

COMPARAÇÃO DA DISPERSÃO DO POLUENTES H₂S E NH₃ DO LIXÃO DE MACEIÓ-AL SIMULADA PELO MODELO HYSPLIT E POR UM MODELO GAUSSIANO – ESTUDO DE CASO

Glauber Lopes Mariano¹, Marcos Antônio Lima Moura², Carlos Alexandre dos Santos Querino², Ericka Voss Chagas² e Maria Paulete Pereira Martins Jorge¹

RESUMO

A cidade de Maceió, devido à quase não existência de indústrias poluidoras, possui o seu Lixão, localizado no bairro de Cruz das Almas (LAT 09°33' S; LON 35°46' W) como uma das principais fontes de emissão de poluentes atmosféricos. Um dos principais problemas é a emissão de gases produzidos pela atividade bacteriana no lixo, que ocorre essencialmente durante o ano todo, sendo mais percebido pela população circunvizinha no período chuvoso (abril, maio, junho e julho). Os poluentes emitidos que mais se destacam são a Amônia (NH₃) e o Sulfeto de Hidrogênio (H₂S) devido ao seu poder odorífero. O objetivo principal deste trabalho é comparar a simulação da dispersão dos poluentes citados através do modelo HYSPLIT e de um modelo gaussiano adaptado para as condições do lixão. Constatou-se a importância da estabilidade atmosférica, velocidade do vento, temperatura do ar e do solo para a dispersão dos poluentes. O raio da máxima concentração nas simulações do HYSPLIT_4 foi entre 2 e 11km enquanto as simulações pelo modelo gaussiano mostrou uma maior concentração até 3km, na direção do vento, da fonte poluidora.

ABSTRACT

The city of Maceió, due to the almost non-existence of pollutant industries, has its landfill, located at Cruz das Almas (LAT 09°33' S; LON 35°46' W), as one of the main sources of atmospheric pollutants emission. The main reason of complaint by the inhabitants of its surroundings: the emission of gases produced by the bacterial activity, which occurs essentially throughout the whole year, being most noticed by the inhabitants in the wet period (April, May, June and July). The main pollutants emitted are Ammonium (NH₃) and Hydrogen Sulfide (H₂S), due to their smell. The main objective of this work is to simulate the dispersion of the pollutants mentioned, through the HYSPLIT_4 model and a gaussian model adapted for the landfill's condition. It was also noticed the importance of atmospheric stability, wind velocity, air and soil temperature for the pollutants dispersion. The ratio of maximum concentration in the HYSPLIT_4 simulations were between 2-11km, while the simulations through the Gaussian model showed a higher concentration up to 3km, in the wind direction, of the pollutant source.

Palavras Chaves: Meteorologia, Poluentes e Dispersão.

INTRODUÇÃO

A decomposição da matéria orgânica contida nos resíduos sólidos depositados em aterros sanitários sejam eles controlados ou não (lixões), se inicia primeiramente por via aeróbica e posteriormente, quando todo o oxigênio tenha sido consumido, por via anaeróbica. Este processo

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Av dos Astronautas, 1758 – São José dos Campos (SP) – (55)(12)3945-6830
glauberm@cptec.inpe.br

² Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus A. C. Simões, BR 104 – Norte, Km 97, Cidade Universitária - Maceió - AL

conduz a formação de um biogás conhecido por gás do lixo (GDL), gás de vertedero (GDV) ou “landfill gás” (LFG). A diferença entre o que ocorre em uma fermentação aeróbica, em que as bactérias que participam do processo dispõem de oxigênio suficiente e liberam dióxido de carbono, e no processo anaeróbico é que se divide em duas fases: na primeira, as bactérias transformam os resíduos orgânicos em álcool, aldeídos e ácidos para que na segunda fase esses compostos sejam transformados em dióxido de carbono e metano (Villarrubia & Villarrubia, 2003).

As informações meteorológicas, variando no tempo, necessárias para os modelos de qualidade do ar, incluindo os efeitos da turbulência, podem vir de observações ou de saídas de modelos meteorológicos. Estes podem ser classificados ainda como diagnósticos ou prognósticos. Os modelos diagnósticos utilizam observações meteorológicas ou saídas de outros modelos para produzir os campos de velocidade necessários aos modelos de dispersão (Moraes, 2001).

Durante o período chuvoso o principal problema que afeta a população residente próximo ao lixão é a emissão de gases odoríferos oriunda da atividade bacteriana no lixo depositado. Conforme Farquhar e Rovers (1973), as características biológicas do material dos lixões através dos processos de degradação geram gases. Os gases mais abundantes são o CO₂ (gás carbônico) e o CH₄ (metano) que, atuam como sumidouros do oxigênio do solo, até mais do que por seu efeito tóxico direto. Contudo, apesar desses gases serem os mais abundantes emitidos pelos lixões, a Amônia (NH₃) e o Sulfeto de Hidrogênio (H₂S) desempenham um papel importante, pois possuem forte odor característico de material em decomposição incomodando por demais os moradores.

Shusterman (1992) afirma que os Sulfetos podem causar odores desagradáveis mesmo em baixas concentrações, porém estas concentrações estão muito abaixo do nível necessário para produzir toxidade, significando que os odores produzidos pelo lixo representam mais um incômodo público do que um problema de saúde. Porém, um simples cheiro de odor desagradável causa, em algumas pessoas, náuseas, dores de cabeça, etc.

DADOS E METODOLOGIA

A região em estudo é a circunvizinhança afetada direta e indiretamente pelo lixão de Maceió (LAT 09°33' S; LON 35°46' W). A cidade de Maceió está situada na região leste do estado de Alagoas cobrindo cerca de 511 km² e com uma população estimada em aproximadamente 800 mil pessoas (IBGE, 2002). A região apresenta precipitação anual bastante variável e sofre grande influência de sistemas de grande escala, com direção de ventos alísios predominantemente de sudeste.

O período de estudo foi entre 20/06/2005 a 04/07/2005, localizado dentro do período chuvoso que é caracterizada para a costa leste do nordeste (ENEB) nos meses de Abril, Maio, Junho e Julho. Para este trabalho escolheu-se o evento do dia 28/06/2005 para estudo de caso.

Para simulação numérica da dispersão dos poluentes do lixão utilizou-se o modelo HYSPLIT_4 (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory – versão 4.0). Utilizou-se gráficos de trajetória e dispersão dos poluentes produzidos e visualizados através do próprio modelo.

O método de cálculo do modelo é híbrido entre as aproximações Euleriana e Lagrangiana. Os cálculos da advecção e da difusão são realizados em um sistema Lagrangiano, enquanto os cálculos de concentrações em uma grade fixa (método Euleriano). O transporte e a dispersão dos poluentes são calculados assumindo que uma pluma (puff) simples irá se expandir até seu tamanho exceder a grade de uma célula meteorológica e então irá se dividir entre várias plumas. A aproximação do modelo HYSPLIT_4 combina os métodos “puff” e o de partícula assumindo que ocorre uma distribuição tipo “puff” na horizontal e “partícula” na direção vertical.

Moreira & Tirabassi (2004) afirmam que a maior parte dos modelos operacionais para a estimativa da dispersão de gás e partículas é baseada na aproximação Gaussiana, o mesmo tipo utilizado neste trabalho. O modelo Gaussiano é fundamentado do pressuposto teórico na solução exata, mas não real, da equação de transporte e difusão na atmosfera, no caso em que o vento e o coeficiente de difusão turbulenta são constantes com a altura. A solução é forçada a representar situações reais através de parâmetros empíricos, os chamados "sigmas".

O fundamento básico para o estudo da dispersão de poluentes na atmosfera é a equação de difusão. No modelo proposto neste trabalho foi utilizado uma solução semi-empírica da equação de difusão proposto por Koogler (1967).

Sua expressão é dada por:

$$C(x, y, z) = \frac{Q \cdot D}{2 \cdot \pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

A equação acima é obtida considerando a hipótese da distribuição normal bi-dimensional de um poluente emitido continuamente por uma fonte e dispersado pelo vento. Esse poluente pode ou não se decompor com o vento.

No presente trabalho, as emissões são consideradas contínuas durante intervalos de tempo maior ou igual ao tempo que a pluma leva para ir do ponto onde está localizada a fonte emissora ao ponto onde se deseja obter as concentrações. Soltani-Ahmadi (2000) afirma que a concentração típica de Amônia e de Sulfeto de Hidrogênio é entre 0-0,2ppm e 0-200ppm respectivamente. Dessa forma, utilizou-se um valor médio de 0,1ppm para Amônia e 100ppm para Sulfeto de Hidrogênio. Portanto nesse item foram inseridos os valores de 0,235g-h⁻¹ e 235,268 g-h⁻¹ para os gases analisados.

RESULTADOS

Estudo de Caso – 28/06/2005

O dia em questão foi escolhido pela ocorrência de precipitação no dia anterior, bem como na manhã do dia em análise. Além disso, após essa precipitação foram registrados altos valores de radiação solar. A radiação solar posterior à ocorrência de precipitação aumenta a atividade bacteriana no lixo, aumentando a emissão dos gases odoríferos, o que faz este dia bom para análise.

Inicialmente a análise da direção do vento mostrou que a mesma permaneceu praticamente constante durante todo o dia (aproximadamente 180°). Contudo, percebe-se uma variação na velocidade do vento em 3 períodos distintos: durante a madrugada, entre 5h e 18h e no final do dia. A variação da velocidade do vento no período da madrugada ocorreu devido à precipitação registrada neste horário, que cessou no final da madrugada. Dessa maneira a atividade bacteriana se iniciou logo no início da manhã e perdurando todo o dia por causa dos altos valores de radiação solar registrados.

O período escolhido para simulação foi entre 09h e 10h, pois neste período, além dos altos valores de radiação solar já mencionado, a direção e velocidade do vento foram constantes, sendo, portanto capaz de analisar melhor o resultado do modelo.

A dispersão dos poluentes simulada (figura 1) mostrou uma máxima concentração neste período de $1,9 \cdot 10^{-11} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ para a amônia e de $1,9 \cdot 10^{-08} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ para o sulfeto de hidrogênio, ficando claramente perceptível um erro referente a direção da dispersão desses poluentes. O modelo indica uma direção do vento de Oeste-Noroeste, enquanto os dados coletados pela EMA mostram que deveria ser Norte. Ainda através da figura observa-se que o modelo simula uma área atingida pelos poluentes (área amarela) de aproximadamente 3km.

Em contraste com a simulação do HYSPLIT, o modelo gaussiano (Figura 2) mostra a direção da dispersão da amônia emitida pelo lixo em concordância com os dados coletados. A máxima concentração alcançada nesta simulação foi de $6,1 \cdot 10^{-05} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$, para a amônia e de $7,6 \cdot 10^{-02} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ para o sulfeto de hidrogênio.

O perfil vertical da atmosfera no horário da simulação dos modelos constata-se que a atmosfera se encontrava aproximadamente estável, contribuindo para uma não dispersão dos poluentes na área. A análise do resultado dos modelos mostra que os poluentes não foram bem dispersos (o valor 4, por exemplo, na simulação do modelo gaussiano só está presente nas primeiras 2 quadrículas, 400m na direção do vento) atingindo aproximadamente 1km na direção do vento.

Os raios das máximas concentrações nas simulações variam geralmente entre 2 e 11km de distância da fonte emissora pelo modelo HYSPLIT e até 3km nas simulações pelo modelo gaussiano.

A análise da estabilidade atmosférica nos eventos simulados mostrou que ambos os modelos indicam uma maior concentração como consequência de uma menor dispersão dos poluentes durante os períodos com maior estabilidade atmosférica, principalmente durante a madrugada e início da manhã.

O cálculo das concentrações dos poluentes estudados simulados nos modelos mostrou ter influência direta principalmente dos seguintes fatores: estabilidade atmosférica, velocidade do vento, temperatura do ar e temperatura do solo. Contudo, a emissão dos poluentes durante o período chuvoso possui relação com a ocorrência de dias com precipitação anteriores à simulação com altos valores de radiação solar global no dia da simulação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPEAL pelo apoio do projeto e a bolsa de pesquisa dos autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FARQUHAR G. J., ROVERS F. A. Gas production during refuse decomposition, Dept. of Civil Engineering, Ontario-Canadá, 24p. 1973.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo demográfico. Disponível em www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default.shtm. Acesso em 15 de agosto de 2002.
- MORAES, M. R. Implementação de um sistema de modelos para a qualidade do ar, Proposta de tese de doutorado da Univ. Fed. de Santa Catarina, 2001.
- MOREIRA, D., TIRABASSI, T. Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: um instrumento técnico para a gestão ambiental. Rev. Ambiente & Sociedade, v.7, n.2, p.159-171, 2004.
- SHUSTERMAN, D. Critical Review: the health significance of Env. odor pollution. Arch. Env. Health, v.47, p.76-87, 1992.
- SOLTANI-AHMADI, H. A Review of the Literature Regarding Non-Methane and Volatile Organic Compounds In Municipal Solid Waste Landfill Gas. SWANA/Hickman Intern, 2000.
- VILLARRUBIA, M., VILLARRUBIA, J. Producción de biogás en vertederos de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Disponível em: <http://www.energuia.com> Acesso em: 23 de fevereiro de 2003.