



Análise comparativa do potencial bioacumulador de três espécies vegetais para biomonitoramento de poluentes nitrogenados na região de Cubatão – SP

Ricardo Keiichi Nakazato^(1,2), Miriam Cilene Spasiani Rinaldi⁽²⁾ & Marisa Domingos⁽²⁾

⁽¹⁾Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica, São Paulo, SP, rickejao@gmail.com; ⁽²⁾Núcleo de Pesquisa em Ecologia, Instituto de Botânica

Resumo: O atual modelo de geração de energia de uma refinaria instalada na cidade de Cubatão será trocado por um processo tecnologicamente mais moderno e menos poluidor. Este modelo arcaico é responsável por altas emissões de poluentes. Com essa mudança, espera-se que ocorra uma redução nos níveis de emissão desses poluentes e nos riscos à vegetação no entorno da refinaria e na Serra do Mar. Estes riscos poderão ser detectados através de um biomonitoramento com plantas de *Tibouchina pulchra*, *Psidium guajava* e *Lolium multiflorum*. Além do biomonitoramento em si, foi objetivo deste trabalho, em particular, identificar, entre as plantas selecionadas, qual foi a espécie mais apropriada para o monitoramento espacial e temporal de compostos nitrogenados na região. Foram realizadas análises de concentração de nitrogênio em plantas expostas em regiões próximas à refinaria. As concentrações de nitrogênio em *L. multiflorum* e *T. pulchra* foram maiores no primeiro bloco de exposições e menores no segundo e terceiro bloco. As concentrações de N foram maiores nos pontos CM5 e RP para *L. multiflorum* e em CM5 e Cetesb para *P. guajava*. A concentração de NOx foi maior no primeiro bloco de exposição e menor nos blocos seguintes. A partir desses resultados, notou-se que *L. multiflorum* se mostrou mais adequado para determinar os riscos impostos por óxidos de nitrogênio, por ter indicado mais adequadamente as variações temporais e espaciais no nível de contaminação atmosférica do que *P. guajava* e *T. pulchra*.

Palavras-chave: Plantas bioacumuladoras, poluição atmosférica, óxidos de nitrogênio

INTRODUÇÃO

Porções de Floresta Atlântica na região da Serra do Mar, em Cubatão/São Paulo são afetadas por poluentes como os óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (PM) contendo nitratos, entre outros compostos adsorvidos. A contaminação atmosférica por tais poluentes pode ser atribuída à emissão de várias indústrias, com diversos ramos de atividade no local. Uma refinaria contribui significativamente com essa emissão devido não somente às suas etapas de produção, mas também à queima de óleo em caldeiras para a geração de energia e vapor sendo responsável por altas emissões de NOx e material particulado na região. (CETESB 2010). Nesta refinaria, o atual modelo de geração de energia e vapor será trocado por um processo tecnologicamente mais moderno; sendo assim, espera-se que ocorra uma redução nos níveis de contaminação atmosférica no entorno da refinaria e na Serra do Mar. Em consequência, é possível supor que os riscos impostos por esses poluentes à floresta diminuirão e que essa mudança ambiental poderá ser detectada biologicamente por plantas reconhecidamente acumuladoras de elementos tóxicos contidos nos mencionados compostos poluentes, tomando por base estudos anteriormente realizados (Domingos *et al.* 1998, Figueiredo *et al.* 2007, Furlan *et al.* 2007).

A fim de caracterizar o nível de contaminação atmosférica no entorno da refinaria, antes e após a implantação do novo sistema, foi iniciado um programa de biomonitoramento com plantas, pois se sabe que a poluição pode interferir na constituição química destas, gerando acúmulo foliar de elementos tóxicos (Mulgrew & Willians 2000, Moraes *et al.* 2002, Cape 2009). Plantas de *Tibouchina pulchra* Cogn. (manacá-da-serra), *Psidium guajava* (goiabeira) e *Lolium multiflorum*



(azevém) têm sido utilizadas para biomonitorar o acúmulo de nitrogênio em pontos distribuídos no entorno da refinaria e nas encostas da Serra do Mar próximas à refinaria, e em uma região, considerada referência por estar afastada das emissões do complexo industrial de Cubatão (Vale do Rio Pilões). Além do biomonitoramento em si, foi objetivo deste trabalho, em particular, identificar, entre as plantas selecionadas, qual foi a que possuiu o maior potencial acumulador e mais apropriada para o biomonitoramento espacial e temporal de compostos nitrogenados na região. Para tal comparação, foram utilizados os resultados obtidos nos primeiros nove meses de biomonitoramento, período em que a usina termoeletrica ainda não funcionava.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantio e exposição

As plantas das espécies bioindicadoras foram cultivadas em substrato padronizado (Plantimax/Eucatex e vermiculita), adubadas periodicamente e mantidas no Instituto de Botânica, em casa de vegetação com ar filtrado e controle de temperatura, até sua exposição nos pontos de estudo.

O biomonitoramento foi realizado em um total de quatro pontos, sendo um ponto no Caminho do Mar (CM5), adjacente à Floresta Atlântica e à refinaria, um ponto no centro de Cubatão (Cetesb), um ponto adjacente à refinaria e a uma rodovia (CEPEMA) e no local de referência (RP). A exposição das plantas no campo seguiu a padronização indicada em protocolos: VDI (1999), para *L. multiflorum* e VDI (2003), originalmente proposto para planta bioindicadora de ozônio, com adaptações para as espécies arbóreas. Foram realizados três blocos de experimentos, sendo o primeiro entre maio/julho de 2009, o segundo entre agosto/outubro de 2009 e o terceiro entre novembro de 2009 e janeiro de 2010. Em cada bloco, realizaram-se três exposições consecutivas, com duração de 28 dias cada, para *L. multiflorum* e uma exposição de 84 dias para *T. pulchra* e *P. guajava*. No início de cada exposição, foram levados para cada ponto de estudo oito vasos com *L. multiflorum* e 12 plantas de cada espécie arbórea. Para efeito de comparação entre as três espécies, os resultados das três exposições por bloco de *L. multiflorum* foram agrupados equiparando o período de amostragem das outras duas espécies estudadas.

Análise de Nitrogênio

Ao final de cada exposição, as folhas de cada planta foram amostradas, secas em estufa a 60°C por 21 dias e moídas em moinho de bola de ágata. Para determinação das concentrações de N, 0,27g de amostra seca e moída foi digerida em uma mistura contendo 350mL de peróxido de hidrogênio 30%, 14g de sulfato de lítio, 0,42g de selênio em pó e 420mL de ácido sulfúrico, em bloco digestor com aquecimento até 350°C. Após a digestão, a concentração de nitrogênio foi avaliada pelo método de Kjeldahl.

Uma análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis) foi realizada para comparar as concentrações totais de N das três exposições entre as três espécies. Análises de variância (Two way anova), seguidas do teste de comparações múltiplas (Holm-Sidak) foram realizadas para destacar as variações nas concentrações de N entre os três blocos de experimentos realizados em cada local com as três espécies e para comparar as concentrações de N entre as espécies e entre os locais, independentemente da época de realização das exposições.

Concentração de poluentes e precipitação.

A concentração de NO_x foi adquirida no site da Cetesb (www.cetesb.sp.gov.br), a precipitação acumulada foi disponibilizada pela Usina Henry Borden, situada na estrada do Caminho do Mar – Cubatão - SP.

RESULTADOS

A análise de variância indicou que *T. pulchra* mostrou o maior potencial de acúmulo de N, seguida por *P. guajava* e por último por *L. multiflorum*.

As concentrações de N para *T. pulchra* seguiram a seguinte ordem de grandeza ao longo do tempo: bloco 1 > bloco 2 > bloco 3. Para *L. multiflorum*, a ordem foi bloco 1 > bloco 2 = bloco 3. Para *P. guajava*, nos locais poluídos, a ordem geralmente foi bloco 2 > bloco 1 = bloco 3.

Para *P. guajava*, as maiores concentrações foram encontradas nos pontos CM5 e Cetesb e menores em RP e CEPEMA. *L. multiflorum* indicou as maiores concentrações em CM5 e RP e menores em CEPEMA. *T. pulchra* não apontou diferenças significantes entre os pontos do biomonitoramento (figura 1).

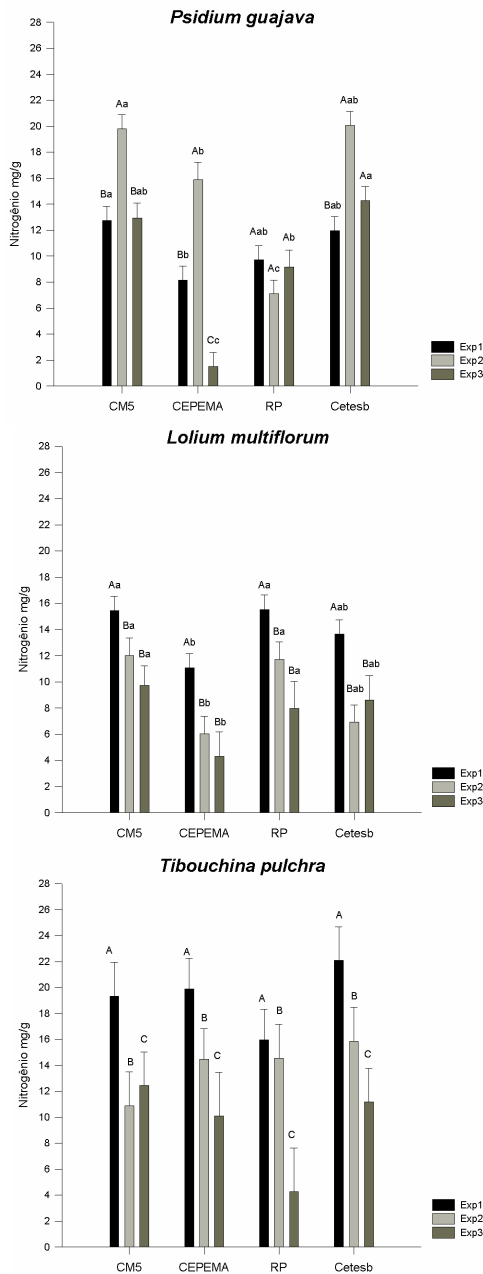


Figura 1. Concentração de nitrogênio em plantas expostas na região de Cubatão. Letras maiores indicam variações temporais e letras minúsculas indicam variações espaciais.

Para comparar o potencial das três espécies para biomonitoramento de compostos nitrogenados ao longo do tempo, é importante considerar a precipitação acumulada e a concentração de NOx em cada bloco de exposições. A precipitação pode representar indiretamente o nível de contaminação atmosférica por poluentes, já que a qualidade do ar é melhor na medida em que chove mais em um

determinado local. Durante o período experimental, a precipitação acumulada na região de Cubatão tendeu a ser maior no bloco de exposições 3 (1484,5 mm), seguida do bloco de exposições 2 (542 mm) e menor no primeiro conjunto de exposições (385 mm) e as médias de concentrações de NOx foram maiores no bloco de exposições 1, 2 e 3 sucessivamente. As concentrações de N nas espécies *T. pulchra* e *L. multiflorum* foram inversamente proporcionais à precipitação e proporcionais à concentração de NOx (figura 2). Portanto a concentração de N nas duas espécies pareceu indicar mais coerentemente as condições de poluição atmosférica nos períodos de exposição do que as medidas em *P. guajava*.

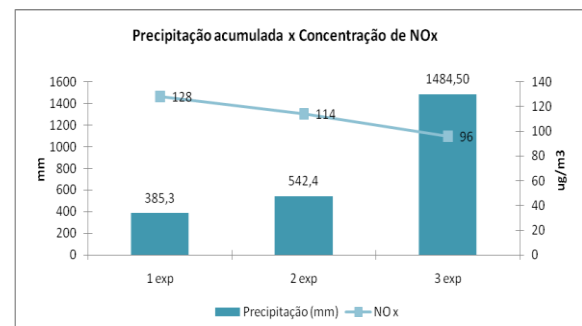


Figura 2. Concentração de NOx e precipitação acumulada nos períodos de exposição na região de Cubatão.

É preciso analisar também qual das espécies melhor indica a variação espacial no nível de contaminação atmosférica por compostos nitrogenados. Os resultados obtidos com *P. guajava* e *L. multiflorum* indicaram maiores riscos associados aos poluentes nitrogenados nas encostas da Serra do Mar, situada atrás da refinaria (CM5), e no Centro de Cubatão (Cetesb). O local adjacente à refinaria e a uma rodovia (CEPEMA) pareceu ser o menos afetado pelo poluente estudado. Já *T. pulchra*, apesar de apresentar maior potencial acumulador de N, não apontou variações espaciais, sendo, portanto, menos apropriada para biomonitoramento espacial da contaminação atmosférica do que as outras duas espécies.

CONCLUSÃO

Portanto, entre as plantas estudadas, *L. multiflorum* se mostrou mais adequado para



determinar os riscos impostos por óxidos de nitrogênio, visto que indicou mais adequadamente as variações temporais e espaciais no nível de contaminação atmosférica do que *P. guajava* e *T. pulchra*.

AGRADECIMENTOS

Financiamento: PETROBRAS - FUSP (Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo), FAPESP processo: 2011/12969-0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cape, J.N. 2009. Plants as Accumulators of Atmospheric Emissions. *Developments in Environmental Sciences*. 9: 61-98.

CETESB. (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 2009. *Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2010. Série relatórios*, São Paulo.

Domingos, M., Klumpp, A. & Klumpp, G. 1998. Air pollution impact on the Atlantic Forest at the Cubatão region, SP, Brazil. *Ciência & Cultura* 50: 230-236.

Figueiredo, A.M.G., Nogueira, C.A., Saiki, M., Milian, F.M. & Domingos, M. 2007. Assessment of atmospheric metallic pollution in the metropolitan region of São Paulo, Brazil, employing *Tillandsia usneoides* L. as biomonitor. *Environmental Pollution* 145: 279-292.

Furlan, C.M., Moraes, R.M., Bulbovas, P., Domingos, M., Salatino, A. & Sanz, M.J. 2007. *Psidium guajava* 'Paluma' (the guava plant) as a new bio-indicator of ozone in the tropics. *Environmental Pollution* 147: 691-695.

Moraes, R.M., Klumpp, A., Furlan, C.M., Klumpp, G., Domingos, M., Rinaldi, M.C.S. & Modesto, I. 2002. Tropical fruits trees as bioindicators os industrial air pollution in southeast Brazil. *Environment International*.28: 367-374.

Mulgrew, A. & Williams, P. 2000. *Biomonitoring of air quality using plants*. Berlin: WHO Collaborating Centre for Air Quality Manegement and Air Pollution Control/Federal Environmental Agency-Germany, Report 10.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure. 1999. *Biological measuring techniques for the determination and evaluation of effects of air pollutants on plants. Method of standadised grass culture*. VDI 3957/1. Berlin: VDI/DIN Handbuch Reinhaltung der Luft, v.1. 1a.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure. 2003. *Biological measuring techniques for the determination and evaluation of effects of air pollutants on plants. Determination and evaluation of phytotoxic effects of photooxidants. Method of the standardized tobacco exposure*. VDI 3957. VDI/DIN Handbuch Reinhaltung der Luft, Vol.1 Beuth , Berlin.