



Quantificação da redução da poluição do ar pela modernização da frota veicular

RESUMO

Thiago Alves Pereira Landi
Thiago.landi19@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Patricia Krecl Abad
patriciaak@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Apucarana, Paraná,
Brasil

Admir Creso de Lima Targino
admirtargino@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

OBJETIVO: Avaliar a poluição do ar em uma rua movimentada com estrutura de cânion, e calcular a diminuição da poluição para diferentes cenários de mudança na frota veicular. **MÉTODOS:** As concentrações de óxidos de nitrogênio (NOx), *black carbon* (BC) e material particulado fino (MP_{2,5}) foram medidas a nível de rua e no topo de um prédio no centro de Londrina (concentração de fundo), e as condições meteorológicas foram coletadas no campus da UTFPR. O *Operational Street Pollution Model* (OSPM) simulou as concentrações de poluentes nessa rua usando como parâmetros de entrada o fluxo horário de veículos por categoria e tipo de combustível, os fatores de emissão, a geometria da rua, a concentração de fundo e a meteorologia. Em sequência, o OSPM foi validado com as medidas a nível de rua, e foram avaliados 5 cenários de mudanças na frota veicular. **RESULTADOS:** BC e NOx tiveram ciclos diários relacionados ao fluxo de veículos pesados à diesel, indicando a principal fonte de emissão, enquanto MP_{2,5} teve pouca variabilidade espacial e influência de transporte de longa escala. A correlação entre concentrações simuladas e medidas foi satisfatória para o poluente NOx, e dentre os cenários analisados, a eletrificação da frota de ônibus urbanos pode reduzir em até 44% as concentrações de NOx. **CONCLUSÕES:** O modelo OSPM é uma excelente ferramenta para quantificar a redução da poluição atmosférica a partir de diferentes mudanças na frota. Os ônibus são os principais emissores de NOx e BC, mesmo sendo apenas 11% do fluxo da rua estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Atmosférica. Modelagem Numérica. Cânion Urbano. Fatores de Emissão.

INTRODUÇÃO

A poluição emitida por veículos motorizados causa efeitos nocivos ao ambiente e a saúde humana (HEI, 2010), especialmente nas áreas urbanas com intenso trânsito e pouca ventilação natural como os cânions urbanos. Os cânions urbanos são definidos como ruas fechadas por construções em suas laterais (VARDOULAKIS, 2003), e são muito comuns nos centros das cidades.

Dentre os poluentes presentes em um cânion urbano e com grande emissão pelo trânsito veicular, este estudo foca em $MP_{2,5}$, BC -que contribui diretamente para o aquecimento global (BOND et al., 2013) - e o NO_x , que na forma de NO_2 é altamente prejudicial à saúde, por ser precursor da chuva ácida e da formação de ozônio troposférico (COOPER & ALLEY, 2010).

A fim de auxiliar os estudos da qualidade do ar, foram desenvolvidos modelos numéricos de dispersão de poluentes, sendo um bom complemento para as medidas em campo, podendo até substituir o método após validado (FENGER & TJELL, 2009). Esses modelos são amplamente utilizados para o diagnóstico, e previsão da qualidade do ar, identificando áreas poluídas que carecem de monitoramento e também são usados por tomadores de decisões.

O objetivo do trabalho é analisar as concentrações de poluentes dentro do cânion através das medidas, bem como os fatores que influenciam essas concentrações. Após validar o modelo OSPM comparando simulações com observações, são desenvolvidos cenários de redução da poluição do ar por meio da modernização da frota veicular circulante pelo cânion estudado.

METODOLOGIA

A campanha de monitoramento foi realizada em Londrina durante seis semanas, entre Janeiro e Março de 2016. O cânion urbano monitorado se localiza em meio a grande área comercial no centro, e é também uma das principais vias de acesso ao terminal central de ônibus urbanos, o que faz com que a rua tenha um alto fluxo de veículos, tanto de leves quanto de pesados.

Foram utilizados quatro pontos de coleta, sendo um de cada lado do cânion, o topo de um prédio de 21m também na região central, que teve a finalidade de coletar dados de concentrações de fundo urbanas, e no campus da UTFPR, onde foram monitoradas as condições meteorológicas. As concentrações foram monitoradas com Aetalômetros modelos AE42 e AE51 (BC), DustTraks modelo 8520 ($MP_{2,5}$) e Monitor 42i (NO_x); também foi instalada uma câmera no cânion para registrar e depois contar os veículos por categorias.

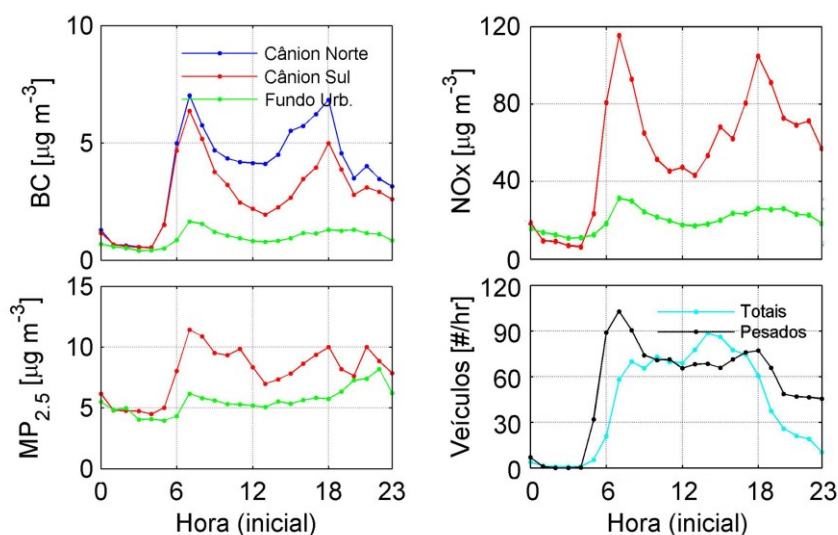
O modelo OSPM (BERKOWICZ, 2000) simula a concentração de poluentes dos dois lados da rua utilizando parâmetros de entrada como o fluxo horário de veículos por categoria e tipo de combustível, os fatores de emissão para cada categoria de veículo, composição dos combustíveis, geometria da rua, concentração de fundo e meteorologia. Os fatores de emissão, que são a quantidade em gramas de um determinado poluente emitido por quilômetro percorrido, são geralmente adquiridos através de testes de laboratório, não tendo necessariamente a coerência com as emissões no mundo real. Neste estudo, foram utilizadas bases de fatores de emissão europeia e brasileira.

A validação do modelo é determinada através do coeficiente de correlação linear (R), o desvio médio (DM) e o desvio relativo (DR). Foram propostos cinco cenários para redução da poluição no cânion estudado, e a quantificação foi realizada implementando mudanças na frota veicular inserida no OSPM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas no cânion apresentaram altas correlações entre BC (Fig. 1a) e NOx para dias de semana (Fig. 1b), indicando que ambos têm a mesma grande fonte de emissão, que seriam os veículos pesados (ônibus e caminhões). Isto fica mais evidente ao comparar os horários de maior trânsito de pesados (100 veículos/hr às 7h, e 80 veículos/hr às 18h, Fig. 1d) com os horários de picos principais dos dois poluentes. Ainda sobre o BC, pôde-se notar que as concentrações ao lado Norte da rua, são até 2 vezes maiores que o lado Sul, devido à influência do vento perpendicular ao eixo do cânion, e também a presença de um ponto de ônibus localizado ao lado Norte. Já o MP_{2,5} (Fig. 1c) apresenta também um máximo principal às 7h da manhã, mas ainda outros picos durante o dia, além de não se distinguir tanto das medidas de fundo, o que indica a pouca variabilidade espacial.

Figura 1- Ciclo diário das medidas para dias da semana: a) BC, b) NOx, c) MP_{2,5}, d) fluxo de veículos totais/10 e pesados.



Fonte: Autoria Própria (2017)

O modelo OSPM subestimou as concentrações de BC em 58% e MP_{2,5} em 66% devido a fatores de emissão muitos baixos em relação com o mundo real, mas foi validado para o NOx, já que os valores simulados e observados apresentaram alta correlação linear ($R=0,84$) e baixos valores de desvios ($DR=10,6\%$, $DM=4,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Como os fatores de emissão de NOx das bases europeia e brasileira não apresentaram diferenças importantes para cada categoria de veículos, as simulações foram muito semelhantes.

Foram analisados cinco diferentes cenários de modernização da frota que circula pelo cânion estudado (Tabela 1). O melhor cenário foi a eletrificação da frota de ônibus urbanos (Fig. 2), com uma redução de até 55% nas concentrações de NOx em alguns horários de pico.

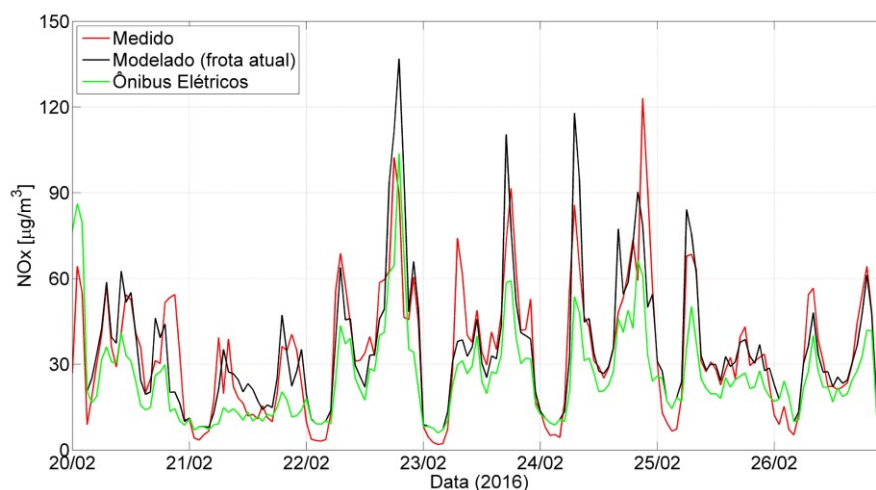
Tabela 1 – Redução da concentração de NOx para os cenários modelados

Cenários	Cenários
Ônibus elétricos	44
Modernização ônibus e leves	34
Modernização ônibus	25
Leves elétricos	10
Modernização leves	8

Fonte: Autoria própria (2017)

Outro cenário que teve destaque foi a modernização da frota de leves (carros e comerciais leves) e pesados, que se trata de todos os veículos utilizando a tecnologia mais nova presente no mercado (P7 para pesados e L6 para leves). Os cenários de maior redução tratam de veículos pesados, pois os pesados apresentam fatores de emissão, que são em média 100 vezes maiores que para veículos leves.

Figura 2 – Série horária de NOx medido no cânion e simulações



Fonte: Autoria Própria (2017)

CONCLUSÃO

O OSPM se mostrou uma ótima ferramenta para quantificar as medidas que visam reduzir a poluição veicular nos cânions urbanos. As simulações de NOx apresentaram os melhores resultados estatísticos quando comparadas com as observações. Dentre os cenários analisados para o NOx, tiveram destaque a eletrificação da frota de ônibus, tendo redução média de 44% para as seis semanas modeladas, e também a modernização dos veículos pesados, que seria a utilização da tecnologia mais nova para o motor, com uma redução média de 34% na concentração de NOx. Por fim, nota-se que o principal vilão da poluição do centro de Londrina, são os ônibus urbanos; mesmo representando apenas 11% da frota que passa pelo cânion, os fatores de emissão são até 100 vezes maiores quando comparados com os dos veículos leves.

Assessment of air pollution reduction by modernizing the vehicle fleet

ABSTRACT

OBJECTIVE: To evaluate air pollution levels in a busy street canyon, and calculate the pollution reduction for different scenarios when modernizing the vehicle fleet. **METHODS:** Concentrations of nitrogen oxides (NO_x), black carbon (BC) and fine particulate matter (PM_{2.5}) were measured at street level and rooftop (background concentration) in the center of Londrina, Brazil. Meteorological conditions were recorded at the UTFPR campus. The Operational Street Pollution Model (OSPM) simulated concentrations of pollutants in the street canyon using as input parameters hourly traffic rates by vehicle category and fuel type, emission factors, street geometry, background concentration and meteorology. Then, the OSPM was validated with the street-level observations, and five scenarios were simulated by changing the vehicle fleet characteristics. **RESULTS:** BC and NO_x concentrations showed daily cycles very correlated with heavy-duty diesel traffic rates, indicating that this vehicle category is their main emission source. PM_{2.5} concentrations presented lower spatial variability and might have contribution from long-scale transport. The correlation between simulated and measured concentrations was satisfactory for NO_x, and among the scenarios analyzed, the electrification of the urban bus fleet can reduce NO_x concentrations by up to 44%. **CONCLUSIONS:** The OSPM model is an excellent tool to quantify the air pollution reduction when changing the vehicle fleet characteristics. Buses are the main emitters of NO_x and BC, even though they only account for 11% of the fleet circulating on the studied street canyon.

KEYWORDS: Atmospheric pollution. Numerical modeling. Street Canyon. Emission Factors.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária pela bolsa de Iniciação Científica, ao CNPq pela compra de equipamentos (projetos 485387/2012-3 e 404146/2013-9), ao Dr. Matthias Ketzel (Aarhus University, Dinamarca) pela ajuda com o OSPM, ao Prof. Jorge Martins pelos dados meteorológicos, aos colegas do grupo Atmospher pela ajuda durante o monitoramento, e aos indivíduos que emprestaram os locais de amostragem.

REFERÊNCIAS

BERKOWICZ, R. OSPM - a parameterised street pollution model. **Environmental Monitoring Assessment**, v.65, n. 1-2, p. 323-331, 2000.

BOND, T.C. et al. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 118, n. 11, p. 5380-5552, 2013.

COOPER, C.D., ALLEY, F.C. **Air pollution control: A design approach**. Waveland Press, Inc., 2010.

FENGER, J.; TJELL, J.,C. **Air pollution-from a local to global perspective**. Polyteknisk; RSC Pub.distributor, 2009.

HEI, 2010. Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. Special Report 17. Boston, EUA.

VARDOULAKIS, S., FISHER, B. E., PERICLEOUS, K., & GONZALEZ-FLESCA, N. Modelling air quality in street canyons: a review. **Atmospheric Environment**, v. 37, n. 2, p. 155-182, 2003.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

LANDI, T.A.P. et al. Quantificação da redução da poluição do ar pela modernização da frota veicular. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Thiago Alves Pereira Landi
Av. Pioneiros, número 3131, Londrina, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

