



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E EDUCAÇÃO  
AMBIENTAL: EXPANSÃO DA EXPERIÊNCIA EM SÃO JOSÉ  
DOS CAMPOS PARA O VALE DO PARAÍBA**

**Delzuita Marques de Lima Silva  
(UNISAL, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Email: [delzuita.silva@cptec.inpe.br](mailto:delzuita.silva@cptec.inpe.br)**

**ORIENTADORES**

**Dra. Maria Paulete Pereira Martins Jorge (DSA/INPE)  
Email: [Maria.paulete@cptec.inpe.br](mailto:Maria.paulete@cptec.inpe.br)**

**COLABORADORES**

**E. E. Jardim Trabalhista-Cachoeira Paulista - Sp  
LIM/INPE – Cachoeira Paulista - Sp  
FATEA – Lorena – Sp.**

**INPE  
Julho de 2009.**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus que tem me sustentado nessa caminhada, e a virgem Maria mãe do céu amada, e preferida por todo o amor que derramou sobre mim e minha família.

Ao meu pai (In Memoriam) que tinha muito amor no coração.

À minha mãe.

A minha orientadora Dra. Maria Paulete Pereira Martins Jorge, obrigada pela oportunidade!

Aos colaboradores: Escola Estadual Jardim Trabalhista; ao LIM/INPE – Cachoeira Paulista; a FATEA, Lorena – Sp.

Obrigada a todos!

## SUMÁRIO

RESUMO	4
INTRODUÇÃO	5
JUSTIFICATIVA	8
CAPÍTULO I – Poluição	10
I. I – Liberação de Poluentes na Atmosfera	10
I. II – Qualidade do ar	11
I. III – Comportamento dos poluentes e efeito nas plantas	12
I. IV – Biomonitoramento	14
CAPÍTULO II – Biomonitoramento e Educação Ambiental	19
II. I – Metodologia	19
II . II – Materiais	19
II. III – Objetivos	21
II. IV – Desenvolvimento	22
CAPÍTULO III – Comparação dos resultados obtidos em Cachoeira Paulista e Lorena – Sp, .com os resultados de São José dos Campos	26
III. I – Resultados e Discussões dos dados obtidos em Cachoeira Paulista e Lorena – SP.	26
III. II – Resultados de São José dos Campos Campanha de 2007	29
CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXO – A	38
ANEXO – B	39
ANEXO – C	41

## RESUMO

O ar das grandes cidades vem apresentando, de forma crescente, substâncias que são inóspitas ou impróprias aos organismos vivos, inclusive aos seres humanos. Dentre os vários tipos de poluição, a aérea é visualizada como um caso particular de saúde pública. O presente trabalho teve como objetivo analisar e avaliar a qualidade do ar na área urbana de Cachoeira Paulista, município do Vale do Paraíba, São Paulo, por meio de plantas bioindicadoras. O Biomonitoramento é uma técnica simples e de baixo custo que se utiliza de plantas sensíveis à poluição do ar. O INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, de São José dos Campos vem utilizando o método de Biomonitoramento desde 2006, para monitorar a poluição na cidade de São José dos Campos. Os primeiros resultados apresentados após a exposição das plantas bioindicadoras *Tradescantia pallida* e *Nicotiana tabacum* no bairro Jardim Trabalhista, Cachoeira Paulista, e na cidade de Lorena – Sp., no período de julho de 2008 a julho de 2009, demonstraram que não havia grande concentração de poluentes nos locais. Este experimento contribuiu para testar o grau de confiabilidade do uso de plantas bioindicadoras em regiões urbanas diversas, pois mostrou-se, enquanto método, adequado aos propósitos de primeira varredura em extensas áreas, podendo ser utilizado como monitoramento alternativo da qualidade do ar.

**Palavras-chave:** Biomonitoramento; poluição atmosférica; *Tradescantia pallida*; *Nicotiana tabacum*; Área Urbana.

## INTRODUÇÃO

O ar das grandes cidades vem apresentando, de forma crescente, substâncias que são inóspitas ou impróprias aos organismos vivos, inclusive aos seres humanos, podendo a poluição do ar ser vista também como um caso de saúde pública. Estudos epidemiológicos confirmam essa visão, pois têm mostrado uma relação entre o aumento da poluição atmosférica em centros urbanos o aumento de doenças respiratórias na sua população Alves (2001) apud (Henderson et al. 1975, Bohm 1982),

Com mais de 18 milhões de habitantes e uma frota automotiva de cerca de quatro milhões de veículos, que lançam diariamente na atmosfera toneladas de poluentes particulados e gasosos (CETESB 1998), São Paulo sofre, com uma grande metrópole, os efeitos da poluição do ar. A situação se agrava no inverno devido às inversões térmicas, que retêm os poluentes nas camadas baixas da atmosfera, provocando episódios agudos de poluição. Estudos realizados na cidade mostram uma relação entre a poluição atmosférica e a mortalidade infantil Alves (2001) apud, (Saldiva et al. 1994) e de idosos (Saldiva et al.1995), o que demonstra a necessidade de se somarem esforços para propor soluções que visem o controle da poluição, apud Alves (2001).

Entre os poluentes gasosos mais frequentes na atmosfera urbana destacam-se o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), os nitratos de óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), o monóxido de carbono (CO), os fluoretos e os oxidantes fotoquímicos, nome que se dá à mistura de poluentes secundários formados pela reação dos hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio na presença de luz solar, como o ozônio (O<sub>3</sub>) e o peroxiacetil nitratos – PAN (CH<sub>3</sub>=OO<sub>2</sub>NO<sub>2</sub>), além dos

poluentes gasosos, a atmosfera urbana apresenta grande quantidade de material particulado que corresponde às partículas em suspensão com diâmetro < 50  $\mu\text{m}$  Alves (2001), apud (Freedman 1995), .

Dados da qualidade do ar gerados através de medidas físico-químicas dos níveis de poluição, apesar de importantes, não podem ser usados diretamente para prever riscos aos quais a população está sujeita, já que os organismos vivos reagem aos poluentes aéreos e a outros fatores ambientais de maneira integrada. Dessa forma, o biomonitoramento, onde reações da vida são usadas para identificar e/ou caracterizar mudanças antropogeneticamente induzidas na qualidade do ar, é mais eficaz para esse fim Alves (2001), apud, (Flores 1987, Arndt & Schweiger 1991),

De uma maneira geral, as plantas são mais sensíveis à poluição que os animais, incluindo o homem e, portanto, estudos sobre o efeito dos poluentes na vegetação fornecem subsídios importantes para os programas de controle da poluição do ar.

Várias espécies vegetais têm sido utilizadas como bioindicadoras em programas de biomonitoramento da qualidade do ar Alves (2001) apud. Bennett & Buchen (1995), afirmam que centenas de espécies já foram testadas incluindo líquens, fungos, briófitas, gimnospermas e angiospermas. As plantas superiores são muito úteis para tal finalidade por serem organismos eucarióticos, com complexidade genética similar à do homem e por serem facilmente cultivadas, mantidas e utilizadas nos estudos, em relação a espécies indicadoras animais. Além disso, muitas plantas possuem ciclos de vidas curtos, o que permite uma avaliação dos efeitos causados por perturbações

ambientais em curto prazo Alves (2001), apud (Arndt & Schweiger 1991, Ellenberg 1991),

As respostas das plantas bioindicadoras aos poluentes podem ser observadas tanto em nível macroscópico, através do aparecimento de cloroses, necroses, queda de folhas ou diminuição no seu crescimento, como podem ocorrer em nível genético, estrutural fisiológico ou bioquímico não sendo visualmente observadas Alves (2001), apud (Ellenberg 1991). Além dessas respostas, podem ser detectados, também, efeitos clastogênicos da poluição. O clone híbrido 4430 de Tradescantia (T.subcaulis Bush x T. hirsutiflora Bush), por exemplo, tem sido muito utilizado no exterior para avaliar o efeito genotóxico de poluentes, pesticidas e herbicidas Alves (2001) apud, (Ma 1983, Rodrigues et al. 1997), por meio de bioensaios em que se observam mutações em pêlos estaminais (bioensaio Trad-SH) e em células-mãe dos grãos de pólen na fase de tétrades (bioensaio Trad-MCN) Alves (2001) apud, (Ma 1981, Rodrigues et al. 1996, 1998). A grande vantagem da utilização de clones de espécies bioindicadoras é a uniformidade genética obtida, que proporciona reduções na variabilidade das respostas e interpretações mais seguras dos resultados.

Vem sendo feito um esforço para a padronização de métodos de bioindicação, como por exemplo, para uso de tabacum e couve, plantas indicadoras da presença de ozônio e hidrocarbonetos, respectivamente Alves (2001) apud (VDI 1999, 2000), e para introduzir tais métodos padronizados à nível da União Européia visando a sua unificação Alves (2001) apud (Klumpp 2001),

As cidades de Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., ficam localizadas entre as duas grandes metrópoles, Rio de Janeiro e São Paulo, que apresentam alto índice de poluição do ar.

### **JUSTIFICATIVA**

Os problemas provenientes da poluição atmosférica começaram a ser considerados como uma questão de saúde pública a partir da revolução industrial, quando teve início o sistema de urbanização hoje conhecido. Na década de 80, a taxa de urbanização brasileira atingiu a marca de 68,9%. Nessa ocasião, o crescimento populacional da região metropolitana de Curitiba foi de 5,8% ao ano, bem maior que as demais regiões metropolitanas brasileiras.

Embora esse crescimento tenha diminuído na década seguinte (3% ao ano), a cidade de Curitiba não saiu ileso desse processo. Hoje, esse fato pode ser percebido por meio de diversos fatores, sendo um deles a qualidade do ar e a sua possível repercussão nas doenças respiratórias, mortalidade e também entre a morbidade devido a problemas respiratórios em crianças.

A poluição atmosférica tem afetado a saúde da população, mesmo quando seus níveis encontram-se aquém do que determina a legislação vigente. As faixas etárias mais atingidas são as crianças e os idosos, grupos bastante suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição. Alguns estudos mostram uma associação positiva entre a carência de informações no que se refere à relação poluição atmosférica e doenças respiratórias nas cidades instigou a verificação dessa relação.

O número de atendimentos ambulatoriais diários por doenças respiratórias (CID-9 entre 460 e 519) em crianças foi considerado variável dependente e os



níveis médios diários dos poluentes PM 10 fumaça O3 e o NO2 as variáveis independentes mostram os cuidados que devemos tomar em relação ao meio ambiente em que habitamos, e a necessidade de se pesquisar a qualidade do ar.

A presente pesquisa requer analisar a qualidade do ar de Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., verificando se a mesmas estão sofrendo os impactos de poluentes no ar, vindos das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, já que Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., são cidades que se localizam entre as duas metrópoles. Também para comparar a qualidade do ar com cidades mais poluídas, como por exemplo, São José dos Campos.

## **CAPITULO I - Poluição**

Entende-se por poluição tudo o que ocasione desequilíbrios ecológicos, perturbações nos ecossistemas. Essas alterações podem ocorrer no ar, nas águas ou no solo. Podem ser produzidas por substâncias em estado sólido, líquido ou gasoso. Mas, além de poluição produzida por liberação de matéria, há poluição por liberação de energia.

A poluição pode ser ocasionada pelo lançamento de substâncias destituídas de vida, ou pela introdução de seres vivos nos ecossistemas.

Poluente é todo fator de perturbação das condições ambientais, não importa a sua natureza. Pode ser vivo ou não; pode ser um fator físico ou químico; orgânico ou inorgânico; em estado sólido, líquido ou gasoso. (Ferri, 1976).

### **I. I - Liberação de poluentes na atmosfera**

O intenso desenvolvimento das atividades humanas em geral e, em particular as de caráter industrial, trouxe como consequência a alteração do meio ambiente. Viu-se necessário efetuar trabalhos relativos à detecção e ao controle da poluição e das modificações ambientais, causadas devido as interferências de caráter antrópico.

A poluição se propaga no meio ambiente em geral, contaminando todo o ecossistema, pois grande parte do material disperso na atmosfera é precipitado, alterando dessa forma solos, rios, lagos, vegetação etc. A chuva poluída também provoca o mesmo efeito, além de lixiviar os dejetos superficiais que serão depositados nos rios, lagos, aquíferos subterrâneos e no oceano. Portanto, os fenômenos da natureza são cíclicos, ou seja, quando contaminada

uma parte do ecossistema, existirá o perigo de contaminar grande parte senão todo o ecossistema Pinto (2000) apud (Moreira-Nordemann, 1987),

## I. II - Qualidade do ar

Poluente do ar: qualquer material presente no ar e que pela sua concentração possa tornar este ar impróprio, nocivo ou ofensivo a saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, a fauna e a flora, ou prejudicial a segurança, ao uso e gozo da propriedade e as atividades normais da comunidade (Aguiar, 2002).

- **Poluentes primários:** originados diretamente das fontes de emissão
- **Poluentes secundários:** formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e constituintes naturais da atmosfera.
- **Substâncias poluentes do ar:**
  - Compostos de enxofre; (SO<sub>x</sub>);
  - Compostos de nitrogênio; (NO<sub>x</sub>);
  - Compostos orgânicos de carbono; (HC);
  - Monóxido e dióxido de carbono; (CO, CO<sub>2</sub>);
  - Compostos halogenados;
  - Material particulado. (MP).

Principais fontes de poluição:

- Cigarro
- Atividade Industrial

- Queimadas
- Automóveis e Caminhões

### **I. III - Comportamento dos poluentes e efeitos nas plantas**

Pinto (2000) apud, Pompéia (1977) apresentou uma breve revisão sobre os efeitos de materiais particulados, fluoretos gasosos, dióxido de enxofre, gases nitrogenados, ozônio e outros poluentes oxidantes sobre a vegetação. Para particulados, os efeitos podem ser de natureza física ou química. No primeiro caso, destacam-se o recobrimento da superfície foliar resultando na redução da incidência da energia solar sobre as células do mesófilo, maior absorção superficial da radiação eletromagnética (REM) e conseqüente aquecimento da folha, seguida da obstrução dos estômatos alterando as trocas gasosas. De qualquer forma é esperada uma redução na produtividade líquida das folhas e no crescimento vegetal. Os efeitos químicos são decorrentes do grau de reatividade das partículas e de sua interação com os componentes da epiderme foliar. Os tipos de injúrias nas folhas incluem a corrosão da cutícula, plasmólise celular por desbalanço osmótico e ruptura da cutícula por formação de cristais, devido à reação entre seus componentes e solutos contidos na chuva contaminada. Na epiderme, as alterações químicas acarretam, numa primeira etapa do processo, o aumento da transpiração foliar, seguido de morte das células. Em ambas as situações, o autor ressalta que há redução da fotossíntese líquida e redução do crescimento da planta. Segundo Pinto (2000) apud, Silva Filho (1988), os resíduos de material particulado formam um verdadeiro filme impermeável sobre a superfície da folha, prejudicando dessa forma todos os processos que envolvem as trocas gasosas.

Os gases nitrogenados também são produzidos pelas indústrias e fertilizantes e se apresentam sob forma de dióxido de nitrogênio e amônia. O nitrogênio é um nutriente essencial para a vegetação. Em ecossistemas tropicais úmidos, constitui um dos elementos limitantes no desenvolvimento das plantas devido à acentuada lixiviação de nitrato dos solos provocada pelas chuvas. Quando em concentrações baixas, os efeitos destes gases sobre a vegetação podem ser até benéficos. Eles penetram pelas folhas através dos estômatos (na fase gasosa) e quando dissolvidos em água, os íons amônios e/ou nitrato podem ser absorvidos diretamente pela epiderme através da cutícula. Uma vez no mesófilo, os íons na fase aquosa, penetram nas moléculas onde a amônia é oxidada a nitrato, sendo este acumulada no vacúolo. À medida que se torna necessário o nitrato é reduzido e incorporado em aminoácidos e em outros metabólitos sendo utilizados na síntese de proteínas, ácidos nucléicos e outros compostos essenciais. Os sais nitrogenados, em altas concentrações, podem levar à plasmólise celular e à morte dos tecidos foliares decorrentes dos desbalanço osmótico. Pinto (2000) apud, Pompéia (1977) salienta ainda que a redução do crescimento e da síntese protéica em uma planta sob estresse pode também provocar o acúmulo de amônia em nível celular, uma vez que não há nas plantas mecanismos de inibição retroativa de absorção de nitrogênio. A amônia em excesso é tóxica às células, e algumas plantas possuem mecanismos de desintoxicação pela síntese de aminoácidos, que por não serem incorporados em processos anabólicos, acabam acumulando-se nas folhas.

Através de reações fotoquímicas, principalmente com a participação do dióxido de nitrogênio e hidrocarbonetos, são produzidos poluentes oxidantes

como o ozônio (O<sub>3</sub>) e o nitrato de peroxiacetil (PAN), sendo esses dois altamente fito tóxicos Pinto (2000) apud, (Silva Filho, 1988).

Através de análises bioquímicas, Pinto (2000) apud, Diniz et al. (1996), avaliaram a composição de aminoácidos livres em plantas consideradas sensíveis e tolerantes a poluentes atmosféricos na região de Cubatão, a fim de verificar a fitotoxicidade dos níveis de poluição. Foi observado que a correlação existente entre as alterações metabólicas sofridas pelos vegetais e os poluentes atmosféricos podem ajudar a selecionar plantas que sejam bioindicadoras de poluentes.

#### **I. IV - Biomonitoramento**

É a avaliação da qualidade ambiental de uma determinada área, utilizando organismos vivos que respondem a poluição ambiental alterando suas funções ou acumulando toxinas.

O uso de bioindicadores é a metodologia adequada para a detecção de efeitos de poluentes atmosféricos sobre organismos. A coleta sistemática dos dados relativos a esses efeitos permite a criação de um inventário de respostas à poluição, o que representa o terceiro sistema de informação no controle da qualidade do ar, adicionalmente aos inventários de emissões e de concentrações ambientais. O emprego de bioindicadores, portanto, não pretende e não consegue substituir medições de concentrações ambientais de poluentes através de métodos físico-químicos, mas fornece informações adicionais referentes a efeitos sobre organismos vivos Sant'anna (2003) apud (Arndt et al. 1995, VDI 1999, Klumpp 2001). A padronização das técnicas desde o cultivo e a exposição das plantas até a medição de efeitos e avaliação

dos resultados, é um requisito fundamental para a validade e a aplicabilidade dos dados obtidos. Porém a grande diversidade de métodos aplicados nos inúmeros estudos conduzidos e publicados em vários países europeus utilizando plantas como bioindicadoras da poluição do ar, não somente inviabiliza a comparação dos dados obtidos, como também contribui para reduzir a aceitação desse método biológico de controle da qualidade do ar frente às autoridades e à opinião pública.

Bioindicadores vegetais, em comparação com modelos animais, oferecem algumas vantagens, como o cultivo de baixo custo e fácil manutenção. Várias espécies vegetais podem ser utilizadas como bioindicadoras da presença de poluentes na atmosfera. O emprego sistemático de plantas para tal finalidade remota ao início da década de 20 do século XX Sant'anna (2003) apud, (RUSTON, 1921), em países das regiões temperadas.

Nas regiões tropicais e subtropicais o biomonitoramento dos efeitos dos poluentes atmosféricos com emprego de plantas é pouco difundido, existindo algumas iniciativas isoladas em alguns países Sant'anna (2003) apud, (ARNDT & SCHWEIZER, 1991).. No entanto essa metodologia pode ser de grande aplicabilidade e fornecer informações rápidas e seguras visando a avaliação das mudanças nas condições ambientais introduzidas por atividades antrópicas, e ainda, prever os riscos a que estão submetidas as populações humanas dos grandes centros urbanos.

A utilização das plantas como bioindicadoras da qualidade do ar apresenta uma série de vantagens, destacando-se as seguintes: as plantas superiores são organismos eucarióticos cuja complexidade genética (em termos de quantidade total de DNA por núcleo, genes estruturais, organelas, morfologia

cromossômica, est.) é similar à do homem, são multicelulares com complexa organização sistêmica, possuem desenvolvimento embrionário onde também ocorrem determinação, competência e hereditariedade celular Sant'anna (2003) apud, (CONSTANTIN, 1982).

Entre os bioensaios vegetais para avaliação da mutagênese melhor desenvolvidos encontram-se aqueles que utilizam plantas do gênero *Tradescantia*: o método de contagem de micronúcleos em células-mãe de grão de pólen (Trad-MCN), baseado nesta comelineácea, utilizando-se especialmente o clone 4430 (híbrido entre *T. hirsutiflora* e *T. subcaulis*) Sant'anna (2003) apud, (MA et al., 1978; MA, 1983; MONARCA et al., 1999) e o método de quantificação de mutações em pelos estaminais (Trad-SH) Sant'anna (2003) apud (TAKAHASHI, 1991; ICHIKAWA, 1992).

O biomonitoramento pode representar um método complementar às estratégias convencionais para avaliar o risco ambiental. O bioensaio Trad-MCN foi padronizado pela determinação do potencial mutagênico de agente tóxicos. Devido à sua sensibilidade e baixo custo, o Trad-MCN apresenta um potencial significativo para avaliação ambiental em áreas onde a contaminação do ar está em expansão, como nos países em desenvolvimento. É necessário, portanto, monitorar a poluição, especialmente onde suas fronteiras se expandem mais rapidamente do que o crescimento da rede de monitoramento. Neste sentido, o LPAE começou a trabalhar com bioindicadores vegetais.

O Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Universidade de São Paulo tentou desenvolver trabalhos com os clones de *Tradescantia* no Brasil, mas, de início, muitas dificuldades ocorreram quanto à manutenção das plantas em vasos, devido a fatores climáticos e ataques de organismos



parasitas, entre outras circunstâncias. Desse modo, como alternativa, tiveram início estudos de mutagenicidade aplicando o mesmo ensaio, porém utilizando *Tradescantia Pallida*\_(Rose) Hunt. Cv. “Purpúrea” Boom.

Trata-se de uma planta de pequeno porte, fácil cultivo, sendo utilizada para efeito ornamental em jardins e canteiros por toda a cidade de São Paulo e em várias regiões do Estado, onde floresce durante o ano inteiro. Apesar de sua efetiva resistência a fatores adversos, essa planta tem demonstrado ser um indicador adequado para a presença de agentes mutagênicos Sant’anna (2003) apud (BATALHA et al., 1999).

O emprego do ensaio de contagem de micronúcleos em *Tradescantia* (Trad-MCN) para o monitoramento de agentes mutagênicos ambientais, foi primeiramente proposto após estudos envolvendo agentes pró-mutagênicos 1,2-dibromoetano Sant’anna (2003) apud (MA et al., 1978) .e posteriormente outros agentes químicos e localidades poluídas Sant’anna (2003) apud (MA, 1981; MA, 1983). Uma grande vantagem percebida nesses estudos foi que nenhuma atividade enzimática externa era necessária para ativar os agentes pró-mutagênicos, dado que o aparato enzimático continuava totalmente funcional nas inflorescências extraída das plantas expostas aos tratamentos.

Esse teste baseia-se na formação de micronúcleos envolvendo fragmentos cromossômicos derivados de quebras moleculares, causadas por erros na replicação do DNA no momento de sua duplicação na prófase I da meiose. Após exposição das inflorescências jovens aos agentes mutagênicos por períodos tão curtos quanto seis horas, estas são fixadas e posteriormente dissecadas, e as tétrades primordiais dos grãos de pólen são analisadas

quanto à frequência de micronúcleos Sant'anna (2003) apud (MA, 1983; RODRIGUES et al., 1997).

Essa técnica é de fácil execução, de tal forma que estudantes do nível médio conseguem aprender e desenvolver seus trabalhos científicos, (Sant'anna, 2003).

### **Problema**

A qualidade do ar de Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., é boa?

### **Hipótese**

A qualidade do ar de Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., é boa.

## **CAPITULO II - Biomonitoramento e educação ambiental**

### **II. I - Metodologia**

As plantas *Tradescantia pallida* e *Nicotiana tabacum* foram cedidas pelo professor Paulo Saldiva, do Laboratório de Poluição Ambiental da faculdade de medicina da Universidade de São Paulo – USP. Elas foram cultivadas em Caucáia do Alto-SP., em um ambiente “livre” de poluentes e vieram para São José dos Campos, para a campanha de 2006.

A contagem de micronúcleos é feita em células mães de grão de pólen na *Tradescantia pallida*. O uso deste teste permite determinar a capacidade de substâncias causarem danos ao material genético, levando à formação de micronúcleos ao fim da divisão celular. Uma frequência elevada de micronúcleos nas análises é o indicador de que as substâncias afetam a planta.

Na *Nicotiana tabacum*, aparecem injúrias nas folhas, que demonstram que a planta foi afetada pelas substâncias poluentes, principalmente pelo ozônio.

A metodologia utilizada na *Tradescantia pallida* necessita utilizar-se de microscópio.

### **II. II - Materiais**

A Escola Estadual Jardim Trabalhista, é uma escola pequena, tendo apenas cinco salas de aula, uma biblioteca, uma sala de vídeo e informática, a sala dos professores, a sala da diretora, e uma sala da secretaria, tem a cantina e uma pequena área de lazer, tem um pequeno jardim e uma quadra de esportes, não coberta.

Por ser uma escola pequena possui poucos alunos, não tem turmas superlotadas, o que torna mais fácil o trabalho com os alunos.

Esta Escola trabalha apenas com alunos da 8ª série, o atual 9º ano, e com alunos do ensino médio.

A escola conta com 49 (quarenta e nove) funcionários, sendo 41 (quarenta e um) professores e 09 (nove) funcionários administrativos. Os funcionários administrativos são: uma diretora, uma coordenadora, e uma vice-coordenadora, um secretário, três agentes de organização e dois agente de serviço.

A FATEA – Faculdades Integradas Tereza D’avila, fica situada na Av. Floriano Peixoto, 539 – Vila Celeste, na cidade de Lorena – Sp.

O LIM – Laboratório de Instrumentação Meteorológica, é um departamento do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de Cachoeira Paulista – Sp.

Para o desenvolvimento do projeto de biomonitoramento e educação ambiental nas cidades de Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., serão necessários:

- A sala de aula com os alunos;
- O material colhido da planta *Tradescantia pallida*;
- Vasos com as plantas *Tradescantia pallida* de *Nicotiana tabacum*
- Laminas foscas
- Lamínulas
- Pinça
- Dois estiletes histológicos
- Espiriteira
- Lenços de papel
- Carmim

- Ácido acético
- Contraste preto (Pedaço de napa preto)
- Microscópio

## II. III - OBJETIVOS

### Objetivo Geral

- Analisar e avaliar a qualidade do ar na área urbana de Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., por meio de plantas bioindicadoras.

### Objetivos Específicos

- Verificar a influência dos poluentes produzidas em grandes cidades no ar de Cachoeira Paulista; e Lorena – Sp.
- Comparar a qualidade do ar de uma cidade industrializada com o ar de Cachoeira Paulista; e Lorena – Sp.
- Utilizar as plantas bioindicadoras *Tradescantia pallida* e *Nicotiana tabacum* na caracterização da qualidade do ar;
- Transferir o conhecimento adquirido para os alunos das escolas envolvidas por meio de atividades práticas e de plantas;

- Contribuir para o enriquecimento da Educação Ambiental nas escolas envolvidas.

## II. IV - Desenvolvimento

**1º momento:** Duas aulas na Escola Estadual Jardim Trabalhista em Cachoeira Paulista.

Apresentação do tema a ser estudado e competências a serem desenvolvidas.

Exposição e apresentação de plantas, indicação do material utilizado no desenvolvimento do trabalho e distribuição de cópias das análises feitas no microscópio, a fim de obter maior entendimento por parte dos alunos.

Foi feito um breve comentário sobre a poluição e os males que vem causando à população, principalmente às crianças e idosos. Com o intuito de motivar os alunos a pesquisar sobre tal problema, questões sobre a qualidade do ar na cidade de Cachoeira Paulista foram levantadas em sala de aula.

Técnicas de análise foram mostradas, entre elas a técnica da análise da *Tradescantia pallida*, utilizando inflorescências e microscópio. Falando da contagem de micronúcleos, que em grande quantidade evidencia o aumento da poluição aérea. Tal contagem é feita com o uso de microscópio, onde 300 tétrades, que é uma fase do material genético da *Tradescantia pallida*, são

analisadas a fim de verificar a incidência de micronúcleos, sabendo que uma quantidade elevada de micronúcleos evidencia a concentração de poluição no local.

Também foram mostradas as folhas do *Nicotiana tabacum* que demonstram os efeitos da poluição visivelmente.



Foto da planta *Tradescantia pallida*, E. E. Jardim Trabalhista, Agosto de 2008.



Foto da planta *Nicotiana tabacum*, E. E. Jardim Trabalhista, Cachoeira Paulista, agosto de 2008.



**2º momento:** Uma aula na Escola Estadual Jardim Trabalhista em Cachoeira Paulista.

Avaliação dos dados obtidos na pesquisa referente à prática das análises.

Com o intuito de fixar melhor as informações, um texto informativo e um questionário sobre a poluição e o biomonitoramento foram dados. Os alunos responderam tal questionário dando suas opiniões a respeito do trabalho realizado. A meu ver foram satisfatórias e gratificantes, uma vez que os mesmos apreciaram a experiência quanto às pesquisas e se interessaram sobre a sensibilidade das plantas.

## **CAPITULO III – Comparação dos Resultados obtidos em Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., com os Resultados de São José dos Campos**

### **III. I – Resultados e Discussões dos dados obtidos em Cachoeira Paulista e Lorena de julho de 2008 a julho de 2009.**

Neste estudo, vasos de planta *Tradescantia pallida* e de *Nicotiana tabacum* foram colocados na área urbana de Cachoeira Paulista, no bairro Jardim Trabalhista, na Escola Estadual Jardim Trabalhista; a fim de verificar e avaliar a qualidade do ar da cidade para então comparar com cidades mais poluídas, como São José dos Campos, cidades estas que também se localizam na Região do Vale do Paraíba.

Nas primeiras análises não foram encontrados micronúcleos, nas inflorescências analisadas de *Tradescantia pallida*, assim como não foram encontradas injúrias nas folhas de *Nicotiana tabacum*, podendo então concluir que no local não apresenta sinais de impactos da poluição, continua saudável; uma vez que as mesmas foram expostas no período dos meses de julho de 2008 a julho de 2009...

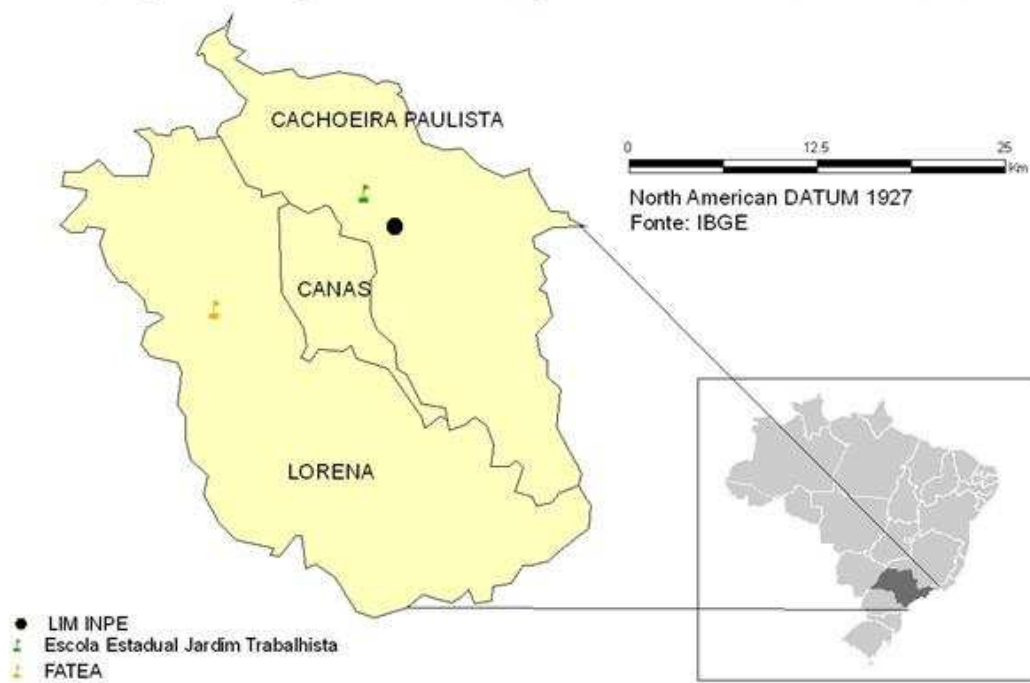
Os resultados do monitoramento feito com a *Tradescantia pallida* e com a *Nicotiana tabacum* revelam boa qualidade do ar no local estudado, porém, não é um resultado definitivo, é necessário mais tempo de monitoramento e posteriores pesquisas, uma vez que o nível de poluição vem aumentando nas cidades do Vale do Paraíba. Como exemplo, podemos citar a cidade de São José dos Campos que através da prática do biomonitoramento revelou alta concentração de poluentes em algumas áreas, tais como a área central e as industrializadas.

O projeto foi aplicado com resultados positivos tanto no que se refere às análises da qualidade do ar da área urbana, de Cachoeira Paulista, quanto na educação ambiental desenvolvida com os alunos. Quanto ao questionário aplicado, foi revelado que 95% dos alunos moram no Bairro Jardim Trabalhista e acreditam na boa qualidade do ar na cidade. Por fim, pode-se dizer que houve um bom entrosamento dos alunos com as atividades e um bom entendimento para com o assunto abordado.

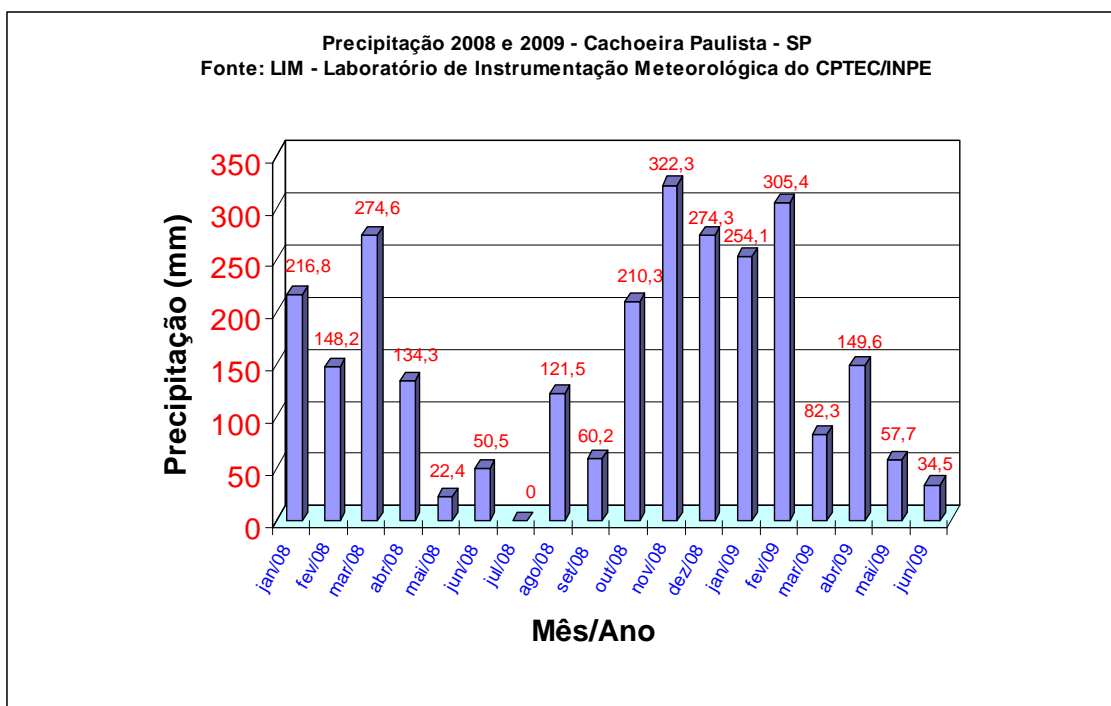
O mesmo estudo de monitoramento foi feito na cidade de Lorena – Sp., na FATEA – Faculdade Salesiana Tereza D’avila e revelou boa a qualidade do ar no local pesquisado.

Mapa dos pontos de biomonitoramento de Cachoeira Paulista e Lorena – Sp.

#### Localização pontual das plantas nos municípios de Lorena e Cachoeira Paulista



O gráfico de precipitação de Cachoeira Paulista de janeiro de 2008 a julho de 2009, gentilmente cedido pelo LIM – Laboratório de Instrumentação Meteorológica, do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de Cachoeira Paulista.



Como podemos observar no gráfico de Cachoeira Paulista os períodos de janeiro de 2008 a junho de 2009, foram períodos chuvosos que contribui para a limpeza da atmosfera, com exceção do mês de julho de 2008, que não choveu nenhum dia.

### III. II – Resultados de São José dos Campos na campanha de 2007.

A frequência de MCN foi calculada dividindo o número total de micronúcleos pelo total de tétrades e expresso em %. Os resultados apresentam variabilidade entre os 18 pontos e também em relação ao período de coleta. Numa primeira abordagem, os pontos foram agrupados segundo Regiões Administrativas do Município e os resultados são apresentados na tabela 2. As maiores médias correspondem às regiões Sudeste  $2,69 \pm 2,47$ ; Oeste e Norte, com  $2,49 \pm 2,92$  e  $2,25 \pm 2,21$ , respectivamente. Essas áreas correspondem às áreas com maior trânsito de veículos. As demais regiões também apresentam resultados superiores aos citados em Carreras et. al (2006) onde a frequência de MCN em 3 pontos da Cidade de Córdoba, Argentina, mostra valores entre  $2,4 \pm 2,08$  (área mais afastada do centro) e  $4,2 \pm 2,6$  (região central da cidade). Em São Paulo, a frequência de micronúcleos reportada em Sant'Anna (2003) apresenta valores médios entre  $5,6 \pm 0,7$  e  $7,1 \pm 1,0$ , em dois bairros considerados altamente poluídos, Cerqueira César e Congonhas.

Resultados referentes à utilização da *Tradescantia pallida* - Campanha de Biomonitoramento 2007, em São José dos Campos – SP.

Região Administrativa	Nº de pontos com exposição da <i>Tradescantia</i>	Nº de inflorescências analisadas	% média de MCN ( $\pm$ SD)	Valor Máximo	Valor Mínimo
Sudeste	2	47	$2,69 \pm 2,47$	3,17	2,22
Sul	3	87	$1,74 \pm 1,25$	1,93	1,58
Oeste	4	184	$2,49 \pm 2,92$	3,35	1,85
Leste	2	63	$2,08 \pm$	2,13	2,03

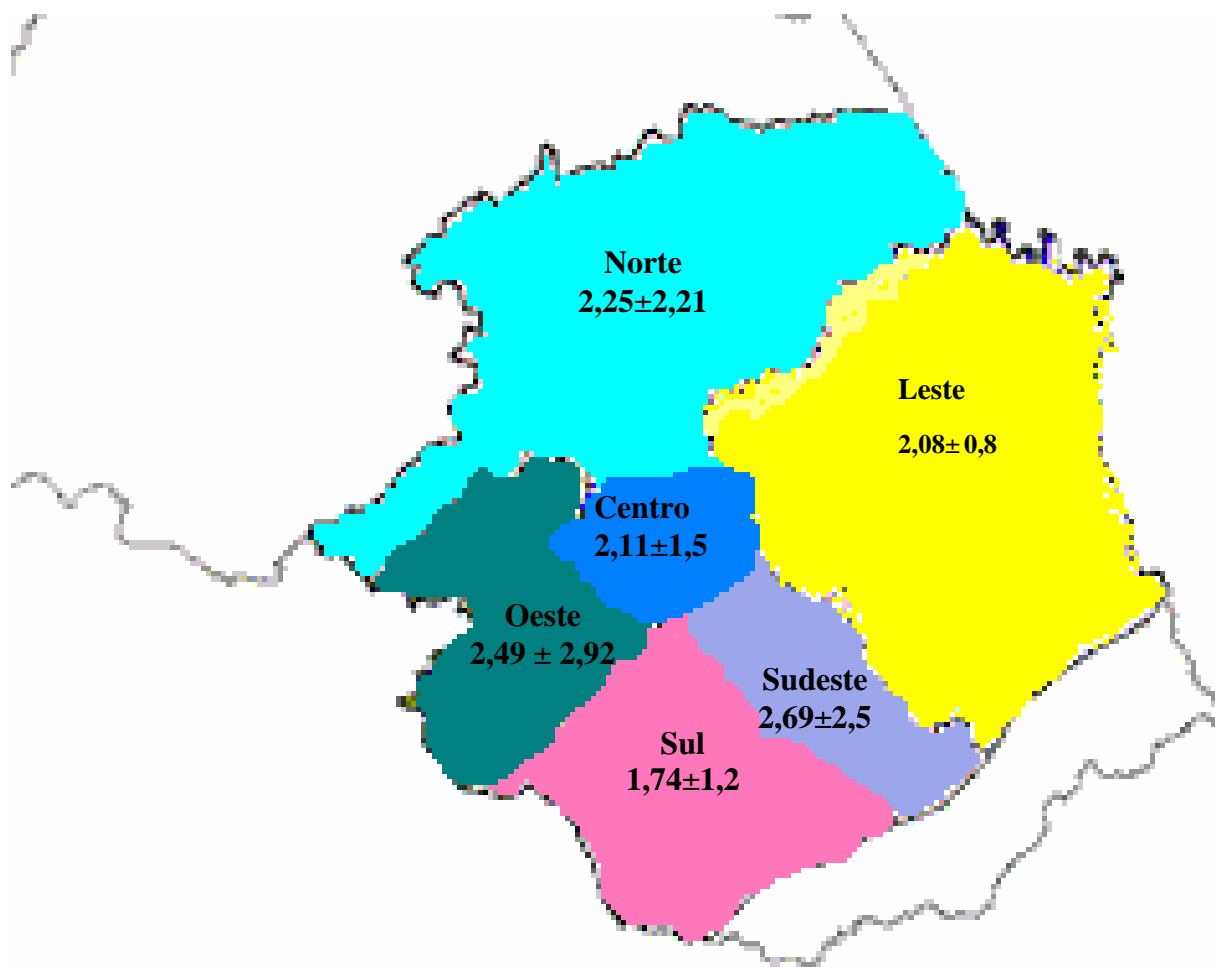
			0,82		
Norte	3	133	2,25 ± 2,21	2,52	1,78
Centro	3	161	2,11 ± 1,54	2,64	1,56

Na campanha de 2007, a região Sudeste vem em 1º lugar no ranking das regiões mais poluídas, a região Oeste como a segunda região mais poluída, já em 3º lugar vem a região Norte. Na campanha passada, em 2006, a região Centro ficou em primeiro lugar, a região Norte em segundo e a região Leste em terceiro.

O total de inflorescências analisadas em 2007 foram 675, enquanto que em 2006, 474. Isso torna a representatividade estatística de 2007 melhor em relação a 2006.

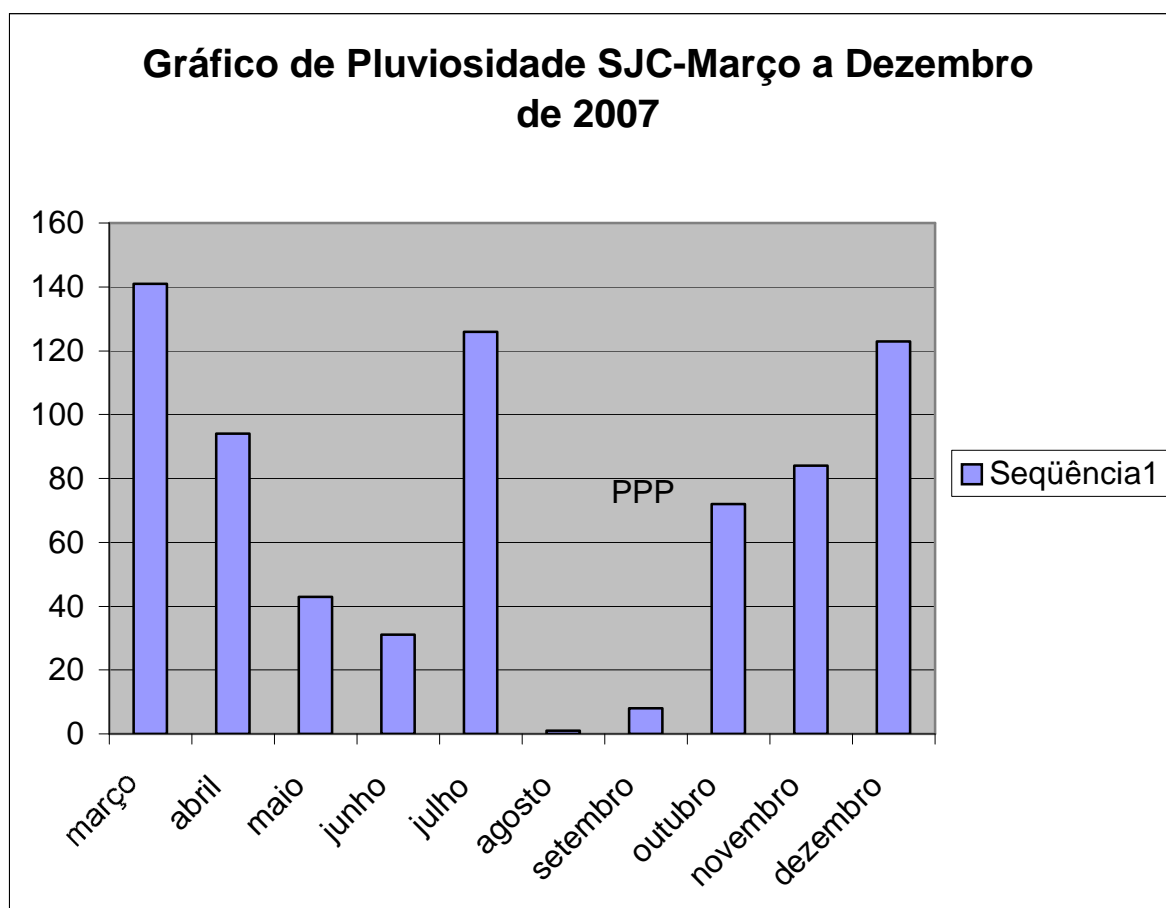
Os pontos de São Francisco Xavier e Ilhabela foram fundamentais para a avaliação atmosférica de poluição, tais municípios são considerados exemplos de qualidade de ar. Ilhabela têm 85% de Mata Atlântica preservada, mas mesmo assim não esta fora da lista de municípios com poluição atmosférica, um exemplo verídico é a análise de uma coleta feita em 11/07/2007 três dias após uma grande queimada, que atingiu um morro, onde foi comprovada a veracidade da planta como bioindicador. A média de micronúcleos para Ilhabela foi de 2,6, da mesma ordem de São José dos Campos. São Francisco Xavier, localizado em uma APA (Área de Proteção Permanente), apresentou valor médio de  $2,52 \pm 1,40$ , durante a campanha de 2007, valores compatíveis com o considerado de controle, ou de fundo, entre 2,0 e 2,3 % de MCN (Sant'Anna, 2003).

O Mapa abaixo mostra a distribuição da frequência de MCN (%) na área urbana do Município de São José dos Campos – SP., referente à Campanha de Biomonitoramento em 2007, utilizando a *Tradescantia pallida*.



Mapa da Distribuição da frequência de MCN(%) na área urbana do Município de São José dos Campos- SP. Resultados referentes à Campanha de Biomonitoramento em 2007, utilizando a *Tradescantia pallida*.

Entre os fatores meteorológicos que influem na concentração de poluentes atmosféricos, a pluviosidade é o que mais contribui para a limpeza da atmosfera. Assim, é importante comparar os episódios de chuva durante o período de biomonitoramento no ano de 2007. O gráfico 1 apresenta esses episódios.



Dados de Pluviosidade referentes aos meses de março a dezembro de 2007.

Observa-se que o mês de julho foi bastante atípico em precipitação, o que justifica a menor concentração de micronúcleos em 2007, quando comparado com 2006.

As regiões que obtiveram maior índice de micronúcleos, e que foram caracterizadas como de maior poluição foram as regiões administrativas



Sudeste e Oeste. O alto nível de poluição na região Sudeste pode ser atribuído ao aterro sanitário no Torrão de Ouro, enquanto que o alto nível de poluição na região Oeste pode ser atribuído à indústria Monsanto. A região central caracteriza-se pelo alto fluxo de veículos aliado a má circulação atmosférica da região. As demais regiões administrativas e boa parte da região sudeste e uma pequena parte da região Sul apresentaram índices um pouco mais amenos com nível de presença de micronúcleos entre 1,74 e 2,11. A região norte ficou em terceiro lugar provavelmente devido ao transporte de poluentes de regiões mais poluídas por meio da brisa, uma vez que ela não possui alta concentração de indústrias e de veículos.

Apesar das fortes características de São José dos Campos, como centro urbano com altos índices de industrialização, a avaliação da qualidade do ar é feita por uma única estação de monitoramento não considerada representativa do município. Essa estação disponibiliza dados contínuos de concentração de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), material particulado (PM10) e ozônio (O<sub>3</sub>). Os dados revelam constantes ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar estabelecidos para o ozônio e níveis crônicos de exposição desse poluente (elevada frequência de dias com concentrações de ozônio superiores a 120 µg.m<sup>-3</sup>), que é sabidamente prejudicial à saúde humana e ao ambiente. Não existe no município um estudo que relacione os diferentes efeitos da poluição na saúde, principalmente os efeitos da exposição prolongada a níveis consideráveis de poluição.

A necessidade de continuidade desta pesquisa no município revela-se extremamente importante tanto para confirmação da veracidade dos dados obtidos na campanha de 2006, como para definir regiões com os maiores índices de mutações, levando assim a ações que minimizem e controlem os níveis de poluentes atmosféricos.

Também seria importante correlacionar os dados de atendimentos em postos médicos por doenças respiratórias com a presença de poluentes atmosféricos, bem com um estudo mais aprofundado dos poluentes predominantes no município, conhecendo-se os níveis e os poluentes emitidos por cada indústria, tanto do município como de municípios vizinhos que possam vir a influenciar a atmosfera de São José dos Campos.

## CONCLUSÃO

Aproveitando dos comentários sobre o monitoramento do ar apresentado pela CETESB de que esse monitoramento se presta para proteger a vida e o bem estar, com a criação de ações de controle das emissões dos poluentes atmosféricos; este trabalho investiu no biomonitoramento da qualidade do ar, largamente, utilizado em meios urbanos.

O método de biomonitoramento da qualidade do ar utilizando-se de plantas bioindicadoras se mostrou, como em outras ocasiões, ser de baixo custo, pois não se utiliza de equipamentos caros ou sofisticados; é rápido, fácil de ser realizado e oferece uma estimativa da qualidade do ar.

Os dados obtidos nas cidades de Cachoeira Paulista, e Lorena – Sp., indicaram uma tendência de boa qualidade do ar. No entanto, para uma afirmação mais consistente, é necessário prolongar as pesquisas, dar continuidade ao monitoramento na cidade buscando estudar outras áreas e os períodos de chuvas e de secas.

A inclusão das escolas, como pontos de biomonitoramento, ajuda a desenvolver nos alunos um senso crítico a respeito do assunto, e desperta o interesse pelo meio ambiente. Portanto, para este trabalho foi fundamental o acompanhamento pedagógico do monitoramento do ar por meio de bioindicadores.

A diferença dos resultados obtidos através das análises feitas em Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., comparados a São José dos Campos é muito grande, uma vez que São José dos Campos apresenta áreas com alto índice de poluição. As cidades de Cachoeira Paulista e Lorena – Sp., nos dados obtidos através do trabalho de Biomonitoramento apresentados nas pesquisas realizadas no período de julho de 2008 a julho de 2009, mostrou-se boa a

qualidade do ar, porém, são resultados obtidos em um período chuvoso e que não define largamente a qualidade do ar da cidade de Cachoeira Paulista e Lorena – SP.

O trabalho de biomonitoramento na cidade de Cachoeira Paulista continua através do projeto Ar + Limpo do INPE de São José dos Campos.

**OBSERVAÇÃO:** O trabalho realizado na cidade de Lorena, foi simplesmente um trabalho de pesquisa de biomonitoramento, com acompanhamento de professores da área de Biologia, mas não foi realizado a parte de educação ambiental com os alunos.

A pesquisa feita no LIM/INPE de Cachoeira Paulista também não foi realizada Educação Ambiental, já que se trata de um Instituto de Pesquisa e não de uma escola.

Também utilizamos os resultados obtidos em São José dos Campos na campanha de 2007, para compararmos com os resultados

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERRI, Mario Guimarães. Ecologia e Poluição: Editora da Universidade de São Paulo – 1976 pag. 19-31

KLUMPP, Andréas; ANSEL, Wolfgang; KLUMPP, Gabriel; FOMIN, Anette. Um novo conceito de monitoramento para avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (Euro Bionet): Revista Brasil Bot., São Paulo v.24 n.4 (suplemento), p.511-518, dez. 2001.

ALVES, Edenise Segola; GIUSTI, Paula Matos; DOMINGOS, Marisa; SALDIVA, Paulo H. N.; GUIMARÃES, Eliane T.; LOBO, Débora J. A. Estudo Anatômico Foliar do Clone Híbrido 4430 de Tradescantia: Alterações decorrente da poluição área urbana. Revista Brasil Bot., São Paulo, v.24, n.4 (suplemento), p. 567-576, dez. 2001.

BAKONYI, Sonia Maria Cipriano; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco; MARTINS, Lourdes Conceição; BRAGA, Alfesio Luis Ferreira. Poluição Atmosférica e Doenças Respiratórias em crianças na Cidade de Curitiba-PR., Revista Saúde Pública v.38 (5) p.695-700, 2004.

SANT'ANNA, Eliane Tigre Guimarães. Poluição Atmosférica Urbana na Cidade de São Paulo e Multagênese: Avaliação de riscos utilizando-se bioindicadores vegetais do gênero Tradescantia. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – São Paulo, 2003.

JUNIOR, João Andrade de Carvalho; GILL, Walter; NETTO, Demetrio Bastos- Poluição Atmosférica. Publicação: Divisão de Ensino e Documentação – DED, INPE, São José dos Campos – SP., 1986.

PINTO, Rita Márcia da Silva. Dados Radiométricos (0,400 a 0,900 um) na avaliação de efeitos da Poluição Atmosférica em folhas de espécies da Mata Atlântica em Cubatão-SP. Publ. Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais. CEP- INPE, São José dos Campos-SP., 2000.

AGUIAR, Mônica Lopes. Poluição Atmosférica e Seu Controle, out. 2002 disponível em: <http://fisica.cdcc.sc.usp.br/olimpiadas/02/palestras/PA1.html>. acesso em abril de 2008.

ZANATO, Victória Tertuliana de Araújo Bellaparte, Biomonitoramento no Município de São José dos Campos, Utilizando *Tradescantia pallida*, Campanha de 2007.

## ANEXO – A

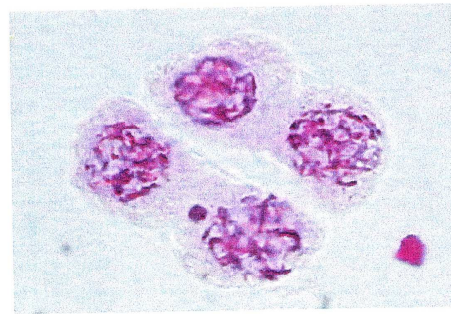
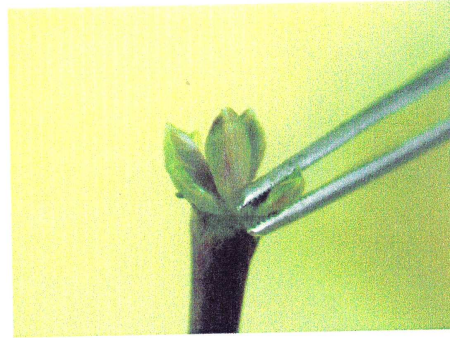
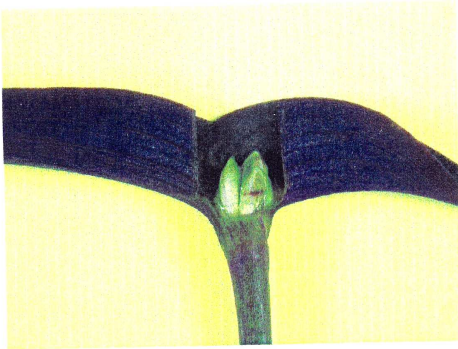


Foto da *Tradescantia pallida* vista através do microscópio, mostrando a tétrade com um micronúcleo.

## ANEXO – B

### PLANTAS COMO BIOINDICADORAS DA POLUIÇÃO

#### O QUE É POLUIÇÃO?

Entende-se por poluição tudo o que ocasione desequilíbrios ecológicos, perturbações nos ecossistemas. Essas alterações podem ocorrer no ar, nas águas ou no solo. Podem ser produzidas por substâncias em estado sólido, líquido ou gasoso. Mas, além de poluição produzida por liberação de matéria, há poluição por liberação de energia.

A poluição pode ser ocasionada pelo lançamento de substâncias destituídas de vida, ou pela introdução de seres vivos nos ecossistemas.

Poluente é todo fator de perturbação das condições ambientais, não importa a sua natureza. Pode ser vivo ou não; pode ser um fator físico ou químico; orgânico ou inorgânico; em estado sólido, líquido ou gasoso (Ferri, 1976).

A poluição atmosférica tem afetado a saúde da população, mesmo quando seus níveis encontram-se aquém do que determina a legislação vigente. As faixas etárias mais atingidas são as crianças e os idosos, grupos bastante suscetíveis aos efeitos deletérios da poluição. Alguns estudos mostram uma associação positiva entre a mortalidade e também entre a morbidade devido a problemas respiratórios em crianças.

A carência de informações no que se refere à relação poluição atmosférica e doenças respiratórias nas cidades instigou a verificação dessa relação.

**Principais fontes de poluição: Cigarro; Atividade Industrial; Queimadas; Automóveis e caminhões.**

## BIOMONITORAMENTO

### O QUE É?

É a avaliação da qualidade ambiental de uma determinada área, utilizando organismos vivos que respondem a poluição ambiental alterando suas funções ou acumulando toxinas.



ANEXO – C

Cachoeira Paulista, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Escola Estadual “JARDIM TRABALHISTA”

Aluno (a):

---

### ATIVIDADE DE GEOGRAFIA

**Tema: “Biomonitoramento da qualidade do ar”**

1) Em que Bairro você mora?

---

2) Você já ouviu falar sobre Biomonitoramento?

Sim     Não

3) Onde?

Na escola     Jornais     Televisão

4) Como você acha que está a qualidade do ar de Cachoeira Paulista?

Boa     Regular     Ruim

5) De acordo com o texto, responda:

O que é Biomonitoramento?

---

---

---

---

---

O que é poluição? Que males ela causa a nossa saúde?

---

---

---

---

---

Comente sobre a experiência feita com a planta *Tradescantia pallida* (Coração Roxo), utilizando-se do microscópio.

---

---

---

---

---

