

***Daucus carota* COMO BIOINDICADOR DE DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂) NA REGIÃO DO AEROPORTO DE SÃO PAULO - CONGONHAS**

Valburg de S. S. Junior^{1*}, Silvia F. Corrêa²

1. Estudante de IC do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Univeristário Senac
2. Centro Universitário Senac – Meio Ambiente / Orientadora

Resumo:

O aumento da frota veicular vem agravando a qualidade do ar e acarretando problemas de saúde para a população e impactos na vegetação. Entre os principais poluentes atmosféricos, o dióxido de enxofre (SO₂) é emitido a partir da queima de combustíveis que contenham enxofre e deve ser constantemente monitorado devido a sua toxicidade.

Este trabalho teve como objetivo biomonitorar com exemplares de *Daucus carota* a presença de dióxido de enxofre no ar da região de Congonhas, que segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), é a que apresenta as maiores concentrações desse poluente no Município de São Paulo.

Para a escolha dos pontos a serem monitorados, foi elaborada uma rosa dos ventos utilizando o software WRPLOT View – Freeware com dados dos últimos 10 anos da estação meteorológica do aeroporto. Após 50 dias das espécies em campo, foram realizadas suas pesagens e foi possível observar que houve uma redução em bioindicadores localizados próximos à Avenida dos Bandeirantes.

Palavras-chave: Biomonitoramento; Dióxido de enxofre, *Daucus carota*.

Apoio financeiro: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: SENAC.

Introdução:

Os impactos da poluição ambiental não são recentes. De acordo com Braga *et al* (2010), Roma já apresentava problemas com a qualidade do ar por volta de 2 mil anos atrás devido a fundições de prata. Para Branco e Murgel (2010), a poluição atmosférica é resultado da emissão de poluentes, acarretando na alteração da composição química do ar e tornando-o impróprio à saúde humana, animal e vegetal.

Um dos principais poluentes atmosféricos responsáveis pelo agravamento de casos de doenças respiratórias é o dióxido de enxofre (SO₂). Monitorado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), esse poluente é solúvel nas mucosas do trato superior, com isso, pode provocar aumento da produção de muco, agravar casos de asma, além de contribuir para a formação de chuva ácida (FEPAM, 2015).

A partir do software Qualar, da CETESB, foi elaborado um gráfico das concentrações desse poluente no Município de São Paulo com os dados de estações de monitoramento. Ao analisar os resultados, foi constatado que a estação de Congonhas apresentava picos na concentração de SO₂ ao longo do ano.

Emitido principalmente por veículos semipesados e pesados, como ônibus e caminhões, o SO₂ é formado devido à presença de enxofre no combustível. Dessa forma, o motivo da região do aeroporto apresentar as maiores concentrações do município está possivelmente relacionado com a sua proximidade à Avenida dos Bandeirantes e à Avenida Washington Luís, rotas com intenso tráfego desse tipo de automóvel, além do enxofre presente no Querosene de Aviação (QAV), combustível utilizado pelos aviões comerciais do aeroporto.

Por se tratar de uma região que possui residências em seu entorno, o monitoramento ambiental da área é justificado devido aos danos que o mesmo pode causar tanto para a saúde humana, quanto para o meio ambiente. Dessa forma, foi utilizada a espécie *Daucus carota* (cenoura), como bioindicador sensível a esse poluente na atmosfera, de acordo com a *US Environmental Protection Agency - EPA* (EPA, 1978). A resposta fornecida pelo bioindicador é a redução do seu peso seco e fresco, apresentando maiores reduções quanto mais próximas da fonte emissora (MENDONÇA; SILVA, 1991, p. 37-40).

O presente trabalho teve como objetivo biomonitorar a presença de SO₂ no ar da região de Congonhas com exemplares de *Daucus carota* e gerar um produto cartográfico para relacionar a topografia da região com a

dispersão ou concentração do poluente em uma determinada condição meteorológica.

Metodologia:

Para o desenvolvimento do projeto, foram realizados levantamentos secundários e primários para nortear nas etapas de biomonitoramento e na obtenção de informações relacionadas à qualidade do ar.

Na obtenção dos dados a respeito do comportamento dos ventos da região, foi realizado o contato com o Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), pertencente ao Ministério da Defesa, e solicitados os dados correspondentes aos ventos de janeiro de 2005 até dezembro de 2015, para obter uma média do comportamento dos ventos na região nos últimos 10 anos. Os dados solicitados correspondem às velocidades médias diárias e a predominância de direção.

Os dados foram selecionados para que fosse possível elaborar a rosa dos ventos utilizando o *software WRPLOT View - Freeware*. Entre os dados solicitados, foram utilizados os dados dos dias 06 de outubro até o dia 24 de novembro dos últimos 10 anos, período correspondente ao tempo em que as espécies ficariam nos pontos de monitoramento.

Com relação ao produto cartográfico gerado, foi utilizado o programa *topographic-map* para obter a hipsometria da região. Para obter o perfil de elevação do terreno em torno do aeroporto, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) *Google Earth*.

No dia 26 de julho foram plantadas na estufa do Senac, diversas sementes de cenoura *Brasília* da marca *Topseed Garden* em 10 galões de 20 litros que foram adaptados para o plantio. O gargalo das garrafas foi cortado no laboratório de Design Industrial e, em seguida, foram feitos furos de 15 mm em seu fundo para, juntamente com as argilas expandidas, auxiliarem na drenagem. Foi adicionada também uma manta geotêxtil para garantir que o solo fique retido e não seja carregado para o fundo do galão.

No dia 23 de setembro, já com a rosa dos ventos elaborada, foi possível escolher os pontos de biomonitoramento. Foi realizada uma visita para o entorno do aeroporto em busca de permissões de estabelecimentos para deixar os galões durante o tempo do projeto. Após a confirmação de sete estabelecimentos, os galões foram levados para os pontos no dia 06 de outubro.

Para obter um resultado de crescimento com o mínimo de influência do SO_2 , foi cultivado um galão com indivíduos de cenoura na estufa do Senac durante o mesmo

período.

No dia 24 de novembro, 50 dias após, as espécies foram levadas ao Laboratório de Química Ambiental e foi realizada a pesagem dos pesos frescos e secos. Para o peso fresco, as cenouras foram retiradas do galão e pesadas. Para a obtenção do peso seco, elas foram cortadas em fatias e levadas à estufa. Tanto as folhas quanto as cenouras foram colocadas em 18 beakers de vidro, pesadas e levadas à estufa com temperatura entre 105° e 110° durante 48 horas.

Resultados e Discussão:

A partir das coordenadas geográficas do anemômetro localizado no aeroporto, foi possível gerar a rosa dos ventos e plotar no *Google Earth* já com os pontos utilizados no biomonitoramento (Figura 1).

Figura 1 - Rosa dos ventos da região do Aeroporto de Congonhas e os pontos utilizados durante o biomonitoramento.



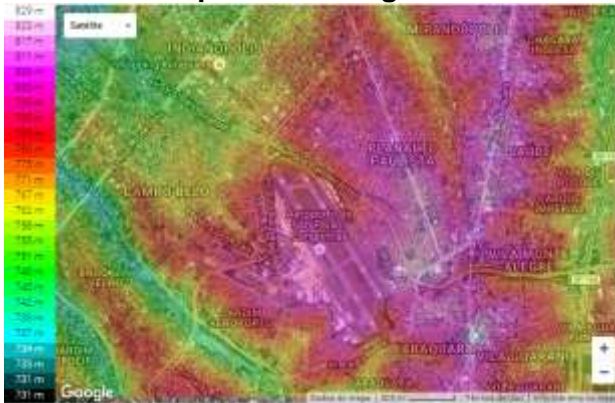
Fonte: Elaborado com o *software WRPLOT View* e *Google Earth*, 2016

Como apresentado pela figura 1, é possível observar que a predominância dos ventos na região do aeroporto nos últimos 10 anos foi de norte-sul para os pontos cardiais e noroeste para os pontos colaterais. Entre os pontos apresentados, a velocidade média predominante entre os ventos foi de 6 a 9 nós, o que corresponde a velocidades na faixa de 3,08664 e 4,6299 m/s (classe vermelha na rosa dos ventos).

Segundo Ab'Saber (2007, *apud* VPC/BRASIL 2008), o Aeroporto de Congonhas está localizado sobre o Espigão Central, também chamado de Espigão Paulista (Figura 2). Essa forma de relevo é a mais elevada do Centro Expandido de São Paulo,

servindo como divisor de águas entre os rios Pinheiros e Tietê.

Figura 2 - Mapa hipsométrico da região do Aeroporto de Congonhas.



Fonte: Topographic-map, 2016.

Com o *Google Earth*, foi possível criar o perfil de elevação do terreno em corte (Figura 3).

Figura 3 - Perfil de elevação do terreno e os pontos monitorados.



Fonte: Elaborado pelo autor com o *software Google Earth*, 2016

Após a caracterização do meio físico da região e a pesagem das cenouras, foi possível observar a correlação entre a diminuição dos pesos secos e frescos das espécies (Figura 4 e 5).

Figura 4 – Peso fresco das espécies após o período de biomonitoramento.



O ponto 1 foi o que apresentou maior crescimento, sendo o ponto mais distante da Avenida dos Bandeirantes (aproximadamente 1,10 quilômetros) e também fora da direção predominante dos ventos. Os pontos mais próximos do fluxo de caminhões e, conseqüentemente, das emissões de dióxido de enxofre (pontos 4 e 5) apresentaram redução significativa de crescimento quando

comparadas com o ponto 1. Os pontos 4 e 5 estavam na linha geral de dispersão dos ventos e eram os pontos de menor altitude, em uma região cercada por áreas mais altas, caracterizando uma espécie de “vale”, o que pode ter contribuído para o acúmulo de SO_2 , que é um gás mais pesado do que o ar. A dispersão dos ventos para essa região, juntamente com essa característica do relevo, podem ter favorecido uma concentração dos poluentes, acarretando assim, na redução do peso fresco para esses pontos.

Apesar de não estar na área de dispersão dos ventos e ter sido colocada em uma altitude mais elevada, o ponto 2 estava localizado dentro da área do aeroporto, muito próximo às pistas de pouso e decolagens e ainda a uma distância de aproximadamente 270 metros da Avenida dos Bandeirantes; esses fatores podem ter contribuído para seu baixo crescimento, uma vez que o enxofre também está presente no combustível utilizado pelos aviões. No ponto 3, o crescimento das cenouras com seu peso fresco só não foi maior que o do ponto 1. Sua localização era em um ponto elevado com relação aos pontos 4 e 5 e estava na rota de dispersão para ventos de 9 a 12 nós, o que pode ter favorecido a não concentração dos poluentes de uma forma tão nociva aos bioindicadores.

No ponto 6 já foi possível observar um aumento no peso fresco. Para esse local, a topografia era mais elevada em relação à Avenida dos Bandeirantes e estava localizado em uma região de ventos rápidos (9 a 12 nós). No ponto 7, monitorado no Hospital da Cruz Vermelha Brasileira, as cenouras tiveram o peso fresco um pouco menor que as cenouras cultivadas nos pontos 5 e 6.

Para o ponto 0, o baixo crescimento das cenouras no galão cultivado na estufa do Centro Universitário Senac pode estar relacionado ao crescimento de uma espécie de fungo em suas folhas deixando uma camada de “poeira branca”, porém, não é possível alegar que uma redução de peso fresco seja causada por esse fator.

Para o peso seco, foi observada a correspondência com o peso fresco e também que a relação entre peso e a proximidade do aeroporto e da Avenida dos Bandeirantes foi mantida. O ponto 1, mais distante da avenida, teve maior peso seco, enquanto os pontos 2, 4 e 5, uma redução do seu peso quando comparados ao ponto 1.

Figura 5 – Peso seco das espécies após o período de biomonitoramento



Considerando a proximidade entre os pontos de amostragem, pode-se concluir que as condições meteorológicas foram as mesmas para todas as amostras. Assim, assume-se que, como indicado em literatura, a variação nos pesos das cenouras deve-se efetivamente às diferentes concentrações de SO₂ na atmosfera.

O menor desenvolvimento das cenouras ocorreu no Ponto 2, em que o galão estava muito próximo das pistas de pouso e decolagem, além da Avenida dos Bandeirantes. Nessa área, apesar da maior altitude, a velocidade dos ventos é menor, o que justifica o maior acúmulo do poluente. O segundo ponto de pior desempenho é o 4, que se localiza no entroncamento entre as avenidas dos Bandeirantes e Washington Luís, também próximo à cabeceira das pistas do aeroporto. Além do espaço de confluência entre os veículos terrestres e também aéreos, este ponto está na direção de maior dispersão dos ventos, porém com baixa altitude, o que pode contribuir para o acúmulo do dióxido de enxofre. Situação semelhante é a que se encontra no ponto 5, evidenciando a influência da topografia e dos ventos na dispersão de poluentes.

Conclusões:

Este experimento permite associar a correlação entre o desenvolvimento das cenouras e a presença de dióxido de enxofre, indicando que a exposição prolongada pode afetar o desenvolvimento de vegetais e, muito provavelmente, de outros organismos, inclusive pessoas que frequentam tais espaços diariamente.

Recomenda-se a realização de estudos em ambientes controlados para quantificar os efeitos de diferentes concentrações de SO₂ sobre o crescimento das cenouras, para que sua aplicação como planta biomonitora possa trazer informações mais exatas e aumentar sua contribuição para o planejamento e implantação de medidas de controle.

Finalmente, considerando a observação de efeitos deletérios nas cenouras na região do aeroporto, aconselha-se a

realização de biomonitoramento em longo prazo, incluindo os períodos de inverno, quando inversões térmicas podem contribuir para o aumento das concentrações de SO₂ na atmosfera.

Referências bibliográficas

- BRAGA, Alfesio; BÖHM, György Miklós; PEREIRA, Luiz Alberto Amador; SALDIVA, Paulo. **Poluição atmosférica e saúde humana**. REVISTA USP, São Paulo, n.51, p. 58-71, setembro/novembro 2001. Disponível em: <www.revistas.usp.br/revusp/article/download/35099/37838>. Acesso em: 13 de nov. 2015
- BRANCO, S. M.; MURGEL, E. **Poluição do ar**. 2ª edição. São Paulo: Moderna, 2010. 112 p.
- BUSS, Daniel Forsin; BAPTISTA, Darcíolo Fernandes; NESSIMIAN; Jorge Luiz. **Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(2):465-473, mar-abr, 2003. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/csp/v19n2/15412.pdf>. Acesso em: 10 de nov. 2015
- EPA. **Diagnosing vegetation injury caused by air pollution**. Washigton, 1978. Acesso em: 14 de nov. 2015
- FEPAM. **Qualidade Ambiental**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes.as> p>. Acesso em: 12 de nov. 2015
- MENDONÇA.B.R.;SILVA, E.A.; SILVA, E.A.M. **Efeito da poluição sobre bioindicadores vegetais**. Ambiente; Revista CETESB de Tecnologia. v.5, n.1, 1991, p. 37-40.
- TOPOGRAPHIC-MAP. **Aeroporto de São Paulo/Congonhas**. Disponível em: <pt-br.topographic-map.com/places/Aeroporto-de-São-Paulo-Congonhas-7060414/>. Acesso em: 28 de nov. 2016
- VPC/BRASIL. **EIA-RIMA do Aeroporto de São Paulo - Congonhas**. Disponível em: <ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/meio_ambiente/cades/audiencias/0001/eia_rima_congonhas_rima_vol_1.pdf>. Acesso em: 28 de nov. 2016