

André Camilli Dias



**Avaliação da capacidade mutagênica da poluição do ar utilizando
o Bioensaio Trad-MCN com *Tradescantia pallida* em
parques urbanos da cidade de São Paulo**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para a obtenção do título de
Mestre em Ciências

Programa de: Fisiopatologia Experimental

Orientadora: Dra. Eliane Tigre Guimarães Sant'Anna

São Paulo

2010

André Camilli Dias

**Avaliação da capacidade mutagênica da poluição do ar utilizando
o Bioensaio Trad-MCN com *Tradescantia pallida* em
parques urbanos da cidade de São Paulo**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para a obtenção do título de
Mestre em Ciências

Programa de: Fisiopatologia Experimental

Orientadora: Dra. Eliane Tigre Guimarães Sant'Anna

São Paulo

2010

Aos meus pais Marlene e Adail pelo amor incondicional.

Ao Parque Jardim da Luz onde tudo começou.

À minha futura esposa Carla.

Muito obrigado, eu amo vocês!

“Todo era vuelo en nuestra tierra.

*Como gotas de sangre y plumas los cardenales
desangraban el amanecer de Anáhuac.*

*El tucán era una adorable caja de frutas barnizadas,
el colibrí guardó las chispas originales del relámpago
y sus minúsculas hogueras ardían en el aire inmóvil.*

*Los ilustres loros llenaban la profundidad del follaje
como lingotes de oro verde recién salidos de la pasta
de los pantanos sumergidos, y de sus ojos circulares
miraba una argolla amarilla, vieja como los minerales.*

*Todas las águilas del cielo nutrían su estirpe sangrienta
en el azul inhabitado, y sobre las plumas carnívoras
votaba encima del mundo el cóndor, rey asesino,
fraile solitario del cielo, talismán negro de la nieve,
huracán de la cetrería“*

Pablo Neruda

Canto general - 1950

AGRADECIMENTOS

À Dra. Eliane Tigre, toda minha gratidão pelo seu carinho, paciência e apoio constante na execução e condução desta dissertação. Como orientadora dedicada e corajosa não mediu esforços frente às dificuldades encontradas, esteve presente em todos os momentos desde as inúmeras visitas aos parques, na companhia durante o trânsito caótico da cidade, no plantio dos canteiros, nas coletas, nas análises laboratoriais e nos seus conselhos que foram muito importantes para meu crescimento profissional.

À Dra. Regiane Maria Tironi de Menezes, pesquisador científico da Superintendência de Controle de Endemias da SUCEN, SES-SP, pelo apoio fundamental nas análises estatísticas. De um simples contato profissional tornou-se uma grande amiga para toda a vida, e sua experiência e carisma são incomparáveis.

Ao Prof. Dr. Paulo Hilário do Nascimento Saldiva, pela oportunidade e incentivo inicial desta pesquisa e pelas valiosas sugestões e direcionamentos na execução desta dissertação. O Professor Pepino, como é conhecido por muitos alunos e profissionais, é um exemplo de pesquisador e uma grande fonte de inspiração.

Ao Dr. Eduardo Jorge Martins Alves Sobrinho, Secretário do Verde e Meio Ambiente da cidade de São Paulo, pela autorização da pesquisa, confiança e apoio constante nas diversas etapas de campo nos parques urbanos. Sua postura e luta diária em prol do “verde” da capital paulistana são exemplos de conduta e dedicação profissional.

Aos pesquisadores do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo em nome da Dra. Edenise Segala Alves e Dra. Marisa Domingos pelas críticas e orientações valiosas durante a execução desta dissertação, e por ocasião do Exame de Qualificação.

Ao Prof. Dr. Luiz Alberto Amador Pereira pelas sugestões no Exame de Qualificação.

Aos meus irmãos Adriana e Alexandre que com seus filhos Isabella, Enzo e Lucas tornaram meus dias muito mais felizes.

Aos biólogos e amigos Leonardo Nazareth Sales (Léo), Paulo Vasconcelos Neto (Lima), Renato Kiko Tamasato e Rodrigo Giovanetti, pela parceria nas etapas de campo e nas viagens, pelos momentos de descontração e alegria.

A todos os funcionários do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental – LIM05, pelo apoio e nos momentos divertidos durante as análises laboratoriais.

Aos funcionários do Serviço de Biblioteca e Documentação da FMUSP, pela orientação na elaboração da ficha catalográfica.

A todas as pessoas que de alguma forma ajudaram na minha formação, registro aqui a minha sincera gratidão.

ÍNDICE

Resumo

Abstract

1. Introdução
 - 1.1 Poluição Atmosférica e Saúde Pública
 - 1.2 Principais Poluentes Atmosféricos Urbanos
 - 1.3 Bioensaio Trad-MCN
 - 1.4 Parques Urbanos da cidade de São Paulo

2. Objetivos

3. Material e Métodos
 - 3.1 Área de estudo
 - 3.1.1 Parque Jardim da Luz
 - 3.1.2 Parque Cidade de Toronto
 - 3.1.3 Parque Trote Vila Guilherme
 - 3.1.4 Parque Piqueri
 - 3.1.5 Parque Chico Mendes
 - 3.1.6 Parque Independência
 - 3.1.7 Parque Guarapiranga
 - 3.1.8 Particularidades dos parques estudados
 - 3.2 Bioindicador vegetal
 - 3.3 Plantio e coletas
 - 3.4 Teste Trad-MCN

3.5 EDX-RF Folhas

3.6 EDX-RF Solos

3.7 Gases ozônio e dióxido de nitrogênio (O₃ e NO₂)

3.8 Análise estatística

4. Resultados

5. Discussão

6. Conclusões

7. Referências Bibliográficas

DIAS AC. *Avaliação da capacidade mutagênica da poluição do ar utilizando o Bioensaio Trad-MCN com Tradescantia pallida em parques urbanos da cidade de São Paulo* [dissertação]. Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2010.

O presente estudo foi desenvolvido para testar a viabilidade do Bioensaio Trad-MCN com *Tradescantia pallida* cv. *purpurea* Boom em situações naturais, ou seja, plantada em diferentes tipos de solo em sete Parques Urbanos da cidade de São Paulo. Em cada Parque foi plantado um grupo de *T. pallida* na borda próxima a uma via de grande circulação de veículos e outro grupo de *T. pallida* no centro, com intuito de verificar possíveis gradientes de poluição, visto que o tráfego de veículos automotores é um dos principais responsáveis pela poluição do ar na cidade. Além da quantificação de micronúcleos em células-mãe de grão de pólen (Trad-MCN), foi analisado com a técnica EDX-RF o acúmulo de elementos traço nas folhas de *T. pallida* e no solo, tanto na borda e como no centro. Medidas de O₃ e NO₂ também foram realizadas nos diversos pontos amostrados. Foi verificada diferença estatística significante no Bioensaio de Trad-MCN entre borda e centro somente nos Parques Toronto t = 2,631; p = 0,020 e Guarapiranga t = 2,631; p = 0,019. O menor fluxo de veículos no entorno aliado a presença de grande extensão florestal no centro do Parque teve relação direta com as maiores médias registradas O₃ que foi no Parque Guarapiranga. O intenso fluxo de veículos na região central da cidade pode ser um dos fatores para justificar altos índices de chumbo (Pb) acumulado, tanto nas folhas como no solo na borda do Parque Independência. Em conclusão o Bioensaio Trad-MCN em condições naturais necessita maiores estudos para verificar se além da poluição do ar, as condições de estresse climático podem induzir mutações genéticas em *T. pallida*, e as análises de elementos traços com técnica de EDX-RF mostraram presença de diversos elementos traços registrados nas folhas, sendo alguns deles com maior concentração na borda em relação ao centro dos parques estudados.

Descritores: poluição do ar, Trad-MCN, *Tradescantia*, parques e jardins, São Paulo

DIAS AC. *Evaluation of the mutagenic capacity of air pollution using the Trad-MCN bioassay with Tradescantia pallida in urban parks of São Paulo city, SP, Brazil* [dissertation]. Faculty of Medicine, University of Sao Paulo (Brazil); 2010.

This current study was designed to test the viability of the Trad-MCN bioassay with *Tradescantia pallida* cv. *purpurea* Boom in natural situations, planted in different soil types in seven urban parks in the city of São Paulo. In each Park one group of *T. pallida* was planted on fringe, next to a path of movement of large vehicles, and another group of *T. pallida* in the center, aiming to investigate possible gradients of pollution, since the traffic of motor vehicles is a major driver of air pollution in the cities. Besides the quantification of micronuclei in mother cells of pollen grain (Trad-MCN), was analyzed with EDX-RF technique the accumulation of trace elements in the leaves of *T. pallida* and the soil, as both the fringe and the center. Measurements of O₃ and NO₂ were also performed in the various sampling points. Statistically significant difference was found in the Trad-MCN bioassay between fringe and center only in Toronto Park $t = 2.631$; $p = 0.020$ and Guarapiranga Park $t = 2.631$; $p = .019$. The highest averages recorded of O₃ was found in the center of Chico Mendes Park, the lowest flow of vehicles in the vicinity ally the presence of large forest extension in the center of the park had a direct relationship with the major averages recorded O₃. The heavy flow of vehicles in the central city can be a factor to justify high levels of lead (Pb) accumulated in both the leaves and soil at the edge of Independência Park. In conclusion, the Trad-MCN bioassay in natural conditions requires further studies to determine whether addition of air pollution, the conditions of environmental stress can induce genetic mutations in *T. pallida*, and the analysis of trace elements with EDX-RF technique showed the presence of several trace elements reported in the leaves and in soil, some of them with the highest concentration at the fringe from the center of the parks studied.

Descriptors: air pollution, Trad-MCN, *Tradescantia*, parks and gardens, São Paulo

1. Introdução

1.1 Poluição Atmosférica e Saúde Pública

A profunda mudança global no processo produtivo em nível econômico e social, conhecida como Revolução Industrial, começou na Inglaterra em meados do século XVIII e se expandiu pelo mundo a partir do século XIX, além de deixar para trás uma produção agrícola e artesanal, trouxe consigo o problema da poluição atmosférica e os primeiros relatos desses efeitos sobre a saúde pública.

Nesta época o governo britânico proibiu a queima do carvão para controlar os efeitos sistêmicos poluição atmosférica sobre a população local e assim diminuir as doenças e mortes por ela causadas (AMDUR, 1990).

Com crescente progresso dos dias de hoje e constante utilização de matérias primas não renováveis, somado ao aumento da população mundial e consumo desenfreado, estão cada vez mais poluindo não só o ar, mas também a água e o solo, e conseqüentemente os efeitos nocivos desses poluentes afetam todas as formas de vida.

Estudos relatam a ocorrência de mortes de seres humanos causadas por danos respiratórios devido à poluição atmosférica, principalmente em crianças (SALDIVA et al., 1994) e idosos (SALDIVA et al., 1995).

Pesquisas e estudos mais aprofundados podem ajudar a explicar as causas de mutações genéticas e morfológicas em plantas e animais que utilizam ambientes contaminados por poluentes, como é o caso do estuário de Santos e os Manguezais de Cubatão no estado de São Paulo.

A poluição atmosférica é decorrente de processos físicos, químicos e dinâmicos que conduzem à emissão de gases e partículas por certas fontes de combustão.

Resulta da grande frota automotiva, a qual também é fruto da modernidade, mas em determinadas regiões para onde se deslocaram as indústrias, tem-se na atmosfera uma grande mistura proveniente das chaminés dessas indústrias, muito embora, para estas, exista legislação específica que limita as suas emissões (GOMES, 2002).

Nas grandes cidades, como é o caso de São Paulo, o crescente número de habitantes gera um efeito em cascata com proporções preocupantes, pois aumenta consideravelmente a frota de veículos leves e pesados principais responsáveis pela poluição do ar nesta cidade.

A região metropolitana de São Paulo, capital e 38 municípios vizinhos, é um centro exportador de poluentes, principalmente no inverno, os quais podem chegar a cidades situadas a até 100 km da capital, semelhante a uma estufa exportadora de poluição (Sánchez-Ccoyollo et al., 2006).

Não só o aumento da frota de veículos é preocupante, mas sim os congestionamentos e o trânsito represado que já não ocorre somente nos horários de pico de entrada e saída do trabalho, em diversos horários do dia e da noite a capital paulistana registra congestionamentos que expõe os motoristas e pedestres a situações de exposição a poluentes muito preocupantes e nocivos.

Modernidade, aumento da população e da frota veicular, e crescimento industrial são fatores que implicam em uma significativa e crescente degradação ambiental com grande prejuízo dos meios aéreos, aquáticos e de solo.

O problema da poluição atmosférica tem sido cada vez mais estudado (BRAGA et al., 2001; POPE et al., 2002) e está diretamente relacionado com o incremento da urbanização e com o rápido avanço tecnológico que trouxe consigo um aumento na quantidade e na variedade de poluentes emitidos na atmosfera (FARHAT, 1999; CASTRO, 2003).

O aumento da taxa de mortalidade devido aos problemas da poluição atmosférica é conhecido desde 1930, na Bélgica, onde a ausência de ventos e chuvas por cinco dias somados à grande concentração de indústrias no local dificultou a dispersão dos poluentes e conseqüentemente gerou um aumento no atendimento por doenças respiratórias e sessenta óbitos (FARHAT, 1999; FIRCKET, 1931).

Alguns estudos sobre poluição no município de São Paulo têm detectado associações entre níveis diários de poluentes atmosféricos e internações, mortes por doenças cardiovasculares, mortalidade intra-uterina e mortes fetais tardias (SALDIVA et al., 1994; SALDIVA et al., 1995; PEREIRA et al., 1998; PEREIRA et al., 1999; LIN et al., 1999).

O crescimento das atividades humanas tem ocasionado o surgimento do aumento de poluentes atmosféricos, os quais apresentam impactos à saúde humana. (Ibald-Mulli, 2001). Estes variam de acordo com suas concentrações e

quantidade inalada. O impacto no meio ambiente fez com que se compusessem inúmeras organizações especializadas no controle da poluição atmosférica (Pasqualini, 2003).

Os efeitos respiratórios e cardiovasculares em indivíduos que estão expostos a um ambiente com ar poluído, têm sido um grande foco para uma parte das pesquisas epidemiológicas e experimentais, especialmente nas duas últimas décadas.

Além disso, existem diversos estudos relacionando a poluição atmosférica, em especial seus componentes particulados, ao aumento da incidência de doenças cardiovasculares e respiratórias, e mortalidade causada pelas mesmas.

Kim e cols., 2003, evidenciaram que elevação das concentrações de PM₁₀ levam a maior mortalidade por doenças cardiovasculares e por doenças pulmonares.

Há ainda aumento do número de admissões hospitalares por doenças cardiovasculares, pneumonia e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) relacionado com o aumento deste poluente [Braga, 2001a; Zanobetti, 2000].

Por outro lado, partículas genotóxicas transportadas pelo ar apresentam uma relação importante para a saúde humana, podendo contribuir para o aumento da taxa de risco em muitas cidades industrializadas no mundo através da contaminação do ar com poluentes oxidantes (Restivo, 2002).

Estudos relatam a ocorrência de mortes de seres humanos causadas por danos respiratórios devido à poluição atmosférica, principalmente em crianças (SALDIVA et al., 1994) e idosos (SALDIVA et al., 1995).

Pesquisas e estudos mais aprofundados podem ajudar a explicar as causas de mutações genéticas e morfológicas em plantas e animais que utilizam ambientes contaminados por poluentes, como é o caso do estuário de Santos e os Manguezais de Cubatão no estado de São Paulo.

A poluição atmosférica é decorrente de processos físicos, químicos e dinâmicos que conduzem à emissão de gases e partículas por certas fontes de combustão.

Resulta da grande frota automotiva, a qual também é fruto da modernidade, mas em determinadas regiões para onde se deslocaram as indústrias, tem-se na atmosfera uma grande mistura proveniente das chaminés dessas indústrias, muito embora, para estas, exista legislação específica que limita as suas emissões (GOMES, 2002).

1.2 Principais Poluentes Atmosféricos Urbanos

Para uma melhor compreensão do amplo espectro de poluentes presentes na atmosfera e seus principais efeitos a saúde, torna-se necessário uma descrição mais detalhada, o que veremos a seguir:

Monóxido de carbono (CO)

O CO é um gás inodoro, incolor produzido por queima incompleta de combustíveis que contém átomos de carbono. Seu maior perigo decorre da capacidade, quando inalado, de agregar fortemente com a hemoglobina do sangue, prejudicando sua capacidade de transportar oxigênio para as células. Esta ligação é chamada de carboxihemoglobina. A exposição a concentrações muito altas de CO resulta em dores de cabeça, fadiga, perda de consciência e, eventualmente, morte (Baird, 1999).

Dióxido de nitrogênio (NO₂)

Devemos considerar dois óxidos de nitrogênio, o monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO₂). Estes são formados principalmente por combustão de motores onde há grande quantidade de nitrogênio e oxigênio. Ao serem misturados ao combustível em alta temperatura, favorecem a formação de óxidos de nitrogênio.

O NO₂ é solúvel em tecidos biológicos e é um oxidante; sendo assim, seus efeitos sobre a saúde, possivelmente, serão sobre o sistema respiratório. Um estudo feito pela Universidade de Harvard, revelou que um aumento de 15 ppb na concentração média de NO₂ em residências, leva a um aumento médio de 40% no aparecimento de sintomas respiratórios em crianças de 7 a 11 anos (Baird, 1999).

Dióxido de Enxofre (SO₂)

Em uma escala global, a maior parte do SO₂ é produzido por vulcões e pela oxidação de gases sulfurados produzidos pela decomposição de plantas. A principal fonte antrópica de SO₂ é a combustão de carvão. O enxofre está presente no petróleo cru, mas é reduzido para níveis de apenas algumas centenas de ppm em produtos como a gasolina (Baird, 1999).

A inalação de SO₂ causa broncoconstrição na maior parte das pessoas com asma. Desencadeia um potencial inflamatório importante com a liberação de mediadores que promovem a constrição dos brônquios (Stephen, 1997).

Ozônio (O₃)

O ozônio (O₃) é um poluente atmosférico secundário formado na troposfera vindo de poluentes primários (queima de combustíveis fósseis) como o NO_x e hidrocarbonetos. Na presença de luz, o NO₂ é clivado para NO + O e permite a

formação de O₃ (O₂ + O). O ozônio acumulado no ambiente pode alcançar altos níveis nas áreas urbanas onde o tráfego pesado de veículos e a quantidade ideal de luz favorece a sua formação (Restivo, 2002).

A exposição aguda a O₃ causa diminuição na função pulmonar alterando a ventilação, induz agentes inflamatórios e pode alterar as defesas imunológicas do organismo. O₃ é genotóxico, apresenta um potencial carcinogênico através de estresse oxidativo, podendo causar dano ao DNA (Restivo, 2002).

Material Particulado (PM10)

A fumaça negra lançada no ar por veículos movidos a diesel é com freqüência a forma mais evidente de poluição do ar que encontramos rotineiramente. Esta fumaça é composta de matéria particulada, que são partículas finas de sólidos ou líquidos que se encontram suspensas no ar. Existem muitos nomes comuns para as partículas atmosféricas, “poeira” e “fuligem” referem-se a sólidos, enquanto “névoa” e “neblina” referem-se a líquidos (Baird, 1999).

Estas partículas são provenientes da exaustão dos escapamentos dos veículos automotores, com o diâmetro igual ou menor que 10µm, que ficam em suspensão na atmosfera. A maioria é composta de um complexo de elementos que se agregam formando estas partículas.

O mecanismo de absorção destas partículas no organismo segue o curso das vias respiratórias, sendo uma parte retida no sistema mucociliar e outra parte atingindo os alvéolos. Estas partículas carregam consigo moléculas que podem apresentar um potencial carcinogênico e mutagênico. Batalha (1999), utilizando bioindicador vegetal (*Tradescantia pallida*), demonstrou o potencial de mutagenicidade causada por PM10 .

Metais pesados

Embora pensemos nos metais pesados como poluentes da água e como contaminantes de nossos alimentos, eles são na maioria transportados de um lugar para o outro por via aérea, seja como gases ou como espécies adsorvidas ou absorvidas em material particulado suspenso.

Sendo o vapor de mercúrio altamente tóxico, os quatro metais pesados, Hg, Pb, Cd e As, nas suas formas de elementos livres condensados, não são particularmente tóxicos. Porém, os quatros são perigosos nas suas formas catiônicas e também quando ligados a cadeias curtas de átomos de carbono.

Do ponto de vista bioquímico, o mecanismo de uma ação tóxica deriva da forte afinidade dos cátions pelo enxofre. Assim, os grupos sulfidríla, -SH, que ocorrem comumente em enzimas que controlam a velocidade de reações metabólicas. Esta ligação metal enxofre, pode afetar a enzima como um todo fazendo com que ela não atue com normalidade e em consequência a saúde humana vê-se afetada de maneira desfavorável (Baird, 1999).

1.3 Bioensaio

Por biomonitoramento entende-se utilizar a resposta de indivíduos, em diferentes níveis de organização biológica, de forma a detectar ou prevenir os efeitos adversos da contaminação sobre a saúde humana.

De acordo com GRANT (1998) e GOPALAN (1999), os bioensaios com plantas são de grande utilidade tanto para monitoramento ambiental de longa duração quanto para testes curtos de genotoxicidade.

A observação dos efeitos dos poluentes nos vegetais, que servem como indicadores momentâneos, pois respondem imediatamente à agressão, pode indicar se os níveis de poluição chegam a afetar também a saúde humana, e se colocadas em locais estratégicos da cidade, as plantas podem ser usadas para biomonitoramento (DOMINGOS, 2003).

Os efeitos prejudiciais causados pela poluição ambiental têm sido evidenciados através de ensaios de micronúcleo que indica que a planta

Tradescantia pallida pode ser usada como indicador da poluição ambiental em diversas regiões (MA et al., 1994; RODRIGUES et al., 1996; RODRIGUES et al., 1997; KNASMULLER et al., 1998; Ferreira et al., 2000).

O biomonitoramento da poluição do ar através de vegetais têm alguns atrativos que merecem destaque:

as técnicas de biomonitoramento usualmente apresentam um custo baixo, permitindo a sua extensão a grandes áreas desprovidas de monitoramento instrumental convencional;

os recursos humanos e treinamento necessários para a implementação de uma rede de biomonitoramento são muito mais simples do que aqueles necessários para a operação de redes de monitoramento instrumental;

as plantas apresentam uma resposta integrada à ação dos poluentes, permitindo avaliar o potencial tóxico de misturas complexas;

alguns poluentes possuem concentrações ambientais muito baixas, que podem dificultar a sua determinação por métodos químicos ou físicos. Plantas sensíveis podem detectar algumas destas concentrações com muita eficiência (flúor, por exemplo);

o potencial educativo das técnicas de biomonitoramento é excepcional, permitindo o envolvimento de membros da comunidade (escolares, ONGs, por exemplo) na execução da avaliação ambiental da sua própria comunidade.

Os bioensaios de micronúcleos usando a *Tradescatia pallida* têm evidenciado os efeitos genotóxicos ocasionados por metais pesados (Steinkellner et al., 1998; Knasmuller et al., 1999) assim como pelas emissões gasosas de incineradores e compostos orgânicos voláteis (Fomin e Hafner, 1998).

1.4 Parques Urbanos da cidade de São Paulo

São Paulo possui diversos parques municipais espalhados por toda a cidade, desde o centro até a periferia.

Como exemplos da abrangência dos parques na cidade, podemos citar o Parque da Luz no centro, o Parque Guarapiranga na zona sul e o Parque Chico Mendes na zona leste.

Estas áreas verdes urbanas foram criadas para suprir a necessidade social, de descanso, de lazer e para contrapor-se ao ambiente urbano em constante crescimento (MACEDO e SAKATA, 2003).

O Cinturão Verde que envolve a metrópole é considerado um poderoso estabilizador climático à medida que impede o avanço das ilhas de calor em

direção a periferia. Isto implica em complexa sinergia entre o organismo vivo da cidade e seu cinturão verde, interferindo em vários mecanismos naturais de equilíbrio térmico, hídrico, energético, com profundas repercussões na economia e saúde pública (VICTOR, 2003).

As áreas verdes de São Paulo oferecem bens e serviços como manutenção e disponibilização de água, contenção de erosão e estabilização de encostas íngremes, conservação da biodiversidade, uso social, sequestro de CO₂ e tamponamento de poluentes, entre outros (MACEDO e SAKATA, 2003; VICTOR, 2003).

2. Objetivos

Verificar um possível gradiente de potencial genotóxico entre borda e centro de parques urbanos da cidade de São Paulo utilizando-se o Bioensaio Trad-MCN e acúmulo foliar de elementos traços em *Tradescantia pallida*.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

A cidade de São Paulo pertence ao Sudeste do Brasil, a uma média de 760 m de altitude, distância de 45 km do Oceano Atlântico e uma extensão de 1.509 km para uma população residente de aproximadamente 12 milhões de habitantes. O município possui altitudes superiores a 800 m, e as escarpas da Serra do Mar e da Serra da Canateira limitam a área urbana da metrópole (Dias et al., 2005).

Caracterizada como um dos maiores conglomerados humanos do mundo, a região metropolitana de São Paulo possui cerca de 2000 indústrias de alto potencial poluidor e uma frota de aproximadamente 7,8 milhões de veículos, que representa 1/5 do total nacional.



Figura 1 – Vista aérea da cidade de São Paulo e marca indicando o Parque da Luz na região central e setas vermelhas indicando a localização a- Parque Toronto; b- Parque Trote; c- Parque Piqueri; d- Parque Chico Mendes; e- Parque Independência; f- Parque Guarapiranga (fonte: Google Earth)

3.1.2 Parque Cidade de Toronto

Região Noroeste - Avenida Cardeal Motta, 84

Área: 109.100m²

Característica da fonte de poluição do ar do entorno: tráfego intenso de veículos pesados como caminhões e carretas característicos de rodovias como a SP-348, além da presença de veículos leves e de transporte coletivo movido a diesel. Via de terreno inclinado ocasionando situações de frenagens e aceleração dos motores.



Figura 3 – Vista aérea do Parque Cidade de Toronto e seu entorno (fonte: Google Earth).

3.1.4 Parque Piqueri

Região Leste – Rua do Tuiuti, 515

Área: 97.200m²

Característica da fonte de poluição do ar do entorno: tráfego intenso de veículos leves e pesados de todos os tipos movidos a diesel. Via de terreno plano, mas devido à grande utilização dos motoristas como principal via de escoamento do tráfego da cidade, situações de frenagens e aceleração dos motores são constantes no local.



Figura 5 – Vista aérea do Parque Piqueri e seu entorno (fonte: Google Earth).

3.1.6 Parque Independência

Região Sul – Avenida Nazareth, s/n

Área: 161.300m²

Característica da fonte de poluição do ar do entorno: tráfego moderado a intenso de veículos leves e de transporte coletivo movido a diesel. Via de terreno inclinado com presença de semáforos e ponto de ônibus no local ocasionando situações de frenagens e principalmente aceleração dos motores.



Figura 7 – Vista aérea do Parque Independência e seu entorno (fonte: Google Earth).

3.1.7 Parque Guarapiranga

Região Sul - Estrada Guarapiranga, 575

Área: 152.600m²

Característica da fonte de poluição do ar do entorno: tráfego moderado de veículos leves e de transporte coletivo movido a diesel. Via de terreno plano, mas com presença de semáforo e ponto de ônibus no local ocasionando situações de frenagens e aceleração dos motores.



Figura 8 – Vista aérea do Parque Guarapiranga e seu entorno (fonte: Google Earth).

3.1.8 Particularidades dos parques estudados

A seguir, faremos um breve relato das particularidades dos sete parques estudados com suas principais características, informações sobre sua história, tipos de uso, equipamentos e outras informações obtidas e complementadas do site oficial da Secretaria do Verde e Meio Ambiente, Prefeitura Municipal de São Paulo (http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/), conforme descrito a seguir:

Parque Jardim da Luz

Criado como Horto Botânico por uma Ordem Régia da Coroa Portuguesa em 19 de novembro de 1798, foi aberto ao público em 1825 como Jardim Botânico já no período do Brasil Imperial, tornando-se o primeiro espaço de lazer da população paulistana. Um dos maiores atrativos do parque é um Aquário subterrâneo descoberto no ano 2000, durante processo de manejo da vegetação e que hoje abriga 13 espécies nativas dos Rios Tietê e Paraíba-do-Sul.

O Jardim da Luz tem como característica principal de ser um parque de contemplação, possui diversas obras de arte como um museu ao ar livre, árvores centenárias nativas e exóticas, diversos espelhos d'água que chama atenção por sua beleza e originalidade, destacando-se o lago Cruz de Malta rodeado por oito belas esculturas que representam as estações do ano. Os Coretos, a Casa de Chá e a Casa do Administrador foram recentemente restaurados pelo Programa Monumenta em parceria com a PMSP.

Tombado pelo CONDEPHAAT, CONPRESP e IPHAN.

Seu entorno é de zona comercial e industrial, com vias de tráfego intenso devido ao corredor norte e sul da Avenida Tiradentes.

Parque Cidade de Toronto

O Parque nasceu de um programa de Cooperação Técnica entre as Prefeituras de São Paulo e de Toronto, no Canadá, que tinha como objetivo propiciar aprimoramento profissional, consultoria e transferência de know-how entre os técnicos das duas cidades.

Destaca-se um grande lago que abrange a maioria da área do parque, e dessas nascentes formam também locais de brejos que constituem habitat e refúgio para vida silvestre, principalmente para as aves aquáticas que são abundantes no local.

Seu entorno é de zona estritamente residencial, porém faz limite com a rodovia SP-348.

Parque Trote Vila Guilherme

As dependências do parque são acessíveis a portadores de necessidades especiais, crianças e idosos. Apresenta uma Trilha dos Sentidos destinada ao reconhecimento de espécies vegetais pelo tato, olfato e/ou visão. Outra atividade oferecida é a Trilha das Aves para o reconhecimento das espécies presentes no parque.

O nome Vila Guilherme deve-se à sua localização no distrito de Vila Guilherme, zona norte da cidade, e foi inaugurado em 1986. Caracteriza-se pelas atividades esportivas em quadras e trilhas para caminhada. Com a implantação do Parque do Trote em 2006, no terreno contíguo e que pertencia à antiga Sociedade do Trote, originou-se o Parque Trote Vila Guilherme.

Seu entorno é de zona industrial e comercial, com moderado tráfego de caminhões na Rua São Quirino e de veículos leves nas demais vias.

Parque Piqueri

O parque tem sua história fortemente ligada ao Rio Tietê. O curso do rio adentrava a área original da Chácara do Piqueri antes de sua retificação, por volta de 1950. Hoje ainda pode-se visitar um ancoradouro construído no local. Além disso, há registros de olarias e portos de areia nesta área. A areia e a argila, abundantes na várzea do rio Tietê, foram fundamentais para a fabricação de tijolos e telhas, com a finalidade de substituir as construções de taipa de pilão, cedendo lugar à "cidade de tijolos".

O nome Piqueri faz alusão ao nome da tribo indígena que habitava a área localizada na confluência do ribeirão Tatuapé e do rio Grande, atual Tietê. A antiga chácara foi implantada pelo Conde Francisco Matarazzo em 1927, e consistia em casa sede, lago, pomar, granja, criação de diversos animais, uma fábrica de queijo, além de uma área destinada às Indústrias Matarazzo.

Devido ao seu aspecto e localização, o Parque Piqueri é um importante refúgio de vida silvestre e área de alimentação e nidificação para diversas aves aquáticas e florestais.

Seu entorno é de zona residencial, mas com intenso tráfego de veículos pesados e leves, pois em sua face norte faz limite com a Marginal do Tietê que é uma das principais vias de escoamento do tráfego da cidade de São Paulo.

Parque Chico Mendes

A área do parque pertencia à Chácara Figueira Grande, em São Miguel Paulista, uma das regiões mais carentes de verde da cidade. Essa carência deve-se em grande parte à derrubada de matas e capoeiras para fornecimento de lenha e carvão, matéria-prima utilizada na urbanização da região na década de 1930.

Atualmente o parque possui uma área aberta ao uso público com diversos equipamentos de lazer e recreação para crianças e adultos, e na sua parte fechada ao público preserva diversas nascentes que formam os lagos e uma área verde com diversas espécies florestais características da Floresta Ombrófila Densa, denominação das florestas nativas que ocorriam originalmente na cidade de São Paulo, constituindo importante refúgio da fauna e flora nativas da região.

O Parque leva o nome de Francisco Mendes Filho, conhecido popularmente como Chico Mendes, que foi seringueiro, sindicalista e ecologista.

Seu entorno é de zona residencial e comercial, com tráfego moderado de veículos pesados e leves, devido à presença de uma cooperativa de catadores de lixo na Rua Cembira e pela presença transportes coletivos como ônibus e vans.

Parque Independência

O Parque Independência é um marco histórico nacional. Na Colina do Ipiranga, junto ao Riacho do Ipiranga, D. Pedro I declarou o país independente de Portugal em 1822. O Parque abriga o Museu Paulista, mais conhecido como Museu do Ipiranga, além da obra em homenagem ao Grito do Ipiranga, de autoria do italiano Ettore Ximenez. Tombado pelo CONDEPHAAT, CONPRES P e IPHAN.

Um jardim projetado em estilo francês une o museu e o monumento aos outros edifícios existentes no local, que abrigam um viveiro de plantas e o Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

Seu entorno é de zona residencial e comercial, e na sua face oeste fica a Avenida Nazareth com tráfego moderado de veículos pesados de transporte coletivo e de veículos leves.

Parque Guarapiranga

O Parque Guarapiranga situa-se junto à represa de Guarapiranga - nome tupi-guarani que significa lagoa vermelha. A represa foi construída em 1908 pela São Paulo Trainway Light and Power Co.

O projeto do parque foi elaborado pelo escritório Burle Marx e Cia. e tem a importante função de proteger a produção hídrica, minimizando a erosão e a sedimentação. Possui gramados, caminhos e recantos, abrigados por uma vegetação densa de mata nativa que desce até as margens da represa.

Seu entorno é de zona residencial, mas a única via que faz limite com o parque possui tráfego moderado de veículos pesados de transporte coletivo e de veículos leves, e nas outras extremidades somente a represa e a floresta.

3.2 Bioindicador vegetal

Foi utilizada a planta *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt cv *purpurea* Boom que é uma planta herbácea, suculenta, de 15 a 25 cm de altura (figura 9), com folhas e flores roxas e pubescentes, ornamental, nativa da região da América Central (México e Honduras) e da América do Norte, classificada em 1975 (USDA, 1997; LORENZI e SOUZA, 2001).



Figura 9 – Foto da planta *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt cv *purpurea* Boom.

Convém ressaltar que muitos trabalhos já realizados têm indicado a viabilidade do uso desta planta como bioindicador da poluição atmosférica (Batalha et al., 1999; Guimarães et al., 2000, Suyama et al., 2002).

As mudas de *T. pallida* foram produzidas no Viveiro Manequinho Lopes, Parque do Ibirapuera, Secretaria do Verde e Meio Ambiente, Prefeitura Municipal de São Paulo (SVMA-SP).

3.3 Plantio e Coletas

Foi necessário um longo trabalho de campo para encontrar os melhores locais para plantio, que além de fornecerem as condições climáticas para bom desenvolvimento da planta, não sofressem constante pisoteio e depredação por parte dos freqüentadores dos parques como ocorrido por diversas vezes no presente estudo.



Figura 10 – Imagens da borda e centro respectivamente do Parque Independência com destaque para canteiros de *Tradescantia pallida*.

A figura 10 exemplifica os canteiros de borda e centro no Parque Independência.

Após implantação dos canteiros nos sete parques selecionados, foi realizado um período de acompanhamento e aclimação das plantas por seis meses para iniciar as coletas de inflorescências e folhas de *T. pallida* (figura 11).



Figura 11 – Imagens das coletas de inflorescências e de folhas de *T. pallida*.

Todas as coletas e amostras do presente estudo foram feitas nos meses de junho, julho e agosto de 2009.

3.4 Teste Trad-MCN

O micronúcleo representa o reparo das anomalias ocorridas (mutações e quebras cromossômicas) durante a replicação meiótica do cromossomo das células-mãe do pólen (figura 12).

Após a exposição a agentes mutagênicos a frequência de formação dos micronúcleos aumenta, sendo expressa numericamente, permitindo a determinação do grau dos danos cromossômicos durante a meiose e conseqüentemente, do grau de contaminação do ambiente monitorado quanto a agentes mutagênicos.

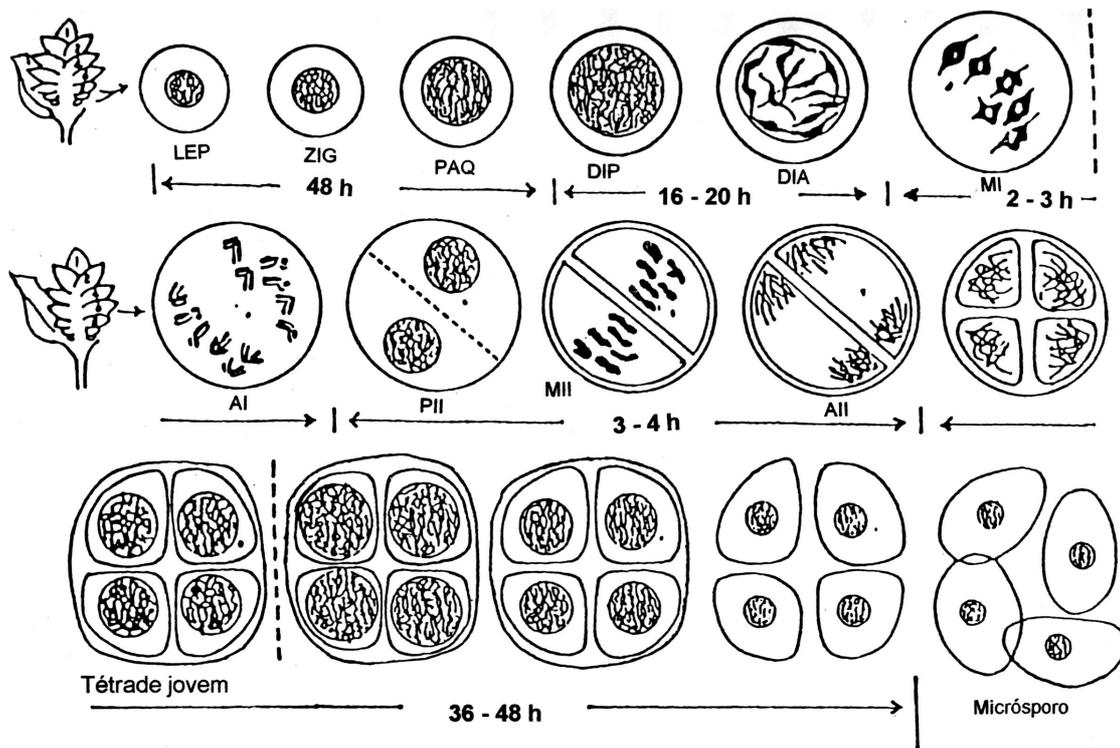


Figura 12 - Representação esquemática da duração e morfologia geral de cada estágio da meiose das células-mãe do grão de pólen de *Tradescantia* (MA, 1983).

Entre os testes de mutagênese desenvolvidos com plantas, o bioensaio de quantificação de micronúcleo em células-mãe de grão de pólen de *T. pallida* (Trad-MCN) é considerado sensível (MA, 1981; RODRIGUES et al., 1997).

O teste Trad-MCN baseia-se na visualização de segmentos de cromossomos que se apresentam como pequenas estruturas arredondadas chamadas micronúcleos.

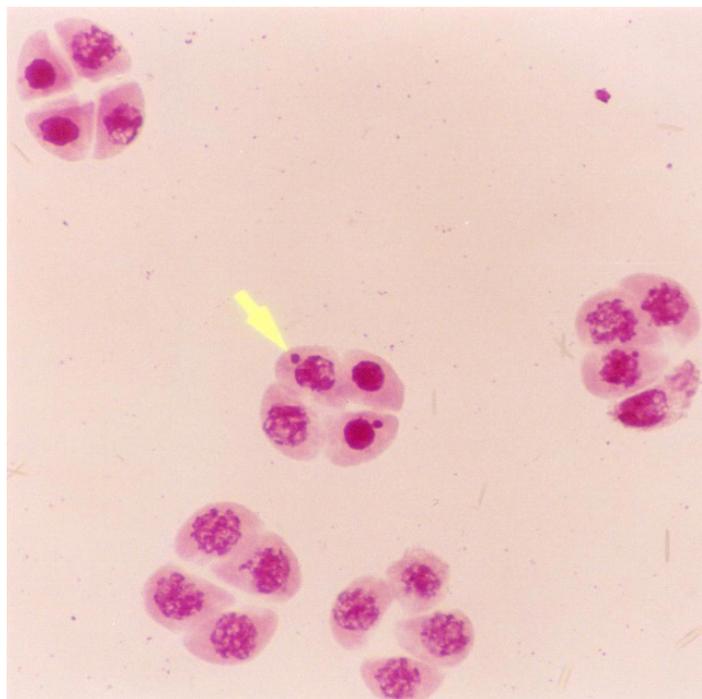


Figura 13 - Fotomicrografia de tetrades em aumento de 400X com micronúcleo indicado por seta (Sant' Anna 2003).

Logo após a coleta o material é fixado em solução fixadora (álcool mais ácido acético 1:3), botões jovens das inflorescências são dissecados e as anteras maceradas sobre uma lâmina de vidro, juntamente com corante aceto-carmin (MA, 1981; Ma, 1983; Batalha et al., 1999;), considerando-se apenas preparações contendo tetrades jovens.

O número de micronúcleos por 300 tétrades por lâmina foi quantificado em aumento de 400x (figura 13). As amostras foram codificadas antes do preparo das lâminas para contagem de micronúcleos, para evitar subjetividade e desvios de resultados por interferência humana, sendo a origem da amostra revelada somente após a conclusão da análise.

3.5 EDX-RF Folhas

A limpeza das folhas foi realizada no máximo um dia após a coleta para evitar a sua deterioração. As folhas coletadas foram cuidadosamente lavadas, com luvas de plástico, utilizando-se água deionizada, sendo posteriormente acondicionadas em embalagens de papel a fim de serem desidratadas em estufa a 37°C, durante 48 horas.

As folhas de *T. pallida* foram moídas em almofariz de porcelana até a amostra ficar bem fina e homogênea para ser prensada no equipamento PCA 40 (TECLAGO) para formação da pastilha de pó prensado (PPP).

No processo de análise elementar das amostras de plantas, os passos para preparação pré-analítica do material coletado (limpeza, secagem e homogeneização) constituem-se fases críticas passíveis de induzir erros analíticos significativos. Um processo de tratamento inadequado pode constituir uma fonte potencial de contaminação da amostra a ser submetida à análise (WAGNER, 1995).

A caracterização dos elementos químicos presentes nas pastilhas provenientes das folhas de *T. pallida* plantadas na borda e centro dos parques estudados foi realizada com equipamento EDX-700HS Shimadzu, pela técnica de Fluorescência de Raios-X por Dispersão em Energia (EDX-RF), no Laboratório de Poluição Atmosférica da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, FM-USP.

Não foi realizada caracterização dos elementos químicos presentes nas folhas de *T. pallida* plantadas na borda e centro do parque Toronto.

3.6 EDX-RF Solos

As amostras de solo dos parques estudados foram obtidas ao lado do canteiro de borda, uma na superfície e outra a 20 cm de profundidade, e isso foi repetida para o canteiro do centro, num total de quatro amostras por parque. Para evitar contaminação das coletas foram utilizadas luvas, espátula, régua e potes de polietileno para armazenagem.

A moagem das amostras, micronização e preparação das pastilhas fundidas (fused glass disc - FGD) para análise dos elementos químicos presentes no solo dos parques estudados estão ilustradas na figura 14 e foram realizadas no Laboratório de Fluorescência de Raios-X do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG-USP), conforme descrito por MORI e colaboradores (1999).



Figura 14 – Imagem do processo de preparação das pastilhas fundidas (FGD) para análise dos elementos traços no solo dos parques estudados.

Para o S no solo valores menores de 300ppm não foram considerados neste trabalho devido ao limite de detecção da técnica empregada, portanto não temos dados de S no solo a 20cm dos seguintes pontos: Borda Parque Trote e Centro Parque Chico Mendes; e no solo superficial dos seguintes pontos: Centro Toronto, Centro Chico Mendes e Centro do Piqueri.

3.7 Gases ozônio e dióxido de nitrogênio (O₃ e NO₂)

Para amostragem de ozônio e dióxido de nitrogênio foram utilizados filtros passivos preparados e analisados conforme QUINTERO et al. (2004) e LODGE (1989).

Os filtros ficaram expostos durante 14 dias bem próximos dos canteiros de folhas de *T. pallida* (figura 15) com intuito de analisar a existência de gradientes de poluição entre borda e centro de cada parque estudado.

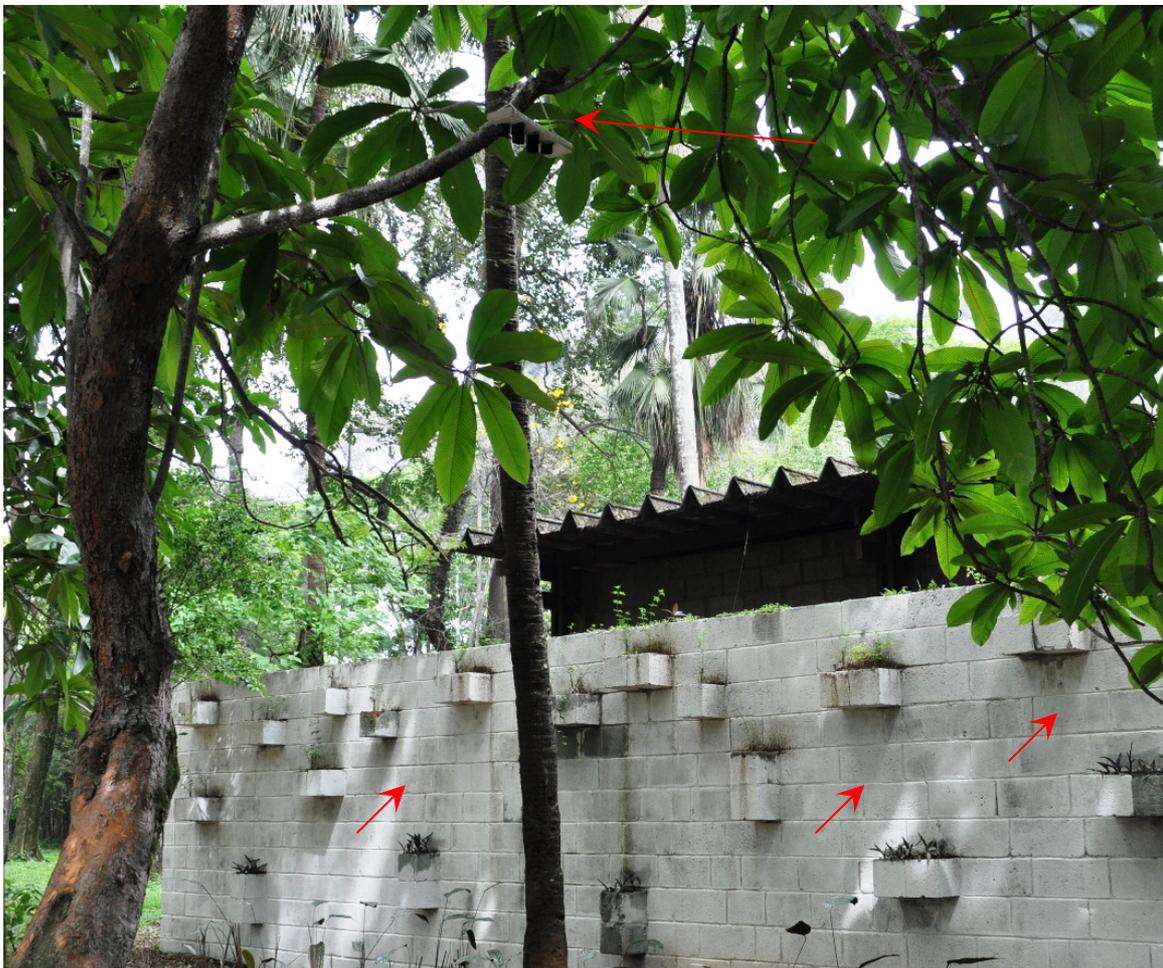


Figura 15 – Seta no alto indicando o filtro passivo de O₃ e NO₂ na árvore e setas indicando os canteiros de *T. pallida* no centro do Parque Piqueri.



Figura 16 – Filtro passivo de O₃ e NO₂ na árvore ao lado do canteiro de borda do Parque Cidade de Toronto.

O local escolhido para expor os filtros durante período de amostragem foram em árvores próximas dos canteiros de *T. pallida* para evitar perda do material por danos e vandalismo (figura 16).

3.8 Análise estatística

O teste Mann-Whitney (U) no nível de significância de 5% foi utilizado para verificar se existia diferença significativa na frequência de micronúcleos de *T. pallida*, cultivadas nos habitats de borda e centro de cada parque.

Análise de Variância não paramétrica de Kruskal Wallis (H) foi utilizada para verificar diferença significativa com relação às concentrações dos elementos traços registrados nas folhas de *T. pallida*, cultivadas na borda e centro de cada parque.

Nos dois casos se escolheu os testes de inferência estatística não paramétrica, visto que não foi verificada normalidade da distribuição, por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnoff e Shapiro-Wilk, para todas as distribuições de dados que se pretendia comparar, tampouco homogeneidade de variâncias, utilizando o teste de Levene.

A tabulação e análise de dados foi realizada pela planilha do excel versão 2003 e pelo programa SPSS para Windows versão 15.0.

4. RESULTADOS

Nas figura 17 são apresentados os valores de MCN (%) na borda e entro dos parques estudados.

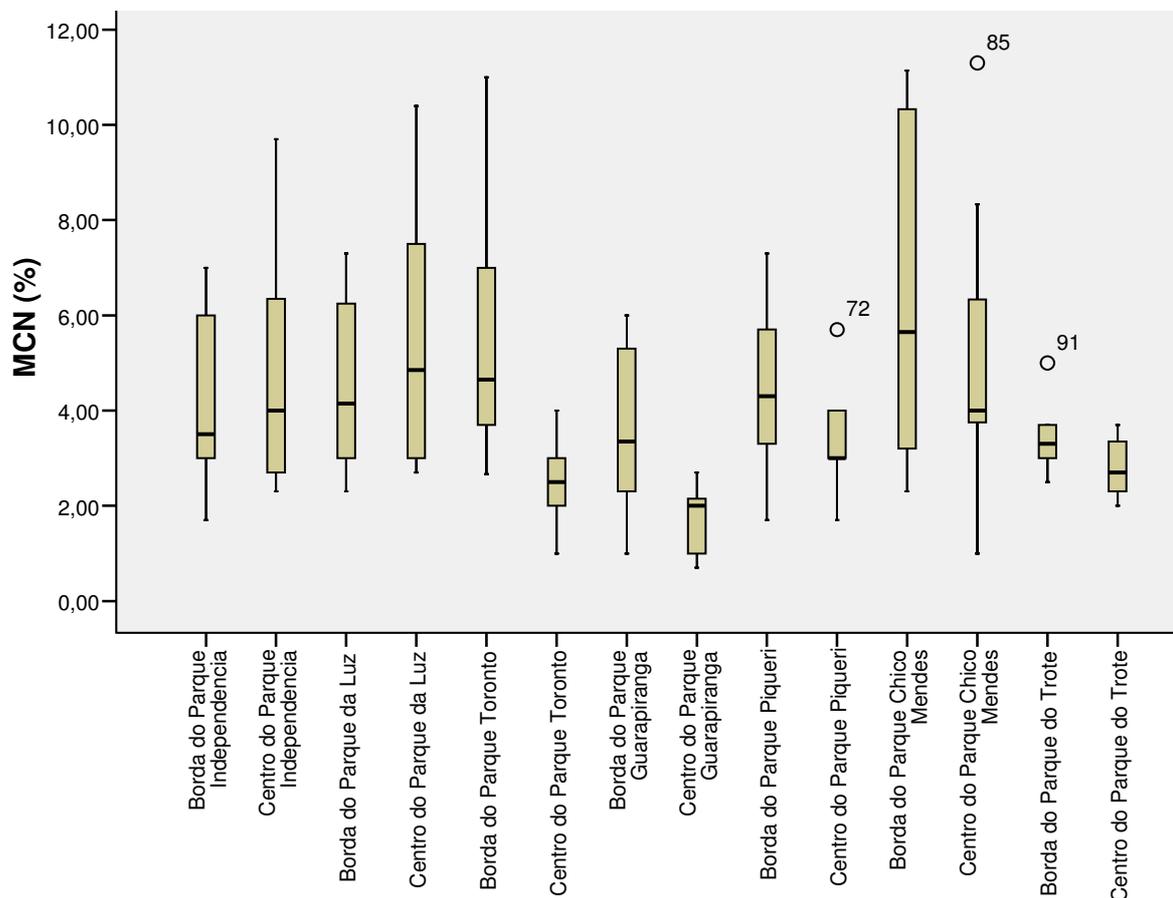


Figura 17 - Percentagens de micronúcleos observados em células mães de grão de pólen de *Tradescantia pallida*, obtidas na borda e centro dos parques estudados (houve diferença estatística significativa entre borda e centro dos parques Toronto e Guarapiranga com $p < 0,05$).

Os maiores percentuais de MCN foram observados para a borda do parque Chico Mendes e centro do parque da Luz. Os menores percentuais de MCN foram observados para o centro dos parques Guarapiranga e Toronto.

A tabela 1 mostra a média, desvio padrão, mediana e valores máximos e mínimos de MCN para os habitats de borda e centro dos parques, bem como o resultado do teste de Mann-Whitney quando comparado os valores de MCN, de *T. pallida* cultivadas, entre borda e centro de cada um dos parques estudados.

Tabela 1 – Estatística descritiva e inferencial para os valores de MCN entre borda e centro dos parques estudados.

| Ponto | Média | Desvio padrão | Mediana | Min. | Max. | U | p |
|-----------------------------|-------|---------------|---------|------|-------|------|-------|
| Borda Parque Independência | 4,116 | 2,010 | 3,50 | 1,70 | 7,00 | 20,0 | 0,945 |
| Centro Parque Independência | 4,871 | 2,730 | 4,00 | 2,30 | 9,70 | 15,0 | 0,699 |
| Borda Parque da Luz | 4,525 | 2,043 | 4,15 | 2,30 | 7,30 | 7,0 | 0,011 |
| Centro Parque da Luz | 5,550 | 2,931 | 4,85 | 2,70 | 10,40 | 12,5 | 0,025 |
| Borda Parque Toronto | 5,367 | 2,513 | 4,65 | 2,67 | 11,0 | 19,0 | 0,208 |
| Centro Parque Toronto | 2,500 | 1,048 | 2,50 | 1,00 | 4,00 | 11,5 | 0,181 |
| Borda Parque Guarapiranga | 3,530 | 1,745 | 3,35 | 1,00 | 6,00 | 19,0 | 0,836 |
| Centro Parque Guarapiranga | 1,671 | 0,765 | 2,00 | 0,70 | 2,70 | 11,5 | 0,181 |
| Borda Parque Piqueri | 4,484 | 1,781 | 4,30 | 1,70 | 7,30 | 19,0 | 0,208 |
| Centro Parque Piqueri | 3,480 | 1,485 | 3,00 | 1,70 | 5,70 | 19,0 | 0,836 |
| Borda Parque Chico Mendes | 6,378 | 3,734 | 5,65 | 2,30 | 11,14 | 11,5 | 0,181 |
| Centro Parque Chico Mendes | 5,208 | 3,444 | 4,00 | 1,00 | 11,30 | 11,5 | 0,181 |
| Borda Parque Trote | 3,467 | 0,850 | 3,30 | 2,50 | 5,00 | 11,5 | 0,181 |
| Centro Parque Trote | 2,814 | 0,684 | 2,70 | 2,00 | 3,70 | 11,5 | 0,181 |

Verificou-se diferença estatística significativa entre borda e centro somente nos parques Toronto U = 2,631; p = 0,011 e Guarapiranga U=12,500; p = 0,025.

Os maiores valores de O_3 e NO_2 foram registrados no centro do parque Guarapiranga e na borda do parque da Luz respectivamente (figura 10).

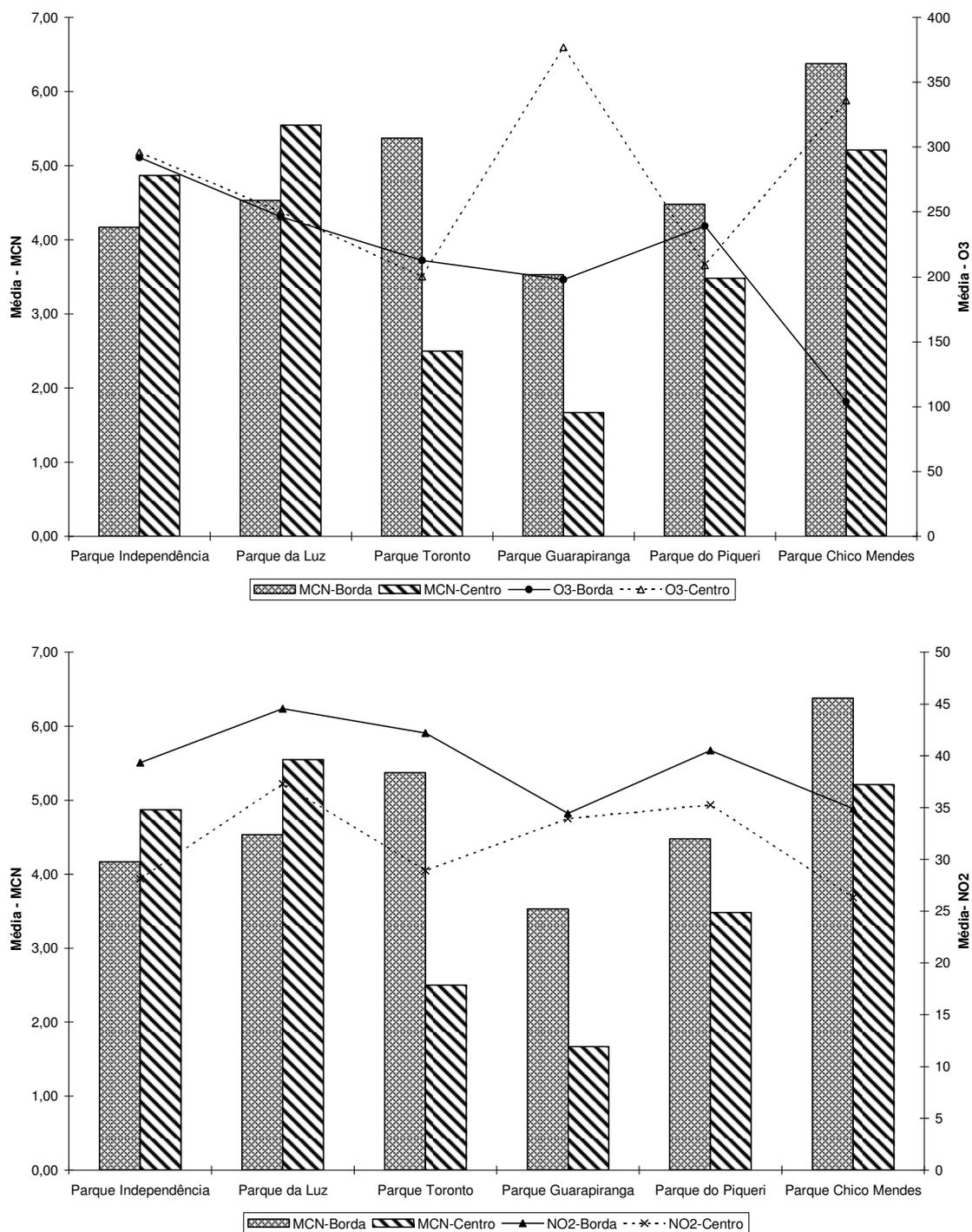


Figura 18 - Valores médios registrados de MCN, O_3 e NO_2 medidos na borda e centro dos parques estudados.

Tabela 2 – Valores médios de O₃ e NO₂ medidos em filtros passivos colocados na borda e centro dos parques.

| Parque | O ₃ (µg/m ³) | | NO ₂ (µg/m ³) | |
|---------------|-------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|
| | Borda | Centro | Borda | Centro |
| Independência | 291,83 | 295,89 | 39,34 | 28,13 |
| Luz | 246,28 | 250,04 | 44,55 | 37,30 |
| Toronto | 212,63 | 200,11 | 42,20 | 28,90 |
| Guarapiranga | 197,84 | 377,01 | 34,43 | 33,91 |
| Piqueri | 239,26 | 209,12 | 40,51 | 35,26 |
| Chico Mendes | 103,85 | 336,01 | 34,92 | 26,32 |

Na tabela 2 estão registrados todos os valores médios de O₃ e NO₂, e os menores valores de O₃ e de NO₂ foram registrados na borda e no centro do parque Chico Mendes respectivamente. Com relação ao NO₂ a borda foi sempre maior comparada ao centro o que não ocorreu com o O₃ que variou de forma aleatória entre borda e centro.

Tabela 3 – Resultado do teste de Kruskal Wallis (H) para os elementos traços (metais) registrados nas folhas de *T. pallida* comparado entre os sete parques estudados nos habitats de borda e centro.

| Elementos traços | Borda | | Centro | |
|------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | Kruskal Wallis (H) | p | Kruskal Wallis (H) | p |
| Mn | 14,187 | 0,014 | 17,370 | 0,004 |
| Fe | 8,383 | 0,136 | 12,500 | 0,029 |
| Cu | 5,423 | 0,366 | 6,277 | 0,280 |
| Zn | 20,560 | 0,001 | 20,113 | 0,001 |
| Pb | 12,243 | 0,032 | 7,849 | 0,165 |
| Ba | 14,397 | 0,013 | 7,207 | 0,206 |
| P | 19,178 | 0,002 | 9,188 | 0,102 |
| S | 17,711 | 0,003 | 18,042 | 0,003 |
| Ca | 17,970 | 0,003 | 21,873 | 0,001 |

Observa-se na tabela 3 que os elementos traços Mn, Zn, S e Ca apresentaram diferença estatística significativa tanto na borda como no centro.

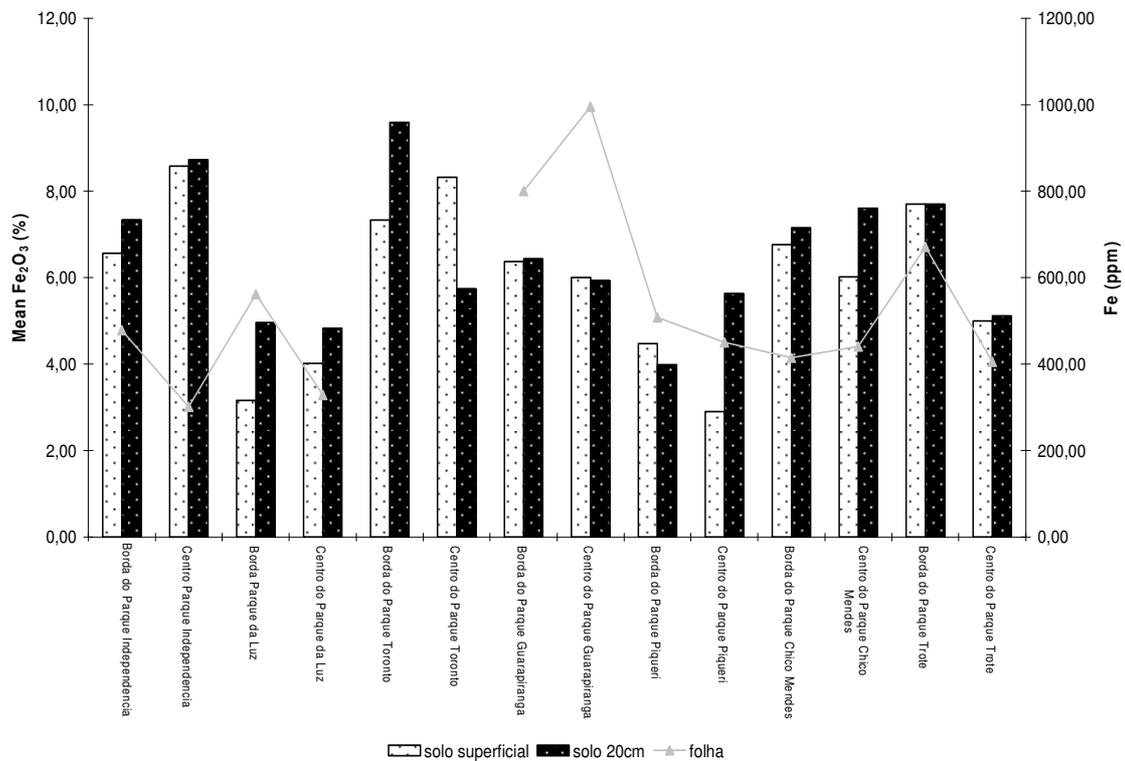
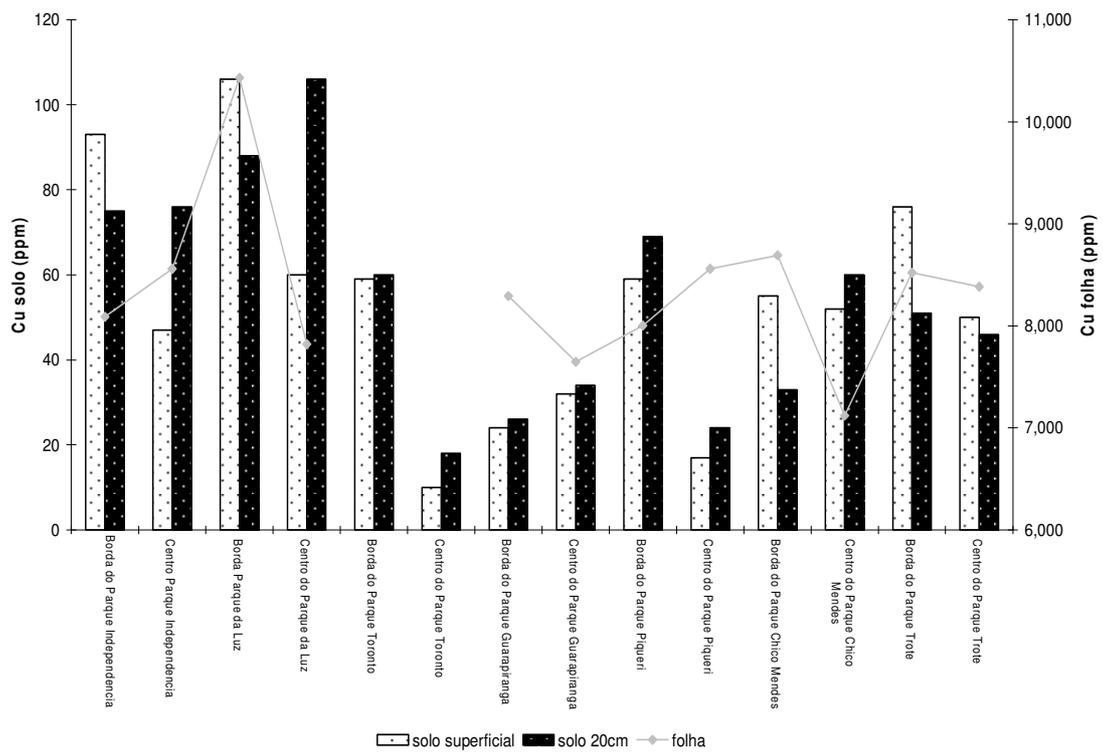


Figura 19 – Valores médios de Cu e Fe registrados no solo (superficial e 20cm) e na folha, comparados entre borda e centro dos parques estudados.

Comparando a borda e centro de cada parque estudado, verificou-se diferença estatística significativa para Cu nas folhas somente nos parques Chico Mendes com $t = 6,501$; $df = 4$; $p = ,003$ e Luz com $t = 4,475$; $df = 4$; $p = 0,011$.

A borda apresentou valores maiores que o centro de Fe nas folhas, exceto no parque Guarapiranga que o centro foi maior que borda, no solo a diferença entre borda e centro de Fe_2O_3 não apresentou semelhança com o ocorrido nas folhas, somente no parque Trote.

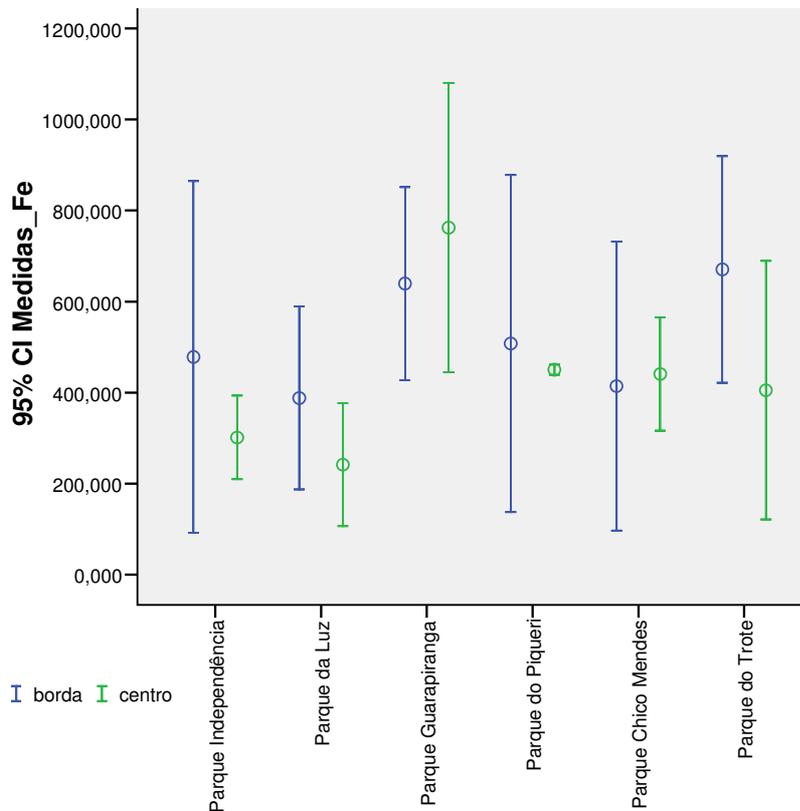
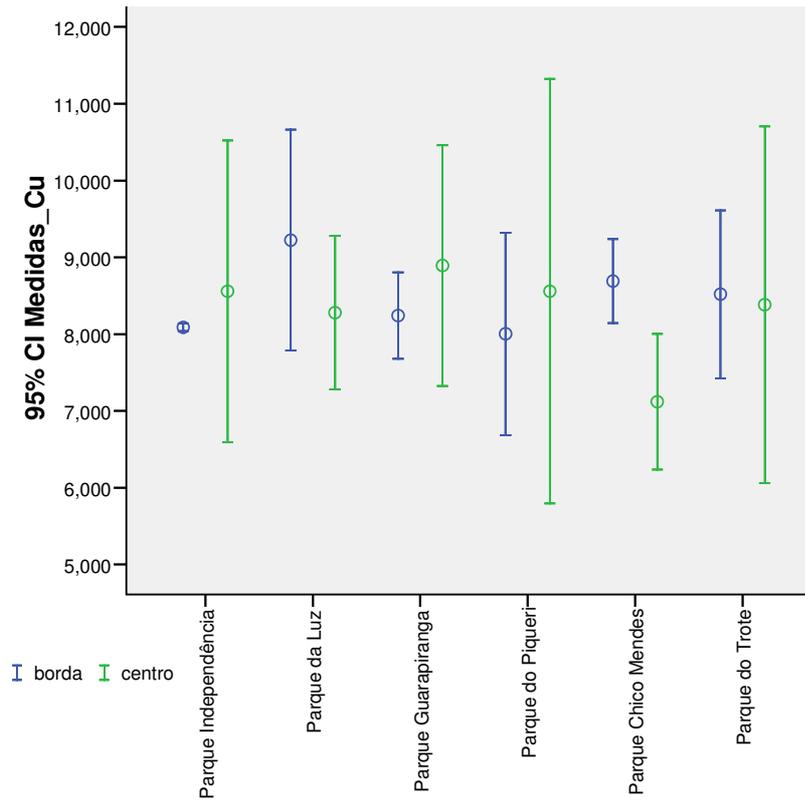


Figura 20 – Valores de média e desvio padrão de Cu e Fe registrados nas folhas de *T. pallida* comparados entre borda e centro dos parques estudados.

Os valores médios de Cu registrados nas folhas foram menores que os registrados para o solo. Houve semelhança no maior registro para folha e para solo que foi na borda do parque da Luz. Nas análises de Cu no solo superficial, a borda foi maior que o centro em todos os parques, exceto no parque Guarapiranga.

Comparando a borda e centro de cada parque estudado, verificou-se diferença estatística significativa para Cu nas folhas somente nos parques Chico Mendes com $t = 6,501$; $df = 4$; $p = ,003$ e Luz com $t = 4,475$; $df = 4$; $p = 0,011$.

Os valores registrados de Fe_2O_3 no solo e de e Fe nas folhas variou em cada parque. Os maiores percentuais de Fe_2O_3 no solo foram registrados para os parques Toronto e Independência, e para as folhas o parque Guarapiranga registrou maiores valores de Fe.

A borda apresentou valores maiores que o centro de Fe nas folhas, exceto no parque Guarapiranga que o centro foi maior que borda, no solo a diferença entre borda e centro de Fe_2O_3 não apresentou semelhança com o ocorrido nas folhas, somente no parque Trote.

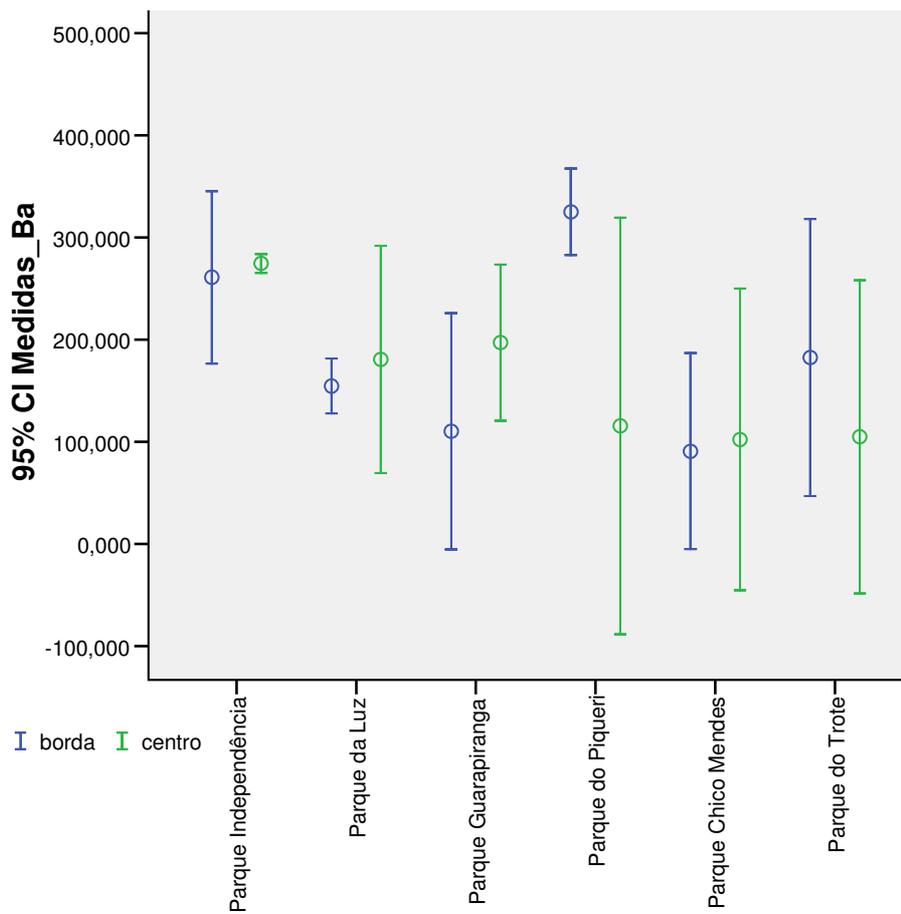
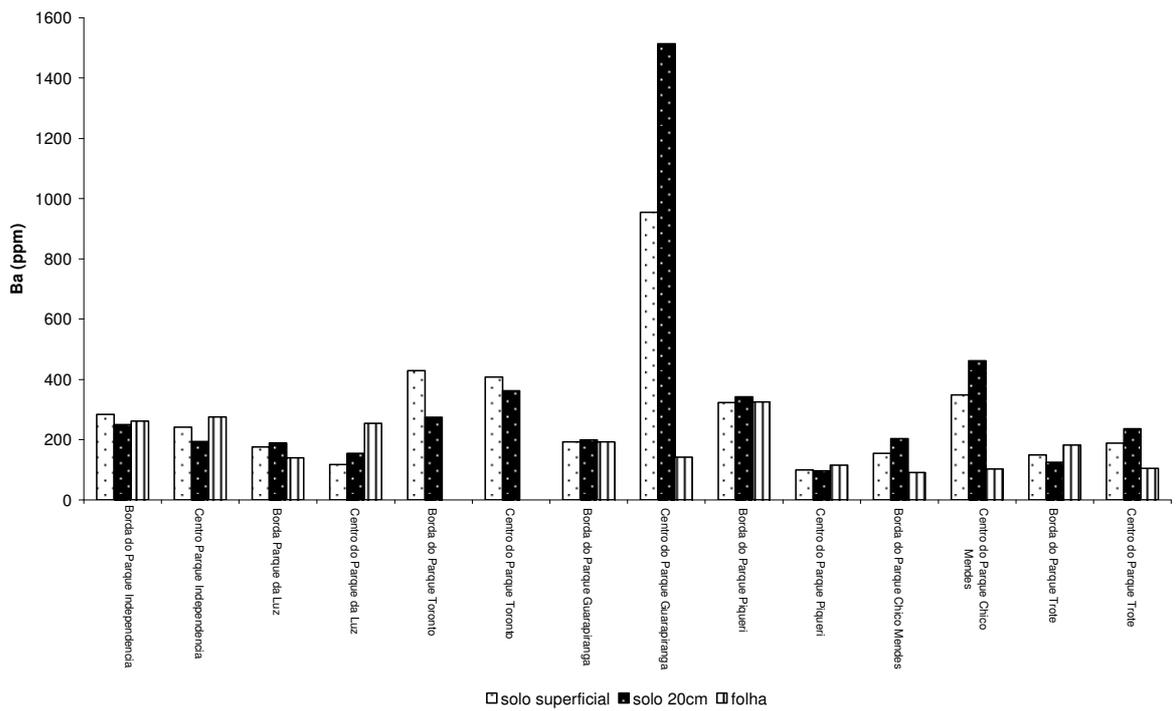


Figura 21 – Valores médios de Ba registrados no solo (superficial e 20cm) e valores médio e desvio padrão registrados na folha, comparados entre borda e centro dos parques estudados.

Os valores médios de Ba registrados nas folhas e solo variaram e os maiores registros foram para o solo no centro do parque Guarapiranga e os menores para folha no centro do parque Chico Mendes.

Comparando a borda e centro de cada parque estudado, verificou-se diferença estatística significativa para Ba nas folhas somente no parque Piqueri com $t = 4,333$; $df = 4$; $p = 0,012$.

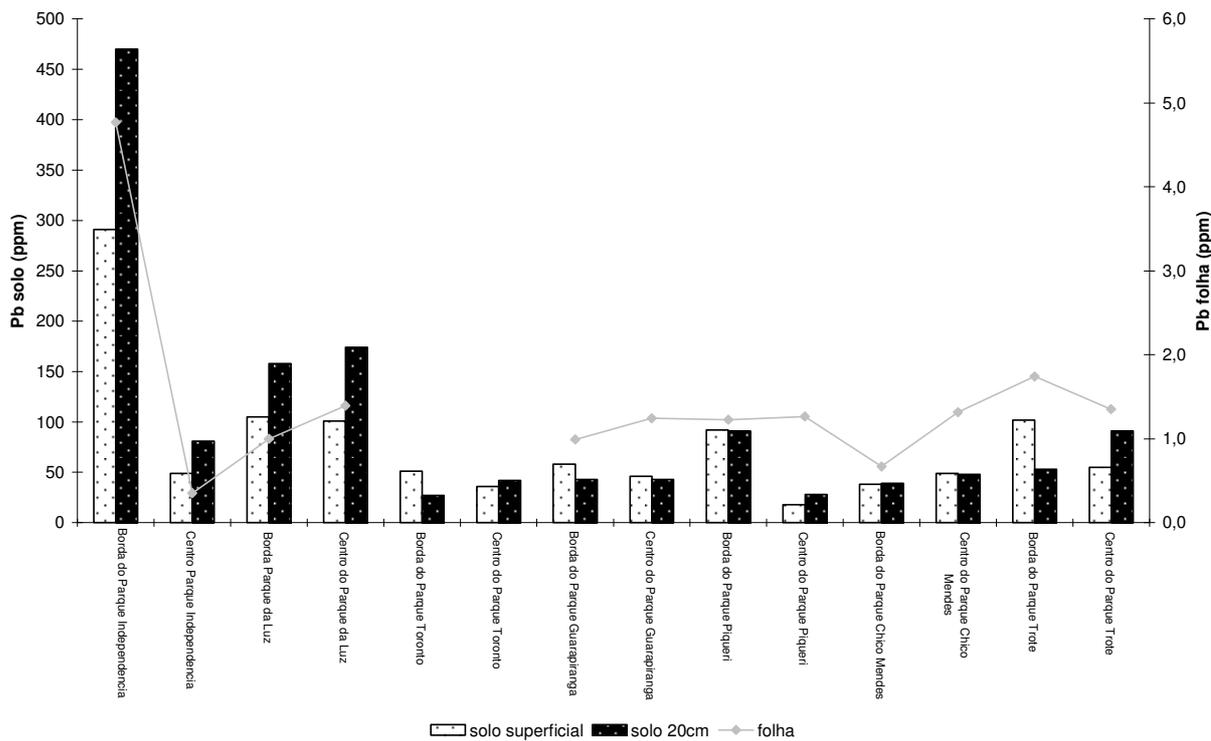
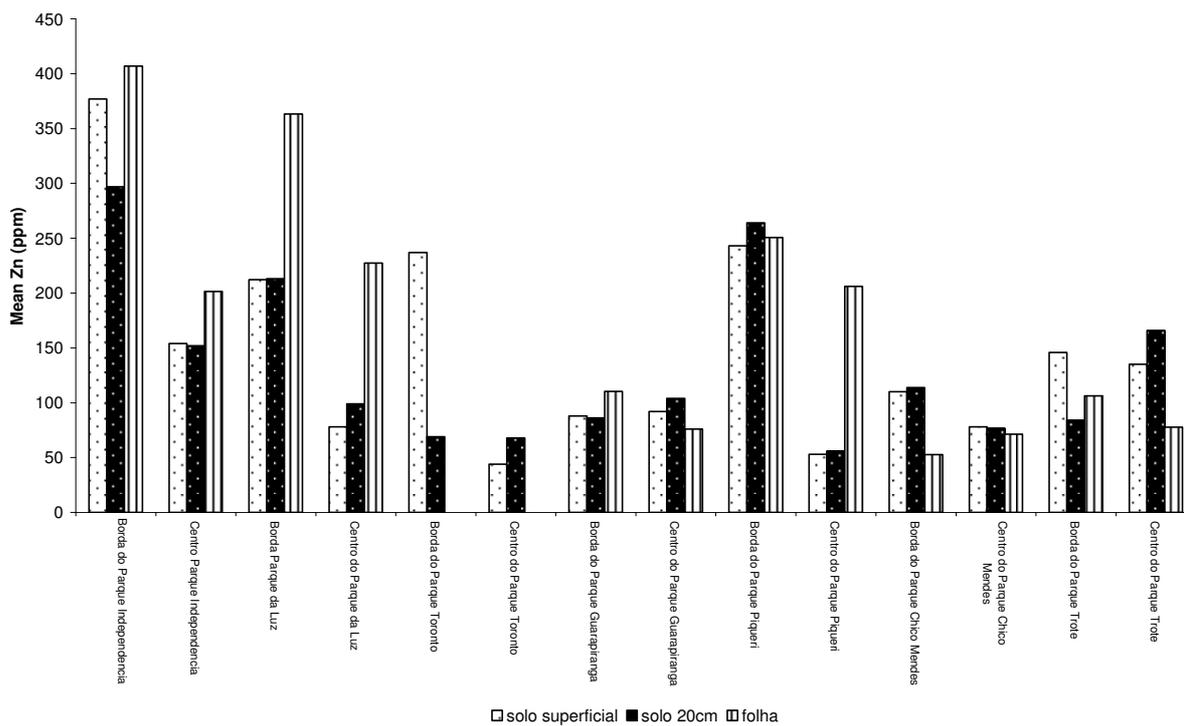


Figura 22 - Valores médios de Zn e Pb registrados no solo (superficial e 20cm) e na folha, comparados entre borda e centro dos parques estudados.

Os valores médios de Zn registrados nas folhas foram maiores na borda dos parques comparado ao centro dos mesmos, exceto no parque Chico Mendes.

Os valores registrados no solo superficial e a 20 cm foram maiores que os registrados para as folhas nas bordas e centros dos parques Trote, Chico Mendes e na borda do parque Piqueri. As maiores médias de Zn no solo e na folha foram registradas no mesmo local, na borda do parque Independência.

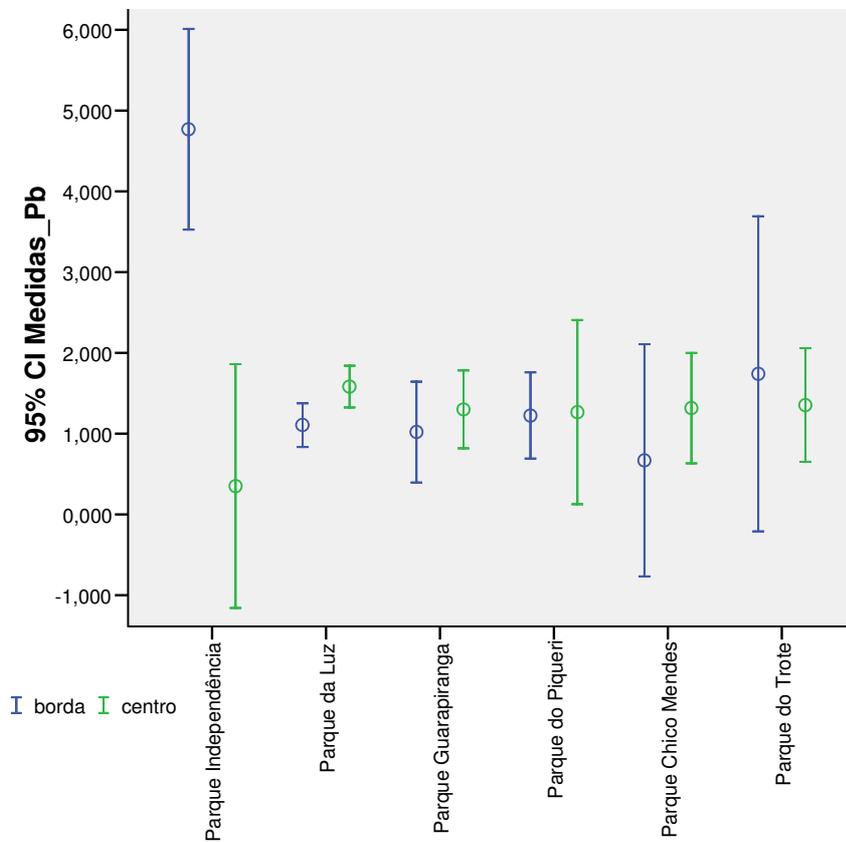
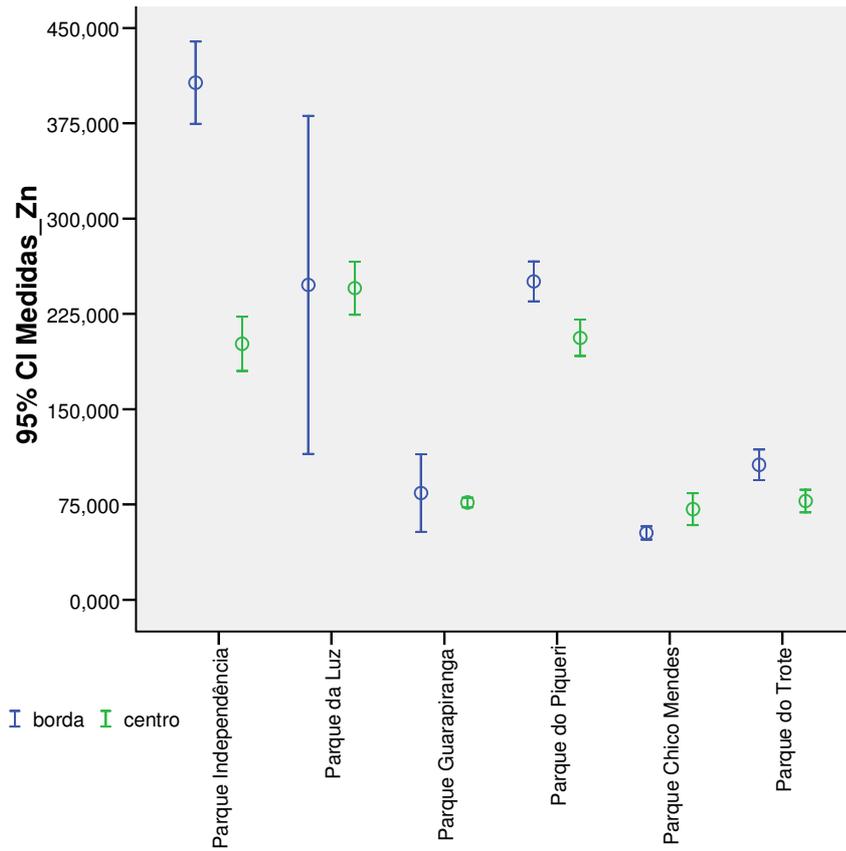


Figura 23. Valores de média e desvio padrão de Zn e Pb registrados nas folhas de *T. pallida* comparados entre borda e centro dos parques estudados.

Os valores médios de Ba registrados nas folhas e solo variaram e os maiores registros foram para o solo no centro do parque Guarapiranga e os menores para folha no centro do parque Chico Mendes.

Comparando a borda e centro de cada parque estudado, verificou-se diferença estatística significativa para Ba nas folhas somente no parque Piqueri com $t = 4,333$; $df = 4$; $p = 0,012$.

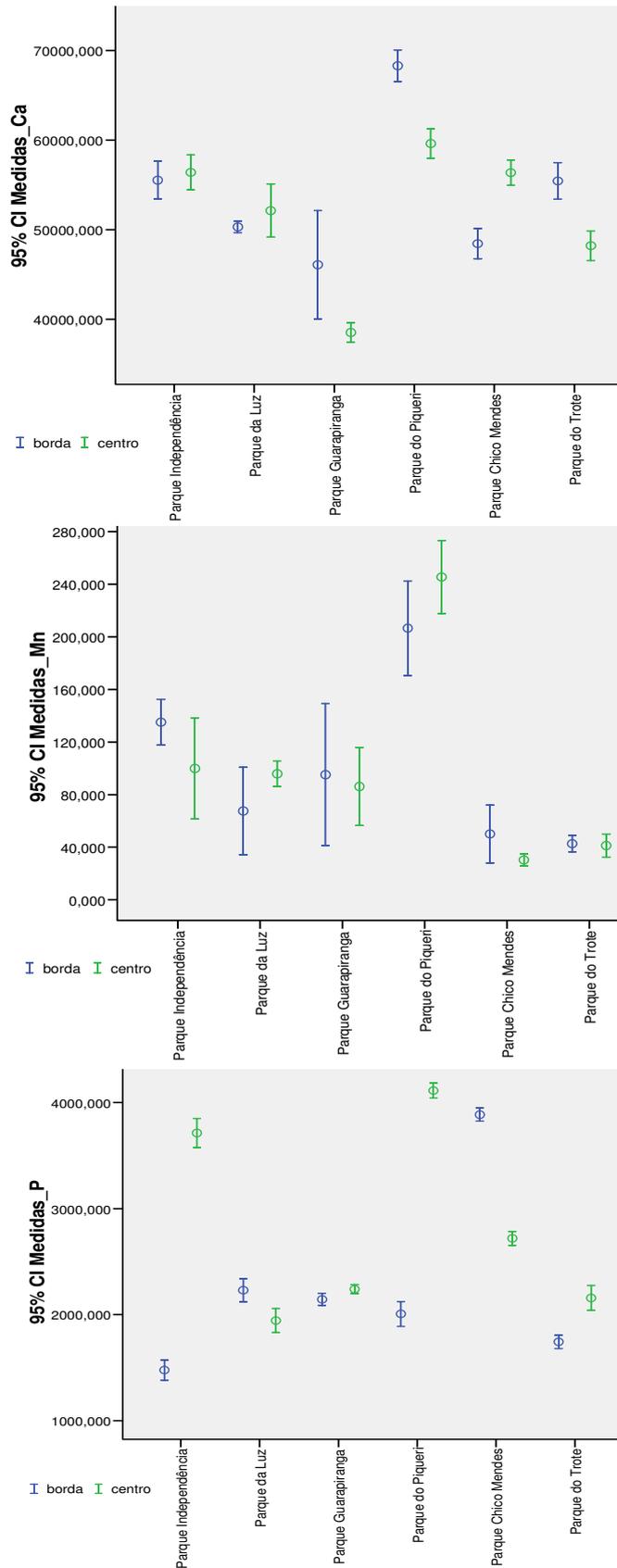


Figura 24. Valores de média e desvio padrão de Ca, Mn e P registrados nas folhas de *T. pallida* comparados entre borda e centro dos parques estudados.

Comparando a borda e centro de cada parque estudado, verificou-se que existe diferença estatística significativa no nível de $p < 0,01$ entre todas as médias de Zn verificadas, no nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Os valores médios de Pb registrados nas folhas e solo variaram de forma semelhante, e os maiores registros foram para a borda do parque Independência (Fig. 3).

Comparando a borda e centro de cada parque estudado, verificou-se diferença estatística significativa para Pb nas folhas somente no parque Independência com $t = 9,729$; $df = 3,858$; $p = 0,001$.

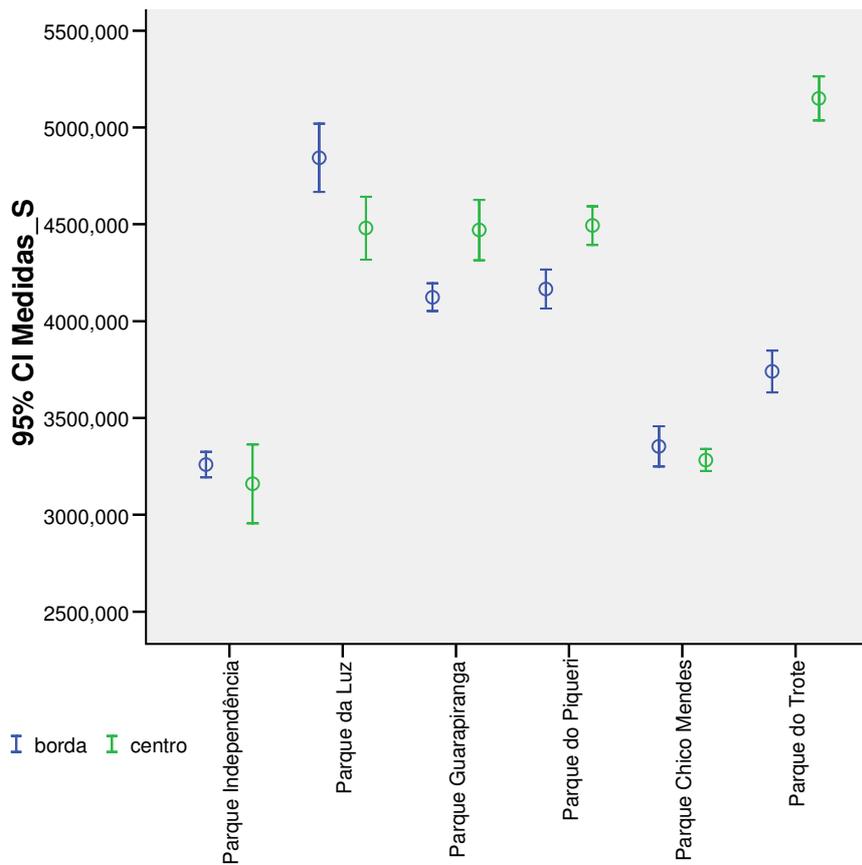
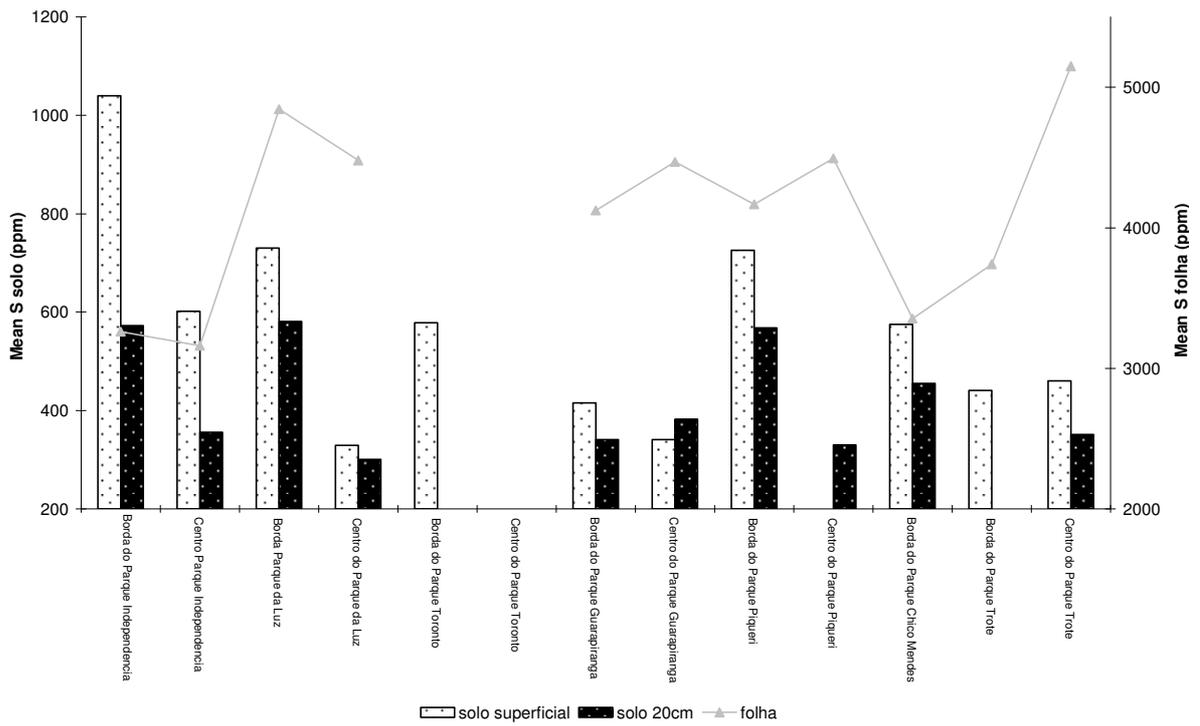


Figura 25 – Valores médios de Ba registrados no solo (superficial e 20cm) e valores de média e desvio padrão registrados na folha, comparados entre borda e centro dos parques estudados.

Os valores registrados de S nas folhas foram muito maiores quando comparado aos valores registrados para solo e não houve semelhança para valores registrados nas folhas e no solo. No solo o S não foi detectado nos seguintes pontos: solo superficial no centro do parque Piqueri; solo a 20cm na borda dos parques Toronto e Trote. No centro do parque Toronto os valores de S também não foram detectados.

Comparando a borda e centro de cada parque estudado, verificou-se diferença estatística significativa para S nas folhas dos parques Trote com $t = -38,614$; $df = 4$; $p = 0,000$ no Guarapiranga com $t = -8,727$; $df = 4$; $p = 0,001$ no Piqueri com $t = -9,899$; $df = 4$; $p = 0,001$ e na Luz com $t = 6,514$; $df = 4$; $p = 0,003$.

5. DISCUSSÃO

O Governo Municipal de São Paulo tem ampliado o número de parques, dentro de uma proposta de se atingir um total de 100 parques até 2012. Em 2005 eram 33 parques municipais e atualmente são 54 áreas verdes que englobam os parques lineares, responsáveis pela preservação das matas ciliares e mananciais, e os parques municipais.

Conforme já mencionado, estas áreas verdes urbanas vêm sendo criadas a fim de suprir a necessidade social, de descanso, de lazer e também para contrapor-se ao ambiente urbano em constante crescimento (MACEDO & SAKATA, 2003), e este intenso crescimento da cidade de São Paulo implica em um aumento nos níveis de poluentes, e conseqüente aumento nas taxas de morbidade e mortalidade (PEREIRA et al., 1998; PEREIRA et al., 1999; LIN et al., 1999; BRAGA et al., 2001; POPE et al., 2002).

Estações de monitoramento são necessárias para que haja algum tipo de controle nas condições de poluentes atmosféricos. Sendo possível, a emissão de alertas quando as condições, ditas seguras são ultrapassadas.

Dois pontos podem ser destacados ao se considerar estações de monitoramento. Primeiramente, que se trata de equipamentos de alto custo, dificultando, portanto, a instalação de centrais em todos os pontos necessários, sobretudo em áreas remotas.

Segundo, as estações de monitoramento informam níveis amostrados de cada um dos principais poluentes e para cada um, há um limite estabelecido

como padrão de segurança, no entanto, estudos têm alertado que, mesmo níveis considerados como aceitáveis, têm implicado em danos à saúde (SALDIVA et al., 1994; SALDIVA et al., 1995).

Os parques podem abrigar as plantas bioindicadoras, oferecendo-lhes proteção, além de cuidados necessários para se manter as condições fisiológicas desses biomonitores.

A proposta do presente estudo foi avaliar plantas expostas à poluição em diferentes parques da cidade de São Paulo (borda e centro de cada parque), a fim de permitir a extrapolação dos resultados obtidos, como medidas simplificadas da qualidade do ar aplicada a regiões desprovidas de monitoramento.

A escolha da planta *T. pallida* foi baseada em Suyama et al. (2001), um estudo em que esta planta apresentou resposta à ação de radiação ionizante similar à do clone 4430 de *Tradescantia* (já estabelecido como bioindicador) e em Batalha et al. (1999), estudo que apresentou a *T. pallida* como uma espécie de fácil manuseio e larga utilização para efeito ornamental.

Optamos inicialmente por um estudo passivo, devido às facilidades inerentes, tais como uma maior facilidade em se transportar apenas as plantas para se estabelecer os canteiros, não sendo necessário nem os vasos nem o solo, e os canteiros possibilitam um maior espaço físico para crescimento das raízes.

Além disso, Guimarães et al. (2000), em um estudo utilizando plantas sentinelas e plantas envasadas perceberam, uma resposta mais acentuada em

plantas envasadas, contudo, houve diferença significativa para as plantas sentinelas.

A instalação de canteiros num ponto junto ao gradil (borda) e outro no meio do parque (centro) tiveram como função principal verificar a existência de gradientes borda-centro para níveis de poluição.

Para cada parque a distância Borda-Centro é relativamente curta, fato que reduz a problemática levantada por KLUMPP et al. (2004) e por SAVÓIA et al. (2008) que observaram a interferência de condições climáticas na fisiologia da planta e conseqüente alterações nas respostas aos elementos tóxicos.

Com as análises de quantificação de micronúcleo (Trad-MCN) era esperados maiores freqüências na borda em relação ao centro de cada parque, pois a borda está mais próxima das fontes poluidoras.

Os parques Toronto e Guarapiranga confirmaram essa hipótese e apresentaram diferença significativa nas freqüências de MCN entre a borda e centro com $p = 0,020$ e $p = 0,019$ respectivamente (fig. 1). Os demais parques não apresentaram diferença estatística significativa entre borda e centro. Nos parques da região central, Luz e Independência, a mediana foi maior no centro em relação à borda.

O ozônio e dióxido de nitrogênio O_3 e NO_2 foram medidos para complementar o presente estudo com medidas de poluentes que se comportam de maneira diferente. O NO_2 foi sempre maior na borda dos parques, o que já era esperado devido à proximidade das ruas e avenidas.

Já o O₃ variou de forma aleatória entre borda e centro. Sua característica é de ser um gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.

Ele não é emitido diretamente para a atmosfera, é produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, e além de causar danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas e plantas ornamentais, causa também riscos à saúde pública e agrava doenças pulmonares e cardiovasculares (CETESB, 2009).

Dependendo da característica do parque com relação à sua parte vegetal, abundância de árvores, somada ao seu entorno imediato referente às ruas e avenidas, e ao tráfego típico nesses locais, foi possível identificar pontos da cidade de São Paulo que apresenta alta prevalência de precursores de O₃.

GARG e colaboradores (2000) estudaram emissões de partículas pelo desgaste de freios de veículos e concluíram que entre todos os metais testados, o ferro, cobre e bário (Fe, Cu e Ba) tinham maiores concentrações no pó de freio.

Na Figura 3 foram descritos os metais presentes nas partículas de desgaste de freios e os valores obtidos de Ba no solo do centro do parque Guarapiranga foram muito altos em comparação aos outros parques.

Já as medidas para folha foram equivalentes aos valores obtidos de Ba nos outros parques, sugerindo que este metal pode ocorrer naturalmente no parque Guarapiranga.

Almeida et al (2004) relataram através de duas pesquisas que os principais elementos traços relacionados aos processos de desgaste das partes internas dos veículos como freios e não só a queima de combustíveis são Pb, Ba, Sb, Cd, Ag, Mo, Zn, Cu, Ni, Fé, Cr, Ca, K e Cl.

Concordando com descrito por MORI et al. (1999) foram obtidos baixos índices de Fe e S nas análises de solo, pois no preparo das pastilhas pela técnica de fusão (FGD) há uma tendência de perda de voláteis como Fe e S e o limite de detecção é maior.

Quando comparado os valores obtidos desses metais nas folhas, o índice foi bem maior, pois a técnica utilizada para preparo das pastilhas (PPP) não permite perda de metais voláteis.

Claiborn et al. (2002), através de análises de espectrometria por fluorescência de Raios-X, determinaram coeficientes de correlação entre as partículas finas em metais e suas fontes e concluíram que o ferro foi altamente correlacionado com o solo ($r > 0,90$), e o zinco foi correlacionado com fontes vegetativas.

Elementos traços presentes em níveis significativamente elevados, como o magnésio, alumínio, silício, fósforo, enxofre, cloro, cálcio, ferro, cobre, bromo, zinco e chumbo - MG, Al, Si, P, S, Cl, Ca, Fe, Cu, BR, Zn e Pb, com

concentrações de 0,41% a 12,3% da massa PM10, foram descritos por CADLE et al. (1997) ao analisar por Fluorescência de Raios-X a poeira das emissões de escapamentos de veículos com fumaça visível na Califórnia.

MORCELLI et al. (2005) analisaram distribuição de elementos químicos do grupo platina Pt no entorno de uma rodovia no Estado de São Paulo e concluiu que outros elementos relacionados ao tráfego de veículos como o Zn e Cu foram similares.

Já DAVIS et al. (2001) analisaram as fontes dos metais presentes em ambientes urbanos, que são basicamente a poluição veicular incluindo a frenagem, derrame de óleo e desgaste dos pneus, e deposição atmosférica. Concluíram que a deposição atmosférica, o vento e a chuva somados são uma grande fonte de metais pesados como o cobre, cádmio e chumbo – Cu, Ca e Pb.

O Zn, Pb, S e Al foram agrupados na Figura 3 para mostrar valores médios obtidos desses elementos traços na borda e centro dos parques estudados, pois eles estão relacionados com a poluição do ar em ambientes urbanos com grande circulação de veículos.

O Zn é um elemento químico com importante papel biológico essencial para as pessoas, pois atua no metabolismo de proteínas e ácidos nucleicos. A ausência pode causar danos à saúde como problemas no crescimento, amnésia, perda de peso e várias outras complicações (BAIRD 2002).

Os efeitos do Zn foram testados por KODAVANTI et al. (2002) em traquéias de ratos e PRIEDITIS e ADAMSON (2002) realizaram experiências

semelhantes, porém no tecido pulmonar. Ambos concluíram que o Zn em altas concentrações induz inflamações no sistema respiratório.

A borda dos parques Independência e Luz tiveram maiores médias registradas para Zn, tanto nas folhas como no solo.

O Pb não possui nenhuma função essencial conhecida no ser humano, mas é extremamente danoso quando absorvido pelo organismo através da comida, ar ou líquidos e seus efeitos atuam no sistema neurológico e reprodutivo (BAIRD 2002), e em muitos países da Europa e da América do Norte este metal foi retirado da gasolina, com efeito colateral benéfico de diminuir ingestão pelos habitantes de áreas urbanas.

O alto índice de Pb encontrado na borda do parque Independência foi três vezes maior em relação aos outros parques, confirmado tanto nas análises das folhas como no solo, indicando níveis graves de concentração deste metal pesado altamente tóxico neste local.

O Al é um elemento abundante na natureza mas não possui nenhuma função biológica importante para ser humano, mas a ingestão pelo ar, pele ou comida, em altas concentrações pode levar a sérios problemas de saúde (BAIRD 2002).

Em todos os parques estudados o Al teve valores médios maiores na borda em relação ao centro, somente no parque Independência o centro foi maior.

O S é um elemento químico importante para as pessoas, pois atua na síntese do colágeno, neutraliza os tóxicos e ajuda o fígado na secreção da bÍlis. Altas concentrações de S no ar formam o dióxido de enxofre (SO₂) que é um gás denso, incolor, não inflamável e altamente tóxico e a sua inalação em altas concentrações, além de ser fortemente irritante (BAIRD 2002), pode reagir com a água dos pulmões e formar ácido sulfúrico, que provoca hemorragias e conseqüente asfixia.

Os maiores valores médios obtidos de S na borda e centro dos parques, tanto nas folhas como no solo, teve relação com fonte poluidora, ou seja, o entorno do parque. Em áreas urbanas o S é produzido pela combustão de combustíveis fósseis, principalmente o óleo diesel usado em caminhões e ônibus da capital paulista, e os parques Independência, Luz e Piqueri possuem grande circulação desses veículos no seu entorno.

O centro do parque do Trote teve maior média de S de todos os parques, e isso pode devido à dispersão e ventos, pois no entorno do parque existem muitas fábricas e circulação de caminhões é intensa.

6. CONCLUSÃO

O Bioensaio Trad-MCN em condições naturais necessita maiores estudos para verificar se além da poluição do ar, as condições de estresse climático podem induzir mutações genéticas em *T. pallida*.

As análises de elementos traços com técnica de EDX-RF mostraram presença de diversos elementos traços registrados nas folhas, sendo alguns deles com maior concentração na borda em relação ao centro dos parques estudados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMDUR, M.O. Air Pollutants. In Casarett, L.J. (org.) Toxicology: the basic science of poisons. New York, Macmillan, p. 854-71, 1990.

Batalha, J.R.F.; Guimarães, E.T.; Lobo, D.J.A.; Lichtenfels, A.J.F.C.; Deur, T.; Carvalho, H.A.; Alves, E.S.; Domingos, M.; Rodrigues, G.S.; Saldiva, P.N.H. Exploring the clastogenic effects of air pollution in São Paulo (Brazil) using the Tradescantia micronuclei assay. Mutation Research 426:229-232, 1999.

BAIRD, C. Química ambiental. Bookman 2ed., p.622, 2002.

BRAGA, A. L., SALDIVA, P. H., PEREIRA, L. A., MENEZES, J. J., CONCEICAO, G. M., LIN, C. A., ZANOBETTI, A., SCHWARTZ, J. and DOCKERY, D. W. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in Sao Paulo, Brazil. Pediatr Pulmonol, v.31, n.2, Feb, p.106-13. 2001.

Castro, H. A. et al . Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. Revista Brasileira de Epidemiologia. Vol.6, nº 2, 2003.

CETESB (São Paulo). Qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo e em Cubatão - 2008. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. 340p., 2009.

Cadle SH, Mulawa PA, Ball J, Donase C, Weibel A, Sagebiel JC, Knapp KT, Snow R. Particulate emission rates from in-use high-emitting vehicles recruited in Orange County, California. *Environ. Sci. Technol.* 31:3405–3412, 1997.

Claiborn CS, Larson T, Sheppard L. Testing the metals hypothesis in Spokane, Washington. *Environ Health Perspect* 10(Suppl 4):547–552, 2002.

Davis AP, Shokouhian M, Ni SB. Loading estimates of lead, copper, cadmium, and zinc in urban runoff from specific sources. *Chemosphere* 44:997–1009, 2001.

DIAS, J.P.; BABINSKI, M.; HIRATA, R.; MANCINI, L.; ZUCCHI, M.R.; AZEVEDO, A.E. Aplicação de isótopos estáveis para estudo da recarga de aquíferos em áreas metropolitanas: a cidade de São Paulo. In: X Congresso Brasileiro de Geoquímica e II Simpósio de Geoquímica dos países do MERCOSUL. Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil, 2005.

Domingos, M. Efeitos da poluição aérea sobre florestas – cenário brasileiro. In: VICTOR, R.A; COSTA NETO, J. (Org). Aplicação do conceito de Reserva da Biosfera em Áreas Urbanas – O caso da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

FARHAT, S.C.L. Efeitos da poluição atmosférica na cidade de São Paulo sobre doenças do trato respiratório inferior em uma população pediátrica. Tese de

Doutoramento – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

Ferreira, M.I.; Petrenko, H.; Lobo, D.J.D.; Rodrigues, G. S.; Moreira, A.; Saldiva, P.H.N. In situ monitoring of the mutagenic effects of the gaseous emissions of a solid waste incinerator in metropolitan São Paulo, Brazil, using *Tradescantia* stamen-hair assay. *Journal of the Air & Waste Management Association*, v.50, n. 10, p. 1852-1856, 2000.

FIRCKET, J. Sur les causes des accidents survenus dans la vallée de la Meuse, lors des brouillards de décembre 1930. *Bull. Acad. Roy. Med. Belg.*, v. 11, p. 683-741, 1931.

Fomin, A. and Hafner, C. Evaluation of genotoxicity of emissions from municipal waste incinerators with *Tradescantia*-micronucleus bioassay 9 trad-MCN). *Mutation Research*, n. 414, p. 139-148, 1998.

Garg BD, Cadle SH, Mulawa PA, Groblicki PJ, Laroo C, Parr GA. Brake wear particulate matter emissions. *Environ. Sci. Technol.* 34:4463–4469, 2000.

GOPALAN, H.N.B. Ecosystem health and human well being: the mission of the international programme on plant bioassays. *Mutat. Res.* v. 426, p.99-102, 1999.

GRANT, W.F. Higher plant assay for the detection of genotoxicity in air polluted environment, *Ecosystem and Health*, n.44, p.210-229, 1998.

Guimarães, E.T.; Domingos, M.; Alves, E.S.; Caldini Jr, N.; Lobo, D.J.A.; Lichtenfels, A.J.F.C.; Saldiva, P.H.N. Detection of the genotoxicity of air pollutants

in and around the city of São Paulo (Brazil) with the Tradescantia-micronucleus (Trad-MCN) assay. Environ.Exp.Bot. 44,1-8, 2000.

JOLY, A.B. Botanica: Introdução A Taxonomia Vegetal. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 777p.,1987.

KLUMPP, A.; ANSEL, W.; FOMIN, A.; SCHNIRRING, S.; PICKL, C. Influence of climatic conditions on the mutations in pollen mother cells of Tradescantia clone 4430 and implications for the Trad-MCN bioassay protocol. Heredita v.141, n.2, p. 142-148, 2004.

Knasmuller, S.; Gottmann, E.; Steinkellner, H.; Fomin, A.; Pickl, C.; Paschke, A.; God, R.; Kundi, M. Detection of genotoxic effects of heavy metal contaminated soils with plant bioassays. Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, v. 420, n. 1-3, p.37-48, 1999.

Kodavanti UP, Schladweiler MCJ, Ledbetter AD, Hauser R, Christiani DC, Samet JM, McGee J, Richards JH, Costa DL. Pulmonary and systemic effects of zinc-containing emission particles in three rat strains: Multiple exposure scenarios. Toxicol. Sci., 70:73–85, 2002.

LIN, C. A., MARTINS, M. A., FARHAT, S. C., POPE, C. A., 3RD, CONCEICAO, G. M., ANASTACIO, V. M., HATANAKA, M., ANDRADE, W. C., HAMAUE, W. R.,

BOHM, G. M. and SALDIVA, P. H. Air pollution and respiratory illness of children in Sao Paulo, Brazil. *Paediatr Perinat Epidemiol*, v.13, n.4, Oct, p.475-88. 1999.

LODGE, J. P. *Methods of air sampling and analysis: Intersociety Committee*, Lewis Publishers, Inc.; pp.; 1989. 763 p.1989.

Lorenzi, H. e Souza, H.M. *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas, trepadeiras*. 3.ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2001.

MA, T.H. *Tradescantia micronucleus bioassay and polen tube chromatic aberration test for in situ monitoring and mutagens screening*. *Environ.Health Perspect*.37,85,90, 1981.

MA, T.H. *Tradescantia micronuclei (Trad-MCN) test for environmental plastogens*. IN: Kolber, A.R., Wong, T.K., Grant, L.D., DeWoskin, R.S., Hughes, T.J. (Ed.). *In Vitro Toxicity Testing of Environmental Agents. Current and Future Possibilities. Part A: Survey of Test Systems*. New York: Plenum Press, p. 191-214, 1983.

MA, T.H.; Cabrera, G.L.; Gill, B.S.; Sandhu, S.S.; Vanderbeg, A.L.; Salamone, M.F. *Tradescantia micronucleus assay*. *Mutation Research – Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, v. 310, p.221-230, 1994.

MACEDO, S.S. e SAKATA, F.G. *Parques Urbanos no Brasil = Brazilian Urban Parks*. Ed. Universidade de São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2.ed., 2003.

MORCELLI, C.P.R.; FIGUEIREDO, A.M.G., SARKIS, J.E.S., ENZWEILER, J.; KAKAZU, M.; SIGOLO, J.B. PGEs and other traffic-related elements in roadside soils from São Paulo, Brazil. *Science of the Total Environment*, v. 345, p81-91, 2005.

MORI, P.E.; REEVES, S.; CORREIA, C.T.; HAUKKA M. Development of a fused disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociencias, São Paulo University. *Revista Brasileira de Geociencias* 29(3): 441-446, 1999.

PEREIRA, L. A., LOOMIS, D., CONCEICAO, G. M., BRAGA, A. L., ARCAS, R. M., KISHI, H. S., SINGER, J. M., BOHM, G. M. and SALDIVA, P. H. Association between air pollution and intrauterine mortality in Sao Paulo, Brazil. *Environ Health Perspect*, v.106, n.6, Jun, p.325-9. 1998.

PEREIRA, L.A.A. Associação entre poluição atmosférica e perdas fetais tardias no município de São Paulo. (Doutorado). Univeridade de São Paulo, São Paulo, 1999.

POPE, C. A., 3RD, BURNETT, R. T., THUN, M. J., CALLE, E. E., KREWSKI, D., ITO, K. and THURSTON, G. D. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*, v.287, n.9, Mar 6, p.1132-41. 2002.

Prieditis H, Adamson IYR. Comparative pulmonary toxicity of various soluble metals found in urban particulate dusts. *Exp Lung Res* 28:563–576, 2002.

QUINTERO, Y., CAMARGO, M., PUENTE, J., PARRA, A.Q. Método fotométrico para la determinación de la concentración de ozono atmosférico. Revista Bistua, v. edición especial, pp. 12-18. 2004.

RODRIGUES, G.S.; MADKOURS, S.A.; WEINSTEIN, L.H. Genotoxic activity of ozone in Tradescantia. Environ. Exp. Botany., v. 36, p. 45-50, 1996.

RODRIGUES, G.S.; MA, T. H.; PIMENTEL, D.; WEINSTEIN, L.H. Tradescantia bioassays as monitoring systems for environmental mutagenesis: a review; Crit. Rev. Plant. Sci., v. 16, p. 325-59, 1997.

Sánchez-Ccoyollo, O.R.; SILVA-DIAS, P.L.; ANDRADE, M.F.; FREITAS, S.R. Determination of O₃- CO- and PM₁₀- transport in the metropolitan area of São Paulo, Brazil through synoptic-scale analyses of back trajectories. Meteorol. Atmos. Phys. 92, pp.83-93, 2006.

SALDIVA, P. H., LICHTENFELS, A. J., PAIVA, P. S., BARONE, I. A., MARTINS, M. A., MASSAD, E., PEREIRA, J. C., XAVIER, V. P., SINGER, J. M. and BOHM, G. M. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in Sao Paulo, Brazil: a preliminary report. Environ. Res., v.65, n.2, May, p.218-25. 1994.

SALDIVA, P. H., POPE, C. A., 3RD, SCHWARTZ, J., DOCKERY, D. W., LICHTENFELS, A. J., SALGE, J. M., BARONE, I. and BOHM, G. M. Air pollution

and mortality in elderly people: a time-series study in Sao Paulo, Brazil. Arch Environ Health, v.50, n.2, Mar-Apr, p.159-63. 1995.

Santos, T.C.; Crispin, V.R.; Noualhetas, Y.; Macacini, J.F.; Gomes, H.A. The study of the effects of low-level exposure to ionizing radiation using a bio-indicator system. Applied Radiation and Isotopes, v. 62, n.2, p. 313-316, 2005.

SAVÓIA, E.J.L., DOMINGOS, M., GUIMARÃES, E.T., BRUMATI, F., SALDIVA, P.H.N. Biomonitoring genotoxic risks under the urban weather conditions and polluted atmosphere in Santo André, SP, Brazil, through Trad-MCN bioassay. Ecotoxicology and Environmental Safety, v.72, p.255-260, 2009.

Steinkellner, H.; Munk-Silk, K.; Helma, C.; Ecker, S.; MA, T. H.; Horak, O.; Kundi, M.; Knasmuller, S. Genotoxic effects of heavy metals: Comparative investigation with plant bioassays. Environmental and Molecular Mutagenesis. v.31, n.2, p. 183-191, 1998.

SUYAMA, F.; GUIMARÃES, E.T.; LOBO, D.J.; RODRIGUES, G.S.; DOMINGOS, M.; ALVES, E.S.; CARVALHO, H.A. and Saldiva, p.h. Pollen mother cells of Tradescantia clone 4430 and Tradescantia pallida var. purpúrea are equally sensitive to the clastogenic effects of X-rays. Bras. J. Med. Biol. Res. 35:(1), p.127-129, 2002.

USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network – (GRIN). Taxonomy information [on line]. National

Germplasm Resources Laboratory. Beltsville, Maryland; 1997. Disponível em <URL:<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?407023>>

Victor, R.A.B.M. Apresentação das ameaças ao Cinturão Verde à luz das novas observações, avanços científicos e relevância atual dos tópicos em face das atuais Crises Mundiais. In: VICTOR, R.A; COSTA NETO, J. (Org). Aplicação do conceito de Reserva da Biosfera em Áreas Urbanas – O caso da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo, 2003.

WAGNER, G. Basic approaches and methods for quality assurance and quality control in sample collection and storage for environmental monitoring. Sci. Total Environ. v. 176, p. 63-71, 1995.