

V. Caso de Aplicação do Modelo: Incineradora da Valorsul

V.1 Caracterização da zona em estudo

A zona considerada para aplicação do modelo inclui parte dos Municípios de Loures e de Lisboa, e as povoações de Montijo e de Alverca de Ribatejo, estando compreendida entre as perpendiculares 4281000N e 4309000N e meridianos 480000E e 510000E em sistema de coordenadas UTM. A grande parte da zona em estudo encontra-se representada no mapa do Anexo VI (Hidroprojecto, 1995a).

Devido à elevada concentração populacional na cidade de Lisboa, onde os problemas de poluição poderão ter uma grande influência para a saúde pública, descreve-se de seguida com algum pormenor a situação de Lisboa em termos de qualidade do ar.

O Concelho de Lisboa tem uma área total de 84 km² e altitudes de 6 a 226 m, sendo uma zona de relevo acidentado (com vales perpendiculares ao estuário do Tejo) e que está limitada por vários sistemas montanhosos com altitudes máximas de 400 m acima do nível do mar (Galinho et al., 1998).

A zona beneficia da proximidade do litoral e de ventos de norte de frequência significativa, o que facilita a dispersão dos poluentes atmosféricos. Contudo, por vezes surgem situações em que os poluentes atingem concentrações elevadas, como é o caso das inversões térmicas. No período de Maio a Setembro é elevada a ocorrência de inversões de temperatura em altitude, essencialmente devido aos fenómenos de subsidência provocados pelo anticiclone dos Açores, posicionado a oeste ou a noroeste desta região. Em Outubro este anticiclone migra para sul ou sudoeste e as inversões que mais ocorrem são, devido ao aumento da frequência das perturbações frontais, as do tipo frontal e de radiação (Galinho et al., 1998). As concentrações dos poluentes atmosféricos são influenciadas, para além da topografia e meteorologia da zona, por condições meteorológicas e factores relativos à natureza e actividade de fontes de emissão.

A Qualidade do Ar em Lisboa é monitorizada pela Rede de Medição de Qualidade do Ar de Lisboa (RMQA-L). Esta Rede iniciou o seu funcionamento em Março de 1992, sendo gerida pela Comissão de Gestão do Ar de Lisboa (CGA-L). É constituída por oito estações que medem poluentes atmosféricos de modo contínuo e que se pretendem representativas de áreas de proximidade de tráfego e áreas urbanas de fundo: Av. Casal Ribeiro, Av. Liberdade, Beato, Benfica, Chelas, Entrecampos, Olivais, R. da Prata. Dada a importância do tráfego automóvel em todas as estações se realiza a medição dos poluentes CO e NO_x, poluentes tipicamente originados por este tipo de fontes. São também medidos em algumas estações o SO₂, O₃ e as partículas inferiores a 10 µm (PM10) (Galinho et al., 1998).

Os dados obtidos traduzem-se em médias horárias e diárias e são publicados anualmente pela CGA-L em Compêndios de Dados e Relatórios da Qualidade do Ar, tendo alguma divulgação numa página da Internet, e também desde Junho de 1998 em painéis informativos da Câmara Municipal de Lisboa. Nos Relatórios de Qualidade do Ar são analisados os valores medidos, sendo feita a comparação com os valores

estabelecidos por legislação, bem como analisada a variação sazonal, semanal e horária dos níveis de poluentes.

A análise do último Relatório de Qualidade do Ar (Galinho et al., 1998) permite tirar algumas conclusões quanto à qualidade do ar de Lisboa.

Ao longo do dia verificam-se dois picos de concentrações elevadas, nas horas de maior tráfego, para os poluentes originados pelos veículos automóveis: NO_x e CO . A variação diária do O_3 apresenta o andamento característico da sua relação com os NO_x , com máximos no início da tarde. As PM_{10} também apresentam um padrão diário bimodal mas os picos não são exactamente coincidentes com as horas de maior tráfego, o que parece indicar que pode haver influência de outras fontes para além dos veículos automóveis e a formação de partículas secundárias. Para o SO_2 verifica-se, em geral, um máximo matinal muito acentuado, devido ao início das actividades humanas e tráfego nas primeiras horas da manhã e às piores condições de dispersão do dia (Galinho et al., 1998).

À escala semanal verifica-se que, em geral, os níveis de poluentes no período diurno são menores ao fim de semana e com uma menor amplitude, mas nestas ocasiões à noite as concentrações são geralmente mais elevadas que durante a semana, devido ao maior tráfego nocturno. A excepção à variação semanal indicada é o O_3 , em que a evolução diária não apresenta grandes diferenças entre fins de semana e dias úteis, chegando as concentrações a ser mesmo superiores ao fim de semana. Este comportamento deve-se a menores emissões de NO neste período.

Em termos de variação sazonal, os poluentes medidos apresentam geralmente concentrações mais elevadas no Inverno, quando as condições de dispersão são piores e há, no caso de alguns poluentes, maiores taxas de emissão. Contudo, para o O_3 as maiores concentrações dão-se no Verão devido ao efeito da insolação e temperatura na reactividade dos seus precursores, sendo de notar que a única estação de medição deste poluente na RMQA-L (Entrecampos) não apresenta uma variação sazonal muito característica deste poluente (Galinho et al., 1998).

Verifica-se que as concentrações nas estações de medição de proximidade de tráfego são em geral mais altas e com maior variação, para os poluentes CO , NO e SO_2 , que as das estações de características urbanas de fundo. No caso do NO_2 , por se tratar de um poluente também secundário para além de primário, as estações são mais homogéneas espacialmente. Também a razão NO/NO_2 é diferente: tem um valor acima de 1 para o caso das estações de proximidade de tráfego e um valor de cerca de $\frac{1}{2}$ para as estações de características urbanas de fundo (Galinho et al., 1998).

Em relação à evolução das concentrações dos poluentes desde a entrada em funcionamento da RMQA-L, não se verifica uma tendência geral. Contudo, é notória a diminuição dos níveis de PM_{10} e SO_2 , no último caso devido a substituição de combustíveis e processos de controle de poluição (Galinho et al., 1998).

V.2 Caracterização da Incineradora

A Incineradora da CTRSU dos Municípios de Amadora, Lisboa, Loures e Vila Franca de Xira está localizada na margem direita no concelho de Loures, imediatamente a sul das instalações da empresa Covina. Apresenta-se no Anexo VI a localização da Central.

Esta instalação é constituída por três linhas independentes de tratamento de resíduos sólidos urbanos (com forno, caldeira e tratamento de gases) com igual

capacidade de incineração (28t/h de resíduos), com possibilidade futura de ampliação para mais uma linha com a mesma capacidade de incineração (PROET, 1996). Cada linha de tratamento possui uma saída de gases de cerca de 60m de altura e com um diâmetro interno de 2.85m, estando todas as saídas localizadas numa chaminé única com o diâmetro interno de 10.0m.

Apresentam-se no Quadro V.1 as características médias de emissão da Central.

Quadro V.1: Características médias de emissão da Incineradora da CTRSU dos Municípios de Amadora, Lisboa, Loures e Vila Franca de Xira.

Parâmetro	Unidade	Valor
Caudal	Nm ³ /h	147 320
Temperatura	° C	140
Velocidade	m/s	18.5
Altura de emissão	m	60

Fonte: PROET e Valosul (1996)

As concentrações nos gases de combustão para alguns poluentes da Central garantidas e esperadas antes da sua entrada em funcionamento são apresentadas no Quadro V.2.

Quadro V.2: Concentrações nos gases de emissão da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos dos Municípios de Amadora, Lisboa, Loures e Vila Franca de Xira garantidas e esperadas antes da sua entrada em funcionamento, para alguns poluentes.

Parâmetro	Concentração (mg/Nm ³)	
	garantida	esperada
Partículas totais	10	10
Ácido Clorídico (HCl)	20	15
Ácido Fluorídrico (HF)	1	0.7
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	50	40
Óxidos de Azoto (NO _x) como NO ₂	250	167
Monóxido de Carbono (CO)	50	-
Compostos Orgânicos (TOC)	10	-

Fonte: PROET e Valorsul (1996)

V.3 Legislação

Para a aplicação de um modelo de licenciamento como o AERMOD a legislação mais importante a considerar é a legislação respeitante à qualidade do ar.

O documentos legais importantes dentro deste âmbito em Portugal são o Decreto-Lei 352/90, de 9 de Novembro, a Portaria nº 286/93, de 12 de Março, e suas alterações posteriores, e também a nova Directiva-Quadro para o Ar, 96/62/CE do Conselho, cuja transposição para a legislação nacional se deverá estar a efectuar.

O Decreto-Lei 352/90 constitui a transposição de várias directivas da Comissão Europeia: nº88/609/CEE, para grandes instalações de combustão, nº 89/369/CEE, para a prevenção da poluição atmosférica por instalações de incineração, nº 89/427/CEE, para novos valores limite e guia da qualidade do ar para o SO₂ e partículas e nº87/817/CEE,

para a poluição pelo amianto. Este documento estabelece a base do regime nacional de protecção da qualidade do ar, sendo regulamentado pela Portaria nº286/93.

A Portaria 286/93 estabelece os valores limite e guia no ambiente para o dióxido de enxofre, partículas em suspensão, dióxido de azoto e monóxido de carbono, valor limite para o chumbo e os valores guia para o ozono. Valores limite são aqueles valores que não devem ser excedidos num determinado período, o valor guia é um valor indicativo que serve de referência para o estabelecimento de regimes específicos para determinadas zonas.

Relativamente ao ozono encontra-se em vigor a Portaria nº 623/96, de 31 de Outubro, transposição da Directiva nº 285/93 . Esta portaria estabelece limiares de protecção da saúde, da vegetação, de informação à população e de alerta à população. Além disso indica-se que para a caracterização do ozono ambiente considera-se relevante a medição não apenas dos níveis de ozono mas também dos óxidos de azoto e compostos orgânicos voláteis.

A Directiva Quadro do Ar consiste na primeira tentativa da União Europeia de uma abordagem integrada à poluição do ar e tem aplicação para os poluentes seguintes: SO₂, NO₂, partículas finas, partículas em suspensão, Pb, O₃ e benzeno, CO, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, Cd, As, Ni, Hg.

Esta directiva prevê o estabelecimento, por um conjunto de directivas-filhas, de vários parâmetros a respeitar: valores limites de qualidade do ar, valores alvo (níveis estabelecidos com o objectivo de evitar efeitos a longo prazo, devendo ser atingidos ao fim de algum tempo), limiares de alerta (níveis que quando ultrapassados desencadeiam uma acção específica por parte do Estado Membro afectado), margem de tolerância (a percentagem em que o valor limite pode ser excedido de acordo com as disposições das directivas). A modelação aparece nesta directiva com um papel preponderante, dado que pode ser utilizada em conjunção com a medição, abaixo de determinados níveis de qualidade do ar, ou mesmo ser a única fonte para avaliação da qualidade do ar, para níveis inferiores a determinado nível, sendo estes níveis estabelecidos por legislação. Em situações em que haja risco de ultrapassagem do valor limite e/ou os limiares de alerta devem ser realizados planos de acção, e quando os valores limite são efectivamente excedidos devem ser elaborados planos e programas de medidas calendarizados, para atingir o valor limite em determinado prazo.

No âmbito desta directiva, existem duas propostas de directiva-filhas: para o SO₂, NO_x, partículas e Pb (COM(97)500) e para o monóxido de carbono e benzeno (COM(98)591). A primeira proposta de directiva estabelece margens de tolerância, limites inferior e superior que estabelecem diferentes graus de avaliação da qualidade do ar, limiar de alerta à população para o SO₂, níveis de informação à população para o SO₂ e NO_x, e níveis de acção específicos para partículas. São indicados também com pormenor os procedimentos para a localização dos sensores de medição e os objectivos de qualidade de dados a respeitar pelos métodos de medição e modelação da qualidade do ar. A proposta para o monóxido de carbono e benzeno estabelece valores limites no ambiente para o benzeno e monóxido de carbono.

Na avaliação do processo de licenciamento poderá também ser relevante considerar legislação relativa à emissão de poluentes por instalações. A legislação nacional nesta área é constituída pela Portaria 286/93, já referida, que especifica valores limites de emissão de aplicação geral e de aplicação sectorial (entre as actividades consideradas conta-se a incineração de resíduos sólidos urbanos e incineração de resíduos perigosos) e por subsequentes alterações: Portaria nº 1058/94, de 2 de

Dezembro, que acrescenta os limites de emissão para instalações de co-geração, Portaria 125/97, que altera os limites de emissão para instalações de resíduos sólidos urbanos e Portaria nº 399/97, que altera os limites de emissão para as instalações de combustíveis sólidos.

Em Apêndice, no Documento 3 deste trabalho, inclui-se a legislação mais relevante relativa à qualidade do ar.

V.4 Dados e ajustamentos necessários

Para a aplicação do modelo de qualidade do ar AERMOD ao caso concreto da modelação do efeito da Incineradora foi necessário encontrar dados necessários para o modelo e em alguns casos, mesmo a realização de alterações ao modelo.

De seguida apresenta-se o relato da pesquisa de dados efectuada, e da adaptação dos dados ao modelo, segundo duas grandes áreas – terreno, meteorologia – correspondentes às fases de préprocessamento de terreno, préprocessamento meteorológico.

V.4.1 Terreno

Para a realização do préprocessamento do terreno são necessários dados de elevações de terreno referenciadas geograficamente para a zona em estudo.

Dado que não existem para Portugal os modelos digitais de terreno suportados pelo AERMAP procurou-se encontrar outra fonte de dados. Encontraram-se duas fontes possíveis de dados: cartas digitalizadas de altimetria e ficheiros de dados referenciados geograficamente, formato DT0 produzidos pelo National Imagery and Mapping Agency (NIMA), uma agência do governo dos Estados Unidos da América, e disponíveis na Internet.

Para cada uma destas opções foram desenvolvidas estratégias para a sua utilização na realização da modelação, que se descrevem de seguida.

V.4.1.1 Obtenção dos dados de terreno a partir de cartas digitalizadas

Esta opção apresenta como principal vantagem em relação à segunda o facto de se poderem considerar maiores resoluções do terreno (escalas de 1:25000 ou menores).

As elevações de terreno podem ser obtidas das cartas contendo curvas de nível por intermédio do programa INTERPOLATOR (V1.60), desenvolvido por um aluno de Engenharia Mecânica, de apelido Nogueira, num anterior trabalho final de curso. O programa funciona em ambiente Autocad e permite a interpolação de elevações de terreno e o desenho de perfis de terreno. A acção relevante para a produção da informação de terreno é a interpolação, para a qual o utilizador deve fornecer, num ficheiro, a rede de interpolação, ou seja, os pontos onde serão calculadas elevações de terreno, e os limites de interpolação, com a indicação do canto superior direito e o canto inferior esquerdo. A interpolação pode ser realizada por um de dois métodos disponíveis no programa: interpolação horizontal/vertical, baseada na intersecção horizontal/vertical com as curvas de nível; interpolação perpendicular, baseada nos segmentos perpendiculares às curvas de nível (Nogueira).

O ficheiro produzido pelo programa INTERPOLATOR tem um formato XYZ, sendo constituído por um cabeçalho e uma sequência de valores organizados em três colunas. O cabeçalho contém a versão do programa, a data de realização do ficheiro, as coordenadas do canto inferior esquerdo e canto superior direito da carta digitalizada e o número de linhas e colunas de pontos em que foi realizada a interpolação. As três colunas seguintes contêm a seguinte informação:

- 1ª coluna : coordenadas horizontais;
- 2ª coluna : coordenadas verticais;
- 3ª coluna : elevação do terreno.

Para a utilização deste tipo de ficheiro no fornecimento de dados de terreno para a modelação foram consideradas duas hipóteses: a implementação da opção USER no AERMAP com base neste tipo de ficheiro; a realização de um programa autónomo que, a partir do ficheiro XYZ, realizasse um ficheiro igual ao produzido pelo AERMAP para a entrada no AERMOD.

Devido à grande diferença entre a estrutura de organização dos dados no ficheiro XYZ e nos ficheiros suportados optou-se por realizar, numa primeira fase, um programa específico para este tipo de dados, o que teve também a utilidade de contribuir para uma percepção mais profunda do funcionamento do AERMAP.

Deste modo, foi desenvolvido o programa TERRENO que processa os dados de modo semelhante ao AERMAP, obtendo os mesmos resultados. A versão desenvolvida só suporta a recepção de um único ficheiro de dados de terreno e de uma única fonte. Para avaliar o desempenho deste programa foi desenvolvido o programa CONVERTER.

Apresenta-se na Figura V.1 o esquema para a obtenção dos dados de terreno necessários ao AERMOD a partir de cartas digitalizadas.

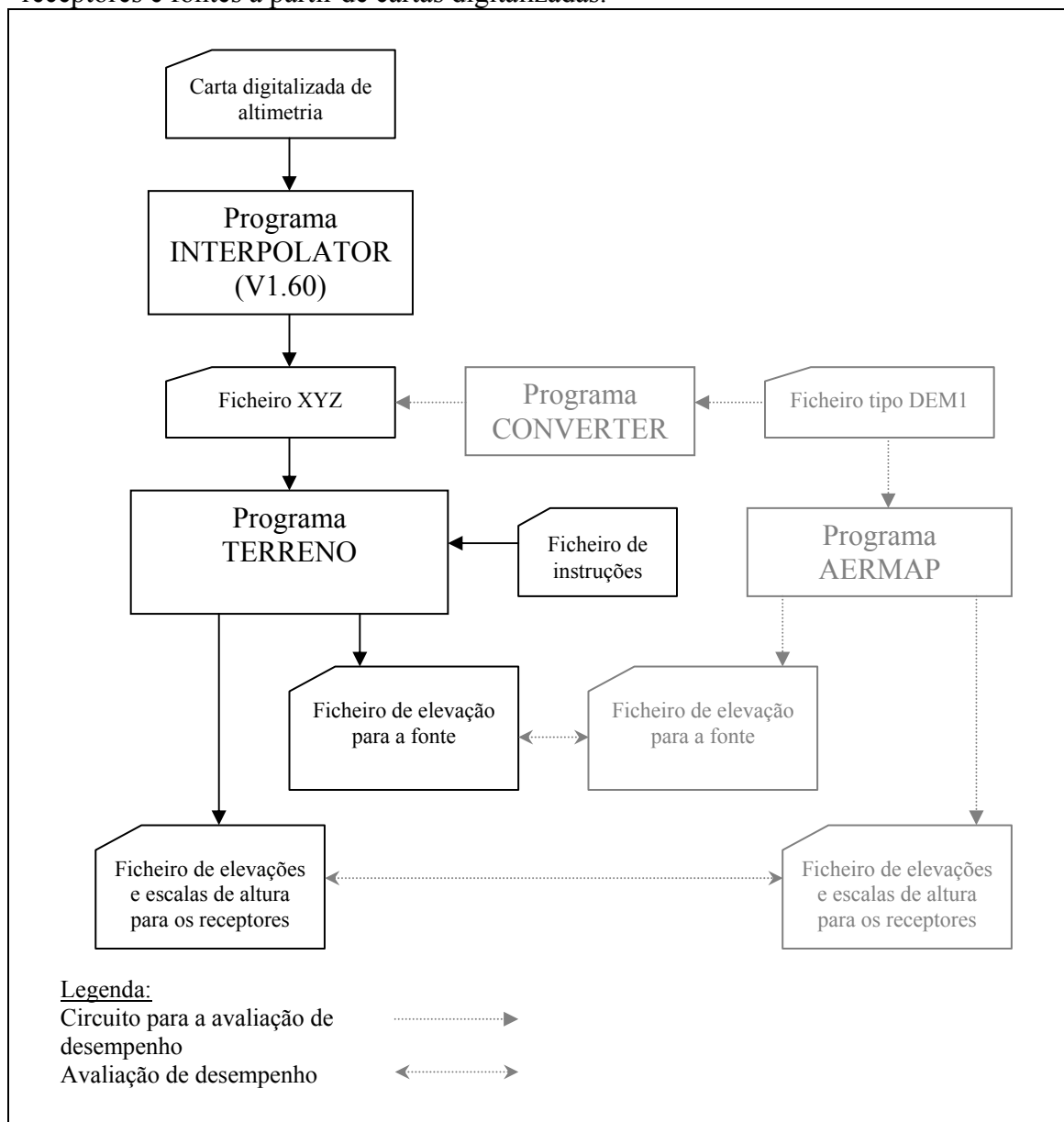
Foi feita uma extensiva pesquisa e realizados contactos junto de várias entidades no sentido de se obterem cartas digitalizadas de altimetria para a zona em estudo, incluindo a cidade de Lisboa e a Incineradora. De modo a se poder visualizar melhor a zona em estudo foram adquiridas 6 cartas em papel escala 1:25 000 no Instituto Geográfico do Exército (IGEOE), com os números: 403,403, 417, 418, 431 e 432.

As cartas digitalizadas de altimetria podem ser obtidas no IGEOE à escala 1:25 000, no formato INTERGRAPH em sistema de coordenadas militares, mas a um preço elevado, 80 000\$00 cada carta, adicionado de 10% para a mudança para outro sistema de coordenadas, de 5 % para conversão para os formatos DXF, DWG ou ASCII e de 10 % para a conversão para formato E00 (ArcInfo). Não existem descontos de preço para a realização de trabalhos escolares, excepto para teses de doutoramento e de mestrado. Para a modelação da zona em estudo com a obtenção de resultados para a cidade de Lisboa seriam necessárias 6 cartas, pelo que custo final da aquisição ascenderia pelo menos aos 480 000\$00, se não fosse necessária a realização de conversão, de formatos ou de sistemas de coordenadas. Desta forma não foi possível utilizar estas cartas.

Exceptuando-se as cartas do IGEOE não se encontraram mais cartas digitalizadas que se pudessem ter utilização imediata neste trabalho. As Câmaras Municipais de Lisboa e Loures, os dois municípios mais importantes que se encontram na zona em estudo, possuem cartas digitalizadas de altimetria, escala 1:10 000 mas com as curvas de nível interrompidas nos locais dos edifícios, pelo que a serem consideradas para este trabalho necessitariam de ser reparadas manualmente, o que seriam muito intensivo em termos de tempo.

A digitalização de cartas em papel com a altimetria também foi considerada mas não foi possível dada a impossibilidade de alguém sem formação prévia nesse trabalho realiza-lo sem as necessárias orientações, que não se revelaram disponíveis a tempo da conclusão do trabalho.

Figura V.1 : Esquema da obtenção das escalas de altura e de elevações para os receptores e fontes a partir de cartas digitalizadas.



Desta forma o esquema de obtenção de dados de terreno apresentado na Figura V.1 não será concretizado neste trabalho mas poderá ser utilizado noutros estudos na situação de disponibilidade de cartas digitalizadas de altimetria, bastando para isso completar as possibilidades de utilização de fontes, receptores e ficheiros de informação de terreno no programa TERRENO.

De seguida, descrevem-se mais pormenorizadamente os dois programas desenvolvidos: TERRENO e CONVERTER.

V.4.1.1.1 Programa TERRENO

O programa TERRENO utiliza os mesmos algoritmos que o AERMAP para o cálculo da elevação para a base de receptores e fonte e escalas de altura para os receptores. A versão desenvolvida só comporta sistemas de receptores cartesianos, uma única fonte e um só ficheiro de dados de terreno, mas o programa pode ser ampliado para que todas as possibilidades existentes no AERMAP sejam possíveis.

O domínio deverá ser definido no mesmo sistema de coordenadas utilizado no ficheiro tipo XYZ, que poderá ser qualquer desde que o ponto sudoeste da área representada tenha as coordenadas de valor menor e o ponto nordeste da área representada tenha as coordenadas de valor maior.

O utilizador poderá optar pelo cálculo ou não da elevação da base da fonte.

Para a obtenção de mais informações sobre o programa TERRENO pode ser consultado o seu Manual de Utilizador e o código base em Apêndice, no Documento 3 deste trabalho.

V.4.1.1.2 Programa CONVERTER

Este programa converte um ficheiro DEM de resolução 1 grau de latitude/longitude, com o formato suportado pelo AERMAP, num ficheiro XYZ do tipo suportado pelo programa TERRENO. A escolha do tipo de DEM referido para a realização da avaliação de desempenho deve-se ao facto de se ter disponível um ficheiro deste tipo, que acompanha o código base e o executável do AERMAP.

O diferente sistema de coordenadas utilizado pelos dois ficheiros não permite a conversão simples do ficheiro DEM1 para XYZ. Devido ao facto de o comprimento em metros correspondente a um grau de latitude e um grau de longitude variar conforme a zona da superfície da Terra, a conversão de uma área rectangular definida por coordenadas geográficas para uma área definida por coordenadas rectangulares (ex. utilizando o sistema de coordenadas UTM) resulta numa área distorcida, não rectangular.

A abordagem utilizada no programa CONVERTER foi a de gerar pontos de elevação para a maior área rectangular contida na área distorcida resultante da transformação de coordenadas. Nesta área são considerados perfis, de Oeste para Este, contendo pontos de terreno organizados de Sul para Norte, existindo o mesmo número de perfis e de pontos por perfil que no ficheiro que lhe deu origem. A elevação de cada ponto gerado é obtida por interpolação entre os quatro pontos mais próximos do ficheiro tipo DEM1, utilizando-se o mesmo procedimento utilizado no AERMAP para o cálculo da elevação na base dos receptores e fontes. Para a conversão de coordenadas geográficas em coordenadas UTM, foi incorporada no código base deste programa uma subrotina do código base do AERMAP, a subrotina UTMGEO.

O programa CONVERTER pode ser utilizado para converter ficheiros de qualquer resolução, desde que os pontos estejam referenciados em coordenadas geográficas e que o afastamento entre pontos adjacentes em termos de longitude e o seu afastamento em termos de latitude seja igual. Dada a extensão do ficheiro de resolução 1 grau a execução do programa CONVERTER pode ser muito intensiva em termos de tempo e recursos computacionais. Desta forma, pode ser utilizada apenas uma parte do ficheiros de 1 grau em que o número de nodos de terreno no sentido da latitude seja igual ao número de nodos no sentido da longitude.

Para a obtenção de mais pormenores sobre o programa CONVERTER ou o ficheiro tipo XYZ por ele criado deverá ser consultado o seu Manual de Utilizador e o código base, incluído em Apêndice, no Documento 3 deste trabalho.

V.4.1.2 Obtenção dos dados de terreno a partir de ficheiros DT0

Os ficheiros de elevações de terreno formato DT0 produzidos pela NIMA, podem ser obtidos, para áreas de 1 grau de latitude por 1 grau de longitude, através do site de Internet da agência (<http://164.214.2.59/geospatial/products/DTED/dted.html>) para várias zonas do Globo Terrestre.

Cada ficheiro DT0 contém informação de terreno para pontos distanciados entre si de 30 segundos de latitude. A distância entre pontos em termos de longitude é variável de acordo com a latitude da zona representada, do modo que é apresentado no Quadro A.1 em Anexo VII. Para Portugal (continente e regiões autónomas) a distância entre pontos representados no ficheiro é de 30 segundos de longitude. Desta forma, os pontos de elevação estão organizados, de oeste para este em 121 colunas e de sul para norte em 121 linhas. A área representada em cada ficheiro está indicada pelo nome do ficheiro. A representação da zona em estudo é realizada pelos ficheiros w010n38.dt0 e w009n38.dt0.

O formato destes ficheiros não permite a sua leitura por um comando de linguagem Fortran. Desta forma, para a utilização do ficheiro é necessária a sua conversão para outro formato por um programa que o possa ler. O programa TerraBaseII, versão 3.0 Beta 10, um programa de visualização e operação sobre ficheiros contendo informação geográfica desenvolvido pela Army Enginner School e pelo Oceanography Department of U.S. Naval Academy, realiza a leitura destes ficheiros. Neste programa os ficheiros podem ser convertidos para formato ASCII tipo XYZ, em coordenadas geográficas ou de sistema UTM, que poderá ser lido por programas em linguagem Fortran.

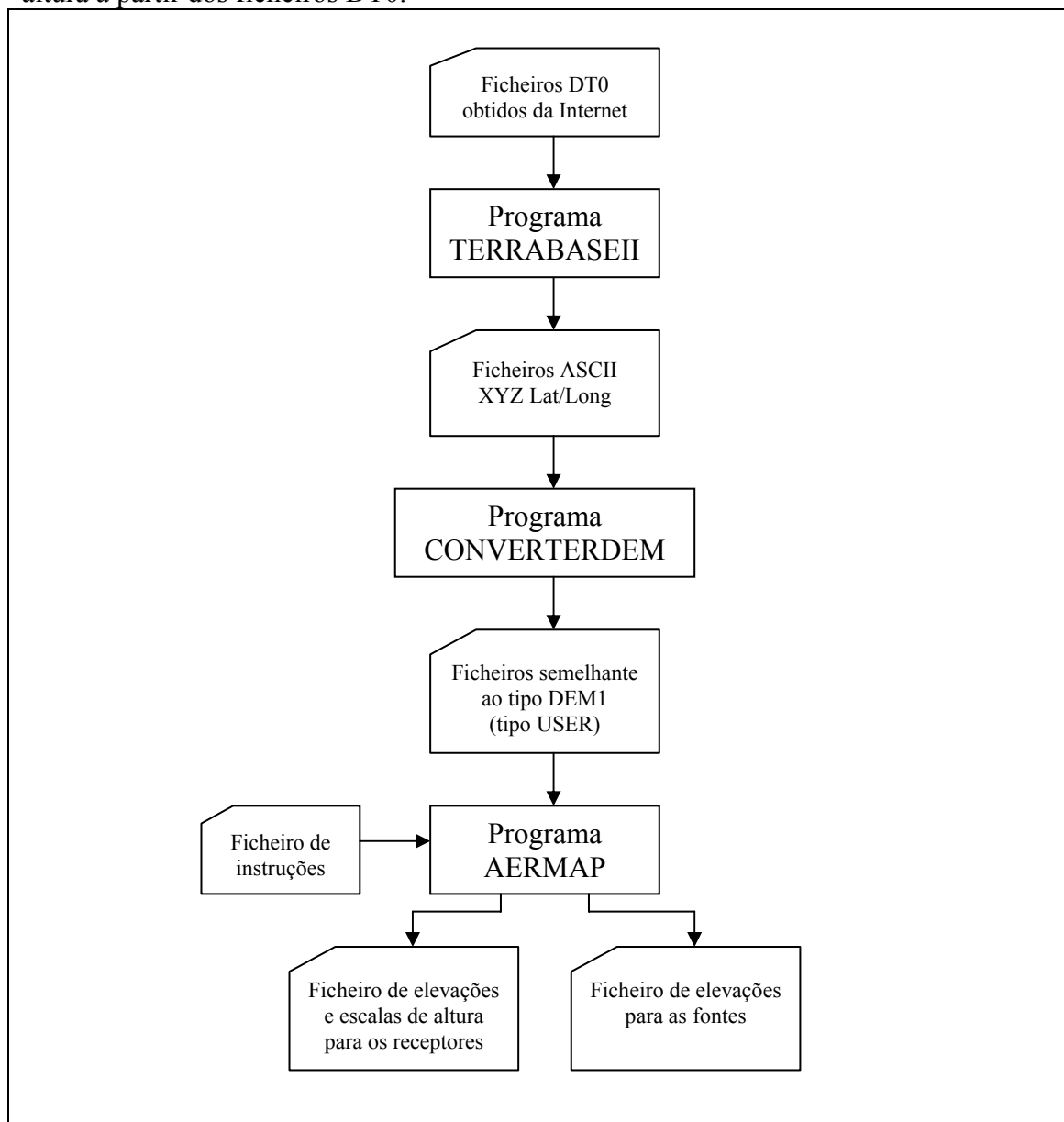
Os ficheiros formato DT0 são desta forma convertidos para ficheiros ASCII XYZ Lat/Long, em que a informação está organizada em três colunas: na primeira a longitude (graus), na segunda a latitude (graus) e na terceira a elevação relativamente ao nível do mar (metros). Os pontos de elevação representados estão organizados em perfis de elevações de Sul para Norte, apresentados de Oeste para Este. A escolha do tipo de ficheiro resultante da conversão prende-se com o facto de dada a mesma área representada pelos ficheiros DT0 e pelos DEM de 1 grau de latitude por 1 grau de longitude (formato DEM1) suportados pelo AERMAP, se procurar que as elevações de terreno sejam representadas numa organização o mais semelhante possível nos dois tipos de ficheiro, para que haja maior facilidade de implementação da utilização pelo AERMAP de ficheiros DT0.

Os ficheiros assim obtidos são convertidos num formato muito semelhante ao formato do ficheiro DEM1, por um programa desenvolvido para o efeito: CONVERTERDEM. Apesar das semelhanças entre a informação contida nos ficheiros e no formato produzido por este programa e do nos ficheiros tipo DEM1 a leitura dos ficheiros pelo AERMAP não é imediata. A razão prende-se com o facto da distância entre pontos de elevação representados ser diferente nos dois tipos de ficheiro: enquanto nos ficheiros produzidos pelo programa CONVERTERDEM é de 30 segundos de grau latitude/longitude, nos ficheiros formato DEM1 é 10 vezes menor, ou seja, 3 segundos de grau de latitude/longitude. Contudo, a semelhança existente entre os dois tipos de ficheiros justifica que os dados de terreno necessários ao AERMOD possam ser

produzidos pelo AERMAP com a implementação da opção de ficheiro de terreno tipo USER neste preprocessador. Esta implementação é facilitada colocando a informação de terreno num formato semelhante ao dos ficheiros do tipo DEM1. Para a realização desta operação foi criado o programa CONVERTERDEM.

Na Figura V.2 apresenta-se o esquema de obtenção de dados de terreno necessários ao AERMOD a partir dos ficheiros DT0.

Figura V.2 : Esquema de obtenção de elevações dos receptores e fontes e escalas de altura a partir dos ficheiros DT0.



Apresenta-se de seguida uma descrição sucinta do programa CONVERTERDEM e da implementação da opção ficheiro tipo USER no AERMAP com base no formato dos ficheiros produzidos por este programa.

V.4.1.2.1 Programa CONVERTERDEM

O programa CONVERTERDEM converte os ficheiros ASCII XYZ Lat/Long num ficheiro, de formato semelhante ao formato dos ficheiros tipo DEM1, com um cabeçalho, no início do ficheiro, e um registo para cada perfil, contendo a seguinte informação:

- Cabeçalho: sistema de coordenadas utilizado e a unidade de medida das elevações representadas, as coordenadas dos quatro cantos da área representada (de sudoeste para sudeste, seguindo o movimento dos ponteiros do relógio) e o número perfis, ou seja, os agrupamentos de pontos de elevação de sul para norte, que são 121;
- Registo de perfil: cabeçalho que inclui a identificação do perfil, coordenadas da primeira elevação do perfil (a mais a sul), elevações mínima e máxima do perfil, seguido das elevações de cada ponto do perfil.

Desta forma, o ficheiro de saída do programa CONVERTERDEM possui todas as informações que o AERMAP extrai do ficheiro tipo DEM1 excepto o parâmetro de zona e o número de linhas por perfil de dados. Estes valores apesar de lidos não são utilizados nos cálculos, tendo por esta razão sido excluídos do ficheiro. O registo de cada perfil é idêntico para o ficheiro produzido pelo programa e o ficheiro tipo DEM1. Os formatos de cada um dos parâmetros foram considerados iguais aos do ficheiro tipo DEM1.

O programa CONVERTERDEM pode ser utilizado para produzir ficheiros para todas as zonas compreendidas entre as latitudes 0 e 49° N ou 0 e 49° S, desde que existam ficheiros DT0 disponíveis, por que supõe um distanciamento entre pontos de elevação de 30 segundos de grau em longitude. Para outras latitudes o programa poderá ser utilizado mediante a alteração do valor do parâmetro que especifica o número de nodos por perfil, de modo a colocar o número correspondente de nodos indicado no Quadro A.1 no Anexo VII para a zona em questão.

Mais pormenores sobre o programa CONVERTERDEM podem ser obtidos no seu Manual de Utilizador e no seu código base, incluídos no Documento 3 deste trabalho.

V.4.1.2.2 Implementação da opção tipo USER no AERMAP

A utilização de ficheiros produzidos pelo programa CONVERTERDEM pelo AERMAP como ficheiros tipo USER implica a realização de alterações ao nível da leitura de dados, processamento dependente de sistema de coordenadas e da distância entre os pontos de elevação, da cópia de dados para o ficheiro índice e da leitura de dados a partir deste ficheiro. Devido à semelhança entre ficheiros produzidos pelo programa CONVERTERDEM e do tipo DEM1 as alterações foram facilitadas e reduzidas em número.

Tendo em conta a informação recolhida sobre a estrutura obtida pela leitura do código base do preprocessor AERMAP, foi possível determinar facilmente em que locais era necessária alteração para o suporte da opção USER. As subrotinas afectadas são as indicadas no Quadro V.3, onde se indicam também as modificações realizadas. Em Apêndice podem ser encontradas as subrotinas alteradas.

Quadro V.3 : Subrotinas envolvidas na implementação da opção USER no AERMAP e alterações realizadas.

Subrotina	Ficheiro	Alteração
DATTYP	Coset.for	Reconhecimento do tipo USER para os ficheiros de elevação de terreno
DOMCNV	Rcalc.for	Sincroniza as coordenadas do domínio para o sistema de coordenadas utilizado na opção USER (latitude/longitude)
CHKADJ	Rcalc.for	Lê as coordenadas dos cantos da área do ficheiro de elevações e o sistema de coordenadas para o tipo USER; exceptuando a leitura dos dados utilizam-se os mesmos comandos que para o tipo DEM1
CHKEXT	Rcalc.for	Verifica se os receptores e as fontes estão dentro do domínio e o domínio está dentro do ficheiro de elevações; processamento igual para os tipos DEM1 e USER
INITER	Rcalc.for	Leitura de sistema de coordenadas, número de perfis; ao contrário dos DEM1 e DEM7 não se lê a zona UTM, não existente nos ficheiros produzidos pelo programa CONVERTERDEM; o armazenamento dos dados em ficheiro de acesso directo é realizado do mesmo modo que para o tipo DEM1 mas para o ficheiro de índice não é copiada a zona UTM; a longitude não é corrigida para positiva
GETNOD	Rcalc.for	O cálculo das coordenadas de um ponto de elevação de terreno faz-se adicionando 30 segundos de grau
SRCELV	Rcalc.for	Leitura de ficheiro índice, que não inclui a leitura da zona UTM
FIND4S	Rcalc.for	Processamento igual ao tipo DEM1 excepto quanto ao afastamento entre pontos de elevação que é 30 segundos de grau
RECELV	Rcalc.for	Leitura do ficheiro índice, que não inclui a leitura da zona UTM
FIND4	Rcalc.for	Processamento igual ao do tipo DEM1, excepto a distância entre coordenadas, que é de 30 segundos de grau
CALCHC	Rcalc.for	Processamento igual ao do tipo DEM1, excepto a leitura da zona UTM do ficheiro índice que não se realiza
SRCOUT	Srcout.for	Cabeçalho com o número de ficheiros tipo USER utilizados

Devido a problemas na obtenção do nome do ficheiro de instruções e do ficheiro para as mensagens da linha de comando pelo AERMAP, foi realizada uma alteração na subrotina PCCODE (Aermap.for).

Tendo em conta que em Portugal o elipsóide de referenciação mais adequado é o Internacional, foi realizada a escolha deste elipsóide na subrotina UTMGEO (ficheiro Rcalc.for).

As subrotinas alteradas encontram-se no Documento 3 deste trabalho.

V.4.1.3 Obtenção dos dados de terreno para o caso em estudo

Dada a impossibilidade de obtenção de cartas digitalizadas, optou-se pela utilização dos ficheiros DT0, apesar de terem uma menor resolução. Desta forma, o esquema de aplicação do caso de estudo para a obtenção das elevações e escalas de altura é o apresentado na Figura V.2 da Secção V.4.1.2.

V4.2 Meteorologia

Para a estimativa dos parâmetros necessários à realização da modelação da qualidade do ar pelo AERMOD para cada hora é necessário um número mínimo de dados:

- sondagem de altitude contendo medições de pressão e temperatura de bolbo seco para além da altura de medição;
- dados meteorológicos de superfície contendo:
 - um nível de medições de temperatura e de velocidade e direcção do vento;
 - cobertura opaca ou total do céu (nebulosidade);
- características da superfície segundo sector de direcção de vento:
 - comprimento de rugosidade;
 - razão de Bowen;
 - albedo.

Apresenta-se de seguida a abordagem utilizada para obtenção dos dados meteorológicos e de características de superfície necessários ao AERMET.

V.4.2.1 Dados meteorológicos de superfície e de altitude

Para Portugal não existem os formatos de dados meteorológicos de superfície e de sondagens de altitude suportados pelo AERMET. Desta forma a abordagem seguida neste trabalho é o fornecimento dos dados de superfície segundo dados locais, utilizando o *pathway* ONSITE, e dos dados de sondagem em altitude no formato do ficheiro produzido pelo AERMET depois da extracção dos dados de altitude, neste último caso seguindo o procedimento indicado na Secção 4.4 do Manual de Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b).

Os dados meteorológicos para a zona em estudo podem ser obtidos junto do Instituto de Meteorologia ou da própria rede de medição da Incineradora. Foram realizados contactos com o Instituto de Meteorologia no sentido de se obterem dados meteorológicos de superfície e de altitude em formato electrónico para as estações de medição que estão localizadas na zona em estudo (Aeroporto, Tapada da Ajuda e Rua da Escola Politécnica). No entanto, não se revelou possível a obtenção desses ficheiros a tempo da conclusão deste trabalho. Junto da Valorsul foram recolhidos dados de observações meteorológicas de temperatura do ar e de velocidade e direcção do vento medidos na estação da rede local da Incineradora de S. Iria da Azóia, referentes ao período de Abril a Outubro de 1998, que servem de base para a realização do ficheiro de dados locais. Para a realização do ficheiro de sondagem em altitude e dados de nebulosidade e pressão à superfície foram utilizados os dados apresentados na publicação Boletim Meteorológico Diário do Instituto de Meteorologia, que para o período de dados da Valorsul estão disponíveis apenas de 21 a 31 de Julho, de 1 a 6 de Agosto e para os dias 8, 12, 16, 22, 24, 26, 28 e 30 de Agosto, de 1998.

Os dados meteorológicos obtidos da Valorsul estão organizados em ficheiros de Excel, com um ficheiro para cada dia e com ficheiros próprios para os dados de temperatura e de velocidade e direcção do vento, contendo medições de 30 em 30 min, desde as 0 h e 30 min até às 24 h. O ficheiro de temperatura contém valores médios, máximos e mínimos de temperatura do ar medida a dois metros de altitude para a

estação de medição de S. Iria de Azóia e estação meteorológica da rede local da Valorsul. O ficheiro de velocidade e direcção do vento contém valores médios de velocidade e direcção do vento, valor máximo de velocidade do vento e valor da direcção do vento quando este ocorre, para a estação de medição de S. Iria da Azóia para uma altura de medição 10 m. As medições de velocidade e de direcção do vento foram obtidas considerando situações de calma quando a velocidade do vento é inferior a 0.3 m/s (PROET e Valorsul, 1997).

Nos Boletins Meteorológicos Diários publicados pelo Instituto de Meteorologia são apresentados dados meteorológicos de superfície, para várias estações de medição do país e para as horas 0, 6, 12 e 18 em Tempo Universal de Greenwich (TUG), e de sondagem em altitude para uma estação no continente (Lisboa) e nos arquipélagos dos Açores e Madeira, para as 12 h TUG. Os dados de superfície incluem nebulosidade (oitavos), direcção (graus em relação ao norte) e velocidade (nós) do vento, temperatura do ar ($^{\circ}$ C), humidade relativa (%), pressão (hPa) e precipitação nas últimas 6 horas (mm). As sondagens altitude incluem, para cada nível, valores de pressão (hPa), altitude (m), temperatura do ar ($^{\circ}$ C), humidade relativa (%), direcção do vento (graus em relação ao norte) e velocidade do vento (nós). Nos boletins consultados apenas o primeiro nível da sondagem de altitude apresentava medição de direcção e velocidade do vento.

Para a realização do ficheiro de dados locais foi desenvolvido o programa ONSITE e para o ficheiro de sondagem em altitude o programa SONDAGEM, que se descrevem seguidamente.

V4.2.1.1 Programa ONSITE

Este programa realiza a junção num único ficheiro de dados de nebulosidade e de pressão do Boletim Meteorológico Diário do Instituto de Meteorologia e das medições de temperatura média do ar a 2 metros e de velocidade e direcção do vento a 10 m obtidas dos ficheiros da VALORSUL. Apesar de os dois tipos de dados serem obtidos em localizações diferentes (latitude $38^{\circ}43'$ N e longitude $9^{\circ}09'$ W, no primeiro caso e latitude $38^{\circ}50'40''$ N e longitude $9^{\circ}05'20''$ W, no segundo caso) considera-se razoável dado o carácter das variáveis medidas, a consideração do mesmo valor para os de pressão e nebulosidade para a estação de medição de S. Iria de Azóia.

O ficheiro originado contém para cada dia valores semi-horários de nebulosidade, pressão, temperatura do ar e velocidade do vento. Para a nebulosidade e pressão na estação, que estão disponíveis nos dados apenas para 4 horas durante o dia, considerou-se a manutenção do valor da hora em que existe observação nas 6 horas seguintes, de modo a que fosse possível o cálculo pelo AERMET dos parâmetros meteorológicos nas horas em que não se tem disponível a nebulosidade. Dado que a nebulosidade é considerado um factor quase aleatório à escala considerada neste trabalho e de as observações disponíveis denotarem uma reduzida variação da pressão na estação com a hora (cerca de 100 a 200 hPa entre medições sucessivas do dia, relativamente a um valor médio de pressão de grandeza 1010hPa) (Instituto de Meteorologia, 1998), considera-se este procedimento razoável.

As horas das observações de superfície são convertidas para a hora local, para a qual estão indicados os dados da Valorsul, através da soma de um factor. Para o período em que se têm dados de ambas as fontes (Instituto Meteorológico e Valorsul) está em vigor a hora de verão, segundo a qual a hora local está adiantada em relação à hora de Greenwich em 1 hora, sendo utilizado, portanto, o factor 1.

Uma primeira versão do programa produzia ficheiros com dados semi-horários para cada dia desde as 0:30 h até às 24:00h, tal como são apresentados os dados nos ficheiros produzidos pela Valorsul. Estes ficheiros conduziram ao surgimento, após a realização de médias horárias pelo AERMET, de 25 valores horários por dia, e depois da etapa de junção de dados a dois valores horários para as 24 h (excepto no último dia), devido à conversão de 0 h de cada dia para as 24 h do dia anterior e ao valor da primeira hora do dia aparecer com indicadores de valor em falta. A razão para este facto é a de o AERMET apenas realizar as médias horárias dentro de um dia. A nova versão desenvolvida para o programa ONSITE produz ficheiros de dados semi-horários da 1 h às 24:30 h para cada dia, sendo os valores adicionais das 24:30 h obtidos dos valores das 0:30 h do dia seguinte.

Uma descrição mais pormenorizada do programa e dos dados pode ser encontrada no Manual de Utilizador do programa ONSITE, incluído no Documento 3 deste trabalho, onde também é incluído o código base.

V.4.2.1.2 Programa SONDAGEM

O programa SONDAGEM converte os dados de sondagem em altitude num ficheiro com o formato igual ao formato do ficheiro de saída da extracção mas sem o cabeçalho, incluindo apenas o indicador de fim de cabeçalho ('***'), contendo valores de pressão, altitude, temperatura de bolbo seco, temperatura de ponto de orvalho e direcção e velocidade do vento. Os dados disponíveis do Instituto de Meteorologia não contêm a temperatura de ponto de orvalho, sendo colocado o indicador de valor em falta, especificado no Manual de Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b).

Para além dos dados de sondagem do Instituto de Meteorologia é incluído um primeiro nível constituído pelas medições de temperatura e pressão à superfície. A inclusão deste nível é necessária pois o AERMET considera o primeiro nível da sondagem como referente à superfície e a altura do primeiro nível de sondagem nos dados disponíveis, 105m, não parece adequada já que supera a altura acima da qual o AERMET não utiliza dados meteorológicos para estimar as grandezas perto da superfície tal como a velocidade e temperatura de referência (100m). Os dados do nível de superfície, pressão e temperatura, são os apresentados como dados de superfície na publicação Boletim Meteorológico Diário. Como não é indicada a altura de medição é atribuída uma altitude nula. Não são consideradas as medições de superfície apresentadas de direcção e velocidade do vento pois a sua presença não é essencial para o cálculo dos parâmetros de camada limite pelo AERMET e porque a velocidade do vento tem um gradiente vertical bastante elevado perto do solo, pelo que a inclusão destes valores com altitude de medição nula pode introduzir erros significativos nos dados, já que se ignora a altura de medição.

Uma descrição mais completa do programa SONDAGEM e do ficheiro produzido poderá ser encontrada no seu Manual de Utilizador no Documento 3 deste trabalho, onde também se encontra o seu código base.

V4.2.2 Características da Superfície

A avaliação das características da superfície para cada sector de direcção de vento é realizada com base no uso de solo e em valores tabelados de características de superfície para cada uso de solo. Para a definição do uso do solo (comprimento de

rugosidade, razão de Bowen e albedo) considera-se a área compreendida dentro de um círculo de raio de 3 km em torno da fonte poluente tal como é recomendado na secção 5.4.2.1 do Manual de Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b).

A abordagem utilizada neste trabalho para o cálculo do uso do solo por sector de direcção de vento foi a seguinte:

- realizou-se a avaliação de uso de solo numa área suficientemente grande para incluir a fonte poluente e o círculo de 3 km em redor desta, subdividindo a área em quadrículas;
- com base na avaliação de uso de solo por quadrícula, atribuem-se os valores de características de superfície para cada quadrícula;
- faz-se a determinação das características de superfície por sector de direcção de vento com um programa computacional realizado para o efeito.

A área considerada para a avaliação do uso de solo é a compreendida entre as perpendiculares 4 294 500N e 4 301 000N e os meridianos 489 500E e 496 500E, considerando a localização da fonte como 492 900E e 4 297 950N, segundo o sistema de coordenadas UTM.

A avaliação de uso de solo foi realizada com base nas indicações das cartas 403, 404, 417 e 418 de escala 1:25000 do IGEOE, considerando quadrículas quadradas de 500 m de lado e ordenadas de oeste para este em linhas de sul para norte, num total de 13 linhas com 14 quadrículas. Na situação de uma quadrícula ter mais do que um uso de solo foram consideradas as percentagens ou fracções de cada uso de solo. Apresenta-se no Documento 3 deste trabalho o registo das observações feitas por quadrícula.

As características de superfície para cada quadrícula foram calculadas pesando as características de superfície por uso de solo, obtidas na literatura com a fracção da área ocupada na quadrícula por cada uso de solo observado, tal como é recomendado na secção 5.4.2.1 do Manual de Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b).

Para a utilização dos valores de características de superfície por quadrícula no cálculo das características de superfície por sector de direcção do vento foi desenvolvido o programa SUPERFICIE.

Apresenta-se de seguida uma descrição mais detalhada da escolha das características de superfície para cada uso de solo e do programa SUPERFICIE.

V.4.2.2.1 Atribuição das características de superfície por uso de solo

Das observações realizadas na área considerada foi possível detectar os usos de solo apresentados no Quadro V.4.

Quadro V.4: Usos de solo detectados na área em estudo.

Usos de solo
Urbano
Cobertura não indicada
Arvoredo pouco denso de copa redonda
Terreno que cobre e descobre
Água
Arbustos ou matos densos
Marinhas
Pântano

De seguida são indicadas, para cada uma das características da superfície, as considerações que estão na base da atribuição de valores para cada uso de solo detectado.

V.4.2.2.1.1 Comprimento de Rugosidade

Foi possível reunir na literatura, alguns valores de comprimento de rugosidade para diferentes usos do solo, apresentados no Quadro V.5.

Quadro V.5: Comprimentos de rugosidade (m) para vários usos de solo e estações.

Uso de Solo	Primavera	Verão	Outono	Inverno
1. Água (doce e salgada) ^a	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
2. Floresta Caducifolia ^a	1.00	1.30	0.80	0.50
3. Floresta de Coníferas ^a	1.30	1.30	1.30	1.30
4. Pântano ^a	0.20	0.20	0.20	0.05
5. Terra cultivada ^a	0.03	0.20	0.05	0.01
6. Pradaria ^a	0.05	0.10	0.01	0.001
7. Urbano ^a	1.00	1.00	1.00	1.00
8. Arbustiva de Deserto ^a	0.30	0.30	0.30	0.15
9. Terreno plano sem obstáculos ^b		0.01		
10. Áreas suburbanas ou industriais e florestas permanentes ^b		0.3		
11. Áreas urbanas com pelo menos 15 % da superfície coberta por edifícios e cuja altura média excede os 15 m ^b		1		
12. Gelo ^c		0.00001		
13. Neve ^c		0.002		
14. Relva / erva ^c		0.002 – 0.01		
15. Pasto ^c		0.01 – 0.02		
16. Vegetação rasteira ^c		0.03		
17. Campo cultivado ^c		0.05		
18. Árvores isoladas ^c		0.08		
19. Árvores dispersas, sebes, casas isoladas ^c		0.25 – 0.30		
20. Subúrbios ^c		0.40		
21. Floresta ^c		0.50 – 1.20		
22. Pequenas povoações ^c		1.20 – 1.50		
23. Meio urbano ^c		1.50		
24. Cidades ^c		3.0		

^a Fonte: U.S. EPA (1998b)

^b Fonte: ECS (1994)

^c Fonte: Silva (1996)

Os valores apresentados nas primeiras oito linhas do quadro são os referidos no Manual de Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b), apresentando uma variação sazonal. Nestes valores o termo estação não significa um conjunto de meses mas sim uma divisão do ano tendo em conta a latitude e os ciclos vegetativos de crescimento anual, o que segundo o Manual de Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b) significa o seguinte:

- Primavera refere-se ao período em que a vegetação se torna verde e corresponde aos primeiros dois meses depois do último gelo;

- Verão significa o período em que a vegetação se apresenta luxuriante;
- Outono é o período do ano para o qual são comuns condições de gelo, as árvores de folha caduca estão sem folhas e os solos estão nus depois da colheita, as ervas estão castanhas e não existe neve;
- Inverno aplica-se a superfícies cobertas de neve e a temperatura abaixo do ponto de congelação.

Os restantes valores foram encontrados em publicações destinadas a servir de base à determinação da velocidade do vento, caso em que muitas vezes está subjacente uma avaliação do pior caso, o que pode resultar numa sobreestimativa do comprimento de rugosidade, como se pode verificar pela discrepância de valores atribuídos ao uso de solo urbano entre a primeira e terceira fonte. Deste modo, é considerado preferível o uso dos valores apresentados por U.S. EPA (1998b).

A utilização dos valores apresentados para o uso de solo urbano pela EPA parece adequado tanto para grandes cidades como para pequenas povoações pois parece representar um valor médio, em comparação com os valores da terceira fonte. A classificação separada do comprimento de rugosidade para a floresta caducifólia e de coníferas está de acordo com o facto de existir no primeiro caso uma sazonalidade do comprimento de rugosidade, devido essencialmente à queda das folhas durante o Outono, enquanto no segundo caso tal não se verifica.

No Quadro V.6, apresenta-se o valor de comprimento de rugosidade considerado para cada uso de solo detectado pela observação das cartas do Instituto Geográfico do Exército relativas à zona em estudo.

Quadro V.6 : Comprimentos de rugosidade considerados para cada uso de solo detectado para a zona em estudo.

Uso de solo observado	Comprimento de rugosidade (m)	Uso de solo correspondente no Quadro V.5
Urbano	1.00	Categoria 7
Arvoredo pouco denso de copa redonda	0.30	Categoria 19
Arbustos ou matos densos	Valor variável sazonalmente	Categoria 8
Marinha	0.01	Categoria 9
Pântano	Valor variável sazonalmente	Categoria 4
Água	0.0001	Categoria 1
Terreno que cobre e descobre	0.01	Categoria 9
Cobertura não indicada	Valor variável sazonalmente	Categoria 6

A atribuição dos comprimentos de rugosidade aos usos de solo urbano, pântano e água é imediata, devido à existência de valores específicos nas fontes consultadas.

Em relação ao caso de arvoredo pouco denso de copa redonda não se considera razoável a atribuição do comprimento de rugosidade característico de uma floresta devido ao carácter pouco denso, sendo preferível considerar o comprimento de rugosidade relativo a árvores dispersas. Segundo o Atlas de Portugal (1988) a vegetação natural de copa redonda da zona em estudo é dominada por carvalhais marcescentes nas margens oeste, norte e sul do Rio Tejo e por carvalhais perenifólios na margem este, espécies de folhas permanentes. Deste modo, a utilização de um valor constante para todo o ano não parece particularmente grave dado que a sazonalidade tem importância significativa apenas no caso de espécies vegetais caducifólias.

Quanto ao uso de solo com arbustos ou matos densos considerou-se aceitável a utilização dos dados da vegetação arbustiva de deserto, devido à mesma configuração das plantas.

Nos casos das marinhas ou terrenos que cobrem e descobrem, tratam-se de terrenos que estão transitoriamente cobertos por uma pequena camada de água ou a descoberto, desta forma, o seu comprimento de rugosidade é variável ao longo do dia, nomeadamente devido à acção das marés. Considera-se que o terreno subjacente a esta camada de água não é muito rugoso devido à acção erosiva das águas. Desta forma, é adequada a utilização um valor de comprimento de rugosidade intermédio entre o da superfície de água e o de terreno com alguma vegetação, tendo sido escolhido o valor para o terreno plano sem obstáculos.

Nos casos em que a cobertura não é indicada supõe-se que o terreno está coberto por vegetação rasteira de origem bravia, justificando-se assim a escolha do comprimento de rugosidade relativo à pradaria.

Em relação à sazonalidade adoptada considera-se que as condições de Inverno, apesar de a definição apresentada no Manual do Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998) se podem aplicar, na medida em que a situação de neve não acarreta um efeito significativo para o comprimento de rugosidade, que se considera mais dependente do ciclo vegetativo anual.

V.4.2.2.1.2 Razão de Bowen

Como se referiu anteriormente o AERMET considera condições convectivas em meio não urbano apenas na situação diurna. Deste modo, os valores de razão de Bowen fornecidos ao AERMET terão de ser relativos ao período diurno.

No Manual do Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b) são apresentados diversos valores de razão de Bowen diurna, para vários usos de solo, de acordo com o grau de humidade (condições secas, de humidade média e húmidas) e com a estação, definida tal como indicado na secção anterior. Como a zona em estudo se encontra nas margens do rio Tejo e no litoral considera-se que é uma zona húmida. Apresentam-se no Quadro V.7 os valores de razão de Bowen indicados no Manual do Utilizador do AERMET para estas condições.

Quadro V.7: Valores da razão de Bowen de acordo com o uso do solo e estação do ano, para condições húmidas.

Uso de Solo	Primavera	Verão	Outono	Inverno
1. Água (doce e mar)	0.1	0.1	0.1	0.3
2. Floresta Caducifolia	0.3	0.2	0.4	0.5
3. Floresta de Coníferas	0.3	0.2	0.3	0.3
4. Pântano	0.1	0.1	0.1	0.5
5. Terra cultivada	0.2	0.3	0.4	0.5
6. Pradaria	0.3	0.4	0.5	0.5
7. Urbana	0.5	1.0	1.0	0.5
8. Arbustivos de Deserto	1.0	5.0	2.0	2.0

Fonte: U.S. EPA (1998b)

No Quadro V.8 apresenta-se os valores de razão de Bowen atribuídos a cada uso de solo detectado na zona em estudo.

Quadro V.8 : Valores de razão de Bowen atribuídos para cada uso de solo detectado na zona em estudo.

Uso de Solo observado	Razão de Bowen				Uso de solo correspondente do Quadro 7
	Primavera	Verão	Outono	Inverno *	
Urbano	0.5	1.0	1.0	1.0	Categoria 7
Arvoredo pouco denso de copa redonda	1.0	5.0	2.0	2.0	Categoria 8
Arbustos ou matos densos	1.0	5.0	2.0	2.0	Categoria 8
Marinha	0.1	0.1	0.1	0.1	Categoria 1
Pântano	0.1	0.1	0.1	0.1	Categoria 4
Água	0.1	0.1	0.1	0.1	Categoria 1
Terreno que cobre e descobre	0.1	0.1	0.1	0.1	Categoria 1
Cobertura não indicada	0.3	0.4	0.5	0.5	Categoria 6

* igual ao valor de Outono

O critério de atribuição da razão de Bowen a cada uso de solo foi semelhante ao de atribuição do valor do comprimento de rugosidade, existindo, no entanto, algumas exceções.

No caso das condições de Inverno, considerou-se que as condições de gelo e neve influenciam significativamente a razão de Bowen, tal como é sugerido no Manual do Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b). Embora seja provável que os valores apresentados no Quadro V.7 para o caso de Primavera contabilizem uma humidade adicional devido ao degelo de neve, optou-se por considerar estes valores de modo a contabilizar a diferença de desenvolvimento vegetativo entre Primavera e Verão.

Igualmente, devido à existência de menor quantidade de dados que no caso do comprimento de rugosidade, houve necessidade de se atribuírem, ao mesmo uso de solo observado, valores de categorias diferentes nos Quadros V.5 e V.7. No caso do arvoredo pouco denso de copa redonda considerou-se que a situação era semelhante à da vegetação arbustiva de deserto, muito embora se reconheça a diferente conformação das espécies vegetais. Nos casos das marinhas e terrenos que cobrem e descobrem optou-se por se atribuir o valor referente à água pois mesmo nas situações em que o terreno se encontra descoberto supõe-se a existência do nível freático muito perto da superfície do terreno e, consequentemente, teores de humidade elevados, possibilitando a existência de um fluxo de calor latente considerável.

V.4.2.2.1.3 Albedo

Apresentam-se no Quadro V.9 valores de albedo recolhidos na literatura para vários usos de solo.

Quadro V.9 : Valores de albedo para vários usos de solo e estações do ano.

Uso de solo observado	Primavera	Verão	Outono	Inverno
1. Água (doce e mar) ^a	0.12	0.10	0.14	0.20
2. Floresta Caducifolia ^a	0.12	0.12	0.12	0.50
3. Floresta de Coníferas ^a	0.12	0.12	0.12	0.35
4. Pântano ^a	0.12	0.14	0.16	0.30
5. Terra cultivada ^a	0.14	0.20	0.18	0.60
6. Pradaria ^a	0.14	0.16	0.18	0.35
7. Urbana ^a	0.14	0.16	0.18	0.35
8. Arbustivos de Deserto ^a	0.30	0.28	0.28	0.45
9. Areia molhada ^b	0.2 *			

* valor médio

^a Fonte: U.S. EPA (1998b)

^b Fonte: Shodor Education Foundation (1996)

Apresenta-se no Quadro V.10 os valores de albedo atribuídos aos vários usos de solo detectados na zona em estudo.

Quadro V.10 : Valores de Albedo atribuídos aos vários usos de solo detectados na zona em estudo.

Uso de Solo observado	Albedo				Uso do solo correspondente do Quadro 9
	Primavera	Verão	Outono	Inverno *	
Urbano	0.14	0.16	0.18	0.18	7
Arvoredo pouco denso de copa redonda	0.30	0.28	0.28	0.28	8
Arbustos ou matos densos	0.30	0.28	0.28	0.28	8
Marinha			0.2		9
Pântano	0.12	0.14	0.16	0.16	4
Água	0.12	0.10	0.14	0.14	1
Terreno que cobre e descobre			0.2		9
Cobertura não indicada	0.18	0.18	0.2	0.2	6

* valor de Outono

A escolha dos valores de albedo foi semelhante à atrás indicada para a razão de Bowen, excepto no caso das marinhas e dos terrenos que cobrem e descobrem. Neste caso, a admissão do albedo da água para as situações de superfície com camada de água nula seria incorrecta devido às propriedades específicas da água, que absorve a grande maioria da radiação que lhe incide (Monteith e Unsworth, 1995). Desta forma, considerou-se o valor para areia molhada.

V.4.2.2.1.2 Programa SUPERFICIE

O programa SUPERFICIE calcula, com base nos valores de características de superfície para cada quadrícula que compõe uma dada área, localização da fonte e sectores de direcção de vento definidos pelo utilizador, os valores de características de superfície para cada sector de direcção de vento.

A resolução das quadriculas pode variar de acordo com as necessidades do utilizador. Os sectores são definidos pelo utilizador através das direcções de início e fim, do mesmo modo que são definidos no AERMET (U.S. EPA, 1998b), e pode ter qualquer dimensão, até um número máximo de 12 sectores.

O cálculo das características de superfície para cada sector é feito de forma aproximada através da geração pelo programa de um conjunto de pontos em cada sector, organizados em arcos, que se estende até 3 km de distância da fonte poluente. Para cada um destes pontos é determinada a quadrícula em que se situa e as características de superfície que lhe correspondem. As características de superfície para cada sector são a média, ponderada pelo número de pontos no sector, das características de superfície de cada ponto do sector. Tal como no AERMET a direcção de início de sector é considerada parte do sector, enquanto a direcção de fim do sector é considerada parte do sector seguinte.

O ficheiro resultante do programa contém os registos das keywords SECTOR e SITE_CHAR, que podem ser copiados e incluídos no ficheiro de entrada no Estádio 3 do AERMET.

Mais informações sobre o programa poderão ser encontradas no Manual de Utilizador do programa SUPERFICIE e no seu código base, incluído no Documento 3 deste trabalho.

V.4.2.3 Aplicação ao AERMET

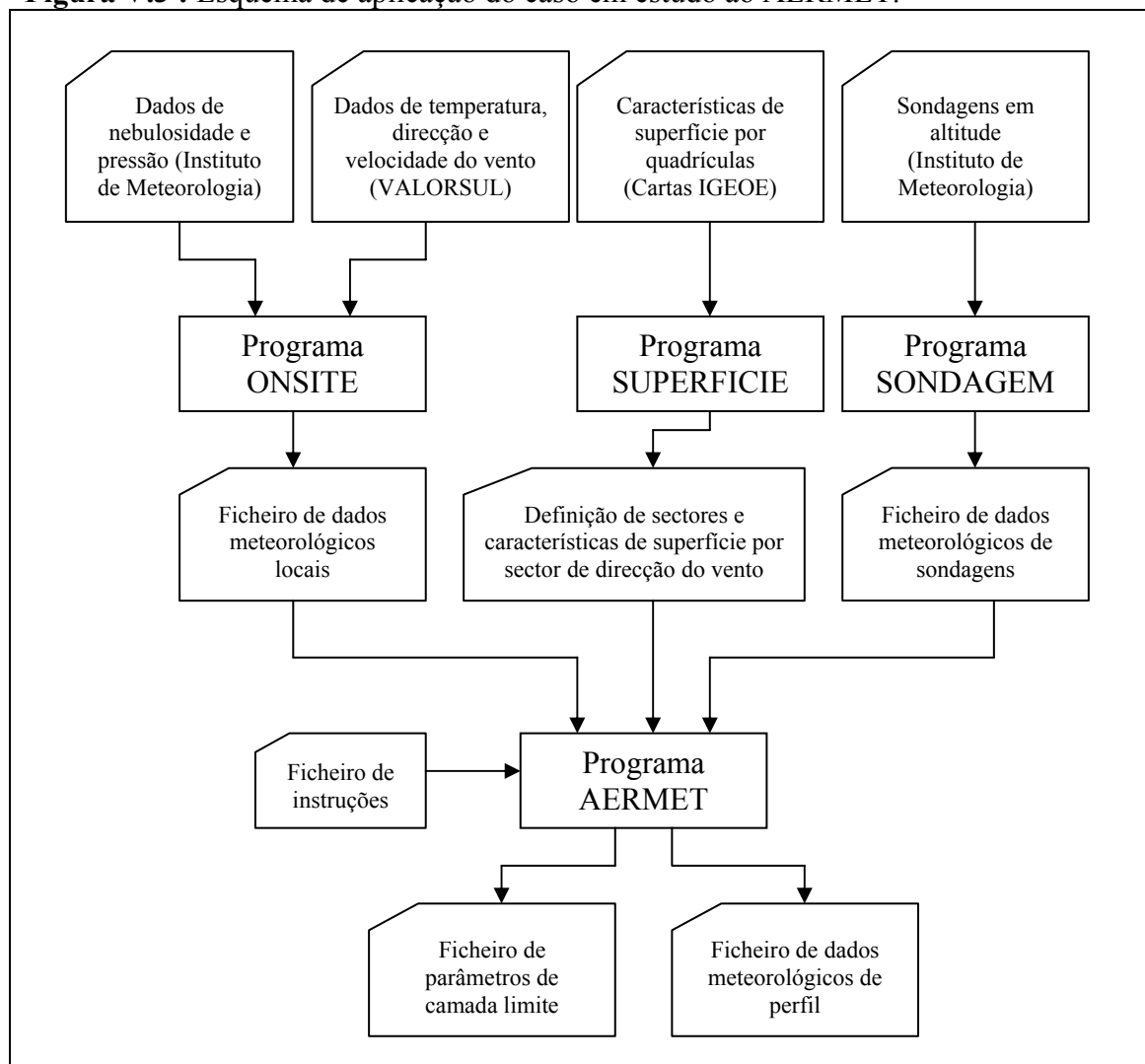
Tendo em conta os dados recolhidos apresenta-se na Figura V.3 o esquema de aplicação ao AERMET do caso em estudo.

A aplicação do esquema da Figura V.3 não é possível sem a realização de uma alteração ao AERMET. A razão para isto prende-se com o valor do parâmetro de zona, indicador do número de horas que é necessário adicionar à hora local para se obter a hora de Greenwich, que se deve fornecer ao AERMET no Estádio 3.

Para Portugal continental e para a hora de Verão a hora local encontra-se adiantada relativamente à hora de Greenwich uma hora. Contudo, o AERMET considera um erro fatal, que impede o processamento dos dados, quando detecta um parâmetro de zona negativo para uma localização de longitude a oeste do Meridiano de Greenwich, como é o caso de Portugal, considerada positiva pelo preprocessor. Desta forma foi necessário suprimir a expressão da parte do código base do AERMET, na subrotina LOCCRD (ficheiro SETUP3.FOR) onde o preprocessor meteorológico detecta esta situação. A parte alterada encontra-se no Documento 3 deste trabalho.

Apresentam-se no Quadro V.11 as localizações consideradas para os vários tipos de dados meteorológicos.

Figura V.3 : Esquema de aplicação do caso em estudo ao AERMET.



Quadro V.11: Localizações considerada para os vários tipos de dados meteorológicos.

Tipo de dados	Latitude	Longitude
Dados de temperatura e vento da estação de medição da VALORSUL de S. Iria de Azóia ^a	38° 50' 40'' N	9° 05' 20'' W
Sondagens em altitude e observações de superfície do Instituto Meteorológico ^b	38° 43' N	9° 09' W
Chaminé da Incineradora ^c	38° 49' 45'' N	9° 04' 50' W
Ficheiro resultante do programa ONSITE ^a	38° 50' 40'' N	9° 05' 20'' W
Ficheiro resultante do programa SONDAGEM ^{b*}	38° 43' N	9° 09' W

^a obtida por localização na carta 403 escala 1:25000 do IGEOE da localidade Periscoche indicada pela Valorsul, dada a impossibilidade de conseguir a localização exacta

^b localização da estação Lisboa do Instituto Meteorológico (INMG, 1991)

^c obtida por localização da Incineradora na figura VIII1 do Estudo de Impacte Ambiental da Incineradora (Hidroprojecto, 1995a) e pela carta 403 , escala 1:25000, do IGEOE

* coordenadas UTM utilizadas para aplicação no programa SUPERFICIE: 492900E e 4297950N

V.5 Modelação da qualidade do ar

V.5.1 Considerações

Na modelação realizada neste trabalho pretende-se detectar as zonas mais afectadas pela Incineradora e avaliar o efeito de duas das características principais na modelação do AERMOD : a Camada Limite Urbana nocturna e o efeito do terreno. Como o AERMOD é um modelo utilizado para apoio à decisão de licenciamento considera-se como indicador de impacto o primeiro máximo de concentração para determinado período de média para todo o período de modelação: de 21/7/98 a 30/7/98. Os períodos de média considerados são aqueles especificados por legislação portuguesa e da União Europeia para curto prazo: 1 hora, 8 horas e 24 horas.

Dada a inexistência no modelo AERMOD de uma opção para a especificação pelo utilizador da concentração de fundo de poluentes na ausência das fontes a modelar, não é possível a estimativa da concentração absoluta dos poluentes no ar ambiente na situação de funcionamento da Incineradora, ou seja, prever a concentração que seria medida, e portanto, não se pode fazer uma comparação com a legislação de qualidade do ar aplicável. Esta impossibilidade prende-se com o facto de uma das maiores fontes de poluição na zona em estudo serem os automóveis, de difícil modelação no AERMOD por constituírem uma fonte difusa. A calibração do modelo também não é possível por essa razão, mas também não é desejável, dada reduzida dimensão do período de dados considerados, tal como é especificado no Guideline on Air Quality Models (U.S. EPA, 1997).

Segundo o Guideline on Air Quality Models quando os dados meteorológicos são fornecidos por estações locais é necessário um ano inteiro de dados para determinar a pior situação de impacto. No presente trabalho tem-se apenas dados completos para um conjunto de dias pelo que deve ser considerada a concentração máxima para o período de dados, segundo o mesmo documento. Dado que as medições realizadas na Rede de Medição da Qualidade do Ar da Incineradora indicam que as concentrações máximas de SO₂ ocorrem no Inverno (PROET, 1999), o que também está de acordo com as medições efectuadas pela Comissão de Gestão do Ar de Lisboa (Galinho et al., 1998), não se espera que o período em questão seja representativo para a obtenção do máximo impacto anual.

A modelação será realizada para o SO₂, dado ser o poluente que é emitido em maior concentração na Central. Apesar de ser um poluente reactivo, uma modelação com um tempo de meia-vida, ou seja, o tempo necessário para que a concentração no ar do poluente passe a metade, de 4 horas pode ser aplicada para a modelação em meio urbano, segundo o Guideline on Air Quality Models (U.S. EPA, 1997)

O domínio considerado para a modelação é a área representada nas cartas 403, 404, 417, 418, 432, 433, escala 1:25 000, do Instituto Geográfico do Exército, de modo a que seja possível visualizar-se as zonas modeladas.

No Quadro V.12 podem-se observar os valores de alguns parâmetros utilizados para a modelação e nos subcapítulos seguintes as considerações para escolha dos restantes parâmetros.

Quadro V.12 : Valores de parâmetros considerados para a modelação da dispersão de poluentes neste trabalho, salvo indicação em contrário.

Parâmetro	Unidade	Valor
Temperatura de gases de chaminé ^a	° C	140
Velocidade de gases de chaminé ^a	m/s	18.5
Altura da emissão ^a	m	60
Coordenadas da fonte	UTM	492900E e 4297950N
Coordenadas do canto inferior direito do domínio	UTM	480000E e 4281000N
Coordenadas do canto superior esquerdo do domínio	UTM	510000E e 4309000N
Tempo de meia-vida para o SO ₂ ^b	horas	4
Diâmetro da fonte equivalente	m	4.94

^a PROET e Valorsul (1996)

^b Guideline on Air Quality Models (U.S. EPA, 1997)

V.5.1.1 Características da fonte

A modelação das três saídas da chaminé da central é realizada considerando a emissão equivalente a uma única fonte, o que parece adequado dado que o espaçamento entre saídas é, segundo observação visual no local, menor que o diâmetro de cada saída (cerca de 1/3 do diâmetro de cada saída), pelo que a uma certa distância pode ser considerada como uma fonte pontual. A fonte assim considerada deve ter uma área de saída de gases tripla da área de saída de gases de cada saída e um caudal de saída de gases também triplo do caudal de cada fonte.

A assunção de caudal e área tripla é aceitável devido ao facto de as três linhas terem capacidade de incineração igual. A consideração de uma fonte equivalente com estas características de emissão permite que a velocidade de saída de gases seja conservada igual à de cada saída o que faz com que a elevação da pluma da fonte equivalente seja igual à da pluma de cada saída. O diâmetro da fonte equivalente é então 4.94 m.

V.5.1.2 Emissões

As emissões horárias são obtidas de medidas de emissões realizadas pela Valorsul, que contêm para cada período de meia hora e para cada uma das linhas de tratamento a concentração média de poluente (mg/Nm³) nos gases de combustão que saem da chaminé. Para a utilização no AERMOD são necessários valores de taxas de emissão (g/s). Para se obterem os valores de taxas de emissão consideram-se as medições de caudal referentes ao mesmo período indicados em Nm³/h para cada linha, obtendo-se o valor da taxa de emissão pelo produto da concentração pelo caudal.

Como para o período em que existem dados meteorológicos a Incineradora ainda não estava em actividade não se têm medições de emissões para essa altura. Para os dias disponíveis procurou-se um dia que apresentasse um conjunto de medições o mais completo possível e que estivesse suficientemente distanciado no tempo da altura da entrada em funcionamento da Central, em Março de 1999, para se evitar a contabilização de emissões que não fossem típicas de um dia normal de funcionamento. Desta forma foram escolhidos os dados referentes ao dia 26/6/99 e à primeira hora do

dia 27/6/99. A consideração de mais do que um dia de dados de emissão não parece adequada dado que não se tem indicação de que o funcionamento da central varie de dia para dia e porque não se têm dados de emissão referentes aos mesmos dias que os dados meteorológicos, pelo que se poderia estar a incluir erros na modelação.

O cálculo das taxas de emissão horárias foi feito da seguinte forma:

- 1 Calculou-se, para cada linha de tratamento e cada valor de período de média de 30 minutos, o valor da taxa de emissão através do produto entre a concentração e o caudal;
- 2 Obteve-se o valor da média de todas as linhas de tratamento para cada período de meia hora;
- 3 A partir do valor obtido em 2 calcula-se o valor da média de todas as linhas de tratamento para cada período de meia hora.

Quando para algum período de meia hora as concentrações apresentavam o valor -1, indicando que não estavam disponíveis pelo menos 75% dos períodos para a realização da média de meia hora, não se consideram esses valores para o cálculo da média de todas as linhas e média horária, sendo realizada a média com os outros valores disponíveis.

Os valores de taxa de emissão de SO₂ para cada hora assim obtidos encontram-se em Anexo VIII. No Documento 3 deste trabalho apresentam-se as medições utilizadas.

V.5.1.3 Dimensões dos edifícios

As dimensões dos edifícios perto da fonte necessárias ao AERMOD, foram obtidas através das indicações presentes na carta 417 de escala 1:25 000 do IGEOE, da planta da Central obtida do Estudo de Impacte Ambiental (Hidroprojecto, 1995b), para a largura dos edifícios e complementadas com visita ao local para avaliação da altura dos edifícios. A estimativa das alturas, foi realizada considerando que um andar correspondia a 3m de altura, o que é considerado aceitável, já que as instalações nas imediações da Incineradora são de carácter industrial, com um pé direito superior ao de instalações de habitação.

O edifício mais alto e que está mais próximo da chaminé da Incineradora é o edifício da Central, visível na Figura V.4, para o qual a altura foi estimada em 40 m, comparativamente à altura da chaminé (60 m).

Da análise feita, consideraram-se para a modelação as dimensões indicadas no Quadro AVII.1 no Anexo VII.

Figura V.4 : Panorama da zona adjacente à Incineradora (direcções Sul, Este, Oeste, Noroeste).



V.5.2 Modelação da dispersão de SO₂

Em todas as simulações realizadas consideraram-se as seguintes opções de modelação, para além das incluídas no Quadro V.12:

- Período de dados de 21 a 30 de Julho de 1998;
- Períodos de média : 1, 8, 24 h;
- Zona UTM: 29;
- Ficheiros de altimetria utilizados : w010n38.dt0 e w09n38.dt0;
- Receptores localizados ao nível do solo;
- Sectores de direcção do vento de 30 em 30° começando na direcção 15° em relação à direcção Norte (do lado de nordeste);
- Elevação de base para o cálculo do perfil de temperatura potencial de 70 m, que é a elevação da base da estação de medida da Valorsul de S. Iria de Azóia, em Periscocho, obtida pela carta 417, escala 1:25 000 do IGEOE;
- Elipsóide de referenciação : Internacional.

No Documento 3 deste trabalho apresentam-se os ficheiros de dados meteorológicos produzidos pelo AERMET e os ficheiros de dados de terreno produzidos pelo AERMAP para as simulações consideradas, bem como o ficheiro de instruções para cada simulação considerada.

V.5.2.1 Simulação 1

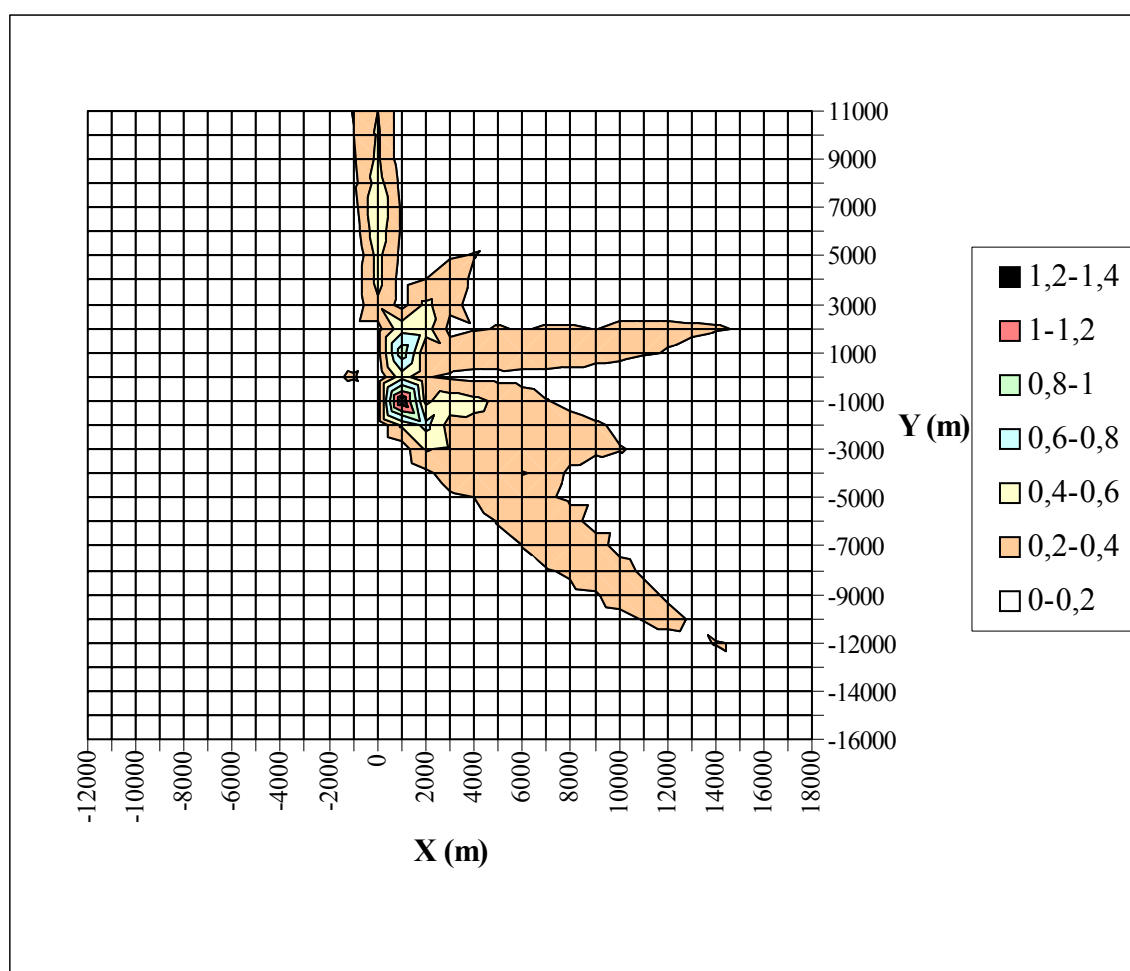
Esta primeira simulação destina-se a detectar as zonas mais afectadas pela poluição da Incineradora e possíveis diferenças entre resultados para vários períodos de média de concentração, 1, 8 e 24 horas.

Opções de modelação consideradas:

- Camada Limite Urbana: População = 1 000 000 habitantes;
- Opções de modelação definidas pelo modelo (parâmetro DFAULT na keyword MODELOPT);
- Terreno elevado;
- Rede cartesiana de receptores distanciados entre si de 1 km que se estende de 12 km a Oeste a 18 km a Este da fonte, na horizontal, e de 11 km a Norte da fonte a 16 km a Sul da fonte, na vertical;
- Extracção das elevações da base da fonte poluente e dos receptores a partir dos pontos dos ficheiros de altimetria;

Apresentam-se nas Figuras V.5, V.6, V.7, as concentrações máximas em redor da Incineradora obtidas a partir dos resultados da rede de receptores cartesianos.

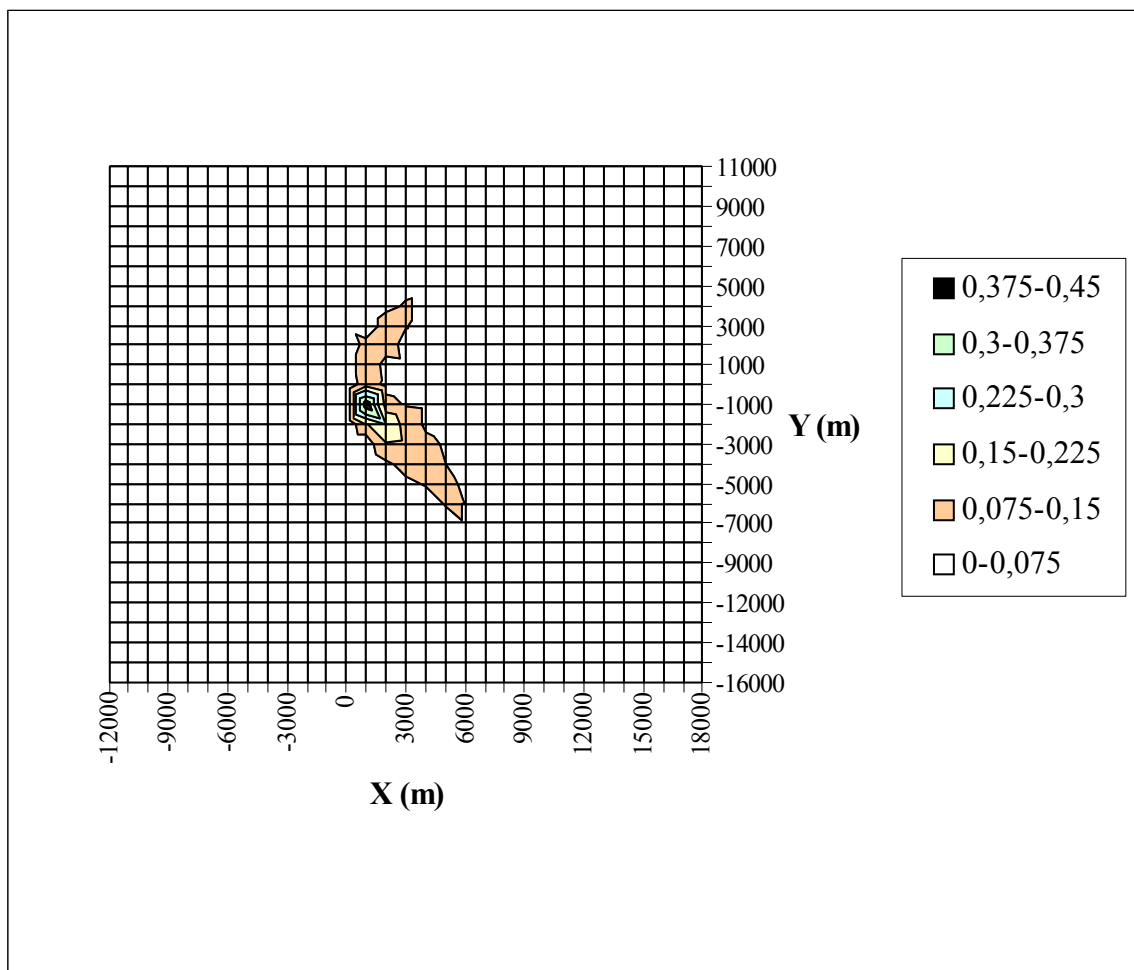
Figura V.5 : Concentrações máximas de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de acordo com a distância à Incineradora – Simulação 1. X é a distância no sentido Oeste-Este e Y é a distância no sentido Sul-Norte.



A partir da observação dos resultados verifica-se que a zona mais afectada pela Incineradora se encontra a Sudeste, Este e Nordeste, sendo as zonas menos afectadas as que se encontram a Noroeste, Oeste, Sudoeste, Sul. Desta forma, observando a carta do

Anexo VI, as zonas mais afectadas pela Incineradora são a zona do Estuário do Tejo e algumas localidades a Norte/Nordeste da Incineradora: Póvoa de S. Iria e Alverca do Ribatejo.

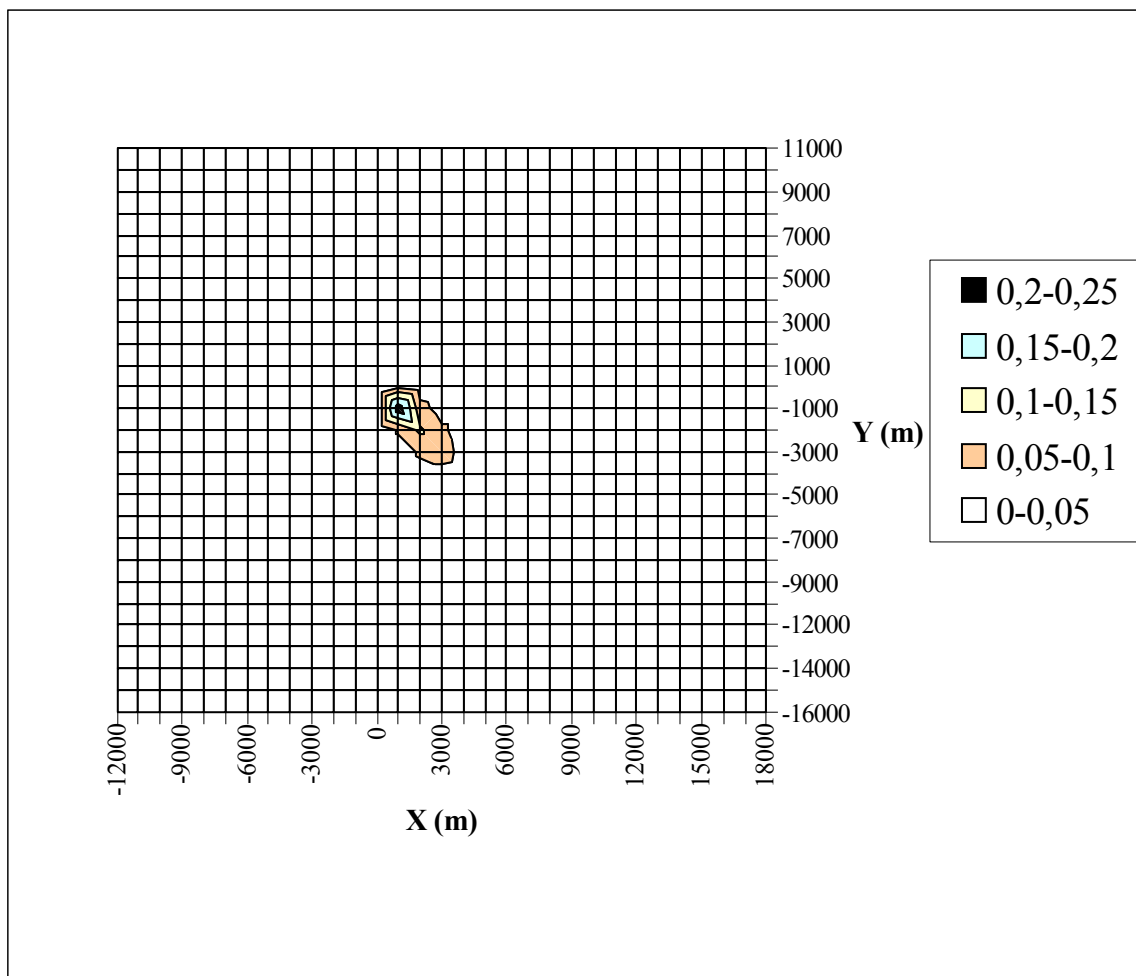
Figura V.6 : Concentrações máximas de 8 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de acordo com a distância à Incineradora – Simulação 1. X é a distância no sentido Oeste-Este e Y é a distância no sentido Sul-Norte.



A predominância do impacte a Sudeste, acentuada para o caso dos períodos de média maiores (Figura V.6 e V.7), está de acordo com o facto de, no período considerado, a direcção de vento que ocorre com mais frequência ser a de Noroeste (Quadro com os dados locais considerados em Apêndice). Igualmente se verifica que os máximos de concentração são mais elevados para períodos de média mais curta, o que se deve ao carácter atenuador de pontas do aumento de período de média. Este facto é particularmente visível no Quadro V.13 onde se apresentam o valor máximo para cada período de média para o conjunto de todos os receptores e a localização onde ocorre.

No Documento 3 deste trabalho encontram-se os resultados de concentração máxima para cada receptor obtidos nesta simulação.

Figura V.7 : Concentrações máximas de 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de acordo com a distância à Incineradora – Simulação 1. X é a distância no sentido Oeste-Este e Y é a distância no sentido Sul-Norte.



Quadro V.13 : Valores máximos de concentração para vários períodos de média e para o conjunto de todos os receptores, para a Simulação 1.

Período de média	Máxima concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Data e hora	Distância do receptor em relação à fonte (X=este, Y=norte)	Elevação da base (m)
1 h	1.38841	98/7/30 – 8 h	X=1000m Y=-1000m	1.70
8 h	0.43394	98/7/25 – 8 h	X=1000m Y=-1000m	1.70
24 h	0.23019	98/7/25 – 24 h	X=1000m Y=-1000m	1.70

V.5.2.2 Simulação 2

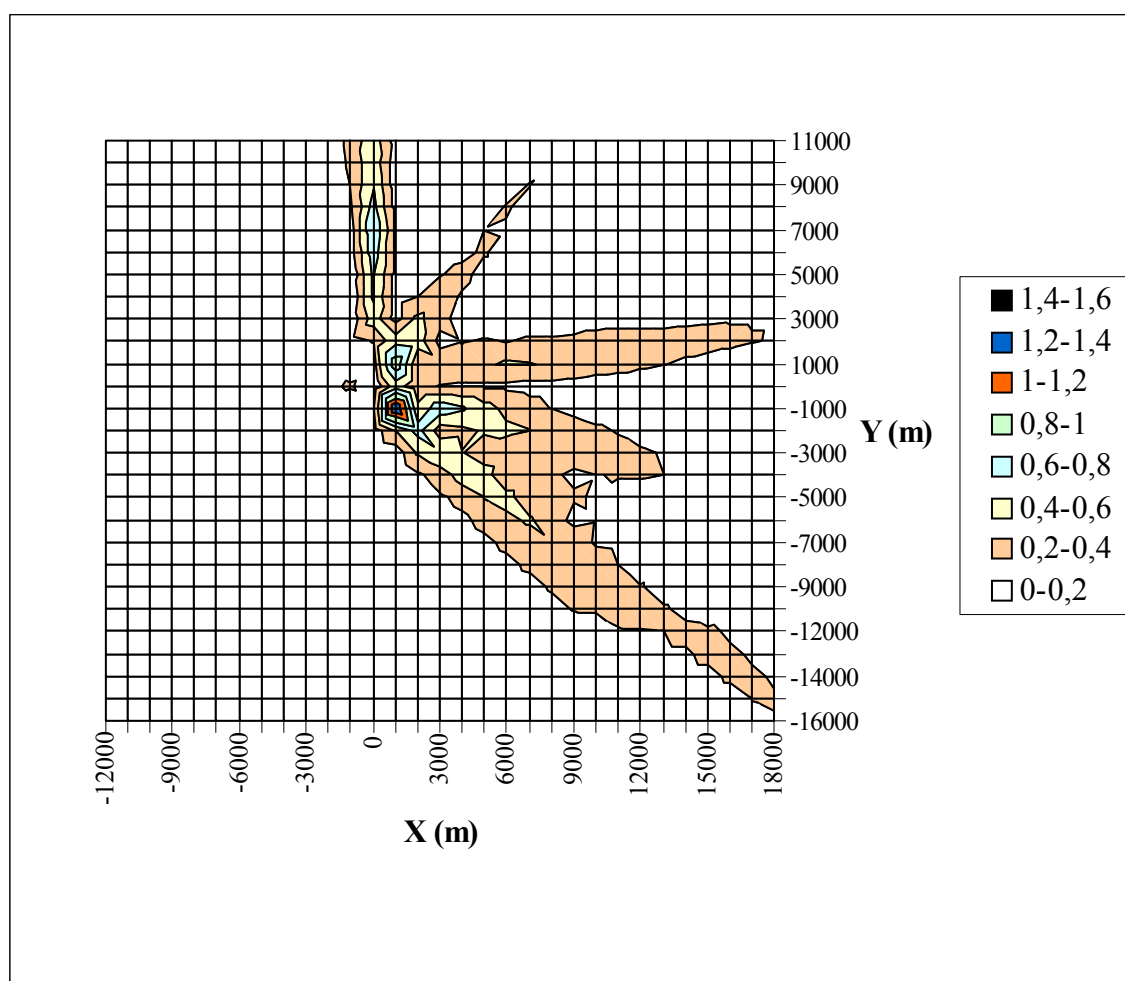
A segunda simulação foi realizada para se avaliar o efeito da opção de considerar uma Camada Limite Urbana para o período noturno. Desta forma, considerou-se uma população menor em 50 % em relação à população da Simulação 1, para se verificar a sensibilidade do modelo a uma redução da turbulência noturna.

As opções de modelação consideradas foram as seguintes:

- Camada Limite Urbana: População = 500 000 habitantes;
- Opções de modelação definidas pelo modelo (parâmetro DFAULT na keyword MODELOPT);
- Terreno elevado;
- Rede cartesiana de receptores distanciados entre si de 1 km que se estende de 12 km a oeste a 18 km a este da fonte, na horizontal, e de 11 km a norte da fonte a 16 km a sul da fonte, na vertical;
- Extração das elevações da base da fonte poluente e dos receptores a partir dos pontos dos ficheiros de altimetria;

Os resultados obtidos para o período de média de 1 hora são apresentados na Figura V.8 e as concentrações máximas para o conjunto de todos receptores no Quadro V.14 . Pode-se observar neste caso um aumento da concentração máxima relativamente à situação da Simulação 1, o que é previsível devido à existência de uma menor turbulência.

Figura V.8 : Concentrações máximas de 1 hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de acordo com a distância à Incineradora – Simulação 2. X é a distância no sentido Oeste-Este e Y é a distância no sentido Sul-Norte.



Quadro V.14 : Valores máximos de concentração para vários períodos de média e para o conjunto de todos os receptores, para a Simulação 2.

Período de média	Máxima concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Varição em relação a Simulação 1 (%)	Data e hora	Distância do receptor em relação à fonte (X=este, Y=norte)	Elevação da base (m)
1 h	1.40817	+1.4	98/7/30 – 8 h	X=1000m Y=-1000m	1.70
8 h	0.43937	+1.25	98/7/25 – 8 h	X=1000m Y=-1000m	1.70
24 h	0.23211	+0.8	98/7/25 – 24 h	X=1000m Y=-1000m	1.70

A variação em relação ao resultados da Simulação 1, permite concluir que o efeito de uma variação da turbulência nocturna não é significativo para o período considerado para o receptor de máxima concentração (pior caso).

No Documento 3 apresentam-se as concentrações máximas para cada receptor obtidas nesta simulação.

V.5.2.3 Simulações 3, 4, 5 e 6

Nestas simulações pretendeu-se avaliar a sensibilidade do AERMOD ao relevo da cidade de Lisboa e a um diferente grau de turbulência nocturna. Desta forma foram considerados quatro receptores localizados em alguns locais de Lisboa a diferentes distâncias da fonte e com diferentes elevações de base:

- Monsanto : coordenadas UTM 484 000E e 4 287 000N e elevação de base 200 m;
- Instituto Superior Técnico : coordenadas UTM 488 000E e 4 287 750N e elevação de base de 100 m;
- Marvila : coordenadas UTM 491 000E e 4 288 000N e elevação de base de 20 m;
- Olivais Norte : coordenadas UTM 490 500E e 4 291 500N e elevação de base de 50 m;

O receptor de Monsanto é um dos pontos mais altos de Lisboa e que se encontra relativamente à fonte fora da direcção dominante do vento e a maior distância da fonte que os outros receptores. Desta forma, a modelação da concentração neste receptor poderá fornecer uma medida da importância do relevo relativamente à distância e localização do receptor em relação à fonte.

Os receptores do Instituto Superior Técnico (IST) e de Marvila, encontram-se a uma distância entre si de 2,5 km e a uma distância semelhante em relação à fonte, embora o receptor de Marvila esteja mais a este do que o do IST. O receptor de Marvila encontra-se na base de uma elevação em que no topo o receptor do IST. A comparação das concentrações obtidas para estes receptores poderá fornecer uma medida da importância do efeito do terreno.

O receptor de Olivais Norte, é o que se encontra mais perto da Incineradora, o permite que se verifique a influência da distância à fonte poluente, relativamente aos outros factores que influenciam a dispersão.

Na Simulação 3 utilizaram-se as seguintes opções de modelação:

- Camada Limite Urbana: População = 1 000 000 habitantes;
- Opções de modelação definidas pelo modelo (parâmetro DFAULT na keyword MODELOPT);
- Terreno elevado;
- Receptores discretos do tipo cartesiano;

Estudo do Modelo de Qualidade do Ar AERMOD

- Utilização das elevações da base dos receptores obtidas a partir das cartas 431 e 417, escala 1:25 000 do IGEOE;
- Elevação da base da fonte considerada 4 m, o valor obtido para a Simulação 1

As concentrações máximas obtidas para os períodos de média de 1, 8 e 24 h, para cada receptor na Simulação 3 encontram-se apresentadas no Quadro V.15.

Quadro V.15 : Valores máximos de concentração para vários períodos de média e para o conjunto de todos os receptores, para a Simulação 3.

Identificação do receptor	Período de média	Concentração máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Data e hora	Elevação de base (m)	Escala de altura (m)
Monsanto	1 h	0.00004	28/7/98 – 14 h	200	213
	8 h	0.00001	28/7/98 – 16 h		
	24 h	0	28/7/98 – 24 h		
IST	1 h	0	28/7/98 – 14 h	100	100
	8 h	0	28/7/98 – 16 h		
	24 h	0	28/7/98 – 24 h		
Marvila	1 h	0.00002	21/7/98 – 11 h	20	55
	8 h	0	21/7/98 – 16 h		
	24 h	0	21/7/98 – 24 h		
Olivais Norte	1 h	0	21/7/98 – 11 h	50	112
	8 h	0	21/7/98 – 16 h		
	24 h	0	21/7/98 – 24 h		

De modo a se verificar a influência da turbulência urbana nocturna nesta realizou-se uma 4ª Simulação, com uma turbulência menor, devido à consideração de uma população de 1000 habitantes. Nesta simulação obtiveram-se os mesmos resultados que para a Simulação 3. Devido à reduzida concentração nos receptores não foi possível quantificar a influência desta variação de turbulência nocturna. Na realidade a turbulência urbana poderá ser importante, dado que o centro da mancha urbana será mais localizado em Lisboa.

Realizou-se uma Simulação 5 considerando a opção de terreno plano. Os resultados obtidos encontram-se no Quadro V.16.

Quadro V.16 : Valores máximos de concentração para vários períodos de média e para o conjunto de todos os receptores, para a Simulação 5.

Identificação do receptor	Período de média	Concentração máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Variação de concentração em relação à Simulação 3 (%)	Data e hora	Elevação de base (m)	Escala de altura (m)
Monsanto	1 h	0.00005	+ 25	28/7/98 – 14 h	4.0	-
	8 h	0.00001	0	28/7/98 – 16 h		
	24 h	0	-	28/7/98 – 24 h		
IST	1 h	0	-	28/7/98 – 14 h	4.0	-
	8 h	0	-	28/7/98 – 16 h		
	24 h	0	-	28/7/98 – 24 h		
Marvila	1 h	0.00003	+50	21/7/98 – 11 h	4.0	-
	8 h	0	-	21/7/98 – 16 h		
	24 h	0	-	21/7/98 – 24 h		
Olivais Norte	1 h	0	-	21/7/98 – 11 h	4.0	-
	8 h	0	-	21/7/98 – 16 h		
	24 h	0	-	21/7/98 – 24 h		

O AERMOD, numa modelação de terreno plano, considera uma elevação de base para os receptores igual à elevação da base da fonte. Deste modo, o efeito de uma modelação em terreno plano nas concentrações para cada receptor é, já que as concentrações máximas se devem aos mesmos episódios de poluição (no mesmo dia e à mesma hora), devido à não consideração da elevação da base dos receptores e da escala de altura. O facto de se terem em Marvila e em Monsanto concentrações maiores neste caso, implica que o efeito da elevação da base do receptor tem um maior efeito que a escala de altura para os receptores considerados, que levaria a um aumento de concentração, particularmente no caso de Marvila. Como a variação de concentração foi de 50 % no primeiro caso e de 25 % no segundo caso o efeito do terreno é mais notório em Marvila, tal como seria de esperar.

Realizou-se uma Simulação 6 considerando terreno elevado e uma elevação de base de 4.0 m para cada receptor (igual à da fonte), para se verificar a importância da escala de altura na concentração nos receptores, relativamente à elevação da base. As concentrações máximas obtidas para cada receptor são iguais às da Simulação 6, o que demonstra que o efeito da elevação da base da fonte é mais importante.

Dado que o receptor do IST apresenta uma concentração mais baixa que a do de Marvila com a Simulação 6, situação igual às simulações 5, 4 e 3, a baixa concentração neste receptor relativamente ao de Marvila, detectada na Simulação 3 não é devida ao efeito do terreno. Para receptor de Olivais Norte a situação é semelhante em relação ao receptor de Monsanto.

Em todos os receptores o factor mais importante que influencia a concentração máxima parece ser o transporte e turbulência da atmosfera (no período diurno), já que os episódios de poluição que determinam a concentração mais elevada em cada receptor são iguais para o caso do receptor e Olivais Norte e Monsanto e para o caso dos receptores de Marvila e IST.