

Aplicação do modelo químico WRF/Chem no estudo de poluição na região de Los Angeles - EUA

Bruno Rafael Guimarães Jatobá ^{1*}
Rosiberto Salustiano da Silva Junior ¹
Lucia Yola Costa Fernando ¹
Rodrigo Lins da Rocha Junior ¹
Sandro Correia de Holanda ²
Thays Paes de Oliveira ¹

¹ Universidade Federal de Alagoas - Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT)
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP
57072-900

² Universidade Federal de Alagoas - Centro de Ciências Agrárias (CECA)
BR 104, s/n – Zona Rural, Rio Largo – AL, Brasil, CEP 57100-000

bruno.jatoba@icat.ufal.br
rosibertojr@gmail.com
yolafernando7@gmail.com
rrodrigo.junior@hotmail.com
sandrocholanda@gmail.com
thaysoliveira13@gmail.com

Abstract

The pollution in the urban centers is one daily problem faced where chemistries species are influence by topographic characteristics and meteorology factors it is necessary draw up governments policies with the objective of the rates control and pollutants reduction. The high concentration influence on respiratory and heart diseases in the urban population for particulate propagation. Conditions of atmospheric stability affect in the number of chemistries species accumulates and speed wind help in the dispersion. The variation topography and urban characteristics influences in reducing air quality. Computational tools are essential for perform studies with the use chemistry-meteorological models in the checking of accumulation and scatter pollutants. Various studies were realized using simulation for verification of the pollutants concentrations in different parts on United States of America. The mesoscale model WRF/Chem was employed for verification of CO and PM10 concentrations in Los Angeles city (L.A) between the days 05/06/2010 and 08/06/2010 with the start and finish the 0Z. For generations of figures and graphics was use GrADS software with input data the output model. The maximum concentration values were, respective, 0.6 ppm and 80 μgm^{-3} in 06/06/2010 at 11Z and 16Z due to intensive traffic of vehicles in L.A. Both rates were less than the extremes pattern levels established by environments agencies.

Keywords: atmospheric modelling, concentration, dispersion, modelagem atmosférica, concentração, dispersão

1. Introdução

O aumento da emissão e concentração dos poluentes vem sendo um problema, enfrentado principalmente nas grandes cidades, desde o começo do século XX (Silva Junior e Andrade, 2013) onde as mudanças na qualidade do ar afetam diariamente a população superando os padrões estabelecidos por leis regidas por diferentes órgãos ambientais (Freitas et.al, 2009) causando efeitos adversos a saúde (Germano et.al, 2014) devido ao alto poder de propagação após serem emitidos para a atmosfera dando origem a doenças. A compreensão dos processos de dispersão é necessária para verificar os impactos em diferentes meio-ambiente envolvidos (Moreira et.al, 2013) onde o rápido processo de urbanização necessita da aplicação de

estratégias para o controle da poluição de maneira eficiente (Parrish et.al, 2011). O Monóxido de Carbono (CO) e Material Particulado (PM) são poluentes que tem como fonte principal a emissão veicular causando problemas adversos a saúde respiratória e cardiovascular tendo como níveis críticos quando atingem valores acima de 4 ppm e $150 \mu\text{gm}^{-3}$ (Jatobá et.al, 2015).

A estabilidade atmosférica influencia na quantidade de poluentes concentrados na porção da atmosfera mais próxima à superfície. Durante o período da noite, com a diminuição de movimentos que facilitam a dispersão dos poluentes, aumenta a concentração dos mesmos influenciado pela diminuição da Camada Limite Atmosférica (CLA) (Jatobá et.al, 2015) e a dispersão é inicialmente controlada pela turbulência no interior da CLA (Chang e Hanna, 2004). A circulação dos ventos, a alguns metros de altura acima da superfície terrestre, influencia no transporte e dispersão dos poluentes realizadas pelas atividades antropogênicas (Michelson e Bao, 2008). A espessura da CLA é influenciada pelos fluxos de calor latente e de calor sensível que são mais intensos ao longo do dia ocasionando atividade convectiva pelo maior aquecimento da superfície aumentando a camada limite contribuído pela turbulência dos ventos (Malheiros e Dias, 2004) facilitando o espalhamento dos poluentes.

A topografia influencia na quantidade de poluentes concentrados e dispersos na atmosfera. Segundo Bao et.al (2008), a topografia, em conjunto com as condições meteorológicas, é um fator que acarreta numa qualidade do ar péssima e o aumento da concentração de partículas químicas nos centros urbanos é reflexo da existência de edifícios que funcionam como barreiras físicas resultado de uma má circulação do vento em regiões de “terrenos complexos” (Jatobá et.al, 2015).

A modelagem atmosférica é uma ferramenta largamente utilizada nas diversas áreas da meteorologia onde os modelos regionais de qualidade do ar são muito úteis para o estudo de poluição do ar (Chen et.al, 2013). Será utilizado no presente artigo o modelo WRF/Chem (*Weather Research and Forecast/Chemistry*) frequentemente utilizado para previsão de condições meteorológicas durante períodos de estagnação em altas concentrações de poluentes (Zhang et.al, 2014).

Durante o período de 15/12/2000 a 06/01/2001, Zhang et.al (2014) realizou um estudo no Vale San Joaquim na região da Califórnia (EUA) para verificar a qualidade do ar através do modelo WRF/Chem usando PM 10 e PM 2.5 onde teve concentrações máximas de PM2.5, a partir de partículas oriundas de motores a diesel, de $13,6 \mu\text{gm}^{-3}$. Yegonorova et.al (2011) aplicou o mesmo modelo computacional para 8 a 11 de julho de 2007 para a região leste dos Estados Unidos teve uma subestimação na concentração de ozônio a nordeste de 5 a 8 ppbv e superestimação de 16 ppbv a sudeste. Chen et.al (2013) obteve como resultado para a cidade de Los Angeles (EUA), entre os dias 27/05 a 15/06, onde o modelo em relação ao observado teve subestimação de ozônio, superestimação de NO e NO₂.

O presente artigo tem o objetivo de fazer simulações, através do modelo WRF/Chem, para a cidade de Los Angeles (EUA) no período 05 a 08 de junho de 2010 para estimar a concentração de poluentes.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

Foi utilizado a cidade de Los Angeles (Figura 01), situada na costa oeste dos Estados Unidos da América a uma altitude média de 25 m entre as coordenadas (34°1'10''N;118°24'40''O), compreendendo uma área de 1.273,80 km² e uma população de 3.792.621 habitantes. Problemas de alta concentração de material particulado e outros compostos químicos são mais intensos durante o inverno (Pun et.al, 2009). Situado em uma região com topografia composta por um extenso vale central onde uma série de estudos verificaram que os problemas na circulação dos poluentes são influenciados por ventos em níveis baixos (Bao et.al, 2008) e eventos de estagnação da atmosfera favorece na acumulação dos elementos químicos emitidos (Parrish et.al, 2011).

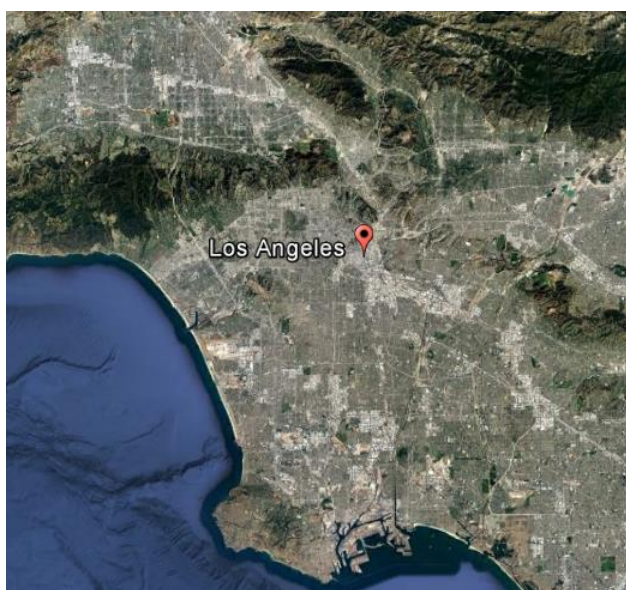


Figura 01: Localização da cidade de Los Angeles obtida no software *Google Earth*. Fonte: *Google Earth*, 2016.

2.2. Modelo WRF/Chem

O WRF/Chem é compreendido em um modelo meteorológico desenvolvido e rodado juntamente com a parte química de forma online o “estado da arte” da atmosfera (Freitas et.al, 2009). Classificado como um modelo euleriano onde leva em consideração a dispersão de poluentes um ponto referencial da superfície terrestre (Rizza et.al, 2007) e os parâmetros de turbulência são fundamentais para o comportamento da dispersão dos poluentes (Moreira et.al, 2013) levando em consideração também o efeito da velocidade do vento (Chang e Hanna, 2004). Foi utilizado a versão 3.7 do modelo WRF/Chem rodando para o 1° domínio com resolução espacial de 1 km para o período de 05/06/2010 a 08/06/2010.

2.3 GrADS

O software GrADS (Grid Analysis and Display System) foi usado para gerar as figuras e gráficos da concentração dos poluentes a partir da saída do modelo WRF/Chem, obtidos em

pontos de grades, através do desenvolvimento de scripts considerando a variação espacial conforme os referencias de latitude, longitude e altitude com a mudança temporal.

2.4 Simulação

Inicialmente foi baixado dados globais de reanálises do NCEP para alimentar a parte meteorológica do modelo. Em seguida, foi inserido as informações geográficas (latitude e longitude), de tempo e as opções químicas do modulo químico no arquivo de entrada (*namelist.input*) para gerar a saída do modelo (*wrfout*). Por fim, desenvolveu-se scripts, em linguagem compreendida pelo GrADS, para serem obtidas as informações da saída do WRF/Chem sob a forma de imagens e gráficos a cada 1h com intervalo de 6s. para as espécies químicas: Monóxido de Carbono (CO) e Material Particulado (PM 10) tendo em vista que são os que mais influenciam na poluição nos grandes centros urbanos.

3. Resultados e Discursão

3.1 Monóxido de Carbono

Foi observado na simulação a variação da concentração de CO na região de estudo com o tempo (Figura 02) onde sofre um aumento logo após as 0Z tendo como pico máximo próximo as 12 Z e decrescendo ao longo da tarde e à noite. Na coordenada de Los Angeles (L.A), o maior e menor valor foi próximo a 0.6 ppm as 11 Z (Figura 03) do dia 06/06/2010 e 0.1 ppm as 0Z em 05/06/2010 respectivamente. O aumento na quantidade concentrada dessa espécie química pode ser atribuído a uma dificuldade na dispersão por haver obstáculos que impedem o transporte da quantidade de poluente emitida principalmente pelos veículos automotores. Os valores da acumulação de CO na atmosfera de L.A estiveram abaixo do valor padrão crítico de 4 ppm.

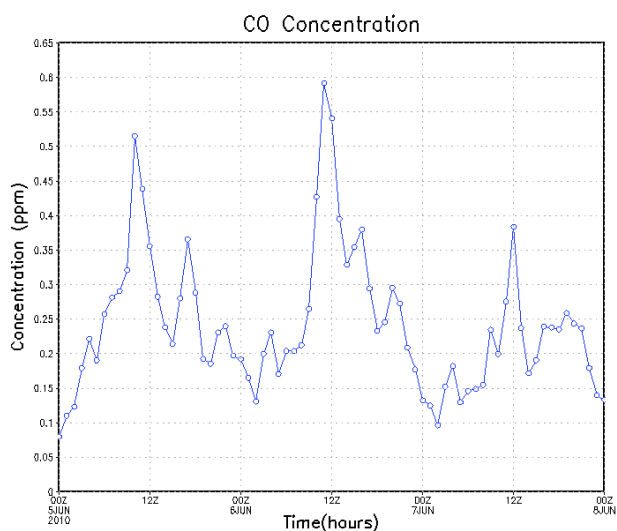


Figura 02: Variação da concentração de Monóxido de Carbono entre os dias 05 a 08 de junho de 2010. Fonte: Autor, 2016.

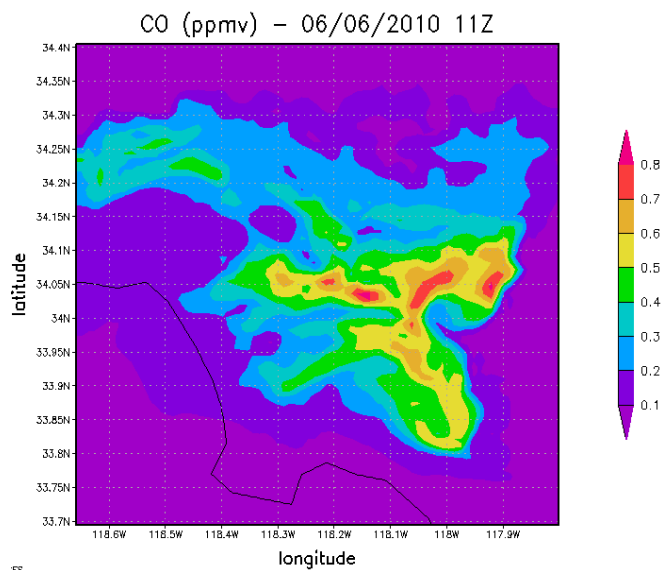


Figura 03: Distribuição espacial da concentração do Monóxido de Carbono as 11 Z no dia 06/06/2010. Fonte: Autor, 2016.

3.2 Material Particulado

Na simulação de Material Particulado, “setado” nas referências de L.A, foi observado a variação onde os maiores valores de concentração foram as 16Z e os menores próximo as 6h (Figura 04) aumentando após ao meio dia e diminuindo depois das 16Z. O valor máximo da série de estudo foi pouco mais que $80 \mu\text{g m}^{-3}$ no dia 06/06/2010 (Figura 05). O alto índice de PM 10 é justificado pelo aumento do trafego veicular sendo um indicativo do grau de poluição sob a forma de micropartículas com diâmetros menores que $10 \mu\text{m}$ afetando a qualidade de vida da população. Os valores gerados no modelo para L.A estiveram abaixo de $150 \mu\text{g m}^{-3}$.

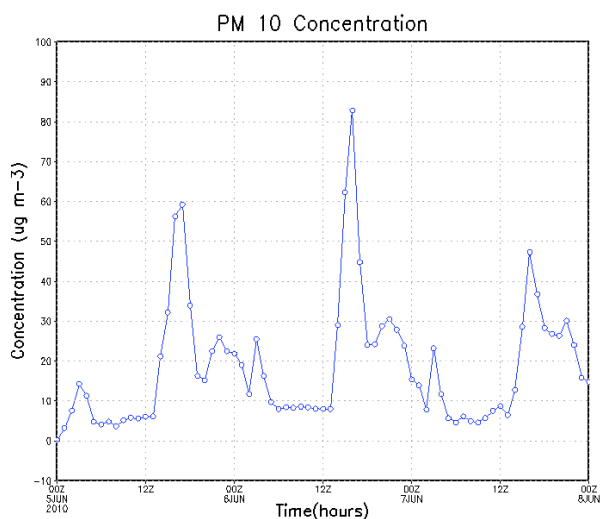


Figura 04: Variação da concentração de Material Particulado $10 \mu\text{m}$ entre os dias 05 a 08 de junho de 2010. Fonte: Autor (2016)

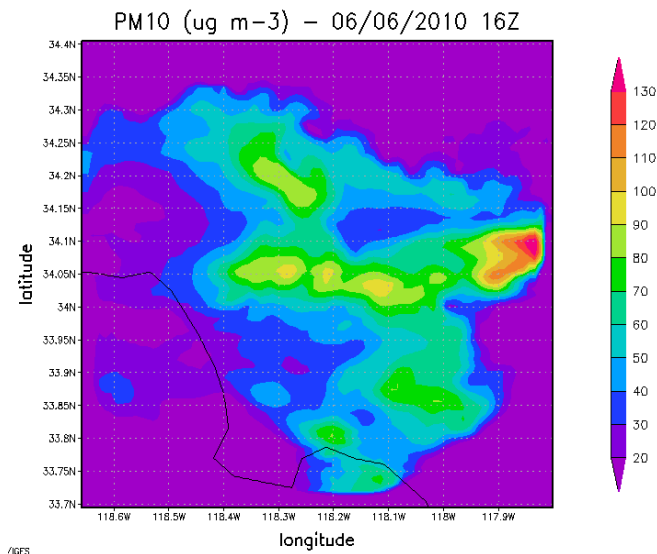


Figura 05: Distribuição espacial da concentração de PM 10 as 16 Z no dia 06/06/2010. Fonte: Autor, 2016.

4. Conclusões

Este trabalho mostrou a aplicação da modelagem atmosférica para estudos de poluição atmosférica usando os poluentes CO e PM10 onde foi verificado que as maiores concentrações estiveram, respectivamente, as 11Z e 16Z do dia 06/06/2010, abaixo dos níveis críticos estabelecidos pelos órgãos de saúde atribuídas a intensidade do trânsito ocasionando problemas adversos a população. A variação da quantidade da concentração de diversas espécies químicas nos grandes centros urbanos é controlada pela característica topográfica e urbanas da região impedindo ou facilitando o transporte dos poluentes.

Agradecimentos

Agradecemos a FAPEAL pela concessão de bolsa para o desenvolvimento de pesquisas no Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT/UFAL

Referências Bibliográficas

- Bao, J.W.; Michelson, S.A.; Persson, P.O.G.; Djalalova, I.V.; Wilczak, J.M. Observed and WRF-Simulated Low-Level Winds in a High-Ozone Episode during the Central California Ozone Study. *Journal of Applied Meteorological and Climatology*, v.47, p. 2372-2394, 2008.
- Chang, J.C.; Hanna, S.R. Air quality model performance evaluation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, v.87, p.167-196, 2004.
- Chen, D.; Li, Q.; Stutz, J.; Mao, Y.; Zhang, L.; Pikelnaya, O.; Tsai, J.Y.; Haman, C.; Lefer, B.; Rappengluck, B.; Alvarez, S.L.; Neuman, J.A.; Flynn, J.; Roberts, J.M.; Nowak, J.B.; Gouw, J.; Holloway, J.; Wagner, N.L.; Veres, P.; Brown, S.S.; Ryerson, T.B.; Warneke, C.; Pollack, I.B. WRF-Chem simulation of NO_x and O₃ in the L.A basin during CalNex-2010. *Atmospheric Environment*, v.81, p. 421-432, 2013.
- Freitas, S.R.; Longo, K.M.; Rodrigues, L.F. Modelagem numérica da composição química da atmosfera e seus impactos no tempo, clima e qualidade do ar. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.2, 188-207, 2009.
- Germano, A.S.; Silva Junior, R.S.; Moura, M.A.L.; Nascimento, G.C.; Melo, A.L.B. Estimativa da concentração de monóxido de carbono no município de Maceió, utilizando o modelo WRF/Chem. In: *Simpósio Regional de*

Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto -GEONORDESTE, 59., p. 319-322, Aracaju. Disponível em: <<http://www.resgeo.com.br/geonordeste2014/anais/doc/pdfs/59.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

Jatobá, B.R.G.; Silva Junior, R.S.; Gomes, H.B.; Rocha Junior, R.L.; Fernando, L.Y.C.; Oliveira, T.P.; Almeida, H.C. Validação de resultados da simulação de poluentes químicos para a Região Metropolitana de Santiago usando o modelo WRF/Chem. Anais do IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia, Santa Maria-RS, 2015.

Malheiros, A.L.; Dias, N.L. Determinação pratica da altura da camada limite atmosférica para a aplicação em modelos de dispersão de poluentes. Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004. Disponível em: <www.cbmet.com/cbm-files/22-c08c711bac0e2d6f64cceaff477dc723.doc>. Acesso em: 10 jun. 2016.

Michelson, S.A.; Bao, J.W. Sensitivity of Low-Level Winds Simulated by the WRF Model in California's Central Valley to Uncertainties in the Large-Scale Forcing and Soil Initialization. Journal of Applied Meteorological and Climatology, v.47, p. 3131-3149, 2008.

Moreira, D.M.; Goulart, A.G.; Moraes, M.R. A model employing integral transform method to simulate pollutant dispersion in atmosphere. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, n.4, 373-381, 2013.

Parrish, D.D.; Singh, H.B.; Molina, L.; Madronish, S. Air quality progress in North American megacities: A review. Atmospheric Environment, v.45, 7015-7025, 2011.

Pun, B.K.; Balmore, R.T.F.; Seigner, C. Modeling wintertime particulate matter formation in central California. Atmospheric Environment, v.43, p.402-409, 2009.

Silva Junior, R.S.; Andrade, M.F. Validação de poluentes fotoquímicos e inclusão do inventario de emissões no modelo de qualidade do ar WRF/Chem, para a Região Metropolitana de São Paulo. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, n.1, 105-121, 2013.

Rizza, U.; Carvalho, J.C.; Moreira, D.M.; Moraes, M.R.; Goulart, A.G. A global analysis of the atmospheric pollutant modelling. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.1, 1-9, 2007.

Yegorova, E.A.; Allen, D.J.; Loughner, C.P.; Pickering, K.E.; Dickerson, R.R. Characterization of an eastern U.S air pollution episode using WRF/Chem. Journal of geophysical research, v.116, 1-21, 2011.

Zhang, H.; DeNero, S.P.; Joe, D.K.; Lee, H.H.; Chen, S.H.; Michalakes, J.; Kleeman, M.J. Development of a source oriented version of the WRF/Chem model and its application to the California regional PM10/PM 2.5 air quality study. Atmospheric Chemistry and Physics, v.14, p.485-503, 2014.