

IV.2 Preprocessador meteorológico AERMET

IV.2.1 Fundamentos

Para o funcionamento do modelo de qualidade AERMOD são necessários dois ficheiros de dados meteorológicos, um contendo parâmetros caracterizadores da CLP para cada hora a modelar e outro contendo parâmetros meteorológicos a várias altitudes na atmosfera. Estes dois ficheiros têm um formato específico e são produzidos pelo preprocessador meteorológico AERMET, com base em medições de parâmetros meteorológicos de superfície e em altitude, para estações meteorológicas estabelecidas, de medições realizadas no local onde a qualidade do ar irá ser modelada e de características de superfície.

O processamento dos dados pelo AERMET é desenvolvido em três estádios diferentes:

- 1 – Extracção e Avaliação de Qualidade
- 2 – Junção de dados meteorológicos de diferentes origens
- 3 – Cálculo dos parâmetros de camada limite e produção dos ficheiros utilizados pelo AERMOD

A Extracção de dados é necessária pois o formato de determinados ficheiros de dados utilizados pelo AERMET, destinado a compactar a informação no mínimo de espaço, não permite uma leitura directa dos parâmetros meteorológicos aí armazenados pelo AERMET. Nestes casos, tem de existir primeiro uma decifração dos ficheiros, a qual constitui a Extracção.

A Avaliação de Qualidade consiste numa avaliação dos dados meteorológicos fornecidos pelo utilizador de modo a que sejam detectadas anomalias que possam provocar erros no processamento dos dados ou conduzir a resultados pouco relacionados com a realidade. A análise efectuada inclui a verificação de existência de valores em falta e de parâmetros com um valor que não está dentro de uma gama aceitável de valores. O utilizador é informado das anomalias detectadas e poderá decidir pela alteração dos dados, fora do AERMET, ou pelo processamento dos dados fornecidos tal como estão. Esta última operação não é obrigatória mas é útil para que o utilizador esteja consciente das qualidade dos dados fornecidos.

A operação de junção de dados meteorológicos provenientes de diferentes tipos de ficheiros, designada por *merge*, é necessária para que o cálculo dos parâmetros meteorológicos da camada limite seja mais expedito. Nesta operação os dados são agrupados em blocos de 24 horas.

Depois de cada uma das operações de extracção, avaliação de qualidade e de junção de dados são produzidos ficheiros contendo os dados, que são utilizados na operação seguinte.

Devido à divisão por estádios do processamento de dados, são utilizados dois executáveis: um para os Estádios 1 e 2, Met1n2.exe, e outro para o Estádio 3, Stage3.exe. Os estádios 1, 2 e 3 são realizados separadamente, podendo também as operações de extracção e avaliação de qualidade serem realizadas em execuções separadas.

Como a fases de extracção e de avaliação de qualidade poderão ser ou não realizadas optou-se neste trabalho pela descrição dos Estádios 1 e 2 em conjunto.

IV.2.2 Dados necessários – Estádios 1 e 2

IV.2.2.1 Ficheiros de dados meteorológicos

Os ficheiros de medições de parâmetros meteorológicos podem ser de três tipos: ficheiros contendo medições realizadas perto da superfície num só nível de altura e ficheiros contendo resultados de sondagens em altitude na atmosfera produzidos pelo National Weather Service dos Estados Unidos da América (NWS), ficheiros de medições realizadas no local onde se pretende realizar a modelação da qualidade do ar.

Os ficheiros de dados de superfície produzidos pelo NWS podem conter medições horários de vários parâmetros, dos quais são utilizados pelo AERMET a pressão atmosférica na estação, a cobertura total e opaca do céu (uma medida da nebulosidade), a temperatura de bolbo seco e de ponto de orvalho e a direcção e velocidade do vento. Os formatos suportados para este tipo de dados são os formatos CD-144, em que os dados estão organizados com base no tempo (dados agrupados por hora), e TD-3280, em que os dados estão organizados por variável numa fita magnética, ambos produzidos pelo National Climatic Data Center (NCDC), o formato SCRAM, produzido pelo EPA Office of Air Quality Planning and Standard Technology Transfer Network e disponível no Support Center for Regulatory Air Models e o formato SAMSON, com dados de 30 anos de observações, disponíveis em CD-ROM. Para a utilização destes dados no AERMET deve ser realizada a fase de extracção de dados.

As medições de sondagem em altitude incluem valores para a pressão atmosférica, a altitude de medição, a temperatura de bolbo seco, a temperatura de ponto de orvalho (a temperatura a que deveria estar o ar para que a água nele contida começasse a condensar) e a velocidade e direcção do vento, realizadas a determinadas horas de cada dia. Cada ficheiro deste tipo pode conter até 24 sondagens por dia. As únicas medições utilizadas pelo AERMET são as respeitantes às horas 11, 12 ou 13 do Tempo Universal de Greenwich (a hora local do Meridiano de Greenwich). Para que todos os parâmetros de Camada Limite necessários ao AERMOD possam ser calculados o ficheiro de dados de altitude deve conter um mínimo de dados consistindo em medições de pressão, altitude e temperatura para cada nível da sondagem. Se estes dados não forem fornecidos não será calculada a altura convectiva da Camada Limite, escala convectiva de velocidade, parâmetros essenciais para a caracterização da dispersão de poluentes na CLC. O único formato de dados suportado pelo AERMET para estes dados de sondagem é o TD-6201, disponível no NCDC. Estes dados devem também ser extraídos para a utilização no AERMET. Poderão ser fornecidas ao AERMET sondagens em altitude de outra origem, desde que os dados estejam num formato igual ao do ficheiro resultante da fase de extracção dos dados de sondagem do NWS (U. S. EPA, 1998b).

Os dados resultantes de medições efectuadas no local podem conter valores de medição, para parâmetros de superfície, medidos a um só nível: fluxo de calor sensível da superfície, velocidade de atrito, altura de camada limite, comprimento de rugosidade da superfície, insolação, balanço radiativo, diferença de temperatura, pressão na estação, cobertura total ou opaca do céu. Igualmente podem ser incluídos valores para parâmetros medidos a vários níveis: altitude, desvio padrão da direcção do vento horizontal, desvio padrão da direcção do vento vertical, desvio padrão da velocidade do vento horizontal (duas componentes), desvio padrão da velocidade do vento vertical, temperatura, direcção e velocidade do vento. Estes valores deverão ter uma frequência horária ou suborária, para cada dia. O formato do ficheiro contendo estes dados não é fixo, mas deverá ser tal que seja possível a leitura dos dados por um comando de

linguagem de programação de Fortran, na qual se encontra escrito o código base do AERMET, e obedecer a algumas regras de estrutura definidas no Manual de Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1999b). Para os ficheiros de dados locais não é necessária a realização de fase de extracção.

O AERMET pode funcionar com ficheiros dos três tipos numa execução do programa, ou apenas com um ficheiro de dados de superfície produzidos pelo NWS e de dados locais, contudo nestas situações só são obtidos resultados completos para o período nocturno. Desta forma, o AERMET não pode funcionar apenas com dados de sondagens em altitude. Para além destas situações extremas todas as outras combinações de tipos de ficheiros são possíveis. Contudo, para que seja determinados todos os parâmetros meteorológicos necessários ao AERMOD devem ser fornecidos ficheiro de sondagem em altitude e ficheiro de dados de superfície, produzidos pelo NWS ou a partir de medições locais.

IV.2.2.2 Ficheiro de instruções

As instruções para a realização dos Estádios 1 e 2 devem estar num ficheiro de instruções, em registos organizados segundo *pathways*:

- JOB - informações de carácter geral;
- UPPERAIR - informações relativas aos dados de sondagem em altitude;
- SURFACE – informações relativas aos dados de superfície produzidos pelo NWS;
- ONSITE – informações relativas aos dados locais;
- MERGE – informações relativas ao processo de junção de dados.

As informações encontram-se organizadas em cada *pathway* em registos de *keywords*. Nos Quadros IV.3-IV.7, apresentam-se as informações que se podem incluir em cada pathway e as keywords utilizadas na sua definição.

Quadro IV.3 : Informações fornecidas no *pathway* JOB no ficheiro de instruções para os Estádios 1 e 2 do AERMET e *keywords* utilizadas na sua indicação (U.S. EPA, 1998b).

Informações	Keywords
Nome do ficheiro para onde são escritas as mensagens geradas pelo programa	MESSAGES
Nome do ficheiro para o qual será escrito o relatório do processamento	REPORT
Especificação de que o programa só deve verificar a informação do ficheiro de entrada e não realizar o processamento dos dados	CHK-SYNTAX

Quadro IV.4 : Informações fornecidas no *pathway* UPPERAIR no ficheiro de instruções para os Estádios 1 e 2 do AERMET e *keywords* utilizadas na sua indicação (U.S. EPA, 1998b).

Informações	Keywords
Nome e formato do ficheiro do qual devem ser extraídos os dados (utilizada para operação de extracção)	DATA
Nome do ficheiro de saída do processo de extracção e o ficheiro a considerar para o processo de avaliação de qualidade (operações de extracção e de avaliação de qualidade)	EXTRACT
Datas de início e de fim de extracção (operação de extracção)	XDATES
Especifica que deve ser realizada uma avaliação de qualidade preliminar durante a operação de extracção de dados (operação de extracção)	MODIFY
Identificação, localização da estação e parâmetro utilizado para converter o tempo de registo de dados para o tempo local	LOCATION
Nome do ficheiro produzido na operação de avaliação de qualidade e nome do ficheiro de entrada na operação de junção de dados (operações de avaliação de qualidade e de junção de dados)	QAOUT
Variáveis cuja qualidade deve ser avaliada (operação de avaliação de qualidade)	AUDIT
Modifica os limites da gama aceitável e indicador de valor em falta para uma dada variável (operação de avaliação de qualidade)	RANGE
Variáveis que quando em falta não devem originar mensagens para o ficheiro de mensagens (operação de avaliação de qualidade)	NO_MISSING

Quadro IV.5 : Informações fornecidas no *pathway* SURFACE no ficheiro de instruções para os Estádios 1 e 2 do AERMET e *keywords* utilizadas na sua indicação (U.S. EPA, 1998b).

Informações	Keywords
Nome e formato do ficheiro do qual devem ser extraídos os dados (utilizada para operação de extracção)	DATA
Nome do ficheiro de saída do processo de extracção e o ficheiro a considerar para o processo de avaliação de qualidade (operações de extracção e de avaliação de qualidade)	EXTRACT
Datas de início e de fim de extracção (operação de extracção)	XDATES
Identificação, localização da estação e parâmetro utilizado para converter o tempo de registo de dados para o tempo local	LOCATION
Nome do ficheiro produzido na operação de avaliação de qualidade e nome do ficheiro de entrada na operação de junção de dados (operações de avaliação de qualidade e de junção de dados)	QAOUT
Variáveis cuja qualidade deve ser avaliada (operação de avaliação de qualidade)	AUDIT
Modifica os limites da gama aceitável e indicador de valor em falta para uma dada variável (operação de avaliação de qualidade)	RANGE
Variáveis que quando em falta não devem originar mensagens para o ficheiro de mensagens (operação de avaliação de qualidade)	NO_MISSING

Quadro IV.6 : Informações fornecidas no *pathway* ONSITE no ficheiro de instruções para os Estádios 1 e 2 do AERMET e *keywords* utilizadas na sua indicação (U.S. EPA, 1998b).

Informações	Keywords
Nome do ficheiro de dados locais para avaliação de qualidade e para a junção de dados, no caso de não ter sido realizada a avaliação de dados	DATA
Lista e ordem de variáveis presentes num registo do ficheiro de dados locais (operação de avaliação de qualidade e de junção de dados)	READ
Formato em que estão organizados os dados num registo do ficheiro de entrada	FORMAT
Datas de início e fim do período de dados locais a ser processado	XDATES
Identificação, localização da estação e parâmetro utilizado para converter o tempo de registo de dados para o tempo local	LOCATION
Nome do ficheiro produzido na operação de avaliação de qualidade e nome do ficheiro de entrada na operação de junção de dados	QAOUT
Variáveis cuja qualidade deve ser avaliada (operação de avaliação de qualidade)	AUDIT
Modificação dos limites da gama aceitável e indicador de valor em falta para uma dada variável (operação de avaliação de qualidade)	RANGE
Variáveis que quando em falta não devem originar mensagens para o ficheiro de mensagens (operação de avaliação de qualidade)	NO_MISSING
Alturas de medição para os dados de vários níveis no ficheiro de dados	OSHEIGHTS
Alturas de níveis utilizados para se medirem as diferenças de temperatura disponíveis nos dados locais	DELTA_TEMP
Velocidade do vento mínima detectável no instrumento de medição	THRESHOLD
Número de observações por hora	OBS/HOUR

Quadro IV.7 : Informações fornecidas no *pathway* MERGE no ficheiro de instruções para os Estádios 1 e 2 do AERMET e *keywords* utilizadas na sua indicação (U.S. EPA, 1998b).

Informações	Keywords
Nome do ficheiro resultante da junção de dados	OUTPUT
Datas de início e fim da operação de junção de dados	XDATES

Para a operação de avaliação de dados existem, para o caso dos dados de superfície produzidos pelo NWS e dos dados locais, variáveis que são avaliadas mesmo que o utilizador não especifique a sua avaliação. Como no caso dos dados de sondagem em altitude isto não acontece o utilizador deve especificar quais as variáveis que devem ser avaliadas.

A velocidade do vento mínima detectada no instrumento de medição deve ser superior ou igual a 1.0 ms^{-1} , de modo a que possam ser processados os dados.

A operação de junção de dados não poderá ser realizada na mesma execução do AERMET em que estão incluídos a Extracção ou a Avaliação de Qualidade.

As regras para a colocação das informações no ficheiro de instruções e nas keywords podem ser encontradas no Manual de Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b).

IV.2.3 Processamento de dados – Estádios 1 e 2

IV.2.3.1 Extracção

A extracção de dados de sondagem em altitude faz-se apenas até ao nível imediatamente superior ao nível dos 5000 m. No caso de se pretender fornecer dados de sondagem em altitude ao AERMET utilizando o formato de saída da operação de extracção este aspecto deverá ser tido em consideração e o utilizador deve apenas incluir níveis até essa altitude (primeiro nível acima dos 5000m)

Caso tenha sido especificada pelo utilizador a opção de realização de uma avaliação de qualidade preliminar durante a extracção são realizadas as seguintes acções:

- não são considerados os níveis da sondagem que estão a menos de 1% de níveis significativos em relação à pressão – esta acção é realizada para evitar que durante a avaliação da qualidade se detectem gradientes elevados e não acarreta uma significativa perda de informação dado que estes níveis são obtidos a partir dos níveis significativos (U. S. EPA, 1998b);
- nas situações de velocidade nula e direcção de vento não nula é colocada a direcção do vento a zero;
- preenchimento dos valores de temperatura e de ponto de orvalho que estão em falta com valores interpolados dos valores nos níveis disponíveis, acima e abaixo, se estes estiverem disponíveis.

IV.2.3.2 Avaliação de Qualidade

O processo de avaliação de qualidade consiste na realização de testes a parâmetros dos ficheiros meteorológicos, na detecção de valores em falta e na geração de mensagens para o utilizador se for detectada uma situação anómala em função do valor da variável ou um valor em falta. O utilizador deverá depois decidir se os dados devem ser utilizados tal como estão ou se devem ser alterados, o que só pode ser realizado fora do AERMET, com um programa editor de texto.

Para os dados de superfície produzidos pelo NWS são avaliados automaticamente os valores da pressão atmosférica, cobertura do céu total ou opaca, temperatura de bolbo seco e de ponto de orvalho, velocidade e direcção do vento. Para estes parâmetros e para aqueles que sejam definidos pelo utilizador são realizadas as seguintes acções de avaliação de qualidade:

- verificação do respeito ou não por gamas de valores aceitáveis para as variáveis com valores existentes;
- detecção de valores em falta;
- verificação da temperatura de ponto de orvalho excedendo a temperatura de bolbo seco;
- velocidade do vento nula e direcção do vento não nula.

Para os dados de sondagem em altitude são realizadas as seguintes acções de avaliação da qualidade:

- detecção de valores em falta e do respeito ou não de variáveis com valores existentes por gamas de valores aceitáveis – apenas para as variáveis que forem especificadas pelo utilizador;
- estimativa da altitude dos níveis de sondagem, se o nível da superfície não estiver em falta, pela equação IV.2 (U. S. EPA, 1998b),

$$z_2 = z_1 + [(R_d T_v) / g] \ln(P_1 / P_2) \quad (\text{IV.2})$$

onde z_1 e P_1 são a altitude e a pressão no nível inferior e z_2 e P_2 a altura e a pressão no nível superior, R_d é a constante dos gases perfeitos para o ar seco, T_v é a temperatura virtual média através da camada; o AERMET verifica se a diferença entre a altitude assim calculada e a altitude apresentada na sondagem é superior a 50 m – esta acção, destinada a detectar erros na atribuição dos níveis na sondagem, só é realizada quando a altitude do nível da superfície e a temperatura de ponto de orvalho não está em falta;

- cálculo de diferenças, considerando uma camada de 100 m de ar, para a temperatura de bolbo seco e de ponto de orvalho, velocidade e direcção do vento – diferenças entre dois níveis adjacentes; no caso da velocidade e direcção do vento tratam-se de diferenças absolutas; para a temperatura de ponto de orvalho são utilizados três níveis e o gradiente é a diferença entre o nível calculado para o nível intermédio (por interpolação entre os níveis inferior e superior) e o valor apresentado na sondagem para esse nível.

Para os dados locais a avaliação da qualidade consiste apenas na detecção de valores em falta e teste aos parâmetros com valores existentes para verificar o respeito por gamas de valores aceitáveis, para a temperatura de bolbo seco, velocidade e direcção do vento e para parâmetros que sejam especificados pelo utilizador. Esta avaliação de qualidade é apenas realizada para os valores sub-horários e não para os valores calculados para cada hora.

IV.2.3.3 Cálculo de médias horárias para dados locais

O dados locais podem estar disponíveis no ficheiro de dados locais em observações sub-horárias. Dado que o AERMOD apenas funciona com médias horárias o AERMET calcula a média horária para cada hora no Estádio 1, de acordo com o número de observações por hora que o utilizador especifica (até um máximo de 12 observações). Todas as variáveis do ficheiro que são lidas pelo AERMET devem estar apresentadas no ficheiro de acordo com a mesma periodicidade.

A média é apenas calculada se o número de observações for maior ou igual ao valor mínimo: metade do número de observações, quanto o número de observações é par, metade do número de observações adicionado de um, quando o número de observações é ímpar. Se não é possível calcular a média horária é atribuído o indicador de valor em falta à variável em questão. Se o número de observações por hora detectado no ficheiro for maior que o valor especificado pelo utilizador, o AERMET não calcula a média e é atribuído o valor de falta. Este valor também é atribuído à média horária se não existem um número não nulo de observações por hora.

O cálculo da média é realizado por média aritmética para a maioria dos parâmetros contidos no ficheiro de dados locais.

Para a velocidade do vento é adoptado um procedimento diferente de modo a se diferenciar a situação de calma e a situação de velocidade do vento em falta. Neste procedimento se a velocidade do vento é menor que o valor mínimo de medição do instrumento especificado pelo utilizador então é atribuído metade do valor deste mínimo e a direcção do vento é colocada em falta. A média horária da velocidade é então calculada com este valor.

No caso da direcção do vento, quando esta não está em falta, a média horária é calculada do modo seguinte:

1. calcula-se a diferença entre o valor actual e o valor sub-horário anterior; se este valor é maior que 180 ou menor que -180 é corrigido somando-se -360 e 360, respectivamente;
2. o valor da diferença obtido em 1 é somado ao valor anterior da média sub-horária;
3. o valor obtido em 2 é somado para se obter a soma dos valores da hora;
4. a soma total de todos os valores da hora obtidos seguindo os passos 1-3 é dividida pelo número de horas válidas obtendo-se o valor médio para a hora não corrigido;
5. se o valor da média horária não corrigido é menor que 0 ou maior que 360 é somado 360 e -360, respectivamente.

Para o desvio padrão da direcção do vento (σ_d^2) a média horária é calculada segundo a Equação IV.3 (U.S. EPA, 1998b),

$$\sigma_d^2 = \frac{1}{n} \sum (\sigma_d^2 + DV_i^2) - \overline{DV}^2 \quad (IV.3)$$

onde n é o número de observações válidas e DV_i é a direcção média do vento e \overline{DV} é a média horária da direcção do vento.

Para os outros desvios padrões a média é obtida pela raiz quadrada da média dos quadrados dos desvios padrões sub-horários.

IV.2.4 Organização do AERMET – Estádios 1 e 2

O código base para a criação do executável para a realização dos estádios 1 e 2 do AERMET é constituído pelo programa MET1N2, subrotinas associadas e ficheiros de declaração de variáveis e parâmetros.

Tal como no caso do AERMAP são geradas mensagens que podem ser informacionais, de aviso ou erro. As mensagens de aviso e de erro originam-se quando são detectadas anomalias mas as mensagens de erro determinam que o processamento dos dados seja interrompido. As mensagens geradas são enviadas para um ficheiro de mensagens específico.

As acções realizadas pelo programa durante as execuções respeitantes ao estádios 1 e 2 podem-se agrupar em duas fases:

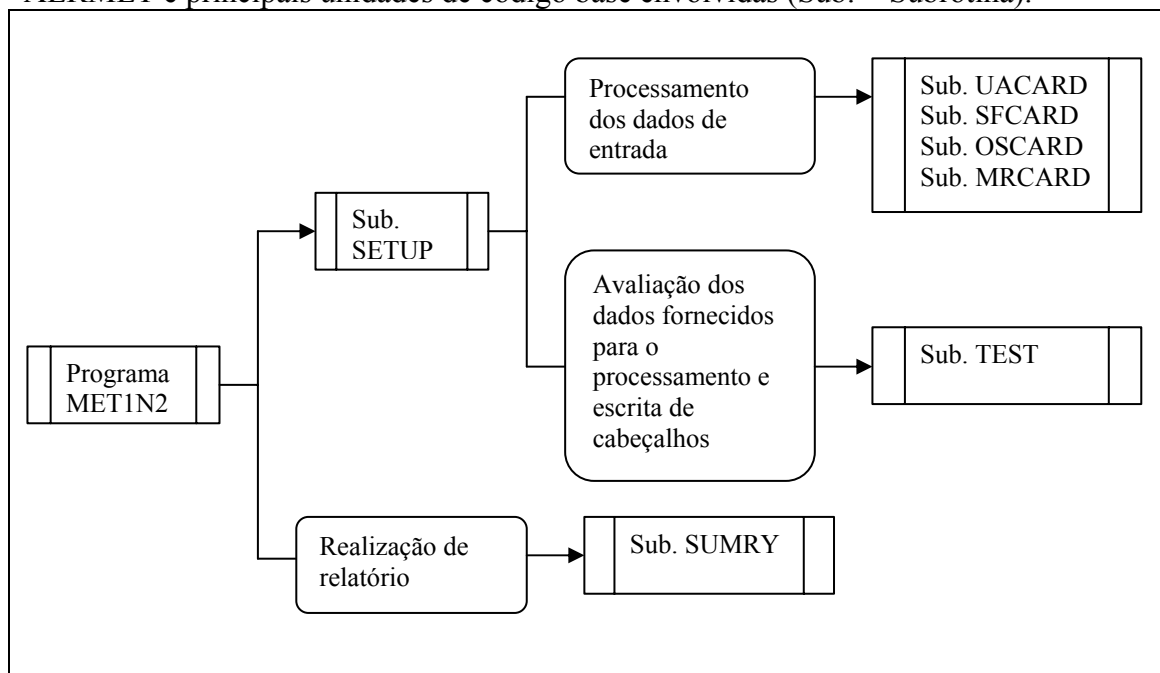
- pré-processamento : processamento das instruções do utilizador;
- processamento : processamento dos dados fornecidos e criação dos ficheiros de saída do programa.

A fase de preprocessamento inclui as acções seguintes:

- decodificação das informações contidas no ficheiro de instruções – esta acção é realizada de acordo com o *pathway*; a informação do ficheiro de instruções é guardada em ficheiro temporário para a construção de cabeçalhos ou para a referência de erros;
- avaliação para se verificar se existe informação suficiente para processar os dados de entrada – realizada para os vários tipos de dados meteorológicos e para as operações de extracção, avaliação de qualidade e de junção de dados; para os dados referentes ao *pathway* ONSITE é feito um exame específico para determinar se os formatos e variáveis fornecidas pelo utilizador estão bem especificados, se todos os níveis de dados têm altura referenciada e se a auditoria solicitada pelo utilizador está de acordo com os dados fornecidos;
- escrita dos cabeçalhos nos ficheiros a produzir pelo programa – alguns cabeçalhos dos ficheiros de dados são reprocessados antes de transpostos para os ficheiros produzidos pelo programa;
- realização de um relatório do processamento de dados que se irá realizar – são utilizadas para a obtenção da data e da hora subrotinas externas específicas do compilador, que pode ser Microsoft ou Lahey;
- envio para o écran de uma mensagem indicando se a fase de preprocessamento termina ou não com sucesso.

Apresenta-se na Figura IV.4 um esquema da fase de preprocessamento nos Estádios 1 e 2 do AERMET, indicando-se as principais unidades de código base envolvidas.

Figura IV.4 : Esquema de realização da fase de preprocessamento nos Estádios 1 e 2 do AERMET e principais unidades de código base envolvidas (Sub. = Subrotina).

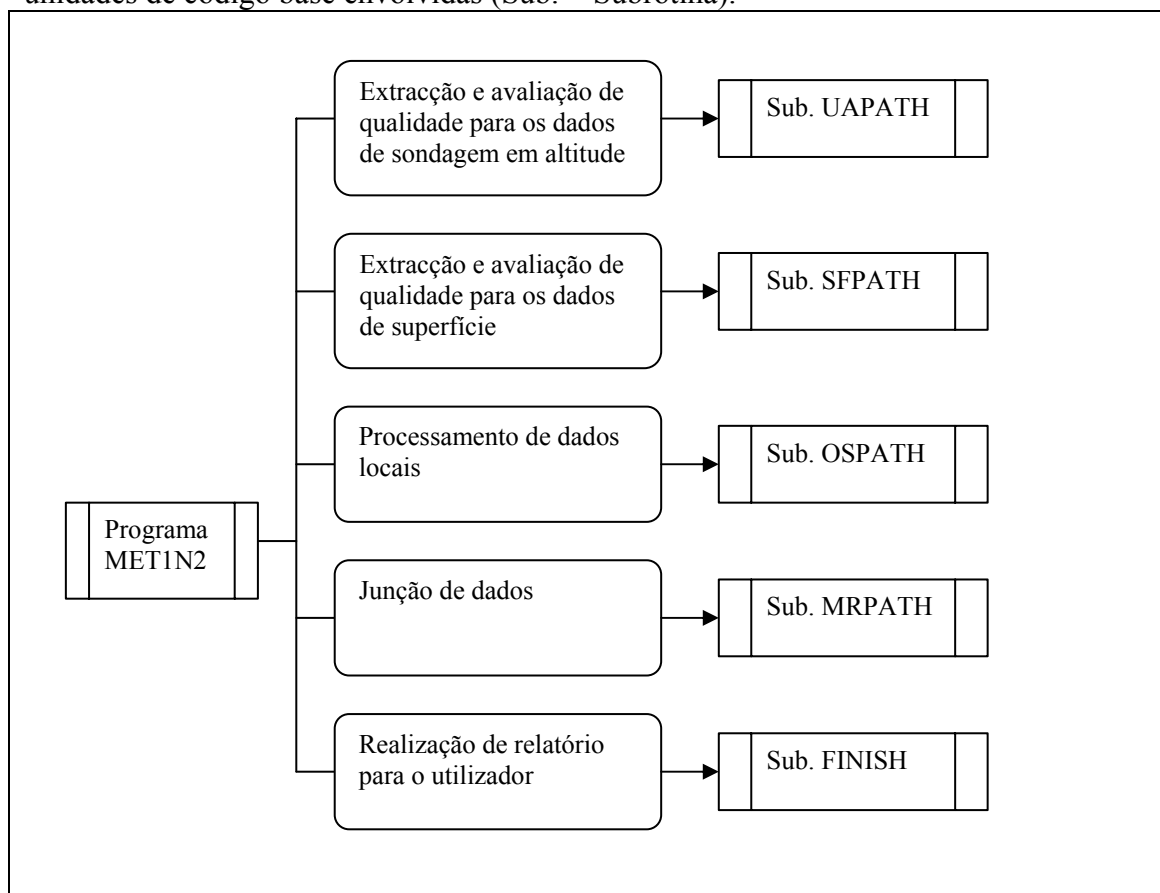


Na fase de processamento dos Estádios 1 e 2 do AERMET realizam-se as seguintes acções:

- extracção de dados – apenas para os dados produzidos pelo NWS; no caso dos dados de altitude podem ser modificados alguns dados; para os dados de superfície esta operação é realizada de maneira diferente para cada formato;
- avaliação de qualidade – se tiver sido requerida pelo utilizador; para os dados locais só os dados referentes aos dias especificados pelo utilizador são escritos para o ficheiro produzido depois da avaliação de qualidade;
- cálculo das médias horárias para dados locais;
- junção de dados – verifica-se se existe informação suficiente para esta operação; a junção começa na data de início fornecida pelo utilizador ou, se esta não existir na data mais antiga encontrada nos ficheiros de dados;
- escrita dos dados para os ficheiros de dados produzidos pelo programa e para os ficheiros de mensagens e relatório.
- preparação do relatório final para o utilizador – inclui-se o estado da informação referente a cada *pathway*, sumário das mensagens de carácter informativo, de aviso ou de erro e resultantes da avaliação da qualidade de dados, relatório de todos os dados locais e do resultado das auditorias de avaliação de qualidade.

Na Figura IV.5 apresenta-se um esquema simplificado da realização da fase de processamento nos Estádios 1 e 2 do AERMET e principais unidades de código base envolvidas.

Figura IV.5 : Esquema da realização dos Estádios 1 e 2 do AERMET e principais unidades de código base envolvidas (Sub. = Subrotina).



Em Apêndice, no Documento 3 deste trabalho, pode-se encontrar uma lista funcional das principais unidades de código base, e um glossário das unidades de

código base utilizadas para a construção do executável do AERMET para os Estádios 1 e 2,

IV.2.5 Dados necessários – Estádio 3

IV.2.5.1 Ficheiro de dados

Para a realização do Estádio 3 deve ser fornecido apenas um ficheiro, o resultante da operação de junção de dados de diferentes tipos (Estádio 2). O ficheiro produzido neste estágio possui um formato que é reconhecido no Estádio 3 e que permite o cálculo dos parâmetros; desta forma, mesmo que seja utilizado apenas um ficheiro de dados terá de ser realizada a operação de junção, para que seja formado o ficheiro necessário à realização do Estádio 3.

IV.2.5.2 Características da superfície

Para o cálculo dos parâmetros da camada limite devem ser fornecidos, no Estádio 3, valores para características da superfície para cada sector de direcção de vento,: comprimento de rugosidade, razão de Bowen e albedo, a fracção da radiação solar recebida pela superfície que é por esta reflectida. O valor de albedo fornecido pelo utilizador deve ser característico de altitudes solares superiores a 30 °, caso em que o albedo é aproximadamente constante (U.S. EPA, 1998b).

Os sectores de direcção de vento são definidos com recurso a um ângulo de início e um ângulo de fim, em que o ângulo de início é considerado parte do sector e o ângulo de fim é considerado parte do sector seguinte. No AERMET pode existir um número máximo de 12 sectores, pois segundo Irwin (1994) é difícil conseguir uma preservação da entidade de sectores muito estreitos.

A determinação das características de superfície para cada sector de direcção de vento pode ser realizada por observação do uso de solo e utilização de valores tabelados de características de superfície para cada uso do solo, tais como os apresentados no Manual de Utilizador do AERMET (U.S. EPA, 1998b). Segundo Irwin (1978), as características de superfície deverão ser determinadas considerando uma área de 3 km de raio em redor da fonte poluente.

As características de superfície de cada sector de direcção de vento podem variar com uma frequência mensal, sazonal ou anual.

IV.2.5.3 Ficheiro de instruções

As instruções para a realização do Estádio 3 deverão estar contidas num ficheiro de entrada e em dois *pathways* :

- JOB – onde se incluem as mesmas informações que no *pathway* com o mesmo nome utilizado para os Estádios 1 e 2 (Secção IV.2.2.1);
- METPREP – contém informações relevantes para o cálculo dos parâmetros da camada limite e para a produção dos ficheiros de dados de camada limite e de perfil.

No Quadro IV.8 são indicadas as informações incluídas no *pathway* METPREP e as *keywords* utilizadas na sua definição.

Quadro IV.8 : Informações contidas no *pathway* METPREP no Estádio 3 do AERMET e *keywords* utilizadas para a sua definição (U.S. EPA, 1998b).

Informações	Keywords
Nome do ficheiro de dados resultante da operação de junção de dados	DATA
Modelo de qualidade do ar para o qual devem ser processados os dados meteorológicos (correntemente apenas o AERMOD)	MODEL
Datas de início e fim do período de dados a ser processado	XDATES
Identificação, localização do local para o qual os dados devem ser processados (local da fonte poluente) e parâmetro utilizado para converter o tempo de registo dos dados de sondagem em altitude para o Tempo Universal de Greenwich	LOCATION
Altura de medição do vento para os dados de superfície NWS	NWS_HGT
Métodos particulares a utilizar no processamento de dados	METHOD
Frequência de variação das características de superfície (mensal, sazonal e anual) e o número de sectores de direcção de vento num compasso de 360° em redor da fonte.	FREQ_SECT
Direcção do vento de início e de fim de cada sector de direcção de vento : a direcção de início é incluída no sector, a do fim é incluída no sector seguinte	SECTOR
Características da superfície para cada período de tempo em que estas permanecem constantes e por sector	SITE_CHAR

A altura de medição do vento para os dados de superfície NWS deverá ser especificada mesmo que não sejam utilizados dados deste tipo na realização do Estádio 3. Esta deverá ter um valor entre 0 e 30 m ou será considerado um erro, impedindo o processamento dos dados.

Para o processamento de dados podem ser especificados dois métodos:

- WIND_DIR – afecta o modo como as direcções do vento para os dados NWS são consideradas : tornar aleatória a direcção do vento numa gama de 10 ° centrada na direcção apresentada nos dados, utilizando números aleatórios, manter as direcções do vento tal como são apresentadas; este método é relevante dado que os valores de direcção de vento presentes nos dados produzidos pelo NWS encontram-se arredondados ao ângulo mais próximo, considerando uma divisão do círculo de 360° em 36 sectores de 10° com início no Norte.
- REFLEVEL – quando em falta os valores de algumas variáveis existentes nos dados locais são substituídos por valores obtidos dos dados de superfície produzidos pelo NWS, para o cálculo dos parâmetros da camada limite e para perfis de um nível de vento e temperatura.

Na definição dos sectores de direcção do vento deve ser considerado que os ângulos de início e fim devem ser diferentes e estar entre 360 e 0°, em relação ao Norte e no sentido do ponteiro do relógio. O ângulo de fim do último sector deve ser igual ao ângulo de início do primeiro sector.

Para a definição da frequência de variação das características de superfície em cada sector de direcção de vento deve ser considerada a seguinte divisão dos meses do ano por estações:

Estação 1 – Inverno : Dezembro, Janeiro, Fevereiro

Estação 2 – Primavera : Março, Abril, Maio

Estação 3 – Verão : Junho, Julho, Agosto

Estação 4 – Outono : Setembro, Outubro, Novembro

O valor de albedo fornecido pelo utilizador deve ser característico de altitude solar (definida na Secção IV.2.6.2) superior a 30°, quando esta característica de superfície apresenta um valor relativamente constante.

As regras para a disposição das informações no ficheiro de instruções e nos registos das *keywords* podem ser encontradas no Manual de Utilizador do AERMET (U. S. EPA, 1998b).

IV.2.6 Processamento de dados – Estádio 3

No Estádio 3 o AERMET calcula, para cada dia e cada hora, vários parâmetros de camada limite para a CLE e CLC. Para ambas as camadas são calculados o fluxo de calor sensível da superfície (H), a velocidade de fricção (u_*), a altura mecânica da CLP (z_{im}), o comprimento de Monin-Obukhov (L), altura de referência para a velocidade e direcção do vento (z_{Vref}) e altura de referência para a temperatura de bolbo seco (z_{Tref}). Para a CLC são também calculados a escala convectiva da velocidade (w_*), gradiente de temperatura potencial acima da CLP, altura convectiva da Camada Limite (z_{ic}).

No final deste estágio são realizados um ficheiro contendo os parâmetros de Camada Limite (H , u_* , w_* , gradiente de temperatura potencial acima da CLC, z_{ic} , z_{im} e L), as características da superfície (comprimento de rugosidade, razão de Bowen e albedo) e velocidade e direcção do vento e altura de referência para o vento e temperatura, para o sector de direcção do vento onde se encontra o vento de referência e outro contendo, para cada nível de dados locais a altura de medição, direcção e velocidade do vento, temperatura, desvio padrão da direcção do vento e da velocidade vertical.

Para o cálculo dos parâmetros, o AERMET faz a distinção entre Camada Limite Convectiva, e Camada Limite Estável, através do valor do balanço radiativo.

IV.2.6.1 Cálculo da velocidade do vento e temperatura de referência

A velocidade de referência e a temperatura de referência são obtidas através dos dados de vento e de temperatura segundo alguns critérios.

No caso da velocidade de referência, esta é a velocidade existente na base de dados acima do limite mínimo de medição do instrumento e para a qual a direcção do vento não está em falta, medida ao mais baixo nível de altitude que seja:

- abaixo dos 100m de altitude;
- acima da altitude dada por $7z_0$.

No caso de não ser encontrado um valor que respeite estes critérios é considerado o nível de menor altitude, abaixo dos 100m, em que exista uma situação de calma. Neste caso, L e u_* têm um valor nulo.

Para a temperatura o nível de temperatura de referência é o nível de altitude mais baixa em que a temperatura do ar e a altitude do nível não estão em falta e que está:

- acima de z_0 ;
- abaixo de 100m.

Os critérios referidos anteriormente são para os dados locais mas se o utilizador especificou a substituição pelos dados de superfície NWS (pela keyword METHOD), então a velocidade de referência e a temperatura de referência são os valores presentes nestes dados. No caso de não existirem na base de dados medições locais, é necessário que o utilizador especifique a substituição para que sejam utilizados os dados NWS.

O limite superior de 100m, imposto para os níveis de referência de temperatura e velocidade e direcção do vento, é devido ao facto de a esta altura se estar já acima da camada de superfície, especialmente quando existem condições estáveis (Cimorelli et al, 1998), o que faz com que estes valores não possam ser utilizados para o cálculo de parâmetros perto da superfície.

IV.2.6.2 Cálculo do Balanço Radiativo

O balanço radiativo (R_n) pode ser fornecido ao AERMET por medições ou calculado, realizando um balanço de insolação e radiação térmica no solo pelo método de Holtslag e van Ulden (1983), com a insolação calculada de Collier and Lockwood (1975).

A expressão utilizada para o cálculo do balanço radiativo é a Equação IV.4 (Cimorelli et al., 1998),

$$Rn = (1 - r)R - I_N \quad (\text{IV.4})$$

onde r é o albedo, R é a insolação na superfície e I_N é a resultante do balanço de radiação de longo comprimento de onda à superfície.

Utilizando-se uma parametrização de I_N em função da temperatura e nebulosidade, obtém-se a Equação IV.5 (Cimorelli et al, 1998),

$$Rn = \frac{(1 - r)R + 5.3 \cdot 10^{-13} T_{ref}^6 - \sigma_{SB} T_{ref}^4 + 60nb}{1 + 0.12} \quad (\text{IV.5})$$

onde σ_{SB} é a constante de Stefan Boltzman ($9.67 \times 10^{-04} \text{W/m}^2 \text{K}^{-4}$), T_{ref} é a temperatura de referência (K) e nb é a nebulosidade em décimas.

Para estimar R é necessário saber-se a altitude solar, ou seja, o ângulo entre os raios solares e a horizontal do lugar (Pita, 1996), e as horas de nascer e de pôr do sol.

A altitude solar (β) é calculada através da Equação IV.7 (Pita, 1996),

$$\beta = \arcsen(\sin \Phi \sin \delta + \cos \Phi \cos \delta \cosh_o) \quad (\text{IV.6})$$

onde β é a altitude solar, Φ é a latitude do lugar, δ é a declinação solar e h_o é o ângulo horário.

A declinação solar é o ângulo entre os raios solares e o plano equatorial, originado pelo facto de o eixo de rotação da Terra ser inclinado relativamente ao plano da órbita que a Terra descreve em torno do Sol (Pita, 1996). Este ângulo depende do dia do ano, devido ao movimento de translação da Terra em volta do Sol. No AERMET δ é calculado pela Equação IV.7, com o parâmetro S , um factor que contabiliza a variação de δ com dia do ano obtido pela Equação IV.8,

$$\delta = \arcsen(0.39784989 \sen S) \quad (\text{IV.7})$$

$$S = 279.9348 + D + 1.914827 \sen D - 0.079525 \cos D + 0.019938 \sen 2D - 0.00162 \cos 2D \quad (\text{IV.8})$$

onde D é obtido a partir do dia juliano, n , pela Equação IV.9.

$$D = \frac{(n-1)360}{365.242} \quad (\text{IV.9})$$

O ângulo horário é o deslocamento angular do Sol, a este ou oeste em relação ao meridiano que passa pelo local, devido à rotação da Terra (Pita, 1996). Ao meio dia solar, quando o Sol se encontra sobre o meridiano local, o deslocamento do Sol é considerado negativo para as horas anteriores e positivo para as horas seguintes. Este ângulo é calculado pela Equação IV.10,

$$h_0 = 15.0(h_r + zn - 12 - A) - \lg \quad (\text{IV.10})$$

onde h_r é a hora local, zn é o índice de zona utilizado para converter o Tempo Universal do Meridiano de Greenwich em tempo local, \lg é a longitude do local. A é um factor, dependente do dia do ano, que pretende corrigir o tempo de Greenwich para o tempo solar, sendo obtido pela Equação IV.11.

$$A = 0.12357 \sen D - 0.004289 \cos D + 0.153809 \sen 2D + 0.060783 \cos 2D \quad (\text{IV.11})$$

Quando se está numa situação de nascer ou pôr do Sol β tem o valor nulo, sendo $\sen \beta = 0$. Desta forma, da Equação IV.6 resulta que h_0 é dado pelas Equações IV.12 ou IV.13, para o nascer ou pôr do Sol, utilizando a convenção de sinais referida anteriormente.

$$h_0 = -\arccos\left(-\frac{\sen \Phi \sen \delta}{\cos \Phi \cos \delta}\right) \quad (\text{IV.12})$$

$$h_0 = \arccos\left(-\frac{\sen \Phi \sen \delta}{\cos \Phi \cos \delta}\right) \quad (\text{IV.13})$$

A hora do nascer ou pôr do Sol pode ser obtida da Equação IV.10, resolvida em ordem à hora local (Equação IV.14).

$$h_r = \frac{h_0 + \lg}{15} - zn + A + 12 \quad (\text{IV.14})$$

O albedo é dependente da altitude solar, aumentando com a altitude solar para ângulos pequenos segundo Coulson e Reynolds (1971) e Iqbal (1983). No AERMET este efeito é contabilizado calculando o albedo (r) para cada hora pela Equação IV.15 (Cimorelli et al., 1998),

$$r = r' + (1 - r')e^{(-0.1\beta + (-0.5(1-r')^2))} \quad (\text{IV.15})$$

onde r' é o valor de albedo para altitude solar maior que 30°, que tem o valor 1 se a altitude solar é menor que zero (à noite) ou o valor fornecido pelo utilizador, caso contrário.

O cálculo de R é apenas dependente da altitude solar. É utilizado um valor médio de altitude solar, obtido pela média aritmética entre a altitude solar no início e fim de cada hora. No caso da hora 24 faz-se a aproximação de considerar que a média aritmética entre o início e fim desta hora é igual à média aritmética entre o valor da hora 24 e o fim da hora 1 desse dia. Esta aproximação é necessária pois o cálculo de altitude solar do dia seguinte ainda não foi realizado pelo programa quando estes cálculos são efectuados.

O cálculo do valor de insolação sem o efeito da nebulosidade (R_0) no AERMET, é feito de modo diferente conforme o caso se a altitude solar média tem valor menor que 10° ou maior ou igual a este valor. No primeiro caso é calculada segundo a Equação IV.16 e no segundo caso pela Equação IV.17 (Cimorelli et al., 1998).

$$R_0 = 141.91 \frac{\beta}{10} \quad (\text{IV.16})$$

$$R_0 = 990.0 \sin \beta - 30.0 \quad (\text{IV.17})$$

A Equação IV.16 resulta da realização de uma interpolação linear entre o zero de altitude solar (insolação nula) e o valor de 10°, para o qual se admite um valor de insolação de 141.91 W/m².

Na Equação IV.17, os parâmetros 990.0 e 30.0 contabiliza a atenuação verificada para curtos comprimentos de onda devido ao vapor de água e pó na atmosfera. Estes valores são apropriados para latitudes médias, segundo Holtslag e van Ulden (1983).

Este valor é corrigido para a ocorrência de nebulosidade, através da Equação IV.18 (Kasten e Czeplak, 1980).

$$R = R_0 \left(1.0 - 0.75 \left(\frac{nb}{10} \right)^{3.4} \right) \quad (\text{IV.18})$$

O AERMET considera que existe uma CLE quando $R_n \leq 0$ e CLC caso contrário.

IV.2.6.3 Cálculo de parâmetros na Camada Limite Convectiva

Para o cálculo dos parâmetros na CLC, o AERMET, calcula primeiro H e só depois u_* e L. Com base nestes valores, são calculadas a altura da CLC e a w_* .

H é calculado a partir de R_n através da Equação IV.19 (Cimorelli et al., 1998).

$$H = \frac{0.9R_n}{\left(1 + \frac{1}{B_o}\right)} \quad (\text{IV.19})$$

Esta equação é obtida utilizando o método de determinação de fluxos da Razão de Bowen (Monteith e Unsworth, 1995), supondo que o fluxo de calor por condução para o solo (G) é cerca de 10 % do fluxo resultante do balanço radiativo (R_n), o que está de acordo com Holtslag e Van Ulden (1983).

L é obtido pela Equação IV.20 (Monteith e Unsworth, 1995),

$$L = -\frac{\rho_a c_p T_{ref} u_*}{kgH} \quad (\text{IV.20})$$

onde ρ_a é a massa volúmica do ar, c_p o calor específico do ar a pressão constante (1004.0 J/kg.K). O valor considerado para g no AERMET é de 9.80655ms^{-2} .

ρ_a é calculada assumindo-se o ar como um gás perfeito, através da equação dos gases perfeitos, Equação IV.21,

$$\rho_a = \frac{P}{R_d T_{ref}} \quad (\text{IV.21})$$

onde R_d é a constante dos gases perfeitos para o ar que no AERMET tem o valor $287.04 \text{ Pam}^3\text{K}^{-1}\text{kg}^{-1}$.

A pressão P é obtida através dos dados locais ou de superfície produzidos pelo NWS, com preferência pelos dados locais, ou o valor de 1013.15 hPa, se estes não estiverem presentes. A utilização da pressão presente nos dados de superfície do NWS é realizada mesmo que o utilizador não tenha especificado essa substituição no ficheiro de instruções, bastando para tal que não seja encontrada a pressão nos dados locais.

Quando não existente nos dados locais u_* é calculada pela Equação IV.22 (Panofsky e Dutton, 1984),

$$u_* = \frac{ku_{ref}}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right) - \Psi_m\left\{\frac{z_{ref}}{L}\right\} + \Psi_m\left\{\frac{z_0}{L}\right\}} \quad (\text{IV.22})$$

onde u_{ref} é a velocidade do vento de referência. A constante de von Karman tem o valor 0.4 no AERMET.

$\Psi_m\left\{\frac{z_{ref}}{L}\right\}$ e $\Psi_m\left\{\frac{z_0}{L}\right\}$ são obtidos pelas Equações IV.23 e IV.24 (Cimorelli et al., 1998),

$$\Psi_m\left\{\frac{z_{ref}}{L}\right\} = 2 \ln\left(\frac{1+\mu}{2}\right) + \ln\left(\frac{1+\mu^2}{2}\right) - \arctan(\mu) + \frac{\pi}{2} \quad (IV.23)$$

$$\Psi_m\left\{\frac{z_0}{L}\right\} = 2 \ln\left(\frac{1+\mu_0}{2}\right) + \ln\left(\frac{1+\mu_0^2}{2}\right) - \arctan(\mu_0) + \frac{\pi}{2} \quad (IV.24)$$

onde μ e μ_0 , são obtidos pelas Equações IV.25 e IV.26 (Cimorelli et al., 1998), respectivamente.

$$\mu = \left(1 - 16 \frac{z_{ref}}{L}\right)^{1/4} \quad (IV.25)$$

$$\mu_0 = \left(1 - 16 \frac{z_0}{L}\right)^{1/4} \quad (IV.26)$$

Como L e u_* dependem um do outro é utilizado um método iterativo pelo AERMET para os calcular. O valor inicial de u_* é determinado para condições neutras, quando $\Psi_m\left\{\frac{z_{ref}}{L}\right\}$ e $\Psi_m\left\{\frac{z_0}{L}\right\}$ são nulos, ou seja, a forma do perfil de velocidade horizontal é a dada pela Equação III.1. Seguidamente, é calculado L pela Equação IV.20, sendo este valor utilizado para calcular um novo valor de u_* . Procede-se desta forma até se obter uma diferença entre valores de L obtidos por iterações sucessivas, menor ou igual a 1%; u_* assim calculado deverá estar entre 0 e 2 m/s para que o processamento de dados continue.

O L final obtido é corrigido quando tem um valor absoluto menor que 1, desta forma:

- $L < 0$: $L = -1$;
- $L > 0$: $L = 1$.

O cálculo da altura da Camada Limite é feito pelo AERMET com base na altura da Camada de Mistura originada mecanicamente, z_{im} , e convectivamente, z_{ic} .

Quando presente nos dados um valor de altura da Camada Limite, este é considerado pelo AERMET como z_{im} ou z_{ic} de acordo com o valor de L :

- se $L > 0$: z_{im} ;
- se $L \leq 0$: z_{ic} ;

z_{im} é calculada, quando não se tem medição, pela Equação IV.27 (Venkatram, 1980), assumindo que é atingido um valor de equilíbrio (z_{ie}).

$$z_{ie} = 2300u_*^{1.5} \quad (IV.27)$$

O valor de z_{im} , quer seja medição ou calculado, é limitado a um máximo de 4000 m.

z_{im} , calculado por IV.27, é corrigido para que não ocorram quedas bruscas no valor da altura mecânica da Camada Limite, nas horas em que o vento diminui muito, o que é realizado controlando a evolução no tempo de z_{ie} (Cimorelli et al, 1998). O procedimento utilizado pelo AERMET para o realizar é descrito no Anexo III.

No caso de z_{ic} não estar disponível nos dados locais esta é calculada com base num balanço de energia desenvolvido por Carson (1973) e modificado por Weil e Brower (1983).

Para a utilização deste método é necessária a sondagem matinal, efectuada às 11, 12 ou 13 h no Tempo Universal de Greenwich, que fornece a estrutura térmica da atmosfera. O Tempo Universal de Greenwich é calculado pelo AERMET somando ao tempo local o parâmetro de conversão definido pelo utilizador. O método é apenas utilizado quando as condições presentes no Quadro IV.9 são satisfeitas.

Quadro IV.9 : Condições necessárias para o cálculo de z_{ic} .

1. Sondagem em altura na atmosfera de temperatura realizada às 11, 12 ou 13 h Tempo Universal de Greenwich
2. Velocidade e direcção do vento e temperatura de referência existentes nos dados fornecidos pelo utilizador
3. Cobertura de nuvens existente
4. $0.9 \leq \rho_a \leq 1.5$ durante o dia (do nascer ao pôr do Sol)
5. $0 \leq r \leq 1$
6. $0 \leq R \leq 1250 \text{ W/m}^2$
7. $-100 \leq R_n \leq 800 \text{ W/m}^2$

Caso não se verifique uma destas condições durante qualquer hora do dia, z_{ic} não é calculada para todo o dia.

A evolução da camada de mistura convectiva é dada pela Equação IV.28 (Weil e Brower, 1983). Weil e Brower verificaram uma boa concordância entre os valores assim obtidos e os valores observados de altura de mistura,

$$z_{ic}\theta\{z_{ic}\} - \int_0^{z_{ic}} \theta\{z\}dz = (1 + 2A) \int_0^t \frac{H\{t'\}}{\rho c_p} dt' \quad (IV.28)$$

onde A é um parâmetro com o valor 0.2 (Deardorff, 1980), $\theta\{z_{ic}\}$ é a temperatura potencial em z_{ic} e t é o tempo após a meia-noite. O processo completo de cálculo de z_{ic} , que pode envolver a extensão da sondagem aos 5000 m é apresentado no Anexo IV.

A altura da Camada Limite, z_i , é dada pela altura máxima entre z_{ic} e z_{im} .

w_* é calculado pela Equação IV.29 (Wyngaard, 1988).

$$w_* = \left(\frac{gH z_{ic}}{\rho c_p T_{ref}} \right)^{1/3} \quad (IV.29)$$

Este cálculo é feito apenas quando L foi calculado e é inferior a zero (condições instáveis) e que quando se têm valores de ρ_a e T_{ref} , H e z_{ic} . Quando o valor calculado é maior que 0 e menor que 0.001 m/s, então é considerado o valor de 0.001 m/s.

Para a CLC o AERMET calcula também o gradiente de temperatura potencial acima de z_i . Este cálculo é feito apenas se z_i é menor que o último nível de sondagem não estendida, z_{smax} , em pelo menos 250m.

O gradiente de temperatura potencial é calculado considerando a camada de ar entre z_i e $z_i + \Delta z$ calculado pela Equação IV.30.

$$\Delta z = MIN(500, z_{smax} - z_i - 0.1) \quad (IV.30)$$

As temperaturas potenciais em z_i e $z_i + \Delta z$ são obtidas por interpolação linear entre os valores nos níveis imediatamente acima e abaixo de cada um dos níveis, pela Equação IV.31,

$$\theta_{z_j} = \frac{(z_j - z_1)}{(z_2 - z_1)} (\theta_2 - \theta_1) + \theta_1 \quad (IV.31)$$

onde j é o nível de z_i ou o nível superior considerado e 1 e 2 são os níveis abaixo ou acima do nível em questão ($z_1 \leq z_j \leq z_2$); θ para cada nível da sondagem é calculado tal como referido em Anexo IV.

Caso não seja possível encontrar os dois níveis necessários à interpolação é considerado um valor nulo de θ para o nível em questão.

O gradiente vertical da temperatura potencial é calculado pela Equação IV.32.

$$\frac{d\theta}{dz} = \frac{(\theta_{z_i+\Delta z} - \theta_{z_i})}{\Delta z} \quad (IV.32)$$

O gradiente de θ acima de z_i é o valor mínimo entre 0.005 e $\frac{d\theta}{dz}$.

Se a sondagem não é suficientemente alta para permitir o cálculo é utilizado o valor mínimo 0.005.

IV.2.6.4 Cálculos de parâmetros na Camada Limite Estável

Em situação de estabilidade, à noite, o termo de G no balanço à superfície do solo é bastante elevado, pelo que se podem originar erros muito elevados calculando H pelo Método da Razão de Bowen sem o conhecimento do termo G.

A velocidade de atrito é calculada considerando a escala de temperatura potencial (θ_*), um parâmetro de significado semelhante a T_* apresentado na Equação III.4, calculada pela Equação IV.33 (Cimorelli, 1998).

$$\theta_* = -H / \rho c_p u_* \quad (\text{IV.33})$$

Utilizando a definição de L da Equação IV.20 obtém-se uma definição de L para a CLE expressa na Equação IV.34 (Venkatram, 1980).

$$L = \frac{T_{ref}}{kg\theta_*} u_*^2 \quad (\text{IV.34})$$

Em condições de calma, ou seja, velocidade do vento nula, ou se a nebulosidade é superior a 10 décimas, u_* e L têm um valor nulo. Segundo Panofsky e Dutton (1984) o perfil de velocidade do vento em condições estáveis é dado pela Equação IV.35,

$$u = \frac{u_*}{k} \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) + \frac{\beta_m z_{Vref}}{L} \right] \quad (\text{IV.35})$$

onde $\beta_m = 5$.

Substituindo a Equação IV.34 na IV.35 e definindo C_D , coeficiente de drag, como $(k/\ln(z_{Vref}/z_0))$ (Garrett, 1992), obtém-se a Equação IV.36 (Cimorelli et al., 1998).

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{C_D} + \frac{\beta_m z_{Vref}}{kA u_*^2} \quad (\text{IV.36})$$

Multiplicando por u_*^2 e reorganizando obtém-se a forma quadrática $u_*^2 - C_D u u_* - C_D u_0^2 = 0$, onde $u_0^2 = \frac{\beta_m z_{Vref}}{kA}$.

Esta forma quadrática tem uma solução na forma dada pela Equação IV.37 (Hanna e Chang, 1993; Perry, 1992).

$$u_* = \frac{C_D u_{ref}}{2} \left(1 + \left[1 - \left(\frac{2u_0}{C_D^{1/2} u_{ref}} \right)^2 \right]^{1/2} \right) \text{ para } u \geq u_{cr} \quad (\text{IV.37})$$

em que u_{cr} é a mínima velocidade do vento para a qual a equação IV.37 produz soluções reais, sendo dada pela Equação IV.38 (Cimorelli et al., 1998).

$$u_{cr} = \left[\frac{4\beta_m z_{Vref} g \theta_*}{T_{ref} C_D} \right]^{1/2} \quad (IV.38)$$

θ_* é derivada da expressão de van Ulden e Holtslag (1985), Equação IV.39.

$$\theta_* = 0.09(1 - 0.5n^2) \quad (IV.39)$$

Abaixo do valor crítico para a velocidade, dado pela Equação IV.38, quando a solução da equação quadrática é complexa, consideram-se u_* e θ_* parametrizados pelas Equações IV.40 e IV.41 (Cimorelli et al., 1998).

$$u_* = u_* \left\{ u = u_{cr} \right\} \left(\frac{u}{u_{cr}} \right) \text{ para } u < u_{cr} \quad (IV.40)$$

$$\theta_* = \theta_* \left\{ u = u_{cr} \right\} \left(\frac{u}{u_{cr}} \right) \text{ para } u < u_{cr} \quad (IV.41)$$

Estas expressões aproximam a dependência de u_* e θ_* encontrada por van Ulden e Holtslag (1983).

Considerando o valor de θ_* obtido H é calculado pela definição de θ_* da equação IV.34 disposta em relação a H, ou seja, pela Equação IV.42 (Cimorelli et al., 1998).

$$H = -\rho_a c_p u_* \theta_* \quad (IV.42)$$

O AERMET considera um máximo do fluxo de calor sensível que sai da superfície de 64 W m^{-2} . Esta consideração baseia-se na restrição de Hanna et al. (1986) colocada ao produto de $u_* \theta_*$. Assim a restrição é dada pela equação IV.43.

$$[\theta_* u_*]_{m\acute{a}x} = \frac{-64 \text{ W / m}^2}{\rho_a c_p} \quad (IV.43)$$

Deste modo, quando o fluxo de calor sensível calculado pela Equação IV.42 resulta num produto de $u_* \theta_*$ mais elevado que o limite dado na Equação IV.43, calcula-se de novo H utilizando-se agora um valor de θ_* dado por $-64 \text{ W/m}^2 / \rho_a c_p u_*$ para o cálculo u_{cr} pela Equação IV.38. A partir do valor de u_* calculado, θ_* é calculada pela Equação IV.43.

O comprimento de Monin-Obukov é calculado pela Equação IV.20, com um valor de u_* dado pela Equação IV.37 e um valor de H dado pela Equação IV.42.

Quanto a z_i esta resulta exclusivamente da turbulência mecânica. Desta forma z_{im} é calculada pela Equação IV.27, fazendo-se uma correcção da mesma maneira que na CLC (Anexo III).

IV.2.7 Organização do AERMET – Estádio 3

O código base respeitante a este estágio é constituído no programa STAGE3, por várias subrotinas, sendo algumas partilhadas com o código de base dos estádios 1 e 2 e por ficheiros contendo a declaração de variáveis e parâmetros.

Ao longo da execução do Estádio 3 são geradas mensagens de informação, aviso ou erro, que são armazenadas no ficheiro de mensagens. A geração de mensagens de erro determina a paragem do processamento de dados.

À semelhança com os Estádios 1 e 2, as acções realizadas no Estádio 3 do AERMET podem-se agrupar em duas fases:

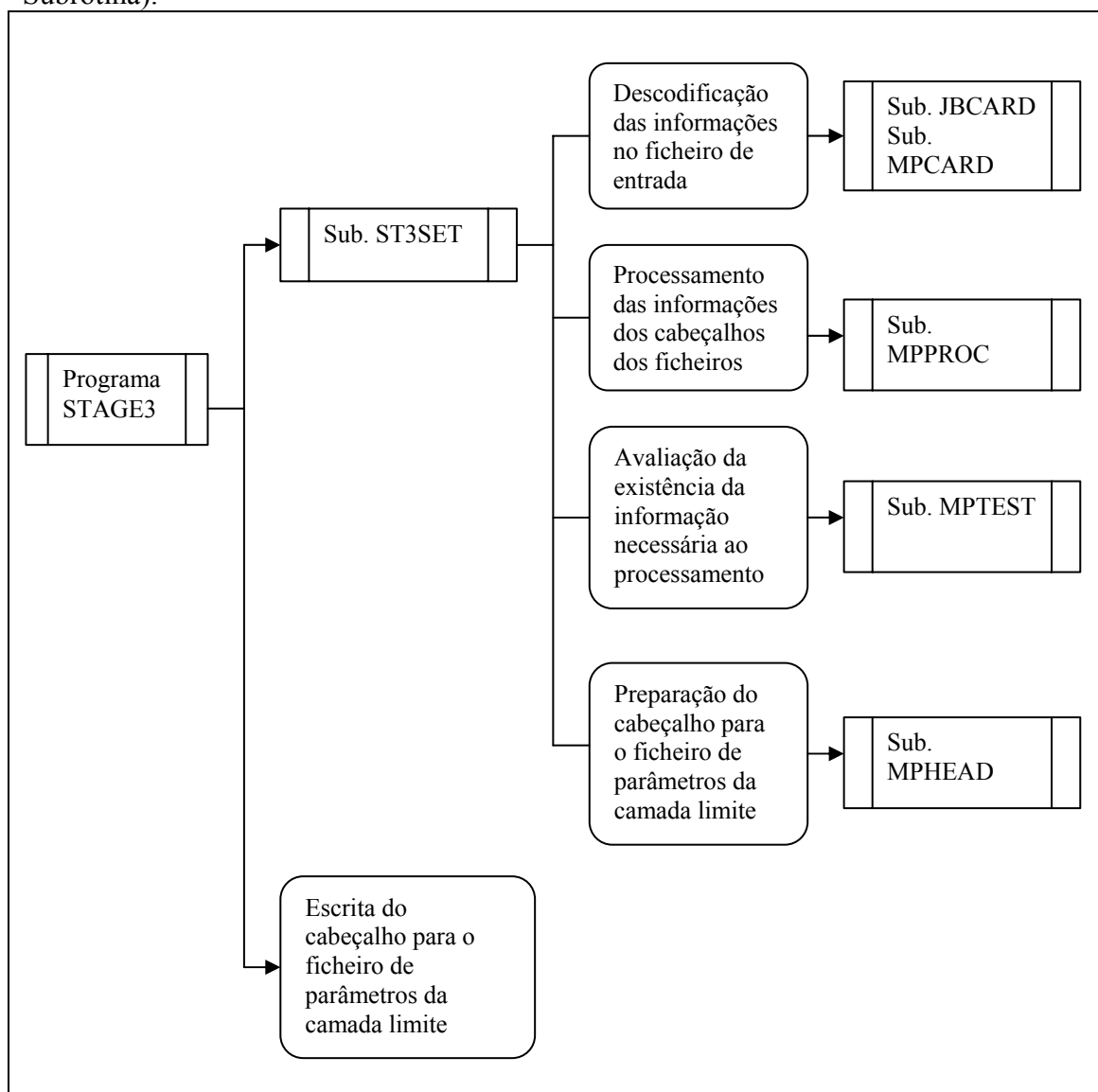
- préprocessamento - processamento das instruções recebidas do utilizador;
- processamento - processamento de dados meteorológicos, de modo a se obterem os parâmetros da camada limite necessários para o modelo de dispersão seleccionado;

Na fase de préprocessamento estão incluídas as seguintes acções:

- processamento dos registos incluídos pelo utilizador no ficheiro de instruções – depois de identificado o *pathway* ou a *keyword* o registo é copiado para um ficheiro temporário; este processo inclui a verificação de definições concordantes em vários locais do ficheiro de instruções;
- processamento das informações contidas no cabeçalho do ficheiro resultante da junção de dados – neste processo utilizam-se caracteres especiais incluídos nos primeiros bytes dos registos do cabeçalho deste ficheiro: *** significa que se chegou ao fim do cabeçalho, *% ou *@ significa que é um registo que deve ser processado (localização de estações de medição de dados ou uma *keyword* associada ao *pathway* ONSITE);
- avaliação se existe toda a informação necessária para o processamento de dados e se foram detectados erros nos dados – nesta acção verifica a abertura dos ficheiros de mensagens, de dados meteorológicos e dos ficheiros que irão conter os parâmetros da camada limite e os dados de perfil, a validade da especificação dos sectores de direcção de vento e dos registos para a leitura dos dados locais;
- escrita do cabeçalho para o ficheiro que irá conter os parâmetros da camada limite – o cabeçalho contém a latitude e longitude do local para o qual os dados meteorológicos devem ser processados, a identificação dos locais onde foram recolhidos os dados meteorológicos e o número de versão do AERMET.

Na Figura IV.6 apresenta-se o esquema simplificado das acções realizadas na fase de préprocessamento do Estádio 3 do AERMET e das principais unidades de código base envolvidas.

Figura IV.6 : Esquema das acções realizadas durante a fase de préprocessamento do Estádio 3 do AERMET e principais unidade de código base envolvidas. (Sub. = Subrotina).



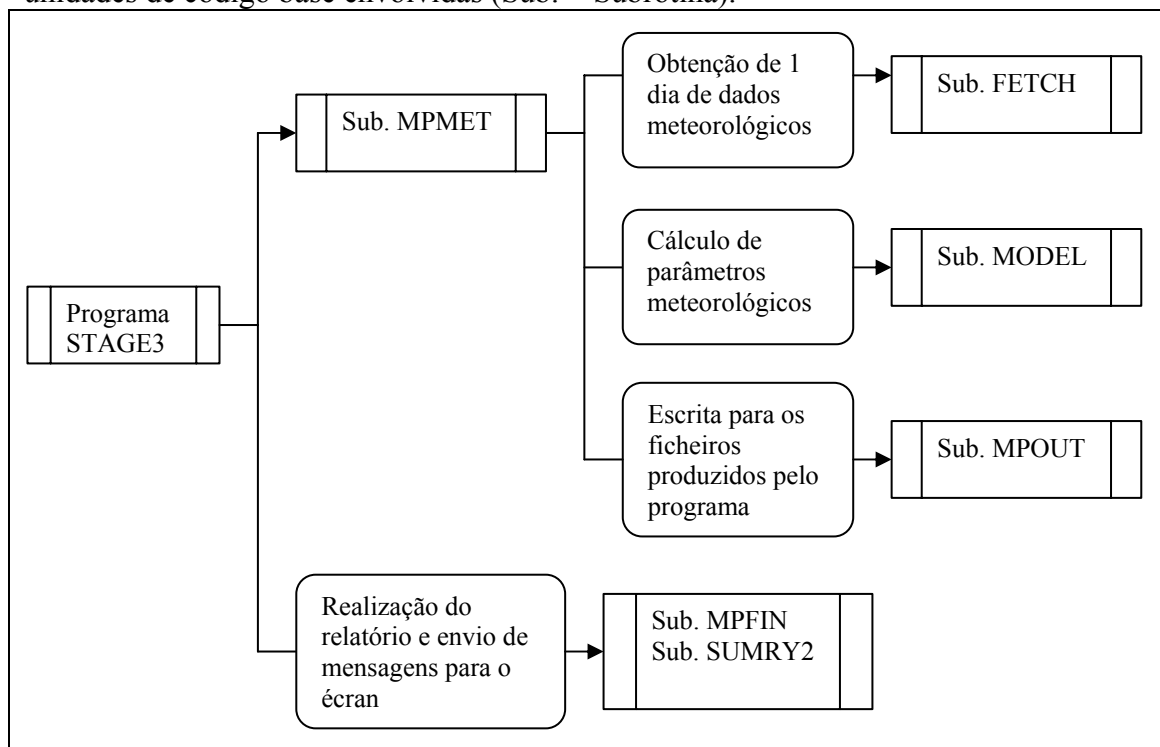
A fase de processamento engloba as seguintes acções:

- obtenção do ficheiro resultante da operação de junção de dados de um dia de dados – esta acção inclui a leitura do cabeçalho de cada dia; para os dados de superfície em situação de falta da hora 24 são-lhe atribuídos os valores da hora anterior; os dados locais são lidos apenas no caso de não terem ocorrido erros de leitura anteriores;
- cálculo dos parâmetros da camada limite – esta acção não é realizada se não estiverem indicados os dias a processar no cabeçalho do ficheiro resultante da junção de dados;
- escrita dos parâmetros da camada limite para o ficheiro de parâmetros de camada limite e para o ficheiro de dados de perfil – no segundo ficheiro só são escritos os dados locais referentes aos níveis em que pelo menos uma das variáveis seja válida; são escritos dados de superfície produzidos pelo NWS se tiver sido especificada pelo utilizador a opção de substituição dos dados locais por estes dados;

- envio de mensagens para o utilizador para o écran – indicação de que o utilizador especificou o não processamento de dados, se for esse o caso, e se a fase de processamento se realizou ou não com sucesso;
- realização do relatório para o utilizador – a escrita é feita para o ficheiro relatório ou, se este não tiver sido especificado pelo utilizador, para o écran.

Apresenta-se na Figura IV.7 um esquema das acções realizadas no Estádio 3 do AERMET e as principais unidades de código base envolvidas.

Figura IV.7 : Esquema das acções realizadas no Estádio 3 do AERMET e principais unidades de código base envolvidas (Sub. = Subrotina).



Em Apêndice, no Documento 3 deste trabalho pode ser encontrada uma lista funcional das principais unidades de código base necessárias para a construção do executável do AERMET para o Estádio 3.