

**X-067 - AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE ODOR NO ATERRO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS MUNICIPAL DE SEIXAL, PORTUGAL (ESTUDO DE CASO)**

Yanko L.V. Guimarães Jr.⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da USP. Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade da Califórnia, Berkeley, Diretor Executivo da Odournet Brasil Ltda.

Telma Robin

AMARSUL - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A., Portugal

Pedro Cabral

AMARSUL - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A., Portugal

Luís Santos

AMARSUL - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A., Portugal

Anton P. van Harreveld

Odournet S.L., Ctra de l'Església 60B, 08017 Barcelona, Espanha

Rita Domingues

Odournet S.L., Ctra de l'Església 60B, 08017 Barcelona, Espanha

Endereço⁽¹⁾: Rua Dr. Guilherme Bannitz 126, sala 102 – São Paulo- SP - CEP: 04532-060 - Brasil - Tel: (11) 3040-3062- e-mail: yguimaraes@odournet.com

RESUMO

Um estudo de exposição ao odor foi realizado em um aterro de resíduos sólidos municipais localizado em Portugal, com uma capacidade anual de tratamento de 365.000 toneladas de resíduos. Observações de campo por meio de painel de acordo com a norma alemã VDI/DIN3940 foram realizadas para esse efeito. A área de estudo cobriu uma superfície de 3,7 x 3,6 km localizada em uma área residencial relativamente densa. Os resultados obtidos em termos de "frequência de horas de odor" foram avaliados de acordo com o critério alemão para áreas residenciais (um máximo de 10% de frequência de horas odor). Este limite de exposição de odor foi excedido nas imediações da instalação, incluindo partes das áreas residenciais nas proximidades. O impacto de odor também foi simulado usando o modelo de dispersão CALPUFF em modo tridimensional (3D). Os dados de entrada do modelo consistiram de medição das emissões de odor na origem, de acordo com a EN13725, padrão Europeu, bem como a quantidade de emissões fugitivas de biogás para a atmosfera, estimada por um

modelo numérico. Um terceiro método de campo, desenvolvido pelo Ministério Flamengo de Meio Ambiente (Bélgica), conhecido como Método Belga de Pluma, foi aplicado para estimar a taxa de emissão de odor global do aterro. Isto foi conseguido através da aplicação de modelagem inversa (CALPUFF), usando uma série de

plumas de imissão de odores determinadas por inspeções de campo, como dados de entrada. As três metodologias usadas para estimar a emissão de odor e avaliação de impacto foram então comparadas. Os resultados obtidos com o Método Belga de Pluma foram utilizados para validar a estimativa de emissão de odor obtida por meio de medições diretas (EN13725) e as estimativas de emissões de biogás. Em relação aos resultados obtidos com CALPUFF, para o limite de exposição de imissão usando o percentil 98 (C98, 1 hora) para 3 ouE/m³ adotadas por diferentes administrações europeias, a área onde as concentrações superam este critério de aceitação não coincide exatamente com os da "frequência de horas odor" obtidos a partir do método de observações de campo de seis meses. A área afetada de acordo com a estimativa do primeiro critério (resultados modelados) foi consideravelmente maior do que a do segundo. O limite de aceitabilidade C98, 1 hora = 3 ouE/m³ aparenta ser mais restritivo do que o critério "horas de odor < 10%", critério adotado pelo regulamento Alemão.

PALAVRAS-CHAVE: Método Belga de Pluma, método de grade, modelo CALPUFF, EN13725, impacto de exposição de odor, VDI/DIN3940, gestão de resíduos.

INTRODUÇÃO

A empresa AMARSUL - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A. foi criada em 1997 para a operação e gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) da parte do Sul do rio Tejo. Atualmente, a AMARSUL tem a concessão de nove municípios da Península de Setúbal para o tratamento e a recuperação de resíduos sólidos urbanos. AMARSUL é responsável pela operação de dois aterros sanitários existentes (no Seixal e Palmela) e pelo projeto, construção e operação de um conjunto de infraestruturas para o tratamento e recuperação de RSU.

O aterro sanitário do Seixal começou a ser explorado em 1995 pelo município do Seixal e, posteriormente, em 1997, pela AMARSUL. O atual aterro é relativamente moderno, com uma vida útil estimada de 25 anos e é esperado que opere até 2020. Todos os anos o aterro recebe cerca de 365.000 toneladas de resíduos (1.000 toneladas/dia), principalmente resíduos sólidos urbanos, resíduos de construção e resíduos sólidos volumosos. O aterro é equipado com um sistema de coleta de biogás extenso, bem definido e controlado, ligado a uma série de moto-geradores para recuperação de energia do biogás produzido, com 1,7 MW de potência instalada.

O aterro sanitário do Seixal está localizado a 20 km ao sul de Lisboa, perto de áreas residenciais relativamente densas. As residências mais próximas estão localizadas a 100 metros do perímetro do aterro e existem aproximadamente 150 casas que estão dentro de um perímetro de 500 metros desta instalação. As áreas residenciais incluídas nesta zona são Quinta Conde da Cunha, Fanqueiro, Belverde e parte da Foros de Amora. A uma distância de aproximadamente 1 quilómetro a nordeste há uma maior concentração urbana (Foros de Amora e Amora) com vários milhares de moradores. A noroeste do aterro, a uma distância de cerca de 1 quilómetro, há mais uma densa área residencial localizada na cidade de Vale de Milhaços. Uma visão geral da área de estudo é apresentada na Figura 1.



Figura 1: Localização do aterro do Seixal (amarelo) e a área circundante do estudo (vermelho).

Durante a operação do aterro foram observadas várias reclamações de moradores, em relação à exposição aos odores presumivelmente originados nesta planta. No entanto, este número de reclamações reduziu-se após a implementação do sistema atual de coleta de biogás há seis anos.

A AMARSUL encomendou um estudo a Odournet para avaliar a exposição a odores na área circundante do aterro do Seixal. Para realizar este estudo, três diferentes metodologias foram aplicadas: medições de campo grade de acordo com a normativa VDI/DIN 3940, medições de emissão com base na EN13725 combinadas com a modelagem de dispersão atmosférica, e o chamado "Método de Pluma Belga" com base em inspeções de campo. Estas três metodologias são comumente aplicadas em diferentes países europeus e estão em processo de serem adotadas como padrões de referências por alguns destes países. Todas essas metodologias são válidas e sua aplicação depende regulamento do país envolvido. No caso de Portugal, assim como no Brasil e em alguns outros países da Europa, os regulamentos desses países ainda não contemplaram qualquer diretiva de odor a menos daquela relacionada a de que o odor não deve ser percebido fora dos limites da propriedade.

O objetivo deste estudo foi comparar esses três métodos aplicando-os no estudo de caso descrito. A metodologia VDI/DIN3940 consistiu em observações de campo por um painel selecionado, a fim de determinar a frequência de percepção de odor em uma grade de pontos fixos de observação. Este método é adotado pelo governo alemão e permite a obtenção de uma representação quantitativa da exposição de odores na área circundante ao aterro, com base em observações diretas. Os resultados dão um retrato preciso que facilmente pode ser explicado para as partes interessadas da planta, operadores, moradores da vizinhanças e autoridades municipais locais. Além disso, este método permite quantificar separadamente as diferentes fontes de odor do aterro (resíduos municipais depositados, biogás e lixiviados) para determinar a contribuição de cada um, assim como as de outras fontes de odor advindas de fontes externas. No presente caso não se identificou outras fontes relevantes além daquelas do aterro sendo, dentre elas, as do biogás as mais relevantes.

Além do método anterior, o impacto do odor do aterro também foi determinado com base na medição das emissões de odor na origem, de acordo com o padrão Europeu EN13725 (EN13725, 2003) e estimativa de emissões de biogás, seguido pela modelagem de dispersão de odores com o modelo CALPUFF tridimensional (US EPA, 1995b). Os resultados obtidos com o modelo foram apresentados em termos de contornos de concentração de emissão de odor para o percentil 98. A terceira metodologia foi aplicada, de acordo com o padrão belga (Bilzen, 2005), para estimar a taxa de emissão de odor geral do aterro através de modelagem inversa, aplicando o modelo CALPUFF. Este modelo usa como dados de entrada, as concentrações de emissão do odor de uma série de plumas, determinadas por observações de campo, juntamente com dados meteorológicos observados na época correspondente.

O nível de exposição a odores na área circundante do aterro do Seixal obtido com as medições de campo (VDI/DIN3940, 1993, 1994, 2006) foi comparado com os resultados do modelo CALPUFF, com base em medições na fonte de acordo com a EN13725 e estimativa das emissões de biogás. Além disso, as estimativas de emissões de odor do aterro, obtidas por este último método, foram comparadas com os resultados obtidos através da metodologia Belga, baseado em inspeções de campo (determinação da pluma de odor e modelagem inversa).

MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir são descritas as metodologias utilizadas no estudo:

METODOLOGIA 1: DIRECIONAR A AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO ODOR - MÉTODO DE GRADE

A exposição ao odor foi avaliada com base na frequência de horas de odor segundo a norma VDI/DIN3940. Um potencial painel de avaliadores formado por 55 pessoas foi recrutado e selecionado por meio de olfactometria de acordo com a EN13725, que resultou em 28 membros qualificados do painel. Para a campanha estabeleceu-se uma grade de 72 pontos de observação na área circundante do aterro sanitário do Seixal, como mostrado na Figura 2. Estes pontos foram observados 26 vezes cada, durante um período de 6 meses aproximadamente, em horários aleatórios no dia e datas dispersas, distribuídas ao longo do período de observação. Em média foram feitas observações em 4 dias por semana.

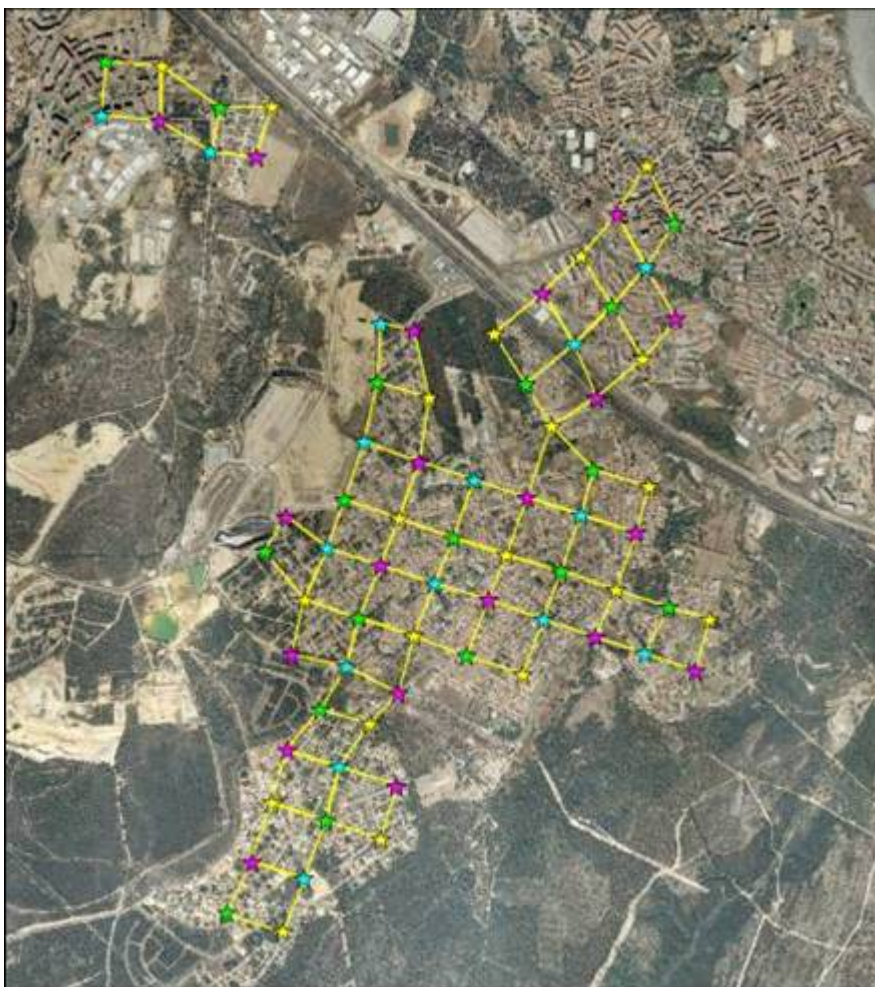


Figura 2: A grade de pontos de medição para a campanha em 2009 na área circundante do aterro sanitário do Seixal.

METODOLOGIA 2: MEDIÇÃO NA FONTE, ESTIMATIVAS DE EMISSÃO E MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

A Metodologia 2 procurou identificar a distribuição das concentrações ambientais de odor a partir de medições efetuadas diretamente nas fontes de emissão e estimativas da produção de biogás que foram alimentadas em um modelo de dispersão atmosférica baseado em puff. Descrições mais detalhadas encontram-se a seguir:

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E MEDIDAS DE TAXA DE EMISSÃO NA FONTE

As medições de taxa de emissão nas fontes, incluindo os poços de biogás e os resíduos sólidos depositados foram realizadas no aterro, de acordo com a EN13725. Sacos de coleta de Nalophane foram utilizados e analisados no laboratório da Odournet PRA Amsterdam, credenciada pela ISO17025 pelo RvA sob número de acreditação L403.

A produção de biogás, captura e emissões difusas foram estimadas com base em um modelo desenvolvido por consultores ambientais envolvidos em um Projeto de Pesquisa de Consultores Ambientais encomendada pelo município de Bredfordshire no Reino Unido (BECC97a, 2000). O modelo foi usado para estimar o volume potencial de produção de biogás, dependendo do tipo e quantidade de resíduos descartados anualmente e o período de operação do aterro.

MODELAGEM DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA UTILIZANDO UM MODELO DE PUFF

Uma modelagem tridimensional foi aplicada usando o modelo CALPUFF (US EPA, 1995b; TRC, 2010), que incorpora um modelo de campo de vento tridimensional (CALMET).

O modelo meteorológico, CALMET, inicialmente foi criado para um domínio de modelagem de larga escala, para uma área de 100 por 100 km, usando observações de uma estação meteorológica virtual gerada por um modelo de previsão de tempo TAPM.

Além das observações de superfície, foram utilizados dados de uso do solo e um modelo digital do terreno. O modelo inicial, com resolução de grade de 1 km foi depois refinado para o estudo da área do aterro de Seixal executando CALMET no modo “nested”, com uma resolução espacial de 100 m. Este domínio interno cobriu uma área de 16 por 16 km.

O CALPUFF foi utilizado para calcular os contornos de concentração de odor na área circundante do aterro considerando a média horária de imissão e o percentil 98.

METODOLOGIA 3: ESTIMATIVA DA TAXA DE EMISSÃO DE ODOR COM BASE EM INSPEÇÕES DE CAMPO E MODELAGEM INVERSA - METODOLOGIA BELGA DE PLUMA

A emissão de odor global do aterro do Seixal foi estimada com base em inspeções de campo para determinar uma série de plumas de imissões de odor (o grau de percepção de odor) nos arredores desta planta, seguido de modelagem inversa destes resultados. Ou seja, a partir das concentrações de dispersão observadas em campo, estimou-se a concentração na fonte.

As observações de campo para a determinação de pluma de odor ocorreram em um período de aproximadamente 4,5 meses. As observações foram feitas em dias diferentes e sob condições meteorológicas adequadas (céu parcialmente coberto, velocidades de vento ao redor de 2,6 m/s, direções e velocidades de vento estáveis), de acordo com o método padrão Belga (Bilzen, 2005; van Langenhove, 2001). CALPUFF foi aplicado no modo inverso, usando-se como dados de entrada as plumas de imissão de odor, bem como os dados meteorológicos de superfície por hora correspondiam aos períodos quando as medições de campo foram realizadas. Os dados meteorológicos foram da estação meteorológica de Lavradio Barreiro, fornecida pelo Instituto de Meteorologia de Portugal IP (<http://www.meteo.pt/pt/>).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de “frequência de horas de odor”, medidos de acordo com o método VDI/DIN3940 (Metodologia 1) em cada célula da grade de observação, apresentam-se combinados com os contornos de odor obtidos pela Metodologia 2: Medição na Fonte e Modelagem de Dispersão Atmosférica (CALPUFF). Os resultados estão apresentados na Figura 3. É importante a observação de que os dados meteorológicos, usados para executar o modelo, correspondem ao período de observação de campo e assim, os resultados obtidos com as duas metodologias são diretamente comparáveis.

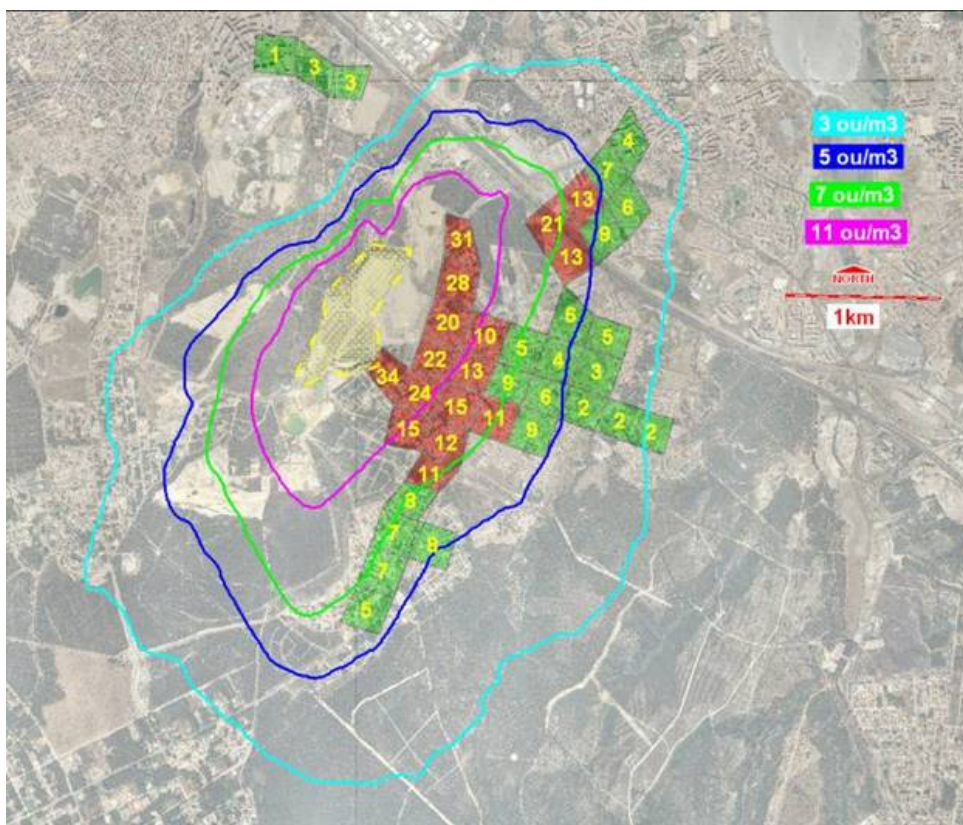


Figura 3: Comparação de curvas de iso-concentração (Metodologia 2) com resultados de frequência de horas de odor (Metodologia 1)

O critério definido na norma ambiental alemã (Metodologia 1) foi usado para avaliar o impacto de odor. Esta norma considera um nível de exposição de odor em áreas residenciais como aceitável quando a frequência de horas de odor é inferior a 10%.

Em relação aos resultados do modelo de dispersão (Metodologia 2), o critério de impacto de odor para áreas residenciais adotado neste estudo, baseou-se nos limites estabelecidos em países europeus como a Holanda e no projeto de lei de regulamentação de contaminação de odor da província autônoma do Governo da Catalunha (Gencat, 2010). Esse critério define como limite de exposição para instalações de tratamento de resíduos municipais, uma concentração de odor média horária anual inferior a 3 ouE/m^3 no percentil de 98%,

Os resultados obtidos para o estudo de observações de campo mostram que o critério de exposição de odor para áreas residenciais, de acordo com o padrão alemão (Metodologia 1), foi excedido em 16 células, em uma distância máxima de 1.700 m e 1.200 m, nas direções nordeste e sudeste a partir do aterro, respectivamente. Os maiores impactos foram observados no lado leste com algumas células apresentando “frequência de horas de odor” superior a 30%. Este fenômeno está de acordo com as condições meteorológicas da região que apresentam ventos predominantes do oeste. A área de impacto (frequência de horas de odor > 10%) do aterro inclui parte das áreas residenciais de Amora, Cruz de Pua, Foros de Amora, Quinta Conde da Cunha, Fanqueiro e Belverde. Adicionalmente, o odor pode ser percebido em até 2.000 metros dos limites do aterro.

Observando-se os resultados do estudo de dispersão (Metodologia 2), há uma correlação entre os resultados do modelo e os obtidos através de observações de campo. O contorno da linha C98, 1 hora = 7 ouE/m^3 coincide com os resultados de “frequências de horas de odor” acima do limite aceitável de exposição de 10% para áreas residenciais (critério alemão, VDI/DIN3940). Na verdade o limite deste contorno coincide principalmente com frequências entre 11-13%. Em relação a linha de contorno C98, 1 hora = 3 ouE/m^3 , esta coincide com a “frequência de horas de odor” de 2% para o lado leste da grade de medição.

O limite baseado na C98, 1 hour = 3 ouE/m³, definido como aceitável na legislação de diversos países Europeus, não corresponde ao limite Germânico de “frequência de odor < 10%”. Em estudos prévios realizados pela Odournet (van Harreveld, 2009), esta correspondência pode ser verificada em grande parte dos casos. Entretanto a Metodologia 2 (modelagem) tende a produzir resultados mais conservadores do que os da Metodologia 1 (grade). No caso deste estudo, não há coincidência entre os resultados obtidos por estas duas metodologias, no entanto os resultados são bastante consistentes e mostram uma clara correlação. A área de impacto do aterro em termos de “frequência de horas de odor” está dentro do contorno de 7 ouE/m³. As concentrações de emissão obtidas pelo método de grade neste estudo parecem estar mais compatíveis com o critério de impacto definido pelo Reino Unido que estabelece C98, 1 hour = 5 ouE/m³ como o limite para unidades de tratamento e disposição de resíduos sólidos.

Outro resultado importante obtido pelo estudo foi a comparação entre as taxas de emissão do aterro obtidas por meio do modelo de previsão utilizado em Bredfordshire no Reino Unido (Metodologia 2) e aquelas obtidas por meio do Método Belga de Pluma (Metodologia 3). O modelo numérico, usado na Metodologia 2, para estimar a produção de biogás, eficiência de captura e difundir as emissões para a atmosfera tem um certo grau de incerteza estatística, já que as emissões de biogás, com concentrações da ordem de milhões de ouE/s do aterro não são distribuídas de forma homogênea e é difícil prever a quantidade exata que está sendo capturada. Assim, utilizando-se o Método Belga, um total de 9 plumas foi desenvolvido a partir de medições de campo em datas diversas e sob condições atmosféricas adequadas. Utilizou-se então a modelagem inversa, usando o CALPUFF, para se estimar a emissão na fonte a partir das plumas de observação.

Os resultados obtidos são apresentados na tabela 1, a seguir

Tabela 1: Taxa de Emissão de Odor a partir das Concentrações das Plumais

Pluma	Concentração no Contorno [ouE/ m ³]	Taxa de Emissão de Odor [ouE/s]
1	0,26	1.132.641
2	0,39	753.633
3	0,27	1.106.899
4	0,95	310.214
5	1,79	164.901
6	0,47	632.514
7	4,39	67.293
8	0,96	307.249
9	1,85	159.946
Média Geométrica		359.896

A taxa de emissão total do aterro do Seixal, estimada com base no Método Belga de Pluma foi de 360.000 ouE/ s, com um intervalo de 95% de confiança de 170.000 a 760.000 ouE/ s. São fatores que podem causar esta variabilidade, as variações momentâneas de emissões de odor da fonte durante o período de observações, já que os odores são normalmente emitidos em sopros descontínuos, dependendo da operação das atividades da instalação.

Por outro lado, a taxa de emissão de odor aterro determinada pelas medidas de concentração e pelas vazões estimadas (Metodologia 2) foi de 296.000 ouE/ s. Este valor está dentro do intervalo de confiança da Metodologia 3 (Belga) e, desta forma, as duas metodologias produziram resultados compatíveis.

Para avaliar a influência da meteorologia local nos resultados, as condições de um período representativo de um ano foram geradas pelo modelo meteorológico TAPM. A rosa dos ventos destes dados está apresentada na Figura 4, a seguir:

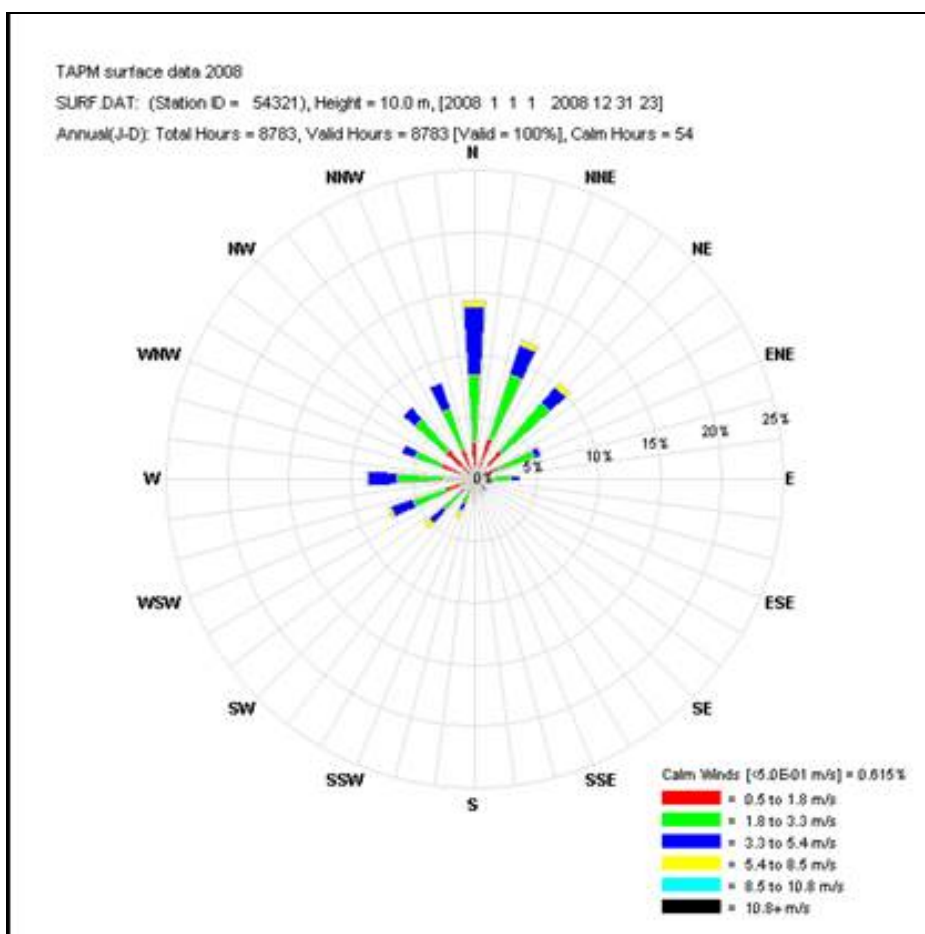


Figura 4: Rosa dos Ventos gerada pelo modelo TAPM

Nesta figura pode-se observar que os ventos predominantes são do norte-nordeste e do oeste-noroeste. Com uma frequência menor, também são observados ventos de sul-sudoeste. Os dados mostram uma frequência reduzida de situações de calmaria e de velocidades reduzidas do vento. Velocidades inferiores a 0,5m/s ocorrem em somente em uma média de 0,6% das observações horárias totais. Para os ventos predominantes, as velocidades situam-se em um intervalo de 1,8 a 8,5 m/s.

Os resultados obtidos aplicando as 3 metodologias estão de acordo com as condições meteorológicas representativas

CONCLUSÕES

O método de grade de observação de campo de acordo com a VDI/DIN3940 (Metodologia 1) mostrou que o odor proveniente das emissões do aterro do Seixal pode ser percebido em toda a área de estudo em distâncias da fonte de emissão de pelo menos 2.000 m. A área de impacto do aterro, de acordo com este mesmo critério alemão para áreas residenciais ("frequência de horas odor" < 10%) atinge uma distância da fonte de 1.700 m a nordeste e 1.200 m a sudeste. Partes das seguintes áreas residenciais são afetadas: Amora, Cruz de Pau, Foros da Amora, Quinta Conde da Cunha, Fanqueiro e Belverde. Um total de 16 células ultrapassam o limite de frequência de odor de 10%, com um máximo de 31% e 34% em duas células, localizadas no lado leste e nordeste, respectivamente do limite do aterro.

Os contornos produzidos pelo modelo CALPUFF tridimensional (Metodologia 2), combinado com a distribuição de ventos simulada pelo módulo meteorológico CALMET, são bastante consistentes com os resultados de "frequência de horas de odor" obtidos através de observações diretas (Metodologia 1).

Embora consistentes, a comparação dos dois critérios de avaliação de impacto do odor ("frequência de horas de odor" < 10% e C98, 1 hora < 3 ou E/m³) aplicado no estudo revela áreas impactadas diferentes conforme o

critério adotado. A área afetada estimada pelo segundo critério, utilizado em vários países Europeus, é consideravelmente maior que a área que excede o limite aceitável de acordo com o padrão alemão (VDI/DIN3940). Ambos os métodos de avaliação de impacto de odor são válidos e é importante que os órgãos ambientais considerem um desses métodos de forma consistente.

A taxa de emissão de odor total do aterro do Seixal foi estimada em 360.000 ouE/ s , com base em medições de acordo com a metodologia de pluma padrão Belga. Considerando a complexidade na medição das emissões difusas de um aterro sanitário, este método é o mais apropriado para se obter uma estimativa mais próxima à realidade. Comprovou-se que o resultado obtido com o método belga foi da mesma ordem de grandeza, e dentro do intervalo de confiança, em relação a taxa de emissão (296.000 ouE/ s) obtida através de medições de odor localizadas (EN13725) e modelagem de emissões difusas de biogás.

Os resultados obtidos através da aplicação das três diferentes metodologias estão em conformidade com os ventos noroeste e sudoeste predominantes na área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BECC97a (2000). Odour impact of extension of Brogborough Landfill site, Comissioned to Project Research Environmental Consultants by Bredfordshire City council, UK. Bilsen I. and De Fré R. (2005).
2. Geurhinderbepaling door snuffelmetingen. Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek, Expertisecentrum Milieumetingen, Belgium.
3. EN13725 (2003). Air Quality Determination of Odor Concentration by Dynamic Olfactometry. CEN, Brussels. Last modified in 2003: www.cenorm.be
4. Environmental Protection Act 1990, Chapter 43. (1990). UK legislation government website, last modified in <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1990/43>
5. Gencat (2010). Esborrany d'Avantprojecte de Llei contra la Contaminació Odorífera. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Direcció General de Qualitat Ambiental, Barcelona, Catalunya, Spain. Last modified in 2010: <http://www20.gencat.cat/portal/site/dmah>
6. NICOLAS J., Craffe F. and Romain A.C. (2006). Estimation of odor emission rate from landfill areas using the sniffing team method. Waste Management ISSN: 0956-053X, 2006, vol. 26, no. 11, pp.1259-1269.
7. SIRONI S., Capelli L., Centola P., Del Rosso R. and Il Grande M. (2005). Odour emission factors for assessment and prediction of italian MSW landfills odour impact. Atmospheric Environment ISSN: 1352-2310, vol. 39, no29, pp. 5387-5394.
8. TRC (2010). Calpuff website, <http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>
9. US EPA. (1995b). A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model. U.S. Environmental Protection Agency, EPA-454/B-95-006. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC 338 pp.
10. VAN HARREVELD A., Feliubadaló J., Domingues R., Pagans E., Murguía W. and D'Abreton P. (2009). Modelos gaussianos y modelos avanzados de dispersión de olores: validación a través del estudio de impacto por olores en el Ecoparc2 de Barcelona. InfoEnviro, 43, 87-92.
11. VAN LANGENHOVE H. and van Broeck G. (2001). Applicability of sniffing: team observations: experience of field measurements. Water Science and Technology 44 (9), 65-70.
12. VDI/DIN3940 (2006). Determination of Odorants in Ambient Air by Field Inspections. Beuth Verlag, Berlin, Germany.