



**COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

**ESTUDO INVESTIGATIVO  
DA OCORRÊNCIA DE OZÔNIO  
TROPOSFÉRICO POR MEIO DE  
BIOMONITORAMENTO, NO  
MUNICÍPIO DE BIRITIBA-MIRIM - SP**

**SÃO PAULO  
2008**

## **Edição**

### **Diretoria de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental**

*Eng. Marcelo de Souza Minelli*

### **Departamento de Tecnologia do Solo, Águas Subterrâneas e Resíduos Sólidos**

*Eng. Giuseppe Giulio Michelino*

### **Divisão de Qualidade do Solo, Águas Subterrâneas e Vegetação**

*Biól. Dorothy Carmen Pinatti Casarini*

### **Coordenação Técnica :**

*Biól. Mara Magalhães Gaeta Lemos*

### **Elaboração Técnica :**

*Biól. Gisela Vianna Menezes*

*Biól. Gilmar Issa Gallo*

*Eng Agron. Isabella Corrêa Silva*

*Biól. Janine Bergmann*

*Biól. Mara Magalhães Gaeta Lemos*

*Biól. Marise de Castro*

*Biól. Paulo Fernando Rodrigues*

*Estag. Cauê Monte Chelli*

### **Colaboração :**

*Eng. Agron. Elaine Cristina Ruby*

*Est. Yoshio Yanagi*

*Agência Ambiental de Mogi das Cruzes– CBM*

*Departamento de Tecnologia do Ar - ET*

*Divisão de Tecnologia de Avaliação da Qualidade do Ar - ETQ*

*Setor de Interpretação de Dados - ETQI*

*Setor de Telemetria - ETQT*

### **Agradecimentos :**

*Prefeitura Municipal de Biritiba-Mirim*

*Escolas da Rede Municipal de Biritiba-Mirim, onde foram expostas as plantas*

*SABESP - Biritiba-Mirim, Ponte Nova e Casa Grande*

*Hotel Vale Encantado*

*Fonte de Água Mogiana*

*Clube Bairro Nirvana*

*Met. Carlos Ibsen V. Lacava*

*Quím. Jesuíno Romano*

*Setor de Operação e Manutenção de Transportes – AAAT*

*Universidade da Carolina do Norte*

### **Distribuição :** CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros

Tel. 3133.3000 - CEP 05459-010 - São Paulo/SP - Brasil

**Endereço Internet:** <http://www.cetesb.br>

**DOCUMENTO**

<i>Tipo</i>	<i>Data</i>	<i>Origem</i>	<i>Nº Página / V</i>	<i>Nº Mapas</i>
Relatório	Abr2008	ESSE	30	

**TÍTULO DO DOCUMENTO**

Estudo Investigativo da Ocorrência de Ozônio Troposférico por meio de Biomonitoramento, no Município de Biritiba-Mirim - SP

**AUTOR RESPONSÁVEL**

*Assinatura / Carimbo / Data*

*Mara Magalhães Gaeta Lemos  
Gerente do Setor de Qualidade do Solo e Vegetação*

**AUTORES / ENTIDADES OU UNIDADES A QUE PERTENCEM**

*Biól. Mara Magalhães Gaeta Lemos  
Biól. Gisela Vianna Menezes  
Biól. Gilmar Issa Gallo  
Eng. Agron. Isabella Corrêa Silva  
Biól. Janine Bergmann  
Biól. Marise de Castro  
Biól. Paulo Fernando Rodrigues  
Estag. Cauê Monte Chelli*

**DOCUMENTO AUTORIZADO POR**

*Assinatura / Carimbo / Data*

*Dorothy C. P. Casarini  
Gerente da Divisão de Qualidade de Solo e Água Subterrânea e Vegetação*

**DOCUMENTO REVISADO**

*Assinatura / Carimbo / Data*

*Maria Helena R. B. Martins  
Gerente da Divisão de Tecnologia de Avaliação da Qualidade do Ar*

**CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA**

Externa     Interna  
  
 Reservada

**PALAVRAS CHAVES**

1. Ozônio 2. Biomonitoramento do ar 3. Bioindicador vegetal 4. Biritiba-Mirim – ocorrência de ozônio 5. Ar – poluição 6. Tabaco 7. *Nicotiana tabacum* 8. AOT40

**CÓDIGO E TÍTULO DO PROJETO**

41 200300 Avaliação da Qualidade do Ar por meio de teste com amostras vegetais

**DISTRIBUIÇÃO INTERNA**

*Áreas / Nº de Cópias*

ESSE (2) - ETQ (1)- ETQM (1) – CGA (1) – Biblioteca (2)

**USO DA BIBLIOTECA**

*Classificação de Assunto*

*Nº Documento*

*Visto / Carimbo / Data*

**TÍTULO DO DOCUMENTO**

Estudo investigativo da ocorrência de ozônio troposférico por meio de biomonitoramento, no município de Biritiba-Mirim - SP

**RESUMO**

A CETESB, em função de sua atribuição de controle de poluição no Estado de São Paulo, desenvolve estudos que visam a investigação sobre a ocorrência de poluentes atmosféricos, principalmente para aqueles poluentes legalmente regulamentados, que apresentam padrões de qualidade. Embora benéfico na estratosfera, onde forma uma camada protetora contra efeitos danosos da radiação ultravioleta, o ozônio tem efeitos tóxicos nas camadas mais baixas da atmosfera. O ozônio tem alto poder oxidativo e, por isso, é muito tóxico às plantas, podendo causar danos consideráveis às espécies vegetais nativas e culturas agrícolas.

A CETESB desenvolve, desde a década de 80, estudos com bioindicadores vegetais como ferramenta às ações de prevenção e controle para diversos poluentes atmosféricos, destacando ozônio, fluoretos gasosos, dióxido de enxofre, amônia, chumbo, entre outros.

A Prefeitura Municipal de Biritiba-Mirim solicitou à CETESB, por meio do ofício nº 36/06 - DMDMAT/GP, de 18 de janeiro de 2006, uma avaliação da qualidade do ar com relação ao ozônio troposférico, para embasar o pedido de tornar-se estância turística conforme a Lei Estadual 1457 de 11 de novembro de 1977 e regulamentada pelo Decreto Estadual 11.022 de 28 de dezembro de 1977.

Neste contexto, o Setor de Qualidade do Solo e Vegetação – ESSE realizou um biomonitoramento, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3, com o objetivo de dimensionar qualitativamente e mapear a ocorrência do ozônio troposférico no Município de Biritiba-Mirim. Para realizar a avaliação da presença de ozônio solicitada foram selecionados doze locais, em função de sua distribuição espacial, na área territorial de Biritiba. A metodologia utilizada tem como base a exposição por 28 dias de 6 indivíduos de tabaco em cada local selecionado. A avaliação do efeito do ozônio nos indivíduos de tabaco expostos em cada ponto de monitoramento é realizada por meio de estimativa da porcentagem da área foliar com injúrias visíveis.

Os resultados obtidos com o biomonitoramento, realizado no Município de Biritiba-Mirim com *Nicotiana tabacum* Bel W3, mostraram injúrias foliares, características do efeito fitotóxico do ozônio troposférico. Apesar disto, as medianas dos níveis de injúrias foliares foram inferiores a 5% em todos os pontos nas campanhas 1 (final do outono de 2006), 2 (final do inverno de 2006) e 3 (início do verão de 2007). Na quarta campanha (verão de 2007), três pontos de monitoramento tiveram medianas superiores a 5% e, na quinta campanha, um ponto.

Considerando a metodologia que vem sendo adotada pela CETESB, com a utilização dos dados de mediana, este estudo indica que a presença de ozônio troposférico pode ultrapassar esporadicamente o padrão para saúde humana no verão. Se considerada a metodologia do índice de injúrias foliares, também há indicativos da presença de ozônio no município de Biritiba-Mirim.

Os resultados indicam, em geral, que a presença de ozônio troposférico no município de Biritiba Mirim são menores do que aqueles obtidos no estudo de biomonitoramento para o município de Cabreúva (CETESB 2006) e superiores aos obtidos no município de Brotas (CETESB 2007).

**OBSERVAÇÕES**

Disponível na *internet*.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>4</b>
2.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
FIGURA 2: ÁREAS AMBIENTALMENTE PROTEGIDAS DO MUNICÍPIO DE BIRITIBA MIRIM. ....	6
2.1. METODOLOGIA .....	6
2.2.1. <i>Critérios de avaliação das injúrias foliares</i> .....	10
2.2.2. <i>Interpretação Estatística</i> .....	10
2.2.3. <i>Cálculo do Índice de Injúrias foliares – LII</i> .....	11
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>12</b>
3.1. SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS .....	12
3.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	16
3.3. RESULTADOS OBTIDOS PARA O PONTO DE REFERÊNCIA.....	23
3.4. VISUALIZAÇÃO ESPACIAL DOS RESULTADOS.....	23
3.5. ÍNDICE DE INJÚRIAS FOLIARES – LII.....	25
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>26</b>
<b>APÊNDICE 1 .....</b>	<b>I</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Prefeitura Municipal de Biritiba-Mirim solicitou à CETESB, por meio do ofício nº 36/06 - DDMAT/GP, de 18 de janeiro de 2006, uma avaliação da qualidade do ar com relação ao ozônio, para embasar o pedido de tornar-se estância turística conforme a Lei Estadual 1457 de 11 de novembro de 1977 e regulamentada pelo Decreto Estadual 11.022 de 28 de dezembro de 1977.

A CETESB, em função de sua atribuição de controle da poluição no Estado de São Paulo, desenvolve estudos que visam a investigação sobre a ocorrência de poluentes atmosféricos, principalmente para aqueles legalmente regulamentados, que apresentam padrões de qualidade.

Um padrão de qualidade do ar (PQAR) define legalmente o limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que garanta a proteção da saúde e do bem estar das pessoas (CETESB, 2006). Na Portaria Normativa n.º 348 de 14/03/90, o IBAMA estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar que foram submetidos ao CONAMA em 28/06/90 e transformados na Resolução CONAMA n.º 03/90.

São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar:

- Padrões primários - concentrações de poluentes que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.
- Padrões secundários - concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Esse padrão deve ser aplicado, por exemplo, em parques nacionais, áreas de proteção ambiental, estâncias turísticas, etc.

A Resolução CONAMA n.º 03/90 estabelece para o ozônio a concentração máxima de 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em 1 hora como padrão primário e secundário, não devendo ser excedido mais que uma vez ao ano.

Embora benéfico na estratosfera, onde forma uma camada protetora contra efeitos danosos da radiação ultravioleta, tem efeitos tóxicos nas camadas mais baixas da atmosfera, por afetar diretamente os seres vivos. O ozônio tem alto poder oxidativo e, por isso, é muito tóxico às plantas, podendo causar danos consideráveis às espécies vegetais nativas e culturas agrícolas (Swanson *et al.* 1973, Freedman 1995, Liu e Reddley 1999, Zeiger 2002, *apud* Pedroso 2006).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2006) estimou perdas agrícolas anuais da ordem de 500 milhões de dólares causadas pelo ozônio, sem incluir os danos às folhagens de árvores e outras plantas, que afetam a paisagem das cidades, áreas de recreação, parques urbanos e áreas de vegetação natural. No Brasil ainda não existem estudos que dimensionem perdas agrícolas.

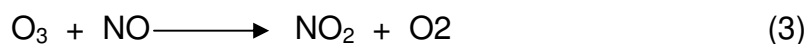
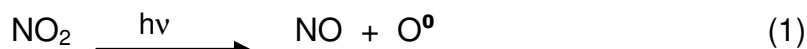
Na Europa, Fuhrer e Achermann (1994), a partir de experimentos com vegetação, estabeleceram o valor de 40ppb ( $78,4 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ) como crítico para vegetação, acima do qual pode ocorrer efeitos a receptores sensíveis, tais como plantas e ecossistema. A partir dessa concentração foi aplicado um índice referente à exposição acumulada acima de 40ppb ou AOT40 (Fuhrer *et al.* 1997). Tal índice é a soma de todos os valores horários que excedem 40ppb, por exemplo, o valor de 45ppb observado em uma hora, significa AOT40 = 5ppb.

A CETESB (2006) adota como valores de referência as concentrações preconizadas pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000), que indica a AOT40 de 3.000ppb de ozônio (ou aproximadamente  $6.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), acumulados durante o período de 3 meses, como Valor de Referência para Proteção da Produtividade Agrícola (VRPP) e 200ppb (ou aproximadamente  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), acumulados durante o período de 5 dias, como Valor de Referência para o Aparecimento de Injúrias visíveis em plantas sensíveis.

O ozônio não é um poluente emitido diretamente pelas fontes, mas formado na atmosfera por meio da reação entre os compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio em presença de luz solar (CETESB, 2004).

Os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ ) são lançados na atmosfera por meio de processos de combustão (veicular e industrial). Já os compostos orgânicos voláteis resultam das emissões de processos evaporativos, da queima incompleta de combustíveis automotivos e em processos industriais (CETESB, 2004).

A formação do ozônio na troposfera inicia-se pela fotólise do  $\text{NO}_2$  (equação 1). O oxigênio monoatômico gerado reage com o oxigênio diatômico presente na atmosfera, formando o ozônio (equação 2). Na presença de  $\text{NO}$ , o ozônio reage rapidamente para regenerar o  $\text{NO}_2$  (equação 3).



Dessa maneira, o ozônio ( $\text{O}_3$ ) mantém-se em estado estacionário, que depende da velocidade de fotólise do  $\text{NO}_2$  e da razão  $[\text{NO}_2]/[\text{NO}]$ . Se nenhum outro processo convertesse  $\text{NO}$  em  $\text{NO}_2$ , a concentração de ozônio troposférico não aumentaria significativamente. No entanto, na presença dos compostos orgânicos voláteis, as concentrações de ozônio aumentam, uma vez que o  $\text{NO}$  é convertido a  $\text{NO}_2$ , via formação de radicais livres. Assim, a velocidade de formação do ozônio depende da quantidade e da reatividade de cada um desses compostos (CETESB, 2004).

Além da complexidade do sistema de reações químicas, fatores meteorológicos e topográficos fazem com que os gases precursores emitidos sejam transportados a diversos locais, resultando em níveis altos de ozônio em locais distantes das fontes dos precursores, muitas vezes ocorrendo até mesmo em regiões sem fontes significativas de poluição.

O biomonitoramento é um dos instrumentos de avaliação da qualidade ambiental em locais com suspeita de poluição e constitui, efetivamente, uma maneira de avaliar, de forma simples e economicamente viável, a presença de ozônio troposférico (Shugart, 1994).

Enquanto os índices obtidos por instrumentos, se restringem a um momento específico de observação da poluição ambiental, sem informar sobre os efeitos que ela provoca ao longo do tempo, os bioindicadores apesar de levarem mais tempo para apresentar resultados e fornecer informações menos precisas, complementam àquelas obtidas pelos sensores automatizados (Prado Filho, 1993).

Os bioindicadores podem ser definidos como organismos ou comunidades de organismos que respondem à poluição ambiental, por modificar suas funções vitais, ou acumular toxinas (ARDNT, 1989). Segundo Figueiredo (1994), as plantas apresentam-se como excelentes sensores do impacto ambiental causado por estresses.

Segundo Temmerman et al. (2004 *apud* Pedroso 2006), plantas bioindicadoras são aquelas que apresentam sintomas visíveis como necroses, cloroses e distúrbios fisiológicos.

Desde 1962, a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* L. Bel W3, tem sido usada como um bioindicador da presença de diferentes concentrações de ozônio. Após algumas semanas de exposição de folhas novas, totalmente expandidas, podem ser verificados sintomas visíveis. Essa espécie desenvolve, primeiramente, lesões bifaciais e mostram diferenças nas quantidades de injúrias agudas e crônicas, quando expostas à diferentes doses de exposição em ambientes controlados e sob condições de campo (Heggstad, 1991). A figura 1 apresenta fotos de exemplares dessa variedade de tabaco, com e sem injúria foliar, característica do efeito fitotóxico do ozônio.



**Figura 1 – Exemplares de *Nicotiana tabacum* Bel W3 com folhas saudáveis (esquerda) e com injúrias (direita) características do efeito fitotóxico do ozônio.**



O biomonitoramento tornou-se uma prática comum em países do hemisfério norte, principalmente na Europa (Pedroso, 2006). Diversos países têm desenvolvido estudos de mapeamentos do ozônio, utilizando-se, principalmente, o tabaco como bioindicador, destacando-se aqueles realizados na Espanha (Gimeno *et al.*, 1995), Estônia (Koppel & Sild, 1995), Itália (Nali *et al.*, 1998; Allegrini *et al.*, 1992), França (Garrec & Radnai, 1996), Reino Unido (Fowler *et al.*, 1995; Ashmore *et al.*, 1980), China (Garrec *et al.*, 1998), Ucrânia (Blum *et al.*, 1997) e em várias regiões norte americanas (Kelleher & Feder, 1978).

No Brasil, os estudos dos efeitos de poluentes na vegetação são recentes e vêm sendo desenvolvidos por poucos grupos de pesquisa. Foram realizados alguns estudos com plantas bioindicadoras para avaliar o efeito da poluição atmosférica para algumas cidades do país, como Salvador (Lima *et al.*, 2000 ; Klumpp *et al.*, 2003), São Paulo (Domingos *et al.*, 1998 e 2002; Batalha *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 2000; Guimarães *et al.*, 2000; Moraes *et al.*, 2002 e Alves *et al.*, 2003); Viçosa (Prado Filho, 1993; Chaves *et al.*, 2002 e Silva *et al.*, 2005); Curitiba (Alves, 2001 e Bujokas, 2001).

A CETESB desenvolve, desde a década de 80, estudos com indicadores vegetais como ferramenta às ações de prevenção e controle para diversos poluentes atmosféricos, destacando ozônio, fluoretos gasosos, dióxido de enxofre, amônia, chumbo, entre outros (Pompeia *et al.*, 1988 e 1989; Azevedo *et al.*, 1994a e 1994b; Diniz *et al.*, 1994; Fialho *et al.*, 1994; Pradella *et al.*, 1999; CETESB, 1996 e 2004).

Neste contexto, o Setor de Qualidade do Solo e Vegetação – ESSE realizou um biomonitoramento, no período de maio de 2006 a janeiro de 2008, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3, com o objetivo de dimensionar qualitativamente e mapear a ocorrência do ozônio troposférico em concentrações prejudiciais ao meio ambiente na área territorial de Biritiba-Mirim.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e caracterização da área de estudo

Acompanhando o Rio Tietê encontra-se Biritiba-Mirim, distante 70 quilômetros da Capital, ocupando 414 quilômetros quadrados, dos quais 8.500 hectares são de Mata Atlântica. Localizada a 780 metros de altitude, o município conta com um clima tropical temperado e uma temperatura média anual de 15° C (DEPRN/DUSM, 2007).

Além do Rio Tietê, diversos são os córregos existentes, tais como Ribeirão Biritiba, Ribeirão Lindeiro, Rio Itapanhaú e Rio Ribeirão do Campo onde localiza-se a barragem da SABESP, que fornece água para a região metropolitana de São Paulo.

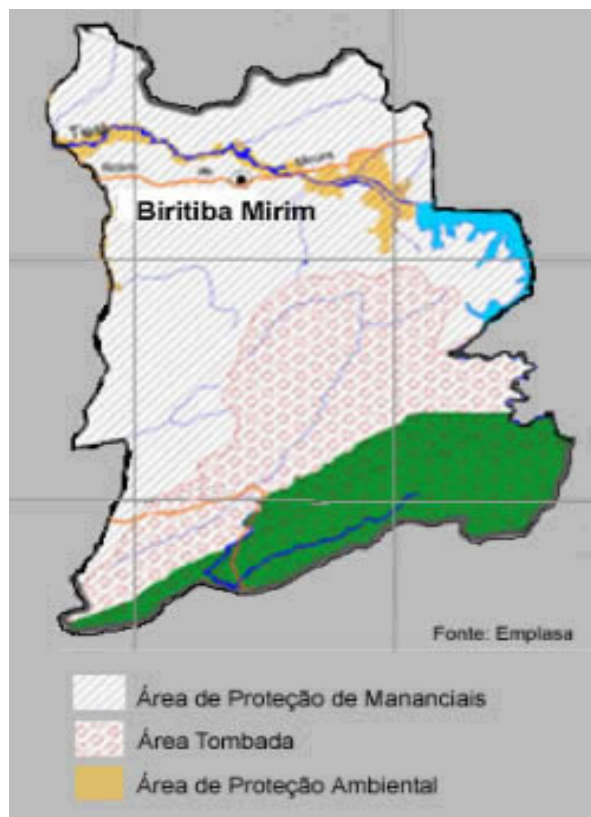
O Município de Biritiba Mirim integra a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, a Unidade de Gerenciamento de Recurso Hídrico nº 6 estabelecida pela Política e Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, criados pela Lei Estadual nº 7663, de 1991.

Mais especificamente, Biritiba Mirim situa-se em uma das seis sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: a Sub-Bacia Cabeceiras, a qual possui uma área de drenagem de 1694 Km<sup>2</sup>, constituída também pelos Municípios de Arujá, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Ferraz de Vasconcelos, Poá, Suzano, Mogi das Cruzes e Salesópolis.

A área do Município de Biritiba Mirim apresenta-se ambientalmente protegido por meio de Leis e Decretos, a saber:

- Área de Proteção Ambiental - APA - Várzea do Alto Tietê - Protege vegetação de áreas alagadiças e matas ciliares, ao longo da calha de inundação do Rio Tietê. Área - 7.400 ha. Lei Estadual nº 5.598 de 6/2/1987, Decreto Estadual nº 42 837, de 3/2/1998.
- Área Natural Tombada Serra do Mar e de Paranapiacaba - Conjunto regional que apresenta grande valor geológico, geomorfológico, hidrológico e paisagístico, e por oferecer condições de formar um banco genético de natureza tropical, dotado de ecossistemas representativos em termos faunísticos e florísticos. É também uma região capaz de funcionar como espaço serrano regulador para a manutenção da qualidade ambiental e dos recursos hídricos da região litorânea. Área: 1.300.000,00ha. Resolução de Tombamento 40 de 6/6/1985, Condephaat.
- Parque Estadual Serra do Mar - Maior parque estadual paulista com área de 315.390 ha e altitude média de 600 metros. Vegetação de Floresta Latifoliada Tropical Úmida. Algumas das espécies mais representativas da fauna são anta, bugio, capivara, cotia, jaguatirica, onça-pintada, pato selvagem, pomba e uru. Decreto Estadual nº 10.251 de 30/8/1977 - Decreto Estadual nº 13.313 de 6/3/1979 - Decreto Estadual nº 19.448 de 30/8/1982.
- Área de Proteção aos Mananciais - Área da Unidade de Conservação no município: 36 700 ha. Lei Estadual nº 898, de 18/12/1975.
- O Município de Biritiba Mirim possui 89% de sua área destinada à proteção de mananciais, e os 11% restantes é de Serra do Mar; portanto, há restrições à ocupação do solo e ao desmatamento em todo o território municipal. As principais atividades desenvolvidas no município são mineração e agropastoril.

A figura 2 apresenta a localização das áreas ambientalmente protegidas no espaço territorial do Município de Biritiba Mirim.



**Figura 2: Áreas ambientalmente protegidas do Município de Biritiba Mirim.**

O Município de Biritiba Mirim possui 89% de sua área destinada à proteção de mananciais, e os 11% restantes é de Serra do Mar; portanto, há restrições à ocupação do solo e ao desmatamento em todo o território municipal. As principais atividades desenvolvidas no município são mineração e agropastoril.

## 2.1. Metodologia

A metodologia utilizada foi adaptada de Lorenzini *et al.* (1999) e tem como base a exposição de indivíduos de tabaco da variedade *Nicotiana tabacum* Bel W3, por período de 28 dias, em locais selecionados que abrangem a área territorial do município de Biritiba-Mirim.

Foram selecionados doze pontos para o biomonitoramento, que são descritos na **tabela 1**. Utilizou-se a Cetesb – Pinheiros como ponto de referência (PR), sendo expostas as plantas ao lado da estação automática de medição de poluentes.

**Tabela 1: Descrição dos pontos de monitoramento selecionados para o Município de Biritiba-Mirim.**

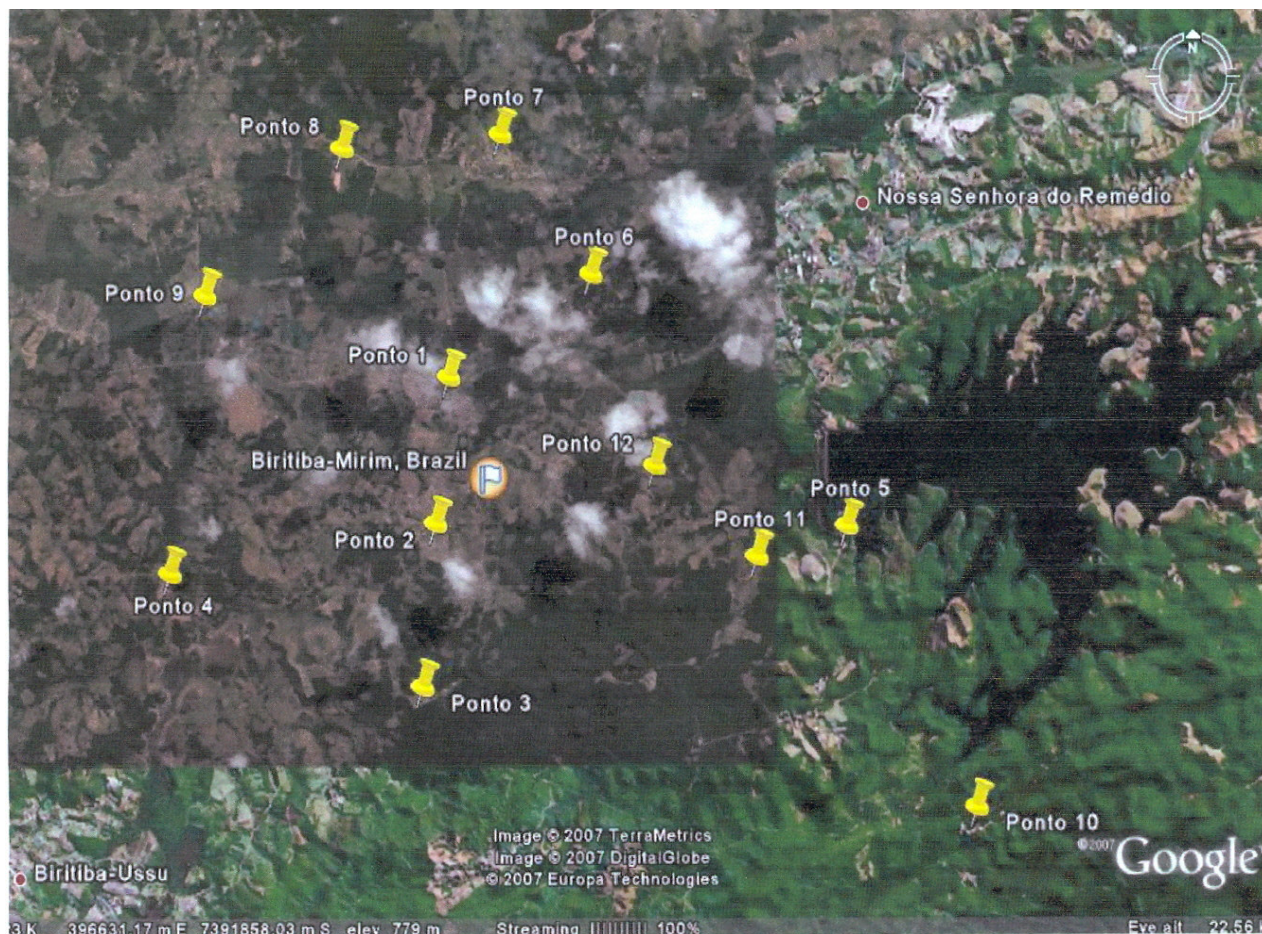
PONTO	LOCAL	Direção	Latitude	Longitude	Altitude
1	EMEF Prof. João Cardoso Siqueira Primo	Centro	0393744	7392855	794
2	EMEF Jd. Dos Eucaliptos	Sul	0393515	7390411	800
3	Hotel Vale Encantado	Sul	0393300	7387700	866
4	Barragem Biritiba-Mirim	Sudoeste	0388595	7389537	795
5	Barragem Ponte Nova	Leste	0401090	7390427	785
6	EMEF Pomar do Carmo	Nordeste	0396352	7394590	772
7	Clube Bairro Nirvana	Norte	0394663	7396898	774
8	Aterro Sanitário	Noroeste	0391745	7396645	778
9	EMEF Epaminondas Luiz de Amorim	Oeste	0389223	7394178	743
10	SABESP Casa Grande	Sudeste	0403483	7385761	817
11	Escola Jd. Casqueiro	Sudeste	0399442	7389901	776
12	Fonte de Água Mogiana	Nordeste	0397549	7391404	768

**Observação:** Projeção UTM, Fuso 23, Meridiano Central 45° e Datum horizontal SAD-69.

Para visualização espacial, os resultados foram plotados em mapa, elaborado a partir de imagem de satélite Landsat 7 de junho de 2000 (**Figura 3**).

Em 1998, a CETESB importou sementes da Universidade Estadual da Carolina do Norte, com o objetivo de desenvolver matrizes. Tendo em vista sua difícil obtenção, atualmente as plantas são cultivadas na casa de vegetação localizada na sede da CETESB.

A germinação é realizada em bandejas, denominadas sementeiras, mantidas por aproximadamente três semanas até o estágio de plântulas. Após esse período as plântulas são transferidas para vasos plásticos, onde permanecem por aproximadamente duas semanas, até atingirem o estágio de desenvolvimento apropriado para exposição - 3 a 4 folhas totalmente expandidas.



**Figura 3 – Imagem da região do Município de Biritiba-Mirim com os pontos de coleta. (Acesso em: maio de 2007).**

A atmosfera no interior da casa de vegetação é mantida em condições de temperatura ambiente e as plantas são cultivadas em substrato agrícola padronizado “Plantmax”, em campânulas fechadas com atmosfera isenta de ozônio, garantida por meio da filtragem do ar por carvão ativado.

A irrigação adequada é realizada por meio de sistema de auto-rega, a partir de cordões de náilon, que apresentam uma das pontas previamente inserida nos vasos e a outra em contato com água. As plantas são mantidas em bandejas com água.

Em cada ponto monitorado são expostas individualmente seis plantas, em vasos que possuem o sistema de auto-rega, protegidas por sombrite (50%), de forma a evitar o impacto direto da chuva. A **figura 4** apresenta os indivíduos de *N. tabacum* na casa de vegetação antes da exposição e detalhes do sistema de auto-rega, enquanto o **figura 5** ilustra o aspecto das plantas no início do experimento e após 28 dias de exposição.



**Figura 4 - Exemplos da variedade de tabaco antes da exposição nas campânulas da casa de vegetação na CETESB.**



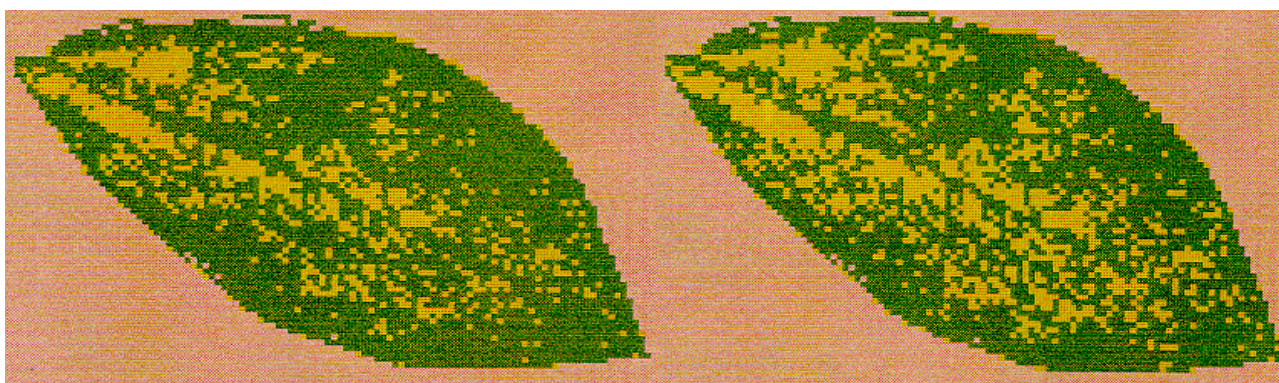
**Figura 5 – Aspecto das plantas no início de experimento e após 28 dias de exposição.**

As exposições foram realizadas em cinco campanhas nos seguintes períodos:

- 1ª Campanha - 22 de maio a 20 de junho de 2006 (final do outono de 2006);
- 2ª Campanha - 14 de agosto a 13 de setembro de 2006 (final do inverno de 2006);
- 3ª Campanha - 14 de dezembro de 2006 a 10 e 11 de janeiro de 2007 (início do verão de 2007);
- 4ª Campanha - 06 e 07 de fevereiro a 08 e 09 de março de 2007 (verão de 2008); e
- 5ª Campanha – 27 de dezembro a 22 de janeiro de 2008 (início do verão de 2008).

### 2.2.1. Critérios de avaliação das injúrias foliares

- A avaliação do efeito do ozônio nos indivíduos de tabaco, expostos em cada ponto de amostragem, foi feita por meio de uma estimativa da percentagem da área foliar com injúrias visíveis. A análise é de caráter visual adaptado da metodologia descrita por Lorenzini *et al.* (1999).
- Para cada indivíduo são registrados altura, número de folhas sem injúrias e número de folhas mortas. Para a avaliação das injúrias em cada folha, 3 técnicos estimam visualmente a percentagem de área foliar com injúria característica de ozônio, sendo registrado um valor médio entre as três estimativas.
- A fim de evitar interferências subjetivas por parte do avaliador na estimativa das percentagens da área foliar com injúrias, foi desenvolvida uma metodologia de comparação, com fotos de folhas padrões, apresentando diferentes percentagens de áreas foliares com injúrias, que foram calculadas pelo Sistema de Informação Geográfica – IDRISI. A **figura 6** apresenta duas fotos de folhas padrões utilizada para a estimativa da percentagem da área foliar com injúrias.



**Figura 6 – Folhas com porcentagens da área foliar com injúrias (em amarelo), calculadas pelo software IDRISI - 21% (esquerda) e 30% (direita).**

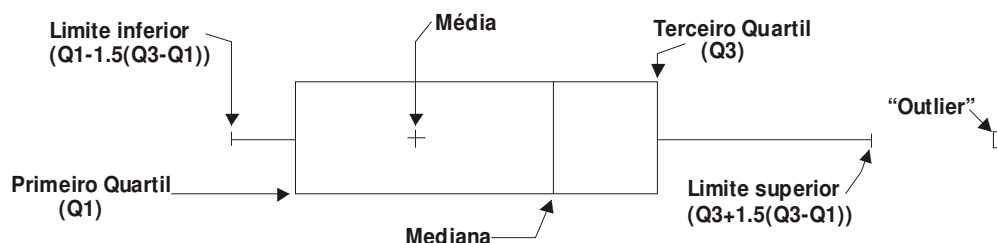
### 2.2.2. Interpretação Estatística

Para a análise estatística das medidas das injúrias foliares, foram consideradas as folhas presentes em mais de 60% das plantas. Algumas folhas mortas foram consideradas passíveis de análise, pois as injúrias eram visíveis e mensuráveis. Para a análise dos dados utilizou-se o programa STATGRAPHICS Centurion XV.II.

As etapas desenvolvidas para a interpretação estatística foram as seguintes:

- Após a tabulação dos dados, foram elaborados três tipos de gráficos (medianas e médias com 95% de intervalo de confiança e *box-plot*), que apresentam a estatística descritiva. O gráfico *box-plot* auxilia a interpretação do conjunto de dados, sendo uma alternativa ao histograma, facilitando a visualização da dispersão e destacando valores considerados *outliers*, além de mostrar claramente as médias, medianas e quartis (**Figura 7**).

- A partir da interpretação dos resultados estatísticos, adotou-se como critério de comparação o valor das medianas da percentagem de área foliar com injúrias, entre os pontos de exposição, por campanha e do período total de estudo.
- Como os resultados de Skewness e Kurtosis indicaram que estes não apresentam distribuição normal, selecionou-se o teste Kruskal-Wallis para a comparação entre as medianas de cada ponto por campanha.



**Figura 7: Representação esquemática das variáveis presentes no *box-plot*.**

- Nas campanhas que apresentaram diferenças significativas entre as medianas, posteriormente comparou-se cada ponto de monitoramento com o ponto de referência por meio dos testes Kruskal-Wallis e de comparação entre duas amostras.
- Para correlacionar a percentagem de área foliar apresentando injúrias com a ocorrência de ozônio, conforme descrito em CETESB (2006 e 2007), considerou-se que, para as:
  - Medianas inferiores a 5,0% - baixa presença de ozônio (verde)
  - Medianas entre 5,0% e 14,9% - presença de ozônio (amarelo)
  - Medianas igual ou maior de 15,0% - presença de ozônio com possibilidade de ultrapassar o padrão para saúde humana (vermelho).

Com base nesta classificação, elaborou-se uma tabela que mostra a ocorrência de ozônio para cada ponto de amostragem e um mapa com a distribuição espacial dos pontos e a cor correspondente (verde, amarelo e vermelho).

### 2.2.3. Cálculo do Índice de Injúrias foliares – LII

Para o cálculo do índice de injúrias foliares - LII utilizou-se a mesma metodologia usada por Pina e Moraes (2007) e adaptado em CETESB (2007) descrita na equação abaixo:



$$\text{LII (\%)} = \frac{(N_1 \times 1) + (N_2 \times 2) + (N_3 \times 3) + (N_4 \times 4) + (N_5 \times 5)}{(N_0 + N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5) \times 5} \times 100$$

onde:

$N_0$  = número de folhas com nenhum sintoma de injúrias provocado por ozônio

$N_1$  = número de folhas com 1 a 5% de injúrias provocadas por ozônio

$N_2$  = número de folhas com 6 a 25% de injúrias provocadas por ozônio

$N_3$  = número de folhas com 26 a 50% de injúrias provocadas por ozônio

$N_4$  = número de folhas com 51 a 75% de injúrias provocadas por ozônio

$N_5$  = número de folhas com mais de 75% de injúrias provocadas por ozônio

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para elaboração da matriz de dados, considerou-se os resultados da percentagem de injúrias para as folhas de número três a oito na primeira campanha, de quatro a oito na segunda campanha, de quatro a nove na terceira campanha, de quatro a dez na quarta campanha e de quatro a oito na quinta campanha, pois estas estavam presentes em mais de 60% das plantas analisadas.

Para o cálculo do índice de injúrias foliares – LII utilizou-se a percentagem de injúrias de todas as folhas.

#### 3.1. Síntese dos resultados obtidos

As **tabelas 2 a 4** apresentam, por ponto de monitoramento e por campanha, a síntese dos resultados obtidos em 2007 para dimensionar qualitativamente a ocorrência de ozônio troposférico na área territorial do Município de Biritiba-Mirim.

O **Apêndice 1** apresenta algumas fotos ilustrativas deste estudo. Não há resultados para o Ponto de Referência – Cetesb na terceira campanha pois as plantas não cresceram.

**Tabela 2: Síntese dos resultados da primeira e segunda campanha do biomonitoramento, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3 no Município de Biritiba-Mirim.**

Campanha	Ponto e local de exposição	Altura média (cm)	Folhas mortas (n°)	Folhas vivas (n°)	Nº de folhas por classe de percentagens de injúrias						Percentagem de injúrias		LII (%)
					0	1 a 5	6 a 25	26 a 50	51 a 75	76 a 100	Média	mediana	
1ª Campanha 22.05 a 20.06.06	P1 = EMEF Prof. João Cardoso Siqueira Primo	12,2	13	43	28	10	7	-	-	-	2,6	0,0	10,7
	P2 = EMEF Jd. Dos Eucaliptos	8,0	13	39	28	8	2	1	-	-	1,9	0,0	7,7
	P3 = Hotel Vale Encantado	13,3	13	41	23	11	7	4	-	-	5,8	1,0	16,4
	P4 = Barragem Biritiba-Mirim	12,7	13	44	33	10	4	1	-	-	2,1	0,0	8,8
	P5 = Barragem Ponte Nova	7,5	18	32	21	9	3	-	-	-	1,8	0,0	9,1
	P6 = EMEF Pomar do Carmo	10,2	11	44	21	13	10	-	-	-	0,8	0,0	15,0
	P7 = Clube Bairro Nirvana	5,5	14	31	23	8	1	-	-	-	0,8	0,0	6,3
	P8 = Aterro Sanitário	10,3	6	42	25	10	9	-	-	-	1,9	0,0	12,7
	P9 = EMEF Epaminondas Luiz de Amorim	16,8	2	52	34	15	3	-	-	-	0,3	0,0	8,1
	P10 = SABESP Casa Grande	9,3	15	43	31	6	6	-	-	-	2,7	0,0	8,4
	P11 = Escola Jd. Casqueiro	9,2	13	42	28	12	4	-	-	-	2,3	0,0	9,1
	P12 = Fonte de Água Mogiana	4,0	13	30	26	4	1	-	-	-	0,3	0,0	3,9
	PR = Pinheiros	11,2	14	39	30	9	-	-	-	-	0,7	0,0	4,6
2ª Campanha 14.08 a 13.09.06	P1 = EMEF Prof. João Cardoso Siqueira Primo	7,4	11	22	16	6	-	-	-	-	0,4	0,0	0,0
	P2 = EMEF Jd. Dos Eucaliptos	5,8	18	32	22	10	-	-	-	-	1,0	0,0	1,0
	P3 = Hotel Vale Encantado	5,6	20	30	21	9	-	-	-	-	0,9	0,0	1,0
	P4 = Barragem Biritiba-Mirim	5,6	11	23	15	6	2	-	-	-	0,4	0,0	0,0
	P5 = Barragem Ponte Nova	5,8	14	30	19	4	7	-	-	-	0,9	0,0	0,0
	P6 = EMEF Pomar do Carmo	6,7	14	20	12	8	1	-	-	-	1,0	1,5	1,0
	P7 = Clube Bairro Nirvana	7,2	18	32	23	6	2	-	-	-	1,6	0,0	1,0
	P8 = Aterro Sanitário	7,2	18	29	20	9	-	-	-	-	0,6	0,0	1,0
	P9 = EMEF Epaminondas Luiz de Amorim	7,5	25	30	20	9	-	-	-	-	1,0	0,0	1,0
	P10 = SABESP Casa Grande	5,8	15	28	13	5	9	1	-	-	4,8	0,0	7,0
	P11 = Escola Jd. Casqueiro	5,3	19	22	12	8	3	-	-	-	3,0	1,0	2,0
	P12 = Fonte de Água Mogiana	5,4	10	23	14	7	2	-	-	-	1,2	0,5	1,5
	PR = Pinheiros	10,0	30	90	29	15	2	-	-	-	1,7	0,0	1,0

**Tabela 3: Síntese dos resultados da terceira e quarta campanha do biomonitoramento, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3 no Município de Biritiba-Mirim.**

Campanha	Ponto e local de exposição	Altura média (cm)	Folhas mortas (n°)	Folhas vivas (n°)	Nº de folhas por classe de percentagens de injúrias						Percentagem de injúrias		LII (%)
					0	1 a 5	6 a 25	26 a 50	51 a 75	76 a 100	média	mediana	
3ª Campanha	P1 = EMEF Prof. João Cardoso Siqueira Primo	18,3	19	40	13	19	8	3	-	-	5,7	2,0	20,0
	P2 = EMEF Jd. Dos Eucaliptos	12,6	19	24	9	12	4	-	-	-	4,5	2,0	16,7
	P3 = Hotel Vale Encantado	20,3	23	35	11	16	7	2	1	-	9,4	3,0	22,4
	P4 = Barragem Biritiba-Mirim	12,5	22	25	8	13	3	2	2	-	11,5	2,0	23,6
	P5 = Barragem Ponte Nova	30,0	16	46	18	19	6	4	2	-	8,7	1,0	20,8
	P6 = EMEF Pomar do Carmo	21,4	24	33	9	16	9	3	-	-	8,5	3,0	23,2
	P7 = Clube Bairro Nirvana	12,8	23	26	13	25	25	4	-	-	7,8	1,0	20,0
	P8 = Aterro Sanitário	13,2	16	20	7	8	2	1	-	-	5,1	1,0	16,7
	P9 = EMEF Epaminondas Luiz de Amorim	22,0	30	16	17	8	2	3	-	-	5,1	1,0	16,7
	P10 = SABESP Casa Grande	15,0	21	34	11	15	8	5	-	-	6,6	1,0	21,6
	P11 = Escola Jd. Casqueiro	21,2	23	35	13	16	5	5	-	-	9,2	2,0	21,0
	P12 = Fonte de Água Mogiana	20,0	25	35	9	15	6	8	-	-	16,6	3,0	28,2
PR = Pinheiros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4ª Campanha	P1 = EMEF Prof. João Cardoso Siqueira Primo	15,0	7	10	7	1	2	2	-	-	1,7	0,0	18,3
	P2 = EMEF Jd. Dos Eucaliptos	12,5	12	9	3	1	1	1	-	-	6,0	2,5	20,0
	P3 = Hotel Vale Encantado	23,0	23	28	14	9	5	5	-	-	8,7	1,5	21,3
	P4 = Barragem Biritiba-Mirim	8,0	26	23	15	7	1	-	-	-	1,5	0,0	7,8
	P5 = Barragem Ponte Nova	23,5	22	40	14	8	13	4	-	-	10,7	7,0	23,6
	P6 = EMEF Pomar do Carmo	15,0	21	24	9	7	5	2	-	-	6,8	1,0	20,0
	P7 = Clube Bairro Nirvana	12,5	10	9	3	4	2	-	1	-	11,8	10,0	24,0
	P8 = Aterro Sanitário	19,0	5	10	4	3	2	2	-	-	2,1	0,5	23,6
	P9 = EMEF Epaminondas Luiz de Amorim	10,0	1	5	3	2	-	-	-	-	0,0	0,0	8,0
	P10 = SABESP Casa Grande	16,3	27	29	31	7	7	2	-	-	5,0	2,0	11,5
	P11 = Escola Jd. Casqueiro	28,6	20	30	12	12	5	2	-	-	5,9	1,0	18,1
	P12 = Fonte de Água Mogiana	9,6	15	26	6	6	12	2	-	-	12,1	20,0	27,7
PR = Pinheiros	13,0	26	40	14	4	-	-	-	-	0,4	0,0	4,4	

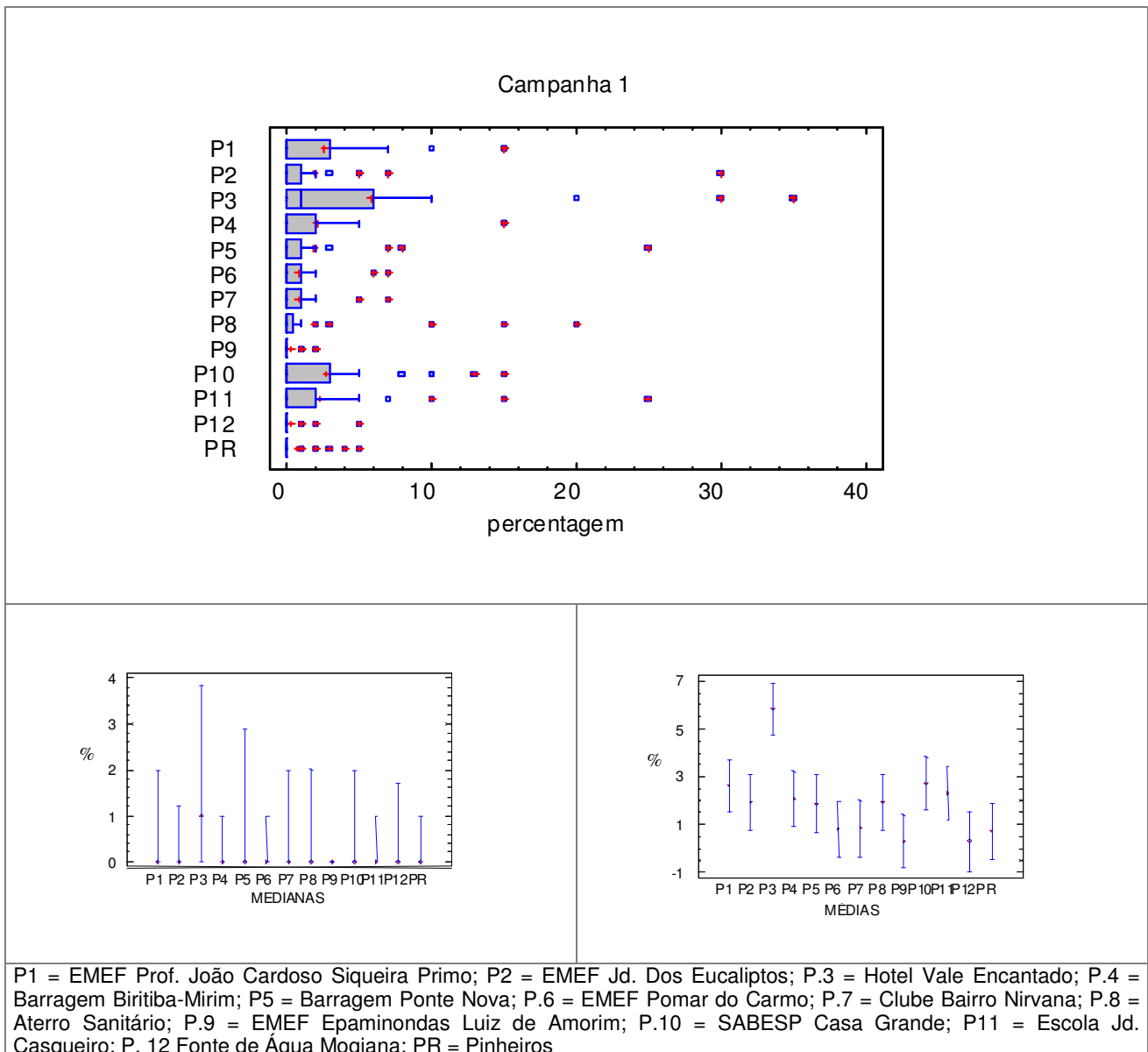
**Tabela 4: Síntese dos resultados da quinta campanha do biomonitoramento, utilizando a variedade de tabaco *Nicotiana tabacum* Bel W3 no Município de Biritiba-Mirim.**

Campanha	Ponto e local de exposição	Altura média (cm)	Folhas mortas (n°)	Folhas vivas (n°)	N° de folhas por classe de percentagens de injúrias						Percentagem de injúrias		LII (%)
					0	1 a 5	6 a 25	26 a 50	51 a 75	76 a 100	média	mediana	
	P1 = EMEF Prof. João Cardoso Siqueira Primo	17,0	11	29	8	18	8	0	-	-	1,7	1,0	20,0
	P2 = EMEF Jd. Dos Eucaliptos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5ª	P3 = Hotel Vale Encantado	17,0	20	16	5	5	6	3	-	-	13,5	9,0	27,4
Campanha	P4 = Barragem Biritiba-Mirim	10,5	8	7	3	3	0	1	-	-	5,7	1,0	17,1
	P5 = Barragem Ponte Nova	14,8	12	22	8	14	1	0	-	-	1,2	1,0	13,9
27/12/2007	P6 = EMEF Pomar do Carmo	15,7	21	30	8	20	2	1	-	-	3,8	2,0	17,4
a	P7 = Clube Bairro Nirvana	13,8	14	18	7	8	2	2	-	-	7,2	2,0	18,9
22/01/2008	P8 = Aterro Sanitário	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P9 = EMEF Epaminondas Luiz de Amorim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P10 = SABESP Casa Grande	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P11 = Escola Jd. Casqueiro	11,7	9	14	6	8	0	0	-	-	1,1	1,0	11,4
	P12 = Fonte de Água Mogiana	13,5	12	20	5	13	3	0	-	-	2,4	1,0	18,1
	PR = Pinheiros	26,3	14	42	23	17	1	2	-	-	2,9	1,0	11,6

### 3.2. Análise Estatística dos Dados

A **figura 8** apresenta os gráficos de medianas e médias com os intervalos de confiança de 95% e do tipo *box-plot* para a **primeira campanha** que se realizou no outono, entre 22.05 e 20.06.2006. Ocorreram injúrias características do efeito fitotóxico do ozônio em todos os pontos estudados, com medianas inferiores a 5%, sendo que o P3 - Hotel Vale Encantado apresentou a maior mediana com respectivo intervalo de confiança e maior média.

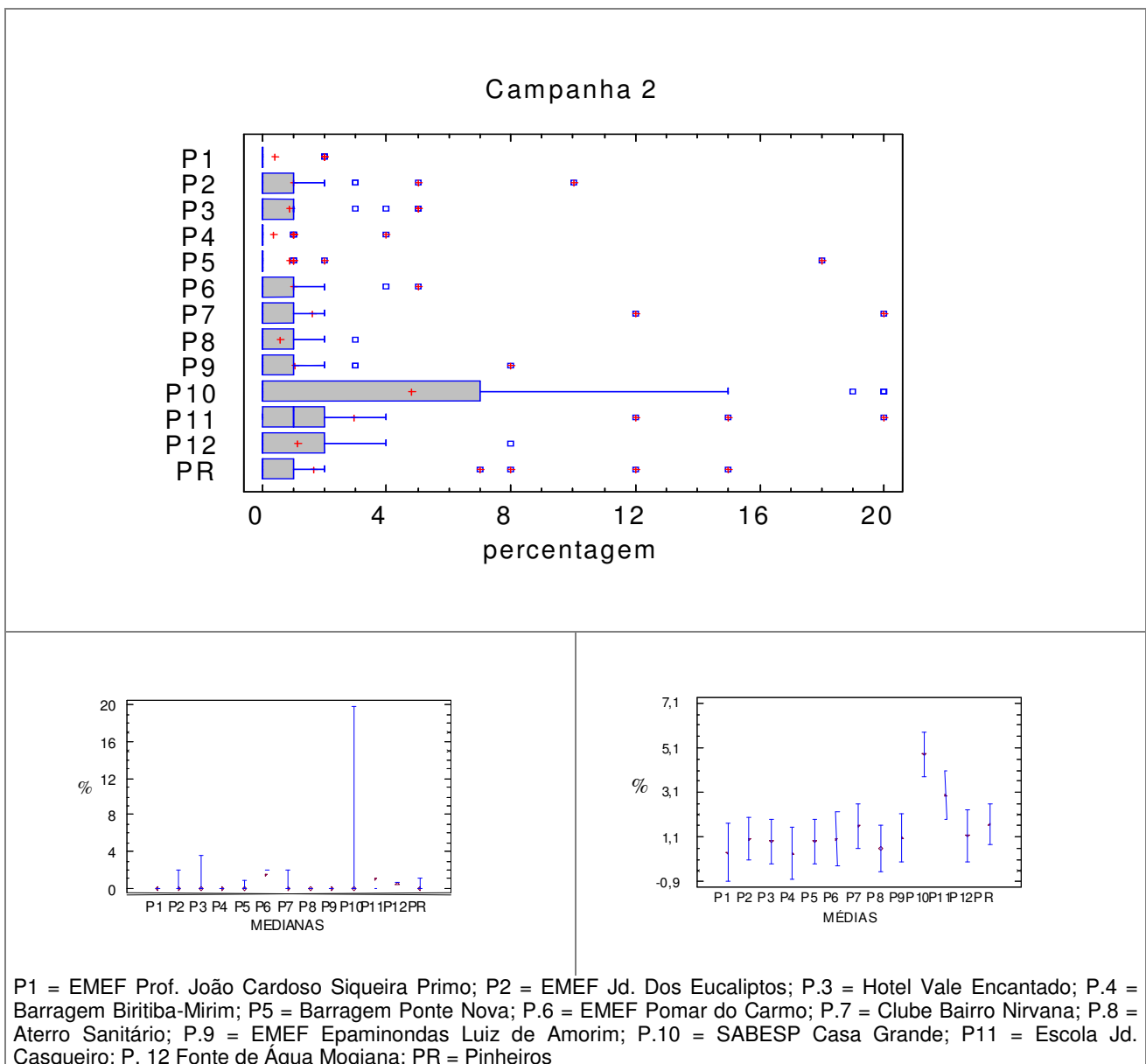
O teste de Kruskal-Wallis mostrou diferenças estatísticas significativa das medianas do P1 - Escola João Cardoso e P3 - Hotel Vale Encantado” com o PR - Pinheiros”.



**Figura 8: Gráfico tipo *box-plot* e gráficos das medianas e médias com intervalos de confiança de 95%, das percentagens de área foliar com injúrias, por local monitorado para a primeira campanha.**

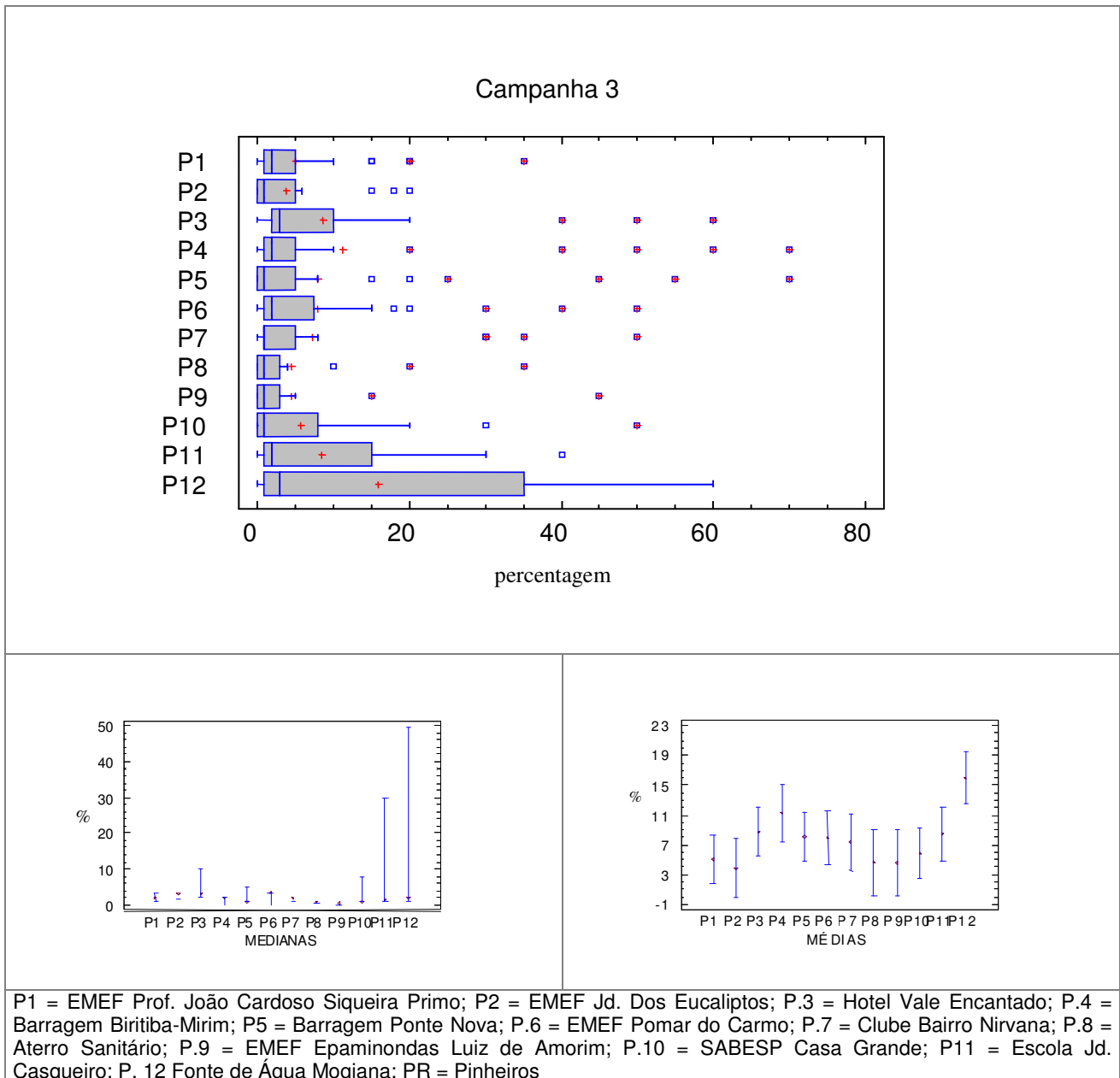
A **figura 9** apresenta os gráficos de medianas e médias com os intervalos de confiança de 95% e do tipo *box-plot* para a **segunda campanha** que se realizou no final do inverno, entre 14.08 e 13.09.2006. Ocorreram injúrias características do efeito fitotóxico do ozônio em todos os pontos estudados, com medianas inferiores a 5%. O maior valor para a mediana foi igual a 1,5% no P6 - EMEF Pomar do Carmo. O P10 - SABESP Casa Grande apresentou a maior média e o maior intervalo de confiança para a mediana.

O teste de Kruskal-Wallis não mostrou diferenças estatísticas significativas entre as medianas dos pontos monitorados nesta campanha.



**Figura 9: Gráfico tipo *box-plot* e gráficos das medianas e médias com intervalos de confiança de 95%, das percentagens de área foliar com injúrias, por local monitorado para a segunda campanha.**

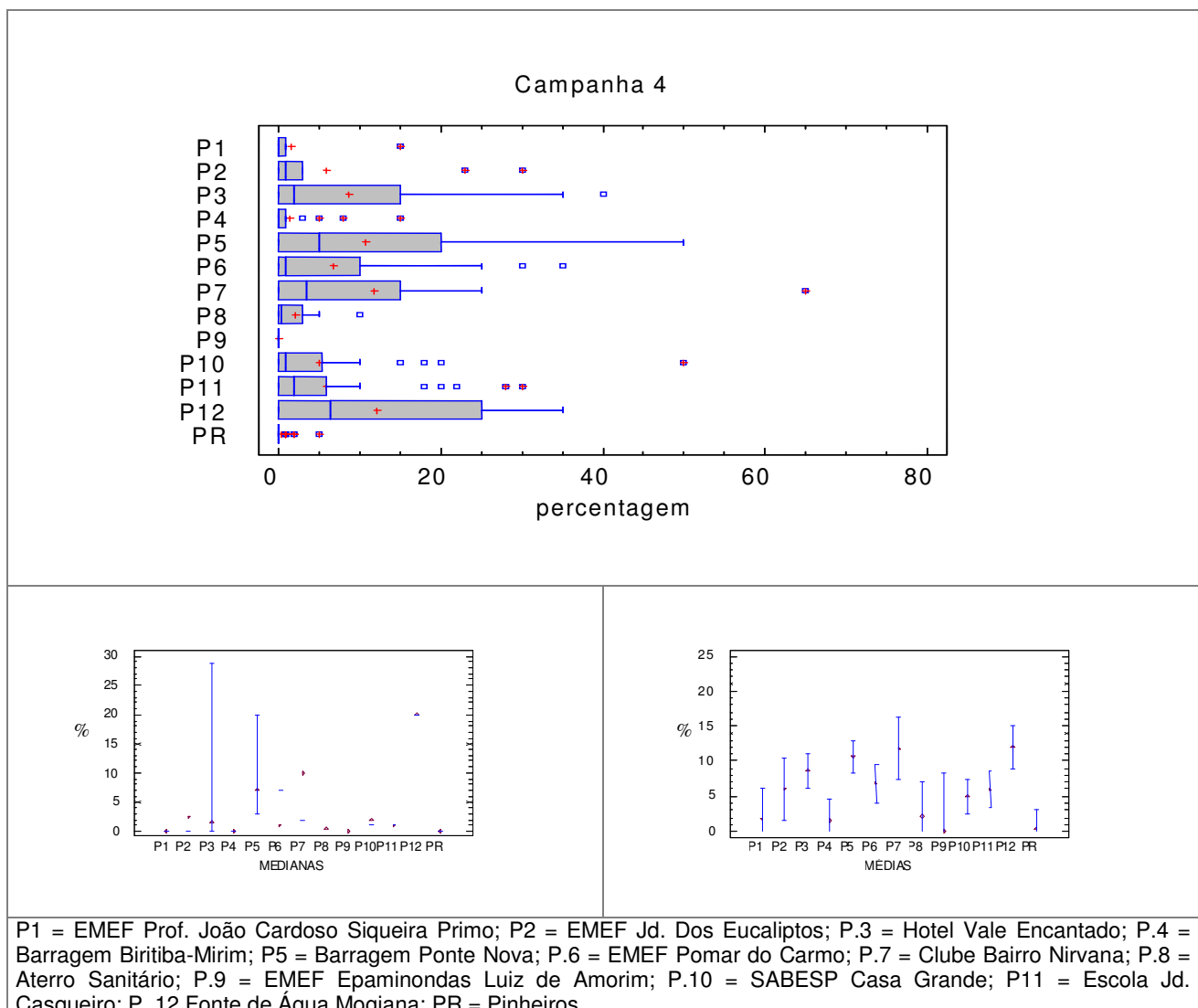
A **figura 10** apresenta os gráficos de medianas e médias com os intervalos de confiança de 95% e do tipo “box-plot” para a **terceira campanha** que se realizou no início do verão, entre 14.12.2006 e 10-11.01.2007. As maiores medianas foram igual a 3,0% para o P3 “Hotel Vale Encantado”, P6 “EMEF Pomar do Carmo” e P12 “Fonte de Água Mogiana”. O teste de Kruskal-Wallis não apresentou diferenças estatísticas significativas entre as medianas dos pontos de estudo na terceira campanha.



**Figura 10: Gráfico tipo *box-plot* e gráficos das medianas e médias com intervalos de confiança de 95%, das percentagens de área foliar com injúrias, por local monitorado para a terceira campanha.**

A **figura 11** apresenta os gráficos de medianas e médias com os intervalos de confiança de 95% e do tipo box-plot para a **quarta campanha** que se realizou no verão, entre 6-7.02 e 8-9.03.2007. Ocorreram injúrias características do efeito fitotóxico com medianas superiores a 5%, para os pontos P5 - Barragem Ponte Nova, P7 - Clube Bairro Nirvana e P12 - Fonte de Água Mogiana que apresentaram valores de mediana iguais a 20%, 10% e 7%, respectivamente.

O teste de Kruskal-Wallis apresentou diferenças estatísticas significativas entre as medianas dos pontos de estudo na quarta campanha. As medianas do P3 - Hotel Vale Encantado, P5 - Barragem Ponte Nova, P6 - EMEF Pomar do Carmo, P7 - Clube Bairro Nirvana, P10 - SABESP Casa Grande, P11 - Escola Jd. Casqueiro e P12 - Fonte de Água Mogiana diferem estatisticamente do PR - Pinheiros.

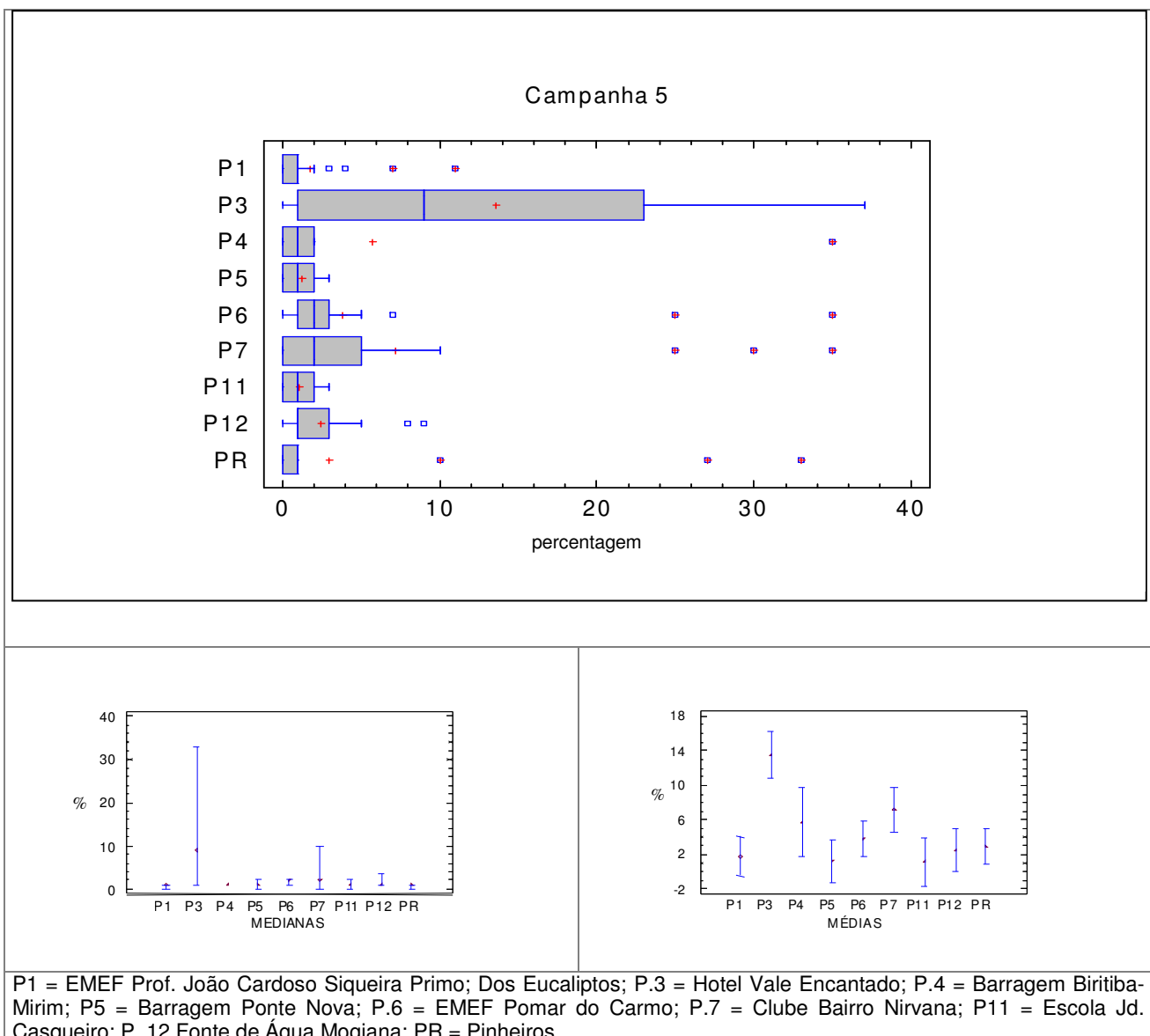


**Figura 11: Gráfico tipo *box-plot* e gráficos das medianas e médias com intervalos de confiança de 95%, das percentagens de área foliar com injúrias, por local monitorado para a quarta campanha.**



A **figura 12** apresenta os gráficos de medianas e médias com os intervalos de confiança de 95% e do tipo *box-plot* para a **quinta campanha** realizada no verão entre 28.12.2007 e 22.01.2008. Ocorreram injúrias características do efeito fitotóxico do ozônio em todos os pontos estudados, com medianas inferiores a 5%, exceto para o P3 - Hotel Vale Encantado que apresentou mediana igual a 9%. O P3 apresentou também a maior média e o maior intervalo de confiança para a mediana

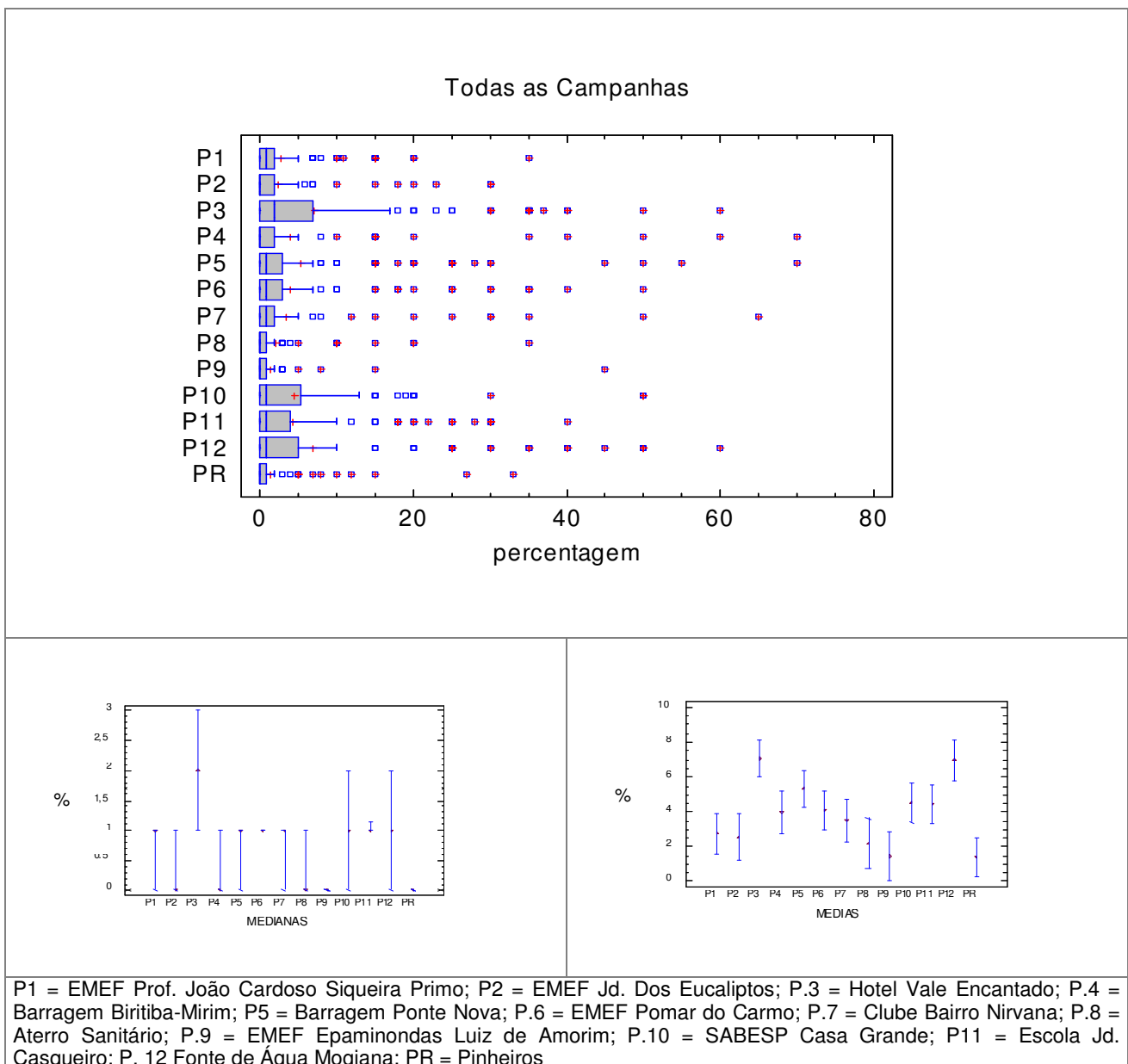
O teste de Kruskal-Wallis apresentou diferenças estatísticas significativas entre as medianas dos pontos de estudo na quinta campanha, sendo que as medianas do P3 - Hotel Vale Encantado, P6 - EMEF Pomar do Carmo, P7 - Clube Bairro Nirvana e P12 - Fonte de Água Mogiana diferem estatisticamente do PR – Pinheiros.



**Figura 12: Gráfico tipo *box-plot* e gráficos das medianas e médias com intervalos de confiança de 95%, das percentagens de área foliar com injúrias, por local monitorado para a quinta campanha.**

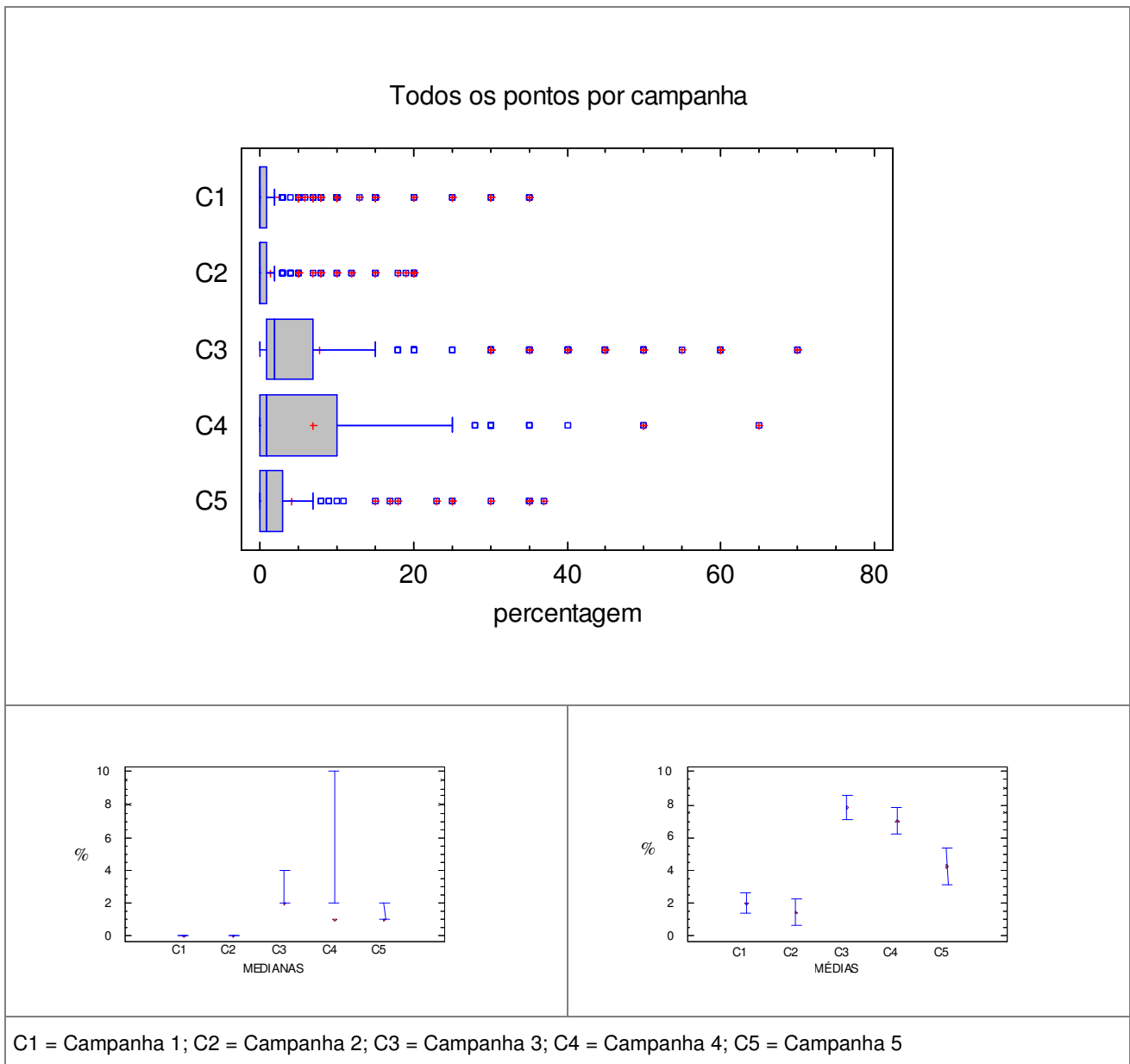
A **figura 13** apresenta os gráficos de medianas e médias com os intervalos de confiança de 95% e do tipo *box-plot* por ponto para **todas as campanhas**. Ocorreram injúrias características do efeito fitotóxico do ozônio em todos os pontos estudados, com medianas inferiores a 5% em todos os pontos de monitoramento. O P3 - Hotel Vale Encantado apresentou as maiores mediana e média com valores, respectivamente, iguais a 2,0% e 7,1%.

O teste de Kruskal-Wallis apresentou diferenças estatísticas significativas entre as medianas dos pontos de monitoramento, destacando-se o P3 – Hotel vale Encantado.



**Figura 13: Gráfico tipo “box-plot” e gráficos das medianas e médias com intervalos de confiança de 95%, das percentagens de área foliar com injúrias, por local monitorado para todas as campanhas.**

A **figura 14** mostra os resultados de **todos os pontos de amostragem por campanha**, observa-se que as campanhas 1 e 2 são semelhantes entre si (médias, medianas e gráfico tipo *box-plot*). O teste de Kruskal-Wallis não apresentou diferenças estatísticas significativas entre as campanhas 1 (final do outono de 2007) e 2 (final do inverno de 2007) e nem entre as campanhas 4 (verão de 2007) e 5 (início de verão de 2008). As campanhas 3 (início do verão de 2007), 4 (verão de 2007) e 5 (início do verão de 2008), apresentaram as maiores médias e medianas indicando maior presença de ozônio nesta época do ano no município de Biritiba-Mirim. Analisando-se as médias, a campanha 3 apresentou os maiores valores, seguida das campanhas 4 e 5.



**Figura 14: Gráfico tipo *box-plot* e gráficos das medianas e médias com intervalos de confiança de 95%, das percentagens de área foliar com injúrias por campanha.**

### 3.3. Resultados obtidos para o Ponto de Referência

A **tabela 5** apresenta os resultados das medições das concentrações de ozônio troposférico realizadas na estação telemétrica de Pinheiros durante as campanhas de biomonitoramento.

**Tabela 5 – Concentrações acumuladas de ozônio troposférico (AOT40) e ultrapassagens do padrão na estação Telemétrica de Pinheiros.**

Campanha	Período de Exposição	AOT40 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3.\text{h}$ )	Ultrapassagens $80 \mu\text{g}/\text{m}^3 .\text{h}$ (Nº)	Ultrapassagens $160 \mu\text{g}/\text{m}^3 .\text{h}$ (Nº)
1	22.05a 20.06.06	25,56	3	0
2	14.08 a 13.09.06	229,09	13	0
3	13.12.06 a 11.01.07	485,61	26	0
4	06.02.07 a 09.03.07	1684,49	65	1
5	28.12.07 a 22.01.08	1447,59	55	2

A maior AOT40 ocorreu no período entre fevereiro e março de 2007 (verão), quando foi observado a maior quantidade de ultrapassagens acima de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3.\text{h}$ . Nesse período ocorreram também as maiores medianas da percentagem de injúrias foliares no município de Biritiba-Mirim: 20% no P12 - Fonte de Água Mogiana; 10% no P7 - Clube Bairro Nirvana; e, 7% no P5 - Barragem Ponte Nova. A semelhança entre as campanhas 1 e 2 (ver figura 14) pode ser explicada pela baixa AOT40 do período de amostragem.

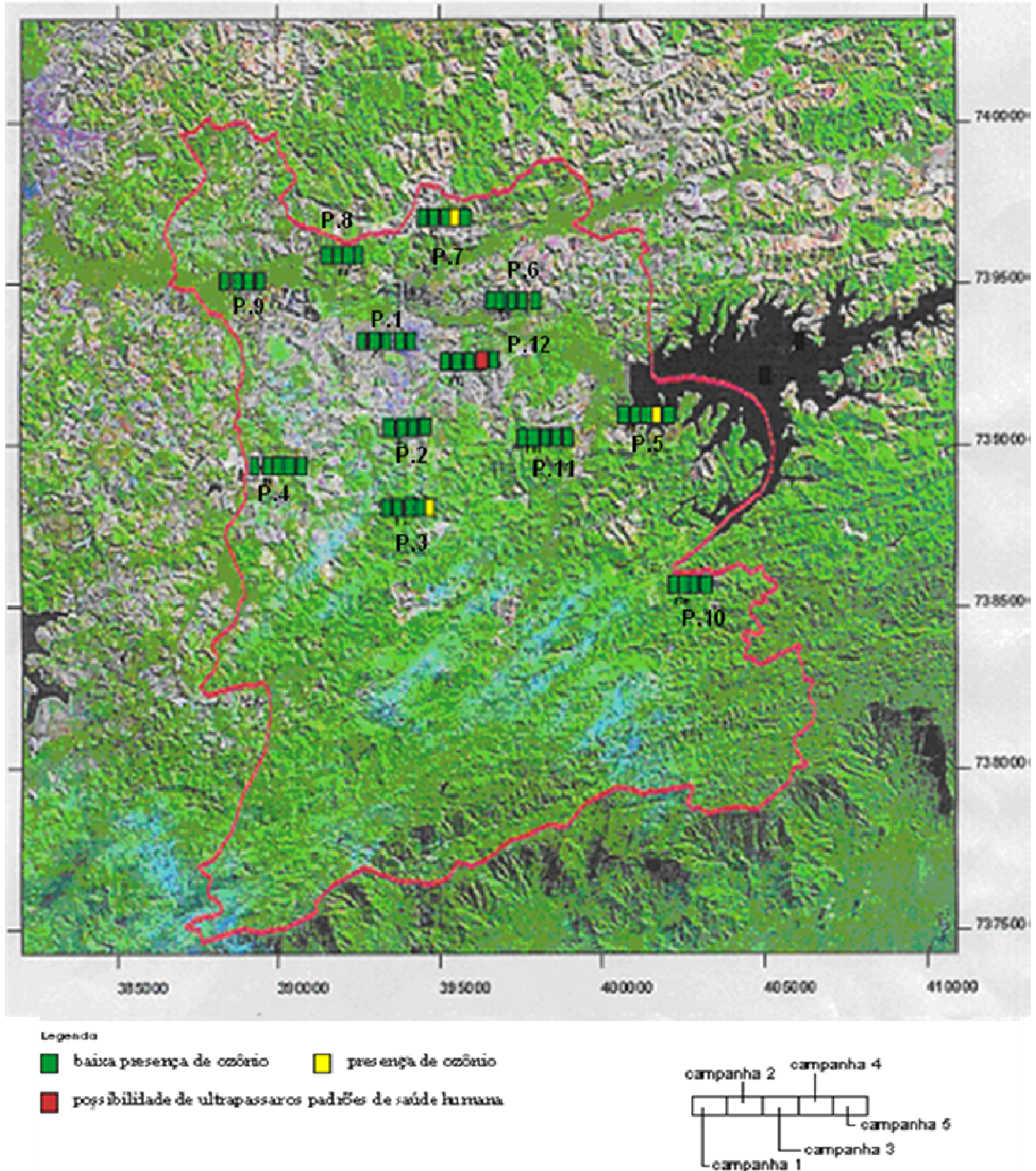
A segunda maior AOT40 ocorreu na quinta campanha, início do verão de 2008, quando se observou 55 ultrapassagens acima de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3.\text{h}$ . Nesse período, o P3 - Hotel Vale Encantado apresentou mediana igual a 9%, ressalta-se que nessa campanha houve apenas oito pontos de monitoramento no município de Biritiba-Mirim.

### 3.4. Visualização espacial dos resultados

Para correlacionar as percentagens de injúrias com a ocorrência de ozônio, e mapear a presença desse poluente estão plotadas, na **figura 15**, os resultados obtidos nas diversas campanhas, expressos em classes, sendo a cor verde para baixa presença de ozônio (medianas inferiores de percentagem de injúrias foliares inferiores a 5,0%), amarelo para presença de ozônio (medianas entre 5,0% a 14,9%) e vermelho para presença de ozônio com possibilidade de ultrapassar o padrão para saúde humana (medianas acima de 15,0%).

Observa-se que a quarta campanha (verão de 2007), apresentou cor vermelha no P12 “Fonte de água Mogiana” e cor amarela nos pontos P5 “Barragem Ponte Nova” e P7 “Clube Bairro Nirvana”. Na quinta campanha (verão de 2008), o P3 “Hotel Vale do Encantado” apresentou cor amarela.

Estes resultados indicam a presença de ozônio troposférico que pode eventualmente ultrapassar o padrão para saúde humana no verão.



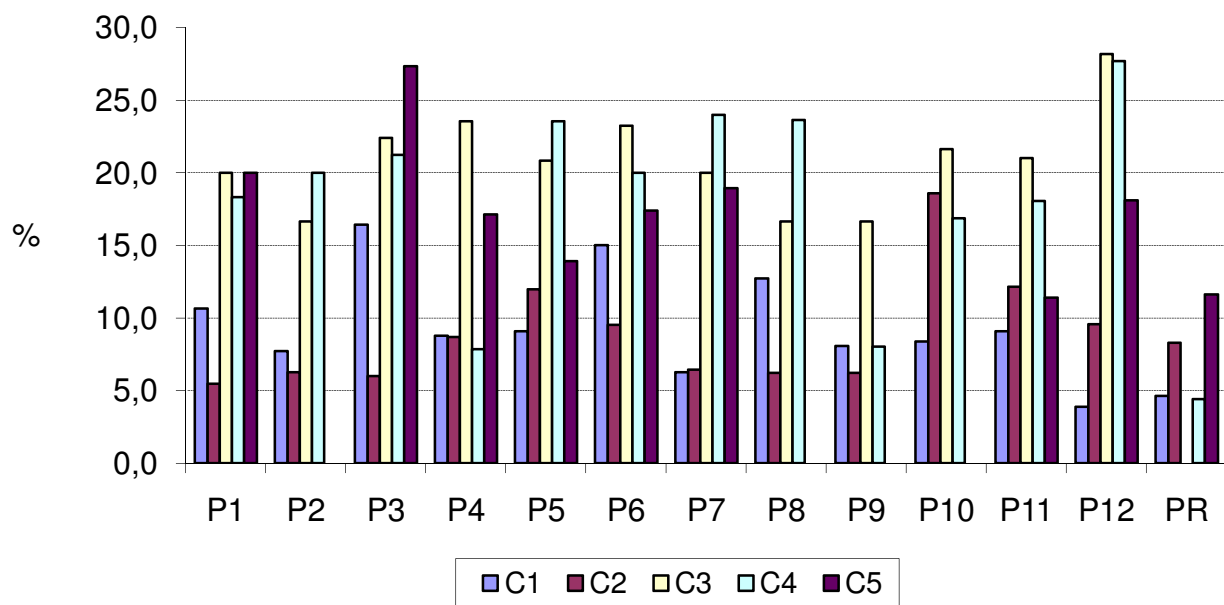
**FIGURA 15 - Mapeamento das ocorrências de ozônio troposférico na cidade de Biritiba-Mirim considerando as 5 campanhas de exposição de *Nicotiana tabacum* Bel W3.**

### 3.5. Índice de Injúrias foliares – LII

A **tabela 8** e a **figura 16** mostram os índices de injúrias foliares – LII calculados para todos os pontos, nas cinco campanhas realizadas no Município de Biritiba-Mirim.

**Tabela 8 - Índice de injúria foliar (LII) por ponto para as cinco campanhas.**

Campanha	Índice de injúria foliar (%)												
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	PR
<b>C1</b>	10,7	7,7	16,4	8,8	9,1	15,0	6,3	12,7	8,1	8,4	9,1	3,9	4,6
<b>C2</b>	5,5	6,3	6,0	8,7	12,0	9,5	6,5	6,2	6,2	18,6	12,2	9,6	8,3
<b>C3</b>	20,0	16,7	22,4	23,6	20,8	23,2	20,0	16,7	16,7	21,6	21,0	28,2	---
<b>C4</b>	18,3	20,0	21,3	7,8	23,6	20,0	24,0	23,6	8,0	16,9	18,1	27,7	4,4
<b>C5</b>	20,0	---	27,4	17,1	13,9	17,4	18,9	---	---	---	11,4	18,1	11,6



P1 = EMEF Prof. João Cardoso Siqueira Primo; P2 = EMEF Jd. Dos Eucaliptos; P.3 = Hotel Vale Encantado; P.4 = Barragem Biritiba-Mirim; P5 = Barragem Ponte Nova; P.6 = EMEF Pomar do Carmo; P.7 = Clube Bairro Nirvana; P.8 = Aterro Sanitário; P.9 = EMEF Epaminondas Luiz de Amorim; P.10 = SABESP Casa Grande; P11 = Escola Jd. Casqueiro; P. 12 Fonte de Água Mogiana; PR = Pinheiros; C1 = Campanha 1; C2 = Campanha 2; C3 = Campanha 4 e C4 = Campanha 4.

**Figura 16: Histograma mostrando o LII por ponto para todas as campanhas realizadas no município de Biritiba-Mirim.**

No município de Biritiba-Mirim, em geral, o LII apresentou comportamento semelhante ao AOT40 calculado para estação Pinheiros, sendo obtido os maiores LII nas campanhas 3, 4 e 5 e os menores nas campanhas 1 e 2.

Os valores de LII obtidos nos pontos de Biritiba Mirim foram maiores que os obtidos no PR - Pinheiros para onze pontos na campanha 1 (AOT40 de 25,56 $\mu\text{m}^3\cdot\text{h}$ ), para seis pontos na campanha 2 (AOT40 de 229,09 $\mu\text{m}^3\cdot\text{h}$ ). Na campanha 5 (AOT de 1447,59 $\mu\text{m}^3\cdot\text{h}$ ), dos oito pontos monitorados, sete apresentaram LII maiores do que o PR – Pinheiros. Os resultados das campanhas 4 e 5 foram similares.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com o biomonitoramento, realizado no Município de Biritiba-Mirim com *Nicotiana tabacum* Bel W3, mostraram injúrias foliares, características do efeito fitotóxico do ozônio troposférico. Apesar disto, as medianas dos níveis de injúrias foliares foram inferiores a 5% em todos os pontos de monitoramento nas campanhas 1, 2 e 3; na quarta campanha (verão de 2007), três pontos tiveram medianas superiores a 5% (7, 10 e 20%); e, na quinta campanha (verão de 2008), apenas um ponto teve mediana superior a 5% (9%).

Considerando a metodologia que vem sendo adotada pela CETESB, com a utilização dos dados de mediana, este estudo indica que a presença de ozônio troposférico pode ultrapassar o padrão para saúde humana nos períodos mais propícios para formação deste poluente (primavera/verão). Se considerada a metodologia do índice de injúrias foliares, também há indicativos da presença de ozônio no município de Biritiba-Mirim.

Os resultados indicam, em geral, que a presença de ozônio troposférico no município de Biritiba Mirim são menores do que aqueles obtidos no estudo de biomonitoramento para o município de Cabreúva (CETESB 2006) e superiores aos obtidos no município de Brotas (CETESB 2007).

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEGRI, I.; CORTIELLO, M.; MANES, F.; TRIPODO, P. 1994. Physico-chemical and biological monitoring as integrated tools in evaluating tropospheric ozone in urban and semi-rural areas. **The Science of Total Environment** . v.141, p.75-85.
- ALVES, E.S.; PEDROSO, A.N.V.; DOMINGOS, M.; GUIMARÃES, E.T. & SALDIVA, P.H.N. 2003. Biomonitoramento de potencial mutagênico do ar em laboratórios e herbário do Instituto de Botânica por meio do bioensaio Trad-MCN. **Hoehnea**. p. 88-94.
- ALVES, V. 2001. **Análise dos efeitos dos poluentes de fábrica de cimento em plantas bioindicadoras: *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) e *Zinnia elegans* Cav. (Asteraceae)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ARNDT, U. 1989. From ecotoxicological results to practical bioindication. In: Brasser, L.J. & Mulder, W.L. (eds) **Man and his ecosystem**. The Hague, Elsevier Science Publishers, p.1-32.
- ASHMORE, M.R.; BELL, J.N.B. & REILY, C.L. 1980. The distribution of phytotoxic ozone in the British Isles. **Environmental Pollution** (Series B) v.1, p.195-216.
- AZEVEDO, C.M. do A.; POMPÉIA, S.L.; FIALHO, R.C.; MENDONÇA, R.R. 1990. Efeito agudo de amônia sobre folhas de 09 espécies da Mata Atlântica. In : CONGRESSO NACIONAL DE

- BOTÂNICA, 41, .Fortaleza- CE, **Anais...**, 1990.
- AZEVEDO, C.M.A.; FIALHO, R.C.; POMPÉIA, S.L. 1994. Teor foliar de macronutrientes e fluoretos em espécies da Mata Atlântica afetadas pela poluição atmosférica de Cubatão, SP. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 10. Santos – SP. **Anais...**, 1994.
- AZEVEDO, C.M.A.; POMPÉIA, S.L.; FIALHO, R.C.; DINIZ, K.M.; PELAES, K.B. 1994. Resistência de plantas ao estresse por poluição atmosférica. In: FIRST WORKSHOP OF STUDIES ON HUMAN IMPACT ON FOREST AND FOODPLAINS IN THE TROPICS - SHIFT. Belém – PA. **Anais...**, 1994.
- BATALHA, J.R.F.; GUIMARÃES, E.T.; LOBO, D.J.A.; LICHTENFELS, A.J.F.C.; DEURS, T.; CARVALHO, H.A.; ALVES, E.S.; DOMINGOS, M.; RODRIGUES, G.S. & SALDIVA, P.H.N. 1999. Exploring the clastogenic effects of air pollutants in São Paulo (Brazil) using the *Tradescantia micronuclei* assay. **Mutation Research**. v.426, p.229-32.
- BLUM, O.; BYTNEROWICZ, A.; MANNING, W. and POPOVICHEVA, L. 1997. Ambient tropospheric ozone in the Ukrainian Carpathian Mountains and Kiev region: detection with passive samplers and bioindicator plants. **Environmental Pollution**, v. 98, n.3, p. 299-304.
- BUJOKAS, W.M. 2001. **O impacto da poeira de cimento em *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CETESB. 1996. **Análise química foliar do teor de fluoreto, macro e micro nutrientes em espécies vegetais da Serra do Mar, envasadas em áreas experimentais, Cubatão-SP, Biomonitoramento Ativo**. São Paulo. (Relatório Técnico)
- CETESB. 2004. **Estudos investigativos da ocorrência de ozônio troposférico na Região de Sorocaba – SP**. São Paulo, 87 p. (Relatório Técnico)
- CETESB. 2006 **Estudo investigativo da ocorrência de ozônio troposférico por meio de biomonitoramento, no município de Cabreúva – SP**. São Paulo, 24p. (Série Relatórios).
- CETESB. 2006. **Relatório anual de qualidade do ar**. São Paulo, 139p. (Série Relatórios)
- CETESB. 2007 **Estudo investigativo da ocorrência de ozônio troposférico por meio de biomonitoramento, no município de Brotas – SP**. São Paulo, 26p. (Série Relatórios).
- CHAVES, A.C.F.; SILVA, E.A.M.; AZEVEDO, A.A.; CANO, M.A.O. & MATSUOKA, M.K. 2002. Ação do flúor dissolvido em chuva simulada sobre a estrutura foliar de *Panicum maximum* Jacq. (Colonião) e *Chloris gayana* Kunth. (Capim – Rhodes) – Poacea. **Acta Botanica Brasilica**. v.16, p.395-406.
- DEPRN/DUSM – Equipe Técnica de Mogi das Cruzes. Biritiba Mirim. Disponível em: <http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/biritiba-mirim.htm>
- DINIZ, K.M.; MARQUEZ, U.M.L.; BARROS, R.M.C.; POMPÉIA, S.L. 1994. Composição de aminoácidos livres em plantas da Mata Atlântica sob estresse provocado por poluentes atmosféricos em Cubatão - SP. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 10. Santos – SP. **Anais...**, 1994.
- DOMINGOS, M.; BOURETTE, C.; KLUMPP, G. & FORTI, M.C. 2002. Impactos de poluição atmosférica sobre remanescentes florestais. In: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. D.C. Bicudo, M.C. Forti & C.E.M. Bicudo (orgs.). Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo. p.221-49.
- DOMINGOS, M.; KLUMPP, A. & KLUMPP, G. 1998. Air pollution impact on the Atlantic forest in the Cubatão, region, SP, Brazil. **Ciência & Cultura**. V.50. p. 230-36.
- FERREIRA, M.I.; PETRENKO, H.; LOBO, D.J.A.; RODRIGUES, G.S.; MOREIRA, A. & SALDIVA, P.H.N. 2000. *In situ* monitoring of the mutagenic effects of the gaseous emissions of a solid



- waste incinerator in metropolitan São Paulo, Brazil, using the *Tradescantia* Stamen-Hair assay. **Journal of the Air & Waste Management Association**. v.50, p.1852-56.
- FIALHO, R.C.; AZEVEDO, C.M.A.; PELAES, K.B.; POMPÉIA, S.L. 1994. Aspectos anatômicos e fisiológicos e a acumulação foliar de poluentes atmosféricos em espécies da Mata Atlântica de Cubatão, SP. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 10. Santos - SP, **Anais...**,1994.
- FIGUEIREDO, J. G. 1994. **Avaliação de gramíneas tropicais como bioindicadoras da presença do flúor**. Viçosa, MG. 1994. 87p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- FOWLER, D.; SMITH, R.I.; COYLE, M.; WESTON, K.J.; DAVIES, T.D.; ASHMORE, M.R. and BROWN, M. 1995. Quantifying the fine scale (1kmX1km) exposure and effects of ozone. Part 1. Methodology and application for effects on forests. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 85, p.1479-1484.
- FREEDMAN, B. 1995. Environmental ecology. The ecological effects of pollution, disturbance and other stresses. 2<sup>nd</sup>. Academic Press Inc. San Diego.
- FUHRER, J. & ACHERMANN, B. 1994. Critical levels for ozone: a UN-ECE workshop report. Liebefeld-Bern, Swiss Federal Research Station for Agricultural Chemistry and Environment Hygiene, 1994 (FAC Report, nº 16).
- FUHRER, J. 1994. Effects of ozone on managed pasture: I. Effects of open-top chambers on microclimate, ozone flux, and plant growth. **Environmental Pollution**, v.86, p.297-305.
- FUHRER, J.; SKÄRBY, L.; ASHMORE, M.R. 1997. Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe. **Environmental Pollution**, v.97, n.1, p.91-106.
- GARREC, J.P. & RADNAI, F. 1996. **Economical study and mapping of air pollution by plant bio-indicators**. France, Institute National de la Recherche Agronomique – INRA, Centre de Recherches de Nancy – Laboratoire Pollution Atmosphérique. 13p. (Internal Report)
- GARREC, J.P.; SHANG HE; ROSE, C. & RADNAI, F. 1998. **Mapping of particulate air-pollution on beijing by plant bio-monitors**. France, Institute National de la Recherche Agronomique – INRA, Centre de Recherches de Nancy – Laboratoire Pollution Atmosphérique. 7p. (Internal Report)
- GIMENO, B.S.; PEÑUELAS, J.; PORCUNA, J.L. and REINERT, R.A. 1995. Biomonitoring ozone phytotoxicity in eastern Spain. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 85, p.1521-1526.
- GUIMARÃES, E.T.; DOMINGOS, M.; ALVES, E.S.; CALDINI, N.; LOBO, D.J.A.; LICHTENFELS, A.J.F.C. & SALDIVA, P.H.N. 2000. Detection of the genotoxic of air pollutants in around the city of São Paulo (Brazil) with the *Tradescantia*-micronucleus (Trad-MCN) assay. **Environmental and Experimental Botany** . v.44, p.1-8.
- HEGGESTAD, H. E. 1991. Origin of Bel-W3, Bel-C and Bel-B tobacco varieties and their use as indicators of ozone. **Environmental Pollution**, v.74, p.264-291.
- IMA, J.F.; FERNÁNDEZ, E.B. & FAWCETT, W.N. 2000. *Mangifera indica* and *Phaseolus vulgaris* in the bioindication of air pollution in Bahia, Brazil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. v.46, p.275-78.
- KELLEHER, T.J. & FEDER, W.A. 1978. Phytotoxic concentrations of ozone on Nantucket Island: long range transport from the middle atlantic states over the open ocean confirmed by bioassay with ozone-sensitive tobacco plants. **Environmental Pollution**. v.17, p.187-193.
- KLUMPP, A.; KLUMPP, G. & DOMINGOS, M. 1994. Plants as bioindicators of air pollution at the Serra do Mar near the industrial complex of Cubatão, Brazil. **Environmental Pollution**. v.85, p. 109-16.

- KOPPEL, A. & SILD, E. 1995. Bioindication of ozone in Estonia by using the Tabaco variety Bel W3. **Water, Air and Soil Pollution**, v.85, p.1515-1519.
- LIU, S. & REDDLEY, B. 1999. Atmospheric chemistry and global change. G.P. Brasseur, J.J. Orlando & G.S. Tyndall (eds.). Oxford University Press.
- LORENZINI, G. 1998. Piante vascolari come bioindicatori dell'aria (inquinamento da ozono): Proposte Metodologiche. In: WORKSHOP BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA SUL TERRITORIO NAZIONALE. Roma, **Anais...**, p.199-216.
- LORENZINI, G.; NALI, C.; DOTA, M.R. & MARTORANA, F. 1999. Visual Assessment of foliar injury induced by ozone on indicator tobacco plants: a data quality evaluation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.62, p.175-191
- MORAES, R.M.; KLUMPP, A.; FURLAN, C.M. & KLUMPP, G., DOMINGOS, M., RINALDI, M.C.S. & MODESTO, I.F. 2002. Tropical fruit trees as bioindicators of industrial air pollution in southeast Brazil. **Environment International**, v.28, p. 367-74.
- NALI, C. & FUMAGALLI, I. 1998. Pianti vascolari come bioindicatori della qualità dell'aria: stato dell'arte della ricerca realizzata in Italia. In: WORKSHOP BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA SUL TERRITORIO NAZIONALE. Roma, **Anais...**, p.33-53
- PEDROSO, A.N.V. 2006. **Avaliação estrutural de *Nicotiana tabacum* BEL W3 sob diferentes níveis de contaminação atmosférica**. São Paulo, SP. 2006. 60p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.
- PEÑUELAS, J.; RIBAS, A.; GIMENO, B.S. & FILELLA, I. 1999. Dependence of ozone biomonitoring on meteorological conditions of different sites in Catalonia (N.E.Spain). **Environmental Monitoring and Assessment**, v.56, p.221-224.
- PINA, J.M. & MORAES, R.M. 2007. Ozone-induced foliar injury in saplings of *Psidium guajava* "Paluma" in São Paulo, Brazil. **Chemosphere**, v. 66, p. 1310-1314
- POMPÉIA, S.L.; AIDAR, M.P.M. SUGIYAMA, M.; KIRIZAWA, M.; LOPES, E.A.; CHIEA, S.A.C.; GAETA, M.M.; MENDONÇA, R.R. & SINISGALLI, P.A.A. 1988. Plantas da Serra do Mar resistentes e tolerantes à poluição atmosférica do polo industrial de Cubatão. In: SEMINÁRIO DE INTEGRAÇÃO SOBRE A SERRA DO MAR, 1 São Paulo - SP. **Anais...**, 1988. p.142-146.
- POMPÉIA, S.L.; MARTINS, S.E.; JOAQUIM, V.L.L. 1989. Avaliação dos efeitos da deposição de material particulado sobre a superfície foliar utilizando análise por dispersão de energia e microscopia eletrônica de varredura. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 40, Cuiabá - MT. **Anais...**, 1989.
- PRADELLA, D.Z.A.; LOPES, M.R., BATISTA, E.R. 1999. **Biomonitoramento** ativo de ozônio atmosférico com utilização da espécie *Nicotiana tabacum* L. Bel W3 : relatório preliminar. São Paulo, Brasil, CETESB. 48p.
- PRADELLA, D.Z.A.; LOPES, M.R.; BATISTA, E.R.; SANTINI, R.G.M.R.; SOUZA, J.B.; MODESTO, R.P.; GUARDANI, M.L.G.; FIALHO, R.C.; ROCCA, A.C.C. ; ALONSO, C.D. 1999. **Biomonitoramento ativo de ozônio atmosférico com utilização da espécie *Nicotiana tabacum* Bel W3: Relatório Preliminar**. São Paulo : CETESB. 21p.
- PRADO FILHO, J.F. 1993. Uso de bioindicadores para monitoramento do ar. **Revista Ambiente**, São Paulo: CETESB. v.7, p.57-64.
- SÃO PAULO. 1990. **APA - Biritiba-Mirim: zoneamento ambiental**, produto 1, Secretaria do Meio Ambiente, SMA - COPLASA. 3 mapas, 196p.
- SÃO PAULO. 2004. **APAS : áreas de proteção ambiental no estado de São Paulo**. São Paulo, BR, SMA, 2004. 250p.(Ex.3-4 em CD).

- SHUGART, L.R. 1994. Biological monitoring. In: Renzoni, B., Mattei, N., Lari, L. & Fossi, M. C. (eds.), **Contaminants in the environment. A multidisciplinary assesment of risks to man and others organisms**. Lewis Publishers. p. 29-62.
- SILVA, L.C., AZEVEDO, A.A. SILVA, E.A.M. & OLIVA, M.A. 2005. Effects of simulated acid rain on the growth of five species Brazilian tree species and anatomy of the most sensitivity species (*Joannesia principes*). **Australian Journal of Botany**. v.53, p.789-96.
- SWANSON, E.S.; THOMSON, W.W. & MUDD, J.B. 1973. The effect of ozone on leaf cell membranes. **Canadian Journal of Botany**. v.51, p.1213-19.
- WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2000. **Air Quality Guidelines for Europe**, 2 ed. WHO: Regional Publications. European Series; n. 91.

## **APÊNDICE 1**

**FOTOS ILUSTRATIVAS DO ESTUDO INVESTIGATIVO DA OCORRÊNCIA DE OZÔNIO  
TROPOSFÉRICO POR MEIO DE BIOMONITORAMENTO – *Nicotiana tabacum* Bel W3  
– Biritiba-Mirim – SP – MAIO de 2006 a JANEIRO de 2008**

**Aspectos gerais das campanhas em Biritiba.**



**Barragem Ponte Nova**



**Folhas com injúrias provocadas por ozônio**



**3º Campanha – Exposição P1**



**3º Campanha – Retirada P1**



**4º Campanha – Exposição P12**



**4º Campanha – Retirada P12**