

USO DO AERMOD NA ESTIMAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO, PROVENIENTE DE VEÍCULOS LEVES, NA REGIÃO CENTRAL DE MARINGÁ

Michely Patrícia de Bitencourt de Oliveira

Departamento de Engenharia Química
Universidade Estadual de Maringá

Bruno Vieira Bertoncini

Departamento de Engenharia de Transportes
Universidade Federal do Ceará

Ed Pinheiro Lima

Departamento de Engenharia Civil
Universidade Estadual de Maringá

Marcelino Luiz Gimenès

Departamento de Engenharia Química
Universidade Estadual de Maringá

RESUMO

Este trabalho aplica o modelo de dispersão de poluentes Aermód para estimar a concentração de monóxido de carbono (CO) proveniente de veículos leves na região central de Maringá, verificar a contribuição dos veículos em fila na concentração de CO e avaliar as áreas atingidas pela pluma do poluente. Como resultado das simulações, obtiveram-se concentrações máximas de 16.830,86 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e 10.998,45 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) com médias de 1 hora e de 8 horas, respectivamente, sendo que o último resultado superou o valor estabelecido pela resolução CONAMA nº 3/1990. Os veículos em fila contribuíram com 47,80 % e 46,69 % da concentração máxima total estimada para médias de 1 e 8 horas, respectivamente, observando a influência deste modo de operação do motor na formação do CO. Na região estudada, as mais altas concentrações de CO observadas foram na Avenida Duque de Caxias, que representa uma área de grande circulação de pessoas e veículos.

ABSTRACT

This paper uses the Aermód model to estimate the concentration of carbon monoxide (CO) from light vehicles in the central region of Maringá, the contribution of vehicles in queues in the concentration of CO, and evaluate the affected areas by the pollutant plume. The simulations resulted in CO average concentrations values of 16.830,86 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) and 10.998,45 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) for 1 hour and 8 hours respectively, and the last result exceeded the value established by resolution CONAMA 3/1990. Vehicles in queues contributed with 47,80% and 46,69% of the total estimated maximum concentration in the 8 hours average, respectively, noting the influence of this mode of operation of the engine in the formation of CO. In the study area, the highest concentrations of CO were found at Duque de Caxias Avenue, which represents an area of great movement of people and vehicles.

1. INTRODUÇÃO

Os motores de combustão interna têm participação significativa na emissão de vários poluentes, dentre eles o monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP). Apesar destes poluentes também se formarem em todos os processos de combustão, a produção de poluente por unidade de combustível queimado é maior nos motores dos veículos. Esta maior produção se deve a vários fatores, tais como operar sempre com deficiência de oxigênio, o pré-aquecimento da mistura ar/combustível, a combustão não permanente, a atomização insuficiente do combustível e o sistema de refrigeração do motor, que impede a queima por igual da mistura comburente (De Nevers, 2000; Baumbach, 1996). No caso do CO, estas situações ocorrem, principalmente, nos casos em que os veículos estão parados em filas formadas nos semáforos.

A estimativa da emissão destes poluentes pode ser feita por meio de duas abordagens distintas: modelagem baseada na velocidade média e modelagem dinâmica. A modelagem baseada na velocidade média se destina à elaboração de inventários em grande escala e se

baseia em dados como a quilometragem média percorrida pela frota da cidade e fatores médios de emissão, como os divulgados anualmente pela CETESB em seu relatório de qualidade do ar. No entanto, esta abordagem é incapaz de estimar as emissões resultantes de dados em nível operacional, algo necessário no trânsito urbano. Assim, a modelagem dinâmica, usada em modelos de emissão como o CMEM e VT-Micro, permite a estimação das emissões a cada segundo de um veículo ou de uma frota em vários modos de operação do veículo.

O artigo tem como objetivos estimar a concentração máxima de monóxido de carbono (CO) proveniente de veículos leves na região central de Maringá usando os fatores de emissão estimados para veículos em movimento e em fila pelo modelo de emissão CMEM adaptado por LIMA *et al.* (2011) para a frota local, além de verificar a contribuição dos veículos em fila, parados pela presença dos semáforos, na concentração de CO e avaliar as áreas atingidas pela pluma do poluente.

A escolha entre os modelos de dispersão atmosférica no Brasil tem se dado principalmente em função da disponibilidade de dados meteorológicos. Trabalhos considerando a emissão veicular e o uso dos modelos Gaussianos tem sido desenvolvido no Brasil. Tadano *et al.* (2010) consideraram a emissão veicular quando empregaram o modelo de dispersão ISCST3 na modelagem da dispersão de poluentes no município de Paulínia. Para considerar a emissão veicular, os autores distribuíram os valores do inventário de emissões veiculares entre as principais vias da cidade, onde se encontram os maiores fluxos de veículos. Cunha *et al.* (2006) usaram o Aermód para estimar a concentração de monóxido de carbono proveniente de emissão veicular na Bacia Aérea III da RMRJ e, como resultado da simulação, verificaram violações dos valores de concentração do poluente em ambos os padrões de 1 e 8 horas estabelecido pela resolução CONAMA nº 3/1990. Veloso *et al.* (2007) avaliaram os modelos Gaussianos Aermód e ISC na região de Nova Iguaçu, RJ, na estimação da emissão de SO₂, considerando, entre as fontes, 22 fontes móveis. Como resultado das simulações, verificaram, respectivamente, subestimativa e superestimativa dos valores observados pelo Aermód e ISC. No presente artigo, será usado o Aermód como modelo de dispersão, sendo também dada ênfase à emissão veicular dos veículos em filas formadas nos semáforos.

O Aermód é um modelo Gaussiano de escala local (50 km) em estado estacionário e adotado como substituto do modelo regulatório ISCST3 (EPA, 2009). Na execução do Aermód, são necessários: arquivo de dados meteorológicos de superfície e de altitude, definição de uma malha de receptores em que são estimadas as concentrações e parâmetros das fontes emissoras, tais como localização e taxa de emissão. Assim, a estrutura do artigo consiste na abordagem das características da cidade de Maringá e de sua frota (item 2), os conceitos básicos do modelo Aermód no item 3 e o item 4 apresenta os resultados obtidos com a execução do modelo. Por fim, o item 5 apresenta a conclusão e sugestões.

2. MUNICÍPIO DE MARINGÁ

Maringá se localiza a noroeste do estado do Paraná a 423,60 km da capital, Curitiba (Figura 1) e tem população estimada em 2010 de 357.077 habitantes (IBGE, 2011), apresentando um grau de urbanização em 2010 de 98,20% (IPARDES, 2011).



Figura 1: Localização de Maringá

A cidade apresenta um crescimento expressivo da frota veicular: dados apresentados pelo DETRAN e pelo IBGE demonstram que, nos últimos anos, o crescimento da frota veicular na cidade superou o crescimento populacional, fato ilustrado na Figura 2, em que se pode verificar que a relação veículo/habitante teve um aumento nos últimos anos sendo 0,61 em 2008, 0,66 em 2009 e 0,67 em 2010. Assim, Maringá pode ser caracterizada como potencial poluidor, uma preocupação apresentada no plano de controle de poluição veicular do Paraná (PCPV, 2010). O PCPV, publicado em 2010 e elaborado pelo órgão estadual do meio ambiente, apresenta, entre suas conclusões, a necessidade da expansão da rede de monitoramento da qualidade do ar para outros centros urbanos do Estado, entre os quais se tem Maringá.

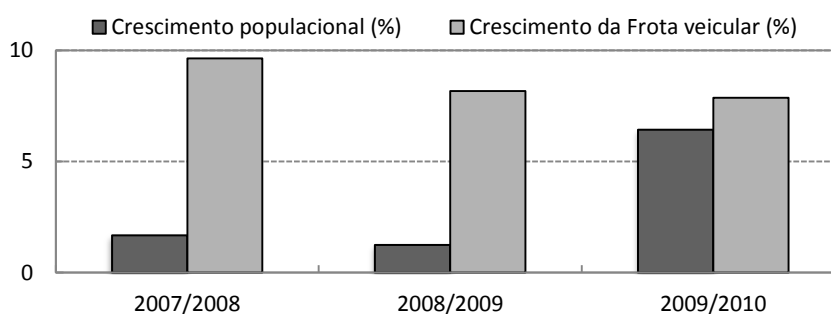


Figura 2: Crescimento populacional e da frota de veículos

3. APLICAÇÃO DO MODELO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

O Aermód é um modelo Gaussiano de estimação da dispersão atmosférica em estado estacionário desenvolvido em conjunto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e pela Sociedade Meteorológica Americana (AMS) com objetivos regulatórios. O sistema de modelagem é formado pelo modelo de dispersão (Aermód) e por dois pré-processadores: Aermet e Aermap (EPA, 2004). O Aermet fornece informações ao Aermód para caracterizar a camada limite planetária e o Aermap caracteriza o terreno e gera o grid de receptores (EPA, 2004). O Aermód é aplicável em áreas urbanas e rurais, com terreno plano e complexo, incluindo fontes pontuais, lineares, de área e volume (EPA, 2009). A área de domínio da simulação sugerida por Caputo *et al.* (2003) é de poucas dezenas de quilômetros, pois as mudanças dos parâmetros atmosféricos podem ser negligenciadas e as condições em estado estacionário podem ser assumidas.

A execução do Aermód requer como dados de entrada: parâmetros das fontes emissoras, dados meteorológicos, de altitude e de superfície, que no caso se refere ao ano de 2009, e a

definição de uma malha de receptores que represente a área de interesse. Os parâmetros de entrada serão discutidos à medida que são apresentados os tópicos: área de estudo, caracterização das fontes emissoras e caracterização das condições meteorológicas. Outros fatores que precisam ser adotados para a execução da simulação são o tipo de terreno, que no caso foi definido como complexo e o coeficiente de dispersão atmosférica, definido como urbano, seguindo o método de Auer (Auer,1978).

3.1. Área de estudo

A região de interesse na simulação com cerca de 40 km² inclui a área mais significativa da região central de Maringá (Figura 3), onde a população e o fluxo de veículos são expressivos. O shapefile georreferenciado da cidade de Maringá, com as representações das quadras foi importado pelo Aermód para facilitar a incorporação das fontes emissoras na região de estudo. As características do terreno também foram representadas na simulação, sendo incorporado pelo Aermód o modelo digital do terreno, em que foram geradas as curvas de nível mostradas na Figura 3.

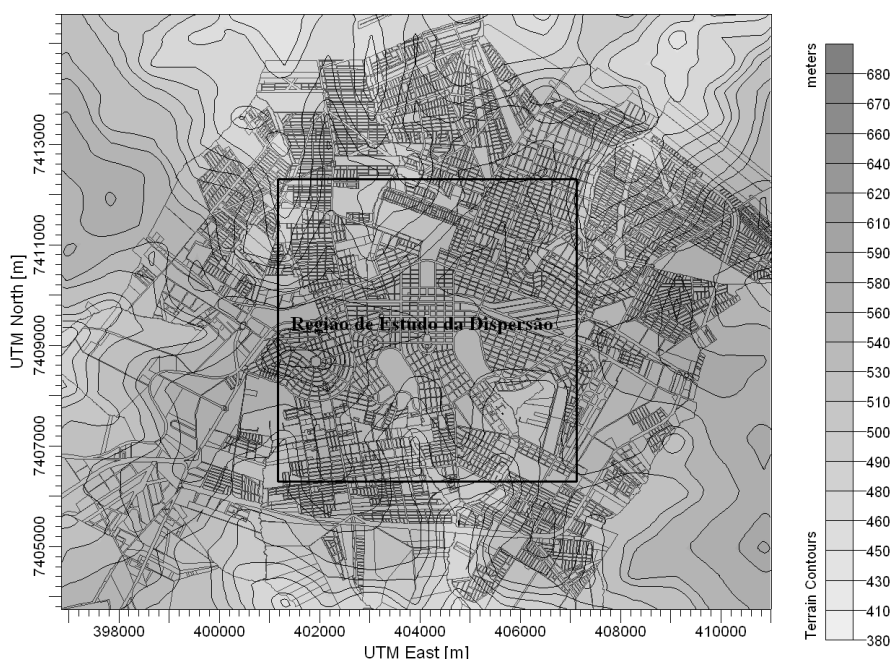


Figura 3: Área de estudos destacada, com as curvas de nível do terreno e representação das quadras

A estimativa da concentração dos poluentes se dá em pontos denominados receptores que, em um total de 179, foram tomados a uma altura de 1,5 metros e distribuídos de maneira diferenciada, sendo mais concentrados na região central da área de estudo.

3.2. Parâmetros do tráfego local

Os parâmetros do tráfego local necessários para a realização da simulação no Aermód compreendem os fluxos de tráfego, o tempo de ciclo de cada semáforo da rede, obtido junto à Secretaria Municipal de Transportes – Setran, e o comprimento de fila.

Os fluxos de tráfego usados foram obtidos a partir do levantamento realizado na região central da cidade pela Setran, no ano de 1999. Este levantamento consistiu em uma contagem volumétrica horária simples em 50 interseções realizadas no período de 6:00 às 22:00 horas, entre segundas e sextas-feiras e no período de 6:00 às 14:00 horas aos sábados. Neste

trabalho, foram usados os fluxos horários referentes ao período das 13 às 14 horas devido à análise realizada por Demarchi *et al.* (2004) com a identificação dos maiores números de picos observados nas interseções. Como estes dados são referentes ao ano de 1999, foi necessário projetar os volumes para o ano de 2009, usando o crescimento anual da frota de Maringá de 7 %, que representa um crescimento médio aproximado para a frota de Maringá no período avaliado conforme dados do DETRAN – PR (2011a, 2011b).

A estimação do comprimento de fila foi feita usando o algoritmo presente no modelo de dispersão CAL3QHC, que consiste em um modelo de tráfego baseado no Highway Capacity Manual (HCM) de 1985 (FHWA, 2006) e usa as informações do tráfego de duração do ciclo, fluxo de saturação, fluxo de veículos e do tipo de aproximação à montante da interseção, para estimar o comprimento do arco representativo de cada fila. O modelo considera a distância entre veículos de 6 metros (EPA, 1995), um valor próximo ao valor médio de 6,06 m determinado para Maringá por Demarchi *et al.* (2003).

3.3. Caracterização das fontes emissoras

As fontes emissoras consideradas na simulação são fontes lineares e representam os veículos leves em movimento e parados em filas formadas pela presença de semáforos. Estas fontes são representadas por arcos de fluxo livre (veículos em movimento) e arcos em fila (veículos parados). As coordenadas geométricas dos arcos de fluxo livre estão localizadas sobre as interseções e nos pontos inicial e final de cada via, conforme mostra a Figura 4.

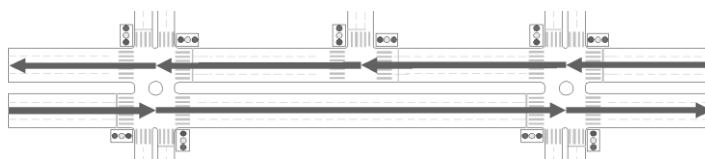


Figura 4: Arcos de fluxo livre

Para os arcos em fila, as coordenadas geométricas apresentam os pontos inicial e final de maneira diferenciada: o ponto inicial está localizado na linha de retenção do arco, ou seja, a uma distância de três metros do limite da quadra, e como ponto final, um ponto arbitrário, desde que limitado pelo comprimento da quadra (Figura 5). A determinação da coordenada final do arco em fila se dá com a estimação do comprimento de fila com o auxílio do modelo CAL3QHC (EPA, 1995).

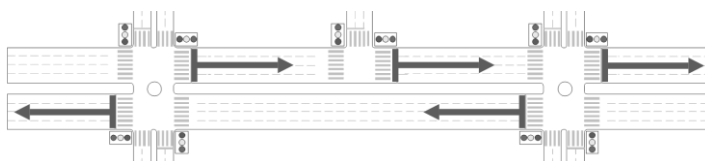


Figura 5: Arcos de fila

Além do comprimento, os arcos são também caracterizados pela largura e altura. A largura de cada arco de fluxo livre consiste na soma das larguras das faixas de rolamento, adicionados três metros de cada lado, um conceito baseado na forma como o modelo CAL3QHC representa o efeito da turbulência mecânica originada da passagem dos veículos. Para os arcos em fila, considera-se apenas a soma das faixas de rolamento que, no trabalho, adotou-se o valor de 3,2 metros, que é a largura média das faixas de rolamento encontrada na região central. A altura dos arcos foi considerada constante e igual a um metro.

As taxas de emissão foram estimadas para os dois tipos de arcos para a frota local, usando a adaptação do modelo modal CMEM feita em Lima *et al.* (2011), em que os autores adaptaram o modelo usando um veículo representativo da frota da cidade de Maringá de forma a obter o fator de emissão deste veículo representativo em qualquer modo de operação. A taxa de emissão para cada arco de fluxo livre (TE_{vm}) é dada pela Equação 1, sendo determinada com base no fator de emissão (FE) de cada veículo multiplicado pelo fluxo dos veículos (fv) e pelo comprimento do arco (LA). O fator médio de emissão para os veículos em movimento obtido no CMEM é de 8,48 g/mi-veic.

$$TE_{vm} = fv \cdot FE \cdot \frac{L_A}{1,609} \cdot \frac{1}{3600} \quad (1)$$

Para a determinação da taxa de emissão dos veículos em fila (TE_{vf}) para cada estágio de cada semáforo, deve-se, inicialmente, estimar o número de veículos parados (nv). Este número é determinado com base no comprimento de fila estimado pelo CAL3QHC. Como a fila só ocorre no tempo em que o veículo está parado, é feita uma ponderação na taxa de emissão, que é a relação entre o tempo de vermelho (tv) e o tempo total do ciclo (tc) para o respectivo estágio. A taxa de emissão dos veículos em fila é dada pela Equação 2, com fator de emissão (fe) obtido no CMEM de 90,1 g/v·h.

$$TE_{vf} = \frac{fe}{3600} \cdot \frac{tv}{tc} \cdot nv \cdot nf \quad (2)$$

Foram consideradas na simulação 371 fontes emissoras, sendo 136 arcos de fila e 235 arcos de fluxo livre. As distribuições das fontes lineares totais e as fontes dos arcos de fila estão apresentadas na Figura 6. Os arcos de fila foram considerados separadamente devido à importância deste tipo de condição de operação do veículo na formação do monóxido de carbono. Na Figura 6, observa-se além da região central uma via ao norte (acima), é a Avenida Colombo, um trecho urbano da BR376. Esta avenida foi considerada na simulação pelo fato de representar uma avenida com elevado fluxo de tráfego e que faz interseção com outras avenidas principais que atravessam a região central.

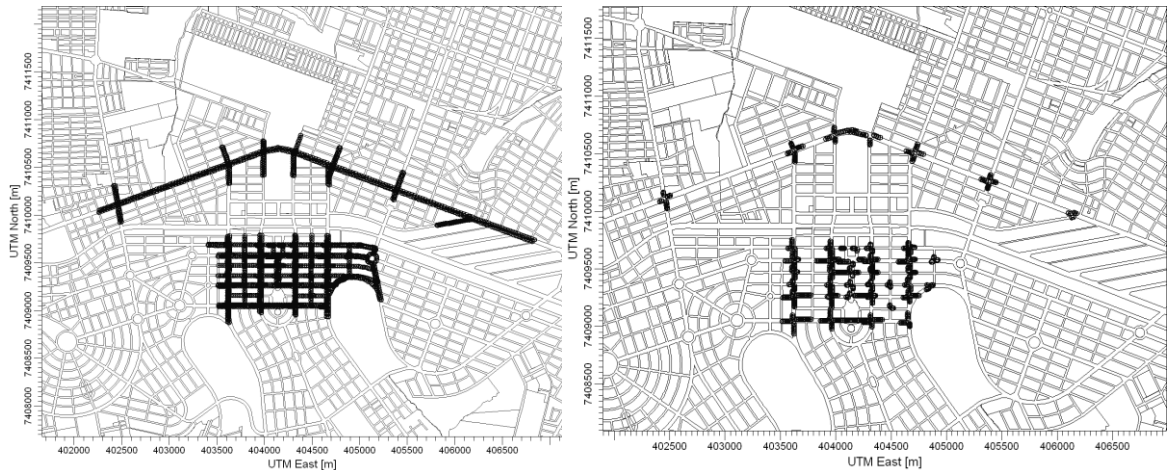


Figura 6: Distribuição dos arcos de fluxo livre (esquerda) e de fila (direita)

3.4. Caracterização das condições meteorológicas

Os dados meteorológicos horários usados no Aermód são separados em dois arquivos, de superfície e de altitude. Os arquivos meteorológicos foram obtidos diretamente da Lakes Environmental, por meio do modelo MM5. Os dados de direção e velocidade do vento para Maringá estão representados pela rosa dos ventos, ilustrada na Figura 7, onde se verifica uma

direção predominante com ângulo de 227° (sentido NE-SO).

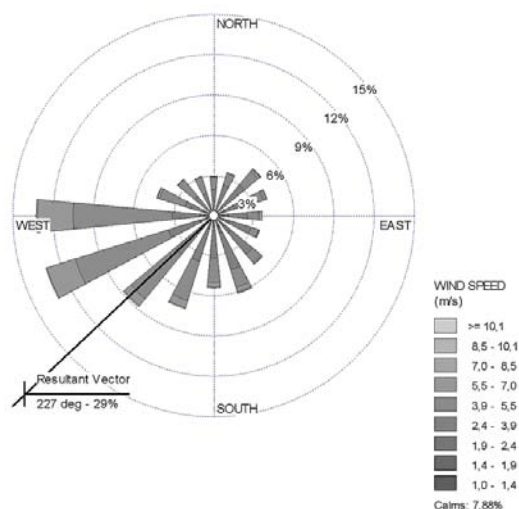


Figura 7: Rosa dos ventos para Maringá no ano de 2009

A altura da camada limite atmosférica é um parâmetro necessário à simulação da dispersão atmosférica, pois se refere à altura máxima em que os poluentes podem dispersar. A altura máxima da camada limite atmosférica gerada convectivamente e mecanicamente foi de 3060 m e de 3988 m, respectivamente, segundo o modelo MM5. Em relação à temperatura ambiente, tem-se que temperaturas mais baixas diminuem a movimentação das massas de ar, podendo prejudicar a dispersão dos poluentes (Nicodemos *et al.*, 2008). No ano de 2009, as temperaturas oscilaram entre 2,85 °C e 35,75 °C.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações máximas de monóxido de carbono e as áreas atingidas pelas plumas serão apresentadas nos itens 4.1 e 4.2.

4.1. Concentrações estimadas pelo modelo

As concentrações máximas de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) com médias de 1 e 8 horas estimadas pelo modelo para os arcos totais e de fila estão apresentadas na Tabela 1.

Médias	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Arcos totais	Arcos de fila
Horária	16.830,86	8.045,66
8 horas	10.998,45	5.136,03

Ao analisar a Tabela 1, verifica-se que a concentração máxima com média de 8 horas, para arcos totais, ultrapassou o valor estabelecido pela resolução CONAMA nº3/1990 que é de $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (padrão primário e secundário). Os veículos em fila, parados pela presença dos semáforos, representaram 47,80% e 46,69% da concentração máxima estimada pelo modelo, para médias de 1 e 8 horas, respectivamente. Estes resultados representam o impacto dos veículos parados em fila, sendo determinante sua consideração na estimativa da concentração de CO em vias urbanas.

4.2. Mapas de concentração

Os mapas de concentração gerados pelo Aermód estão ilustrados nas Figuras 8 a 11. As Figuras 8 e 10 apresentam os mapas de concentração horária máxima para os arcos totais e de fila, respectivamente. As Figuras 9 e 11 ilustram os mapas com médias de oito horas para os respectivos arcos. Por meio dos mapas, é possível avaliar a área de influência da dispersão de CO na região central de Maringá.

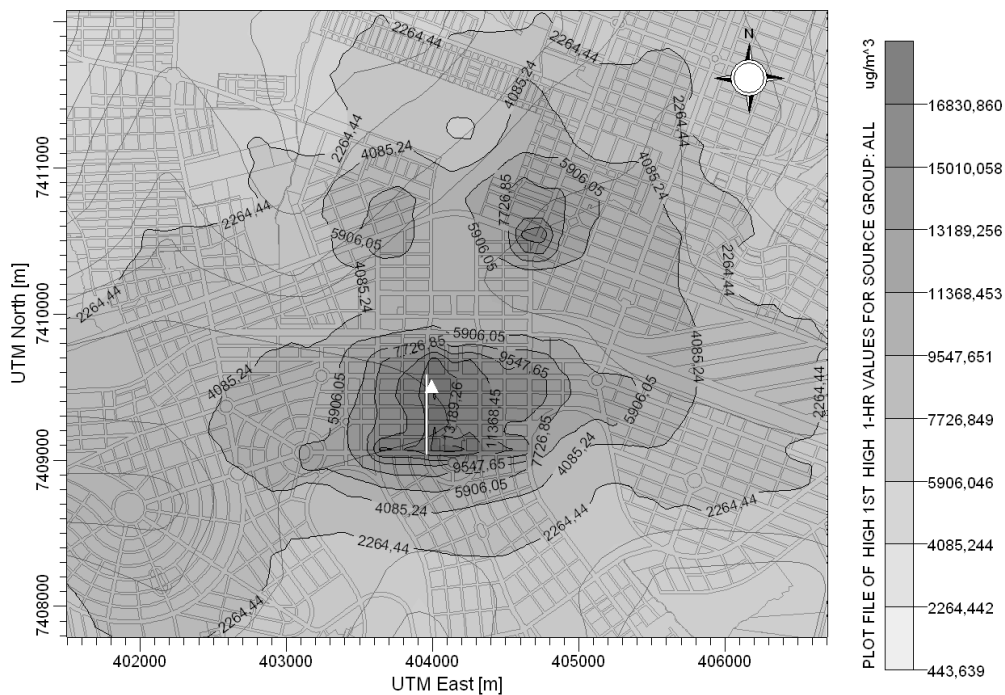


Figura 8: Mapa de concentração horária máxima de CO para arcos totais

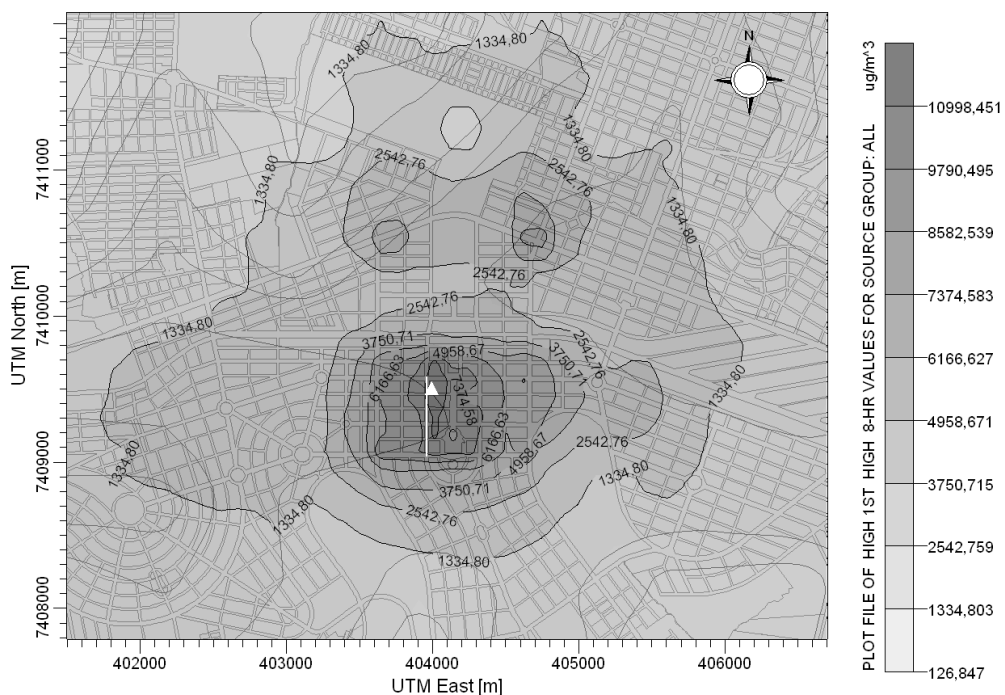


Figura 9: Mapa de concentração máxima com média de 8 horas de CO para arcos totais

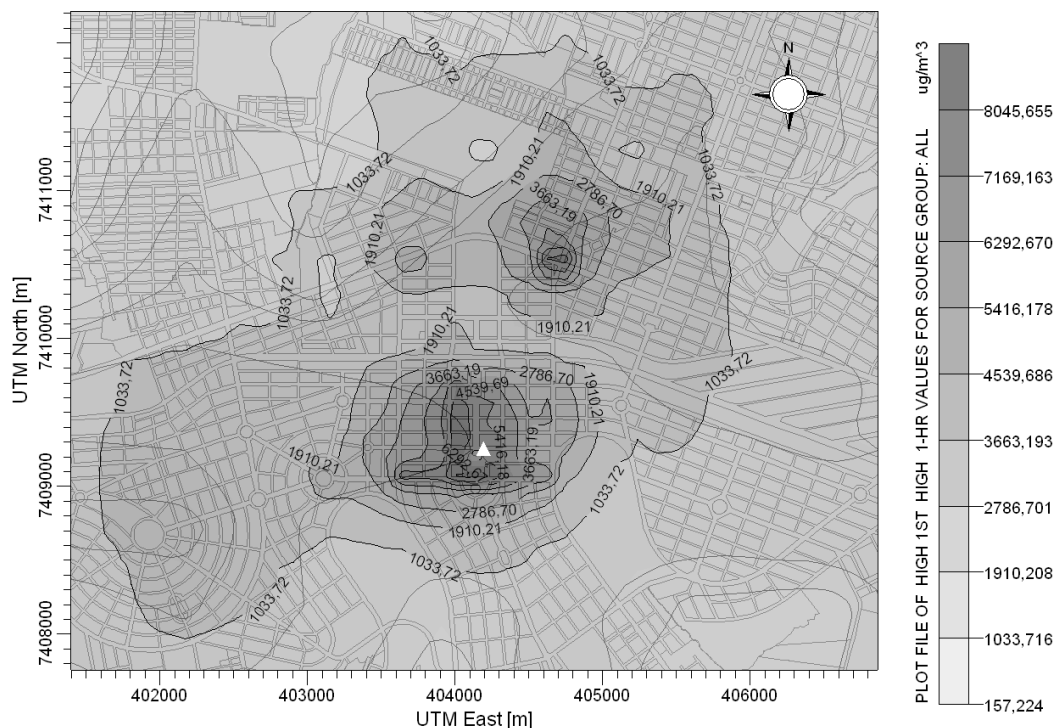


Figura 10: Mapa de concentração horária máxima de CO para arcos de fila

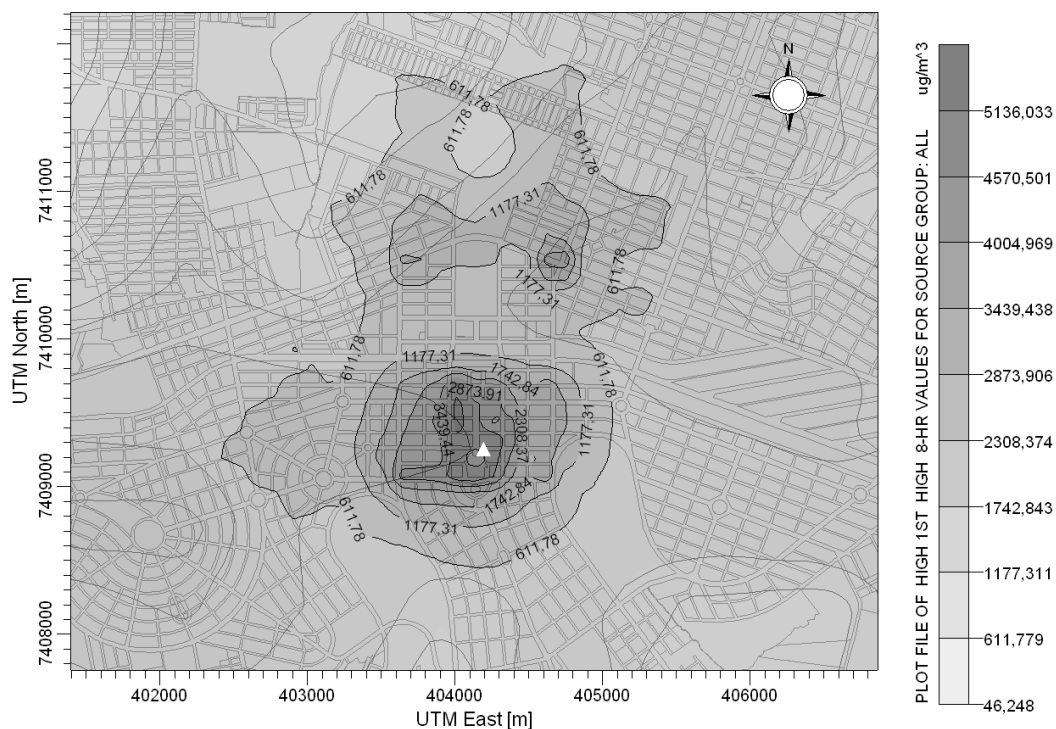


Figura 11: Mapa de concentração máxima com média de 8 horas de CO para arcos de fila

Nos mapas de concentração existem regiões em destaque (triângulo branco) que representam as localizações dos receptores com os maiores valores de concentração estimados pelo Aermod (Tabela 1).

As Figuras 8 e 9 apresentam uma reta vertical branca em destaque com a localização da Avenida Duque de Caxias. Esta avenida representa uma região de grande circulação de pessoas. Por meio do Aermod, foi possível avaliar o perfil de concentração ao longo da avenida, conforme ilustram as Figuras 12 e 13.

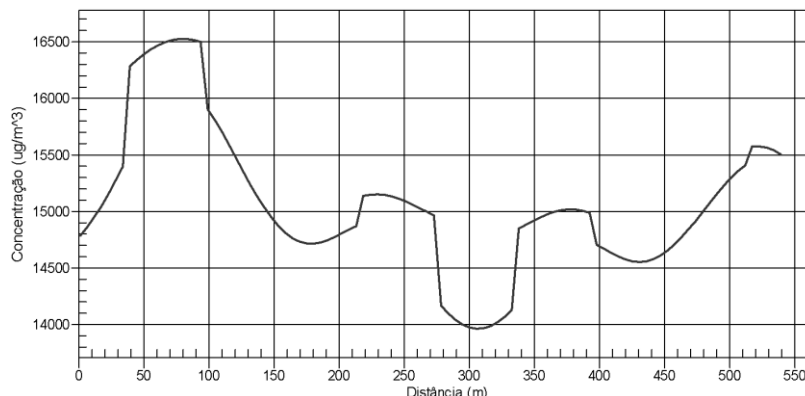


Figura 12: Perfil de concentração horária máxima na Avenida Duque de Caxias

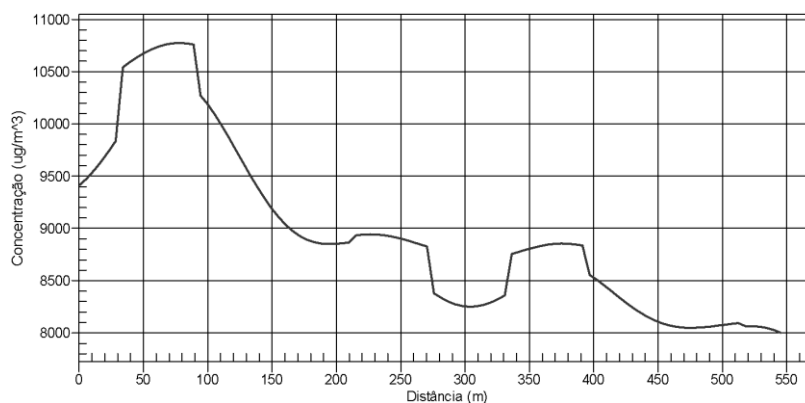


Figura 13: Perfil de concentração máxima com média de 8 horas na Avenida Duque de Caxias

Nas Figuras 12 e 13, a posição 0 m representa a interseção da Avenida Duque de Caxias com a Avenida Brasil (o ponto ao norte da reta vertical nas Figuras 8 e 9) e a posição 650 m representa a sua interseção com a Avenida Tiradentes (ponto ao sul da reta vertical nas Figuras 8 e 9). Ao avaliar o gráfico das Figuras 12 e 13, nota-se uma região (entre 0 m e 150 m) com valores mais elevados de concentração, e que para as concentrações com médias de oito horas ultrapassaram os valores estabelecidos pela resolução CONAMA nº 3/1990.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, utilizou-se o modelo de dispersão atmosférica Aermod para estimar as concentrações de monóxido de carbono proveniente da emissão veicular no centro da cidade, com dados de fluxo de veículos e arquivos de dados meteorológicos referentes ao ano de 2009. Para estimar a concentração de monóxido de carbono, as fontes emissoras lineares foram tratadas de maneiras distintas, sendo divididas em arcos de fluxo livre e arcos de fila. Os veículos em fila contribuíram com 47,80% e 46,69% da concentração máxima total, para médias de 1e 8 horas, respectivamente, evidenciando a importância em se considerar os arcos de fila devido à influência no modo de operação do motor na emissão de CO.

Em relação aos valores de concentração estimados, verificou-se que os valores estabelecidos

pela Resolução CONAMA nº 3/1990 foram ultrapassados, para média de 8 horas. Ao avaliar os resultados obtidos, conclui-se que a violação na legislação ocorre devido à consideração dos veículos em fila parados pela presença dos semáforos na área urbana, uma vez que esta emissão representou 47% da concentração total. Se apenas os veículos de fluxo livre fossem considerados o cenário não teria alcançado tal proporção.

A Avenida Duque de Caxias representa uma área de grande circulação de pessoas e de altos valores de concentração de CO o que pode ser constatado com o perfil de concentração ao longo da avenida. A presença de semáforos na avenida determina, em grande parte, a maior concentração de CO.

Apesar de os mais altos valores de concentração de CO se apresentarem na região central de Maringá, notam-se, nos mapas de concentração, regiões com níveis significantes de concentração do poluente em pontos da Avenida Colombo, principalmente nas interseções. Ao avaliar este cenário, verifica-se a necessidade de se considerar os trechos entre a região central e a Avenida Colombo para avaliar o aumento na concentração de CO. A simulação executada para Maringá considera a região antes da implantação do sistema binário em quatro avenidas principais do centro, incluindo a Duque de Caxias. Propõe-se considerar um novo cenário na simulação, considerando o sistema binário, e avaliar a influência da implantação do sistema na concentração de monóxido de carbono.

Pelo fato de não existir rede de monitoramento e dados de medidas de poluentes, não foi possível realizar a validação do modelo. No entanto, o mesmo pode ser usado de maneira qualitativa definindo regiões a partir dos resultados onde seria importante realizar medidas de concentração de CO.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Auer, A. H. Jr. (1978) Correlation of Land Use and Cover With Meteorological Anomalies. *Journal of Applied Meteorology*, pp. 636 – 643, 1978.
- Caputo, M., Gimenez, M., Schlamp, M. (2003) Intercomparison of atmospheric dispersion models. *Atmospheric Environmental*. São Carlos de Bariloche, Argentina. V. 37. P. 2435 -2449, 2003.
- CONAMA (1990) *Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente*, nº 003. Brasília, 1990.
- Cunha, B. D., D. P. Gomes, M.F.A. Velloso, M. S. Ferreira e L. C. G. Pimentel(2006) Estimativa da concentração de monóxido de carbono proveniente de emissão veicular na bacia aérea III da RMRJ via Aermod. *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, CBMET. Edição XIV – Florianópolis, 2006.
- Demarchi, S. H.; Colella, D. A. e Bertoncini, B. V. (2003) Determinação da Densidade de Congestionamento em Filas de Interseções Semaforizadas. In: *XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Rio de Janeiro, RJ. Anais do XVII ANPET. Rio de Janeiro, RJ: Lagoa, 2003. v. 1, p. 476-488.
- Demarchi, S. H.; Bertoncini, B. V. e Lima, E. P. (2004) Estimativa de uma Matriz O-D Sintética para a Região Central de Maringá utilizando o QUEENSOD. In: *XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Florianópolis, SC. Anais do XVIII ANPET. Rio de Janeiro, RJ: Lagoa, 2004. v. 2, p. 844-855.
- De Nevers, N.(2000)*Air Pollution Control Engineering*, 2nd ed., McGraw Hill.
- DETRAN-PR (2011a) *Evolução da Frota de Veículos Cadastrados no Estado do Paraná, por município – 2001/2005*. Departamento de Trânsito do Paraná, Divisão de Estatística, Paraná. Disponível em: www.detrان.pr.gov.br/arquivos/File/estatisticasdetransito/anuario2005.pdf. Acesso em 30/09/2011.
- DETRAN-PR (2011b) *Evolução da Frota de Veículos Cadastrados no Estado do Paraná, por município – 2005/2009*. Departamento de Trânsito do Paraná, Divisão de Estatística, Paraná. Disponível em: www.detrان.pr.gov.br/arquivos/File/estatisticasdetransito/anuario/2009/anuario2009.pdf. Acesso em

30/09/2011.

- EPA (1995) CAL3QHC Version 2.0. *A Modeling Methodology for Predicting Pollutant Concentrations near Roadway Intersections*. US Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC.
- EPA (2004) *Aermod : Description of Model Formulation*. US Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Emissions Monitoring and Analysis Division, Research Triangle Park, North Carolina.
- EPA (2009) *Aermod Implementation Guide*. U.S.Environmental Protection Agency North Carolina,2009.
- FHWA (2006) *Transportation Conformity Reference Guide – Section F – Chapter 14*, Federal Highway Administration. Disponível em http://www.fhwa.dot.gov/environment/conformity/ref_guid/chap14.htm. Acesso em 16/jun/2006.
- IBGE (2011) *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=411520> . Acesso em 10/07/2011.
- IPARDES (2011) *Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social*. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=87000&btOk=ok>. Acesso em: 10/07/2011.
- Lima, E. P.; S. H. Demarchi e M. L. Gimenes(2011)*Adaptação do Modelo de Emissão Modal CMEM para a Frota da Cidade de Maringá*. Acta Scientiarum. Technology (Online), v. 33, p. 17-25, 2011.
- Nicodemus, R. M., A. R.Jesus, R. F. Silva, A. J. Assis e M. A. S. Barrozo(2008) *Análise da Correlação entre Variáveis Meteorológicas e Concentração de MP10 na Cidade de Uberlândia*. Universidade Federal de Uberlândia. UFU- 30 anos (4ª Semana do Servidor e 5ª Semana Acadêmica.
- PCPV (2010) – *Plano de Controle de Poluição Veicular*. SEMA/IAP. 154 p. 2010.
- Tadano, Y. S., R. A. Mazza e E. Tomaz (2010) *Modelagem da Dispersão de Poluentes Atmosféricos no Município de Paulínia (Brasil) empregando o ISCST3*. Associação Argentina de Mecânica Computacional
- Veloso, M. F. A., B. C. D’Aiuto, L. C. G. Pimentel e J. S. P. Guerrero (2007) *Avaliação dos Modelos de Qualidade do Ar AERMOD e ISC para a Região de Nova Iguaçu, RJ*. V Workshop Brasileiro de Micrometeorologia. Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

Michely Patrícia de Bitencourt (mmichely2@yahoo.com.br)

Ed Pinheiro Lima (ed_p_lima@yahoo.com.br)

Marcelino Luiz Gimenes (marcelino@deq.uem.br)

Universidade Estadual de Maringá – UEM

Av. Colombo, 5790

Maringá, Paraná, Brasil

Bruno Vieira Bertoncini (bruviber@gmail.com)

Universidade Federal do Ceará – UFC

Av. da Universidade, 2853

Fortaleza, Ceará, Brasil