área de Rio Claro. **Notícia Geomorfológica**, Campinas: v. 6, n. 12, p. 15-41, 1966b, *apud* Lima (1994).

PENTEADO ORELANA, M.M. A Bacia de Sedimentação de Rio Claro, Estado de São Paulo. **Revista Geographica da Sociedade de Geografia de Lisboa**, p. 38-59, 1969.

PILLAI, K.S. 1984. Impact of fluoride emissions on chlorophyll content of shrubs in vicinity of a Surat fluorine industry. **Fluoride**. v. 17, n. 4, p. 252-258.

PRADO FILHO, J.F. Uso de bioindicadores para monitoramento do ar. **Ambiente**. v.7, n. 1, p. 57-64, 1993.

PUSHNIK, J.C. & MILLER, G.W. 1990. The influences of elevated environmental fluoride on the physiology and metabolism of higher plants. **Fluoride**. v. 23, n. 1, p. 5-19, 1990.

RUIZ, M.S.; TANNO, L.C.; HELLMEISTER, Z.; SINTONI, A. O aproveitamento econômico de argilas para cerâmica vermelha ou estrutural no Estado de São Paulo. **Atas do 6º Simpósio Regional de Geologia**, SBG/SP-Rio Claro, v.2, 1987.

SCOTT, F.M.; SCHOROEDER, M.R.; TURREL, E.F.M. Development cell shape, suberization of internal surface and abscission in the leaf of Valencia orange. **Botanical Gazette**, v. 109, p. 381-411, 1948.

SENADO FEDERAL (2000) Legislação brasileira. Disponível em www.senadofederal.gov.br. Acesso em 15 dez 2003.

SILVA, C.M.S. **Mineração de Areia e Cascalho e o Meio Ambiente num Setor do Rio Mogi-Guacu. (Município de Araras-SP)**. 1997/b. f. 126, il. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SOUZA, J.M.B. **Microbacia Hidrográfica do Ribeirão das Furnas – Araras**. Divisão Regional de Campinas, p. 48, 1993.

SPIEGEL-ROY, R.; GOLDSCHIMIDT, E.E. The vegetative Citrus Tree: development and function. In: **BIOLOGY CITRUS**, 1996, p.47-69.

SUN, E.J. & SU, H.J. Fluoride injury to rice plants caused by air pollution emitted from ceramic and brick factories. **Environ Pollut.** Series A, v.37, p. 335-342, 1985.

TANNO, L.C.; MOTTA, J.F.M.; CABRAL, M. Pólos de Cerâmica Vermelha no Estado de São Paulo: aspectos geológicos e econômicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERAMICA, 38., Blumenau. Anais... v. 1, p.378-383, 1994.

TRESHOW, M. & ANDERSON, F.K. Plants stress from air pollution. **Chichester**, John Wiley & Sons. 283 p., 1991.

TROPPEMAIR, H. *Regiões ecológicas do Estado de São Paulo*. In: **Biogeografia**. Universidade de São Paulo, IG. 10, p. 24, 1975.

VAN RAIJ, B. Instituto Agronômico de Campinas. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, por B. Van Raij; H. Cantarella; J.A. Quaggio & A.M.C. Furlani. 2. ed. rev. atual. Campinas, Instituto Agronômico/ Fundação IAC, 285 p. (Boletim Técnico 100), 1997.

VOGEL, H. **Reduction of pollution by changes to the kiln and by flue gas cleaning**. Ziegelind. Int., v. 41, n. 1, p. 33-36, 1988.

VOLTAN, R.B.Q.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos à diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. São Carlos: SOC. BRASILEIRA DE FISILOGIA VEGETAL, v. 4, n 2, p. 99-105, 1992.

WEINSTEIN, L.H. 1977. Fluoride and plant life. **J. Occup. Med.** v. 19, n. 1, p. 49-78.

ZAINE, M.F.; PERINOTO, J.A. **Patrimônios naturais e história geológica da região de Rio Claro, SP**. Rio Claro. Arquivo Público, 91 p. , 1996.