

Autor: José Luis Teixeira

Atualizado: 20/04/2022

## *Capítulo 3. Dados Meteorológicos*

3- DADOS METEOROLÓGICOS .....	2
3.0 - Preliminar	
<a href="#">3.1</a> - Características dos ficheiros de dados (formato ISAREG) .....	3
<a href="#">3.2</a> - Trabalho com os ficheiros meteorológicos .....	4
<a href="#">3.2.1</a> - Construção dos ficheiros com dados meteorológicos .....	6
<a href="#">3.2.2</a> - Leitura dos ficheiros de dados meteorológicos .....	9
<a href="#">3.2.3</a> - Representação gráfica dos dados contidos nos ficheiros meteorológicos .....	11
<a href="#">3.2.4</a> - Ficheiro com valores sequenciais da precipitação e evapotranspiração em colunas. Conversão para ficheiros com formato ISAREG .....	14
<a href="#">3.3</a> - Calculo da evapotranspiração de referência .....	15
<a href="#">3.3.1</a> - Ficheiros de dados com formato ISAREG .....	16
<a href="#">3.3.1.1</a> – Unidades	
<a href="#">3.3.1.2</a> – Ficheiro de comando. Cálculo da ET <sub>0</sub>	
<a href="#">3.3.1.3</a> – Ficheiros de dados	
<a href="#">3.3.2</a> - Ficheiros de dados com as variáveis em colunas .....	20
<a href="#">3.3.2.1</a> – Ficheiro de comando. Cálculo da ET <sub>0</sub>	
<a href="#">3.3.2.2</a> .- Ficheiro de dados	
<a href="#">3.3.3</a> - Calculo da evapotranspiração apenas de um dado dia .....	25
<a href="#">3.3.4</a> - Cálculo da evapotranspiração com falta de dados meteorológicos .....	26
<a href="#">3.3.4.1</a> – Utilização da metodologia FAO56	
<a href="#">3.3.4.2</a> – Utilização da fórmula de Hargreaves-Samani	

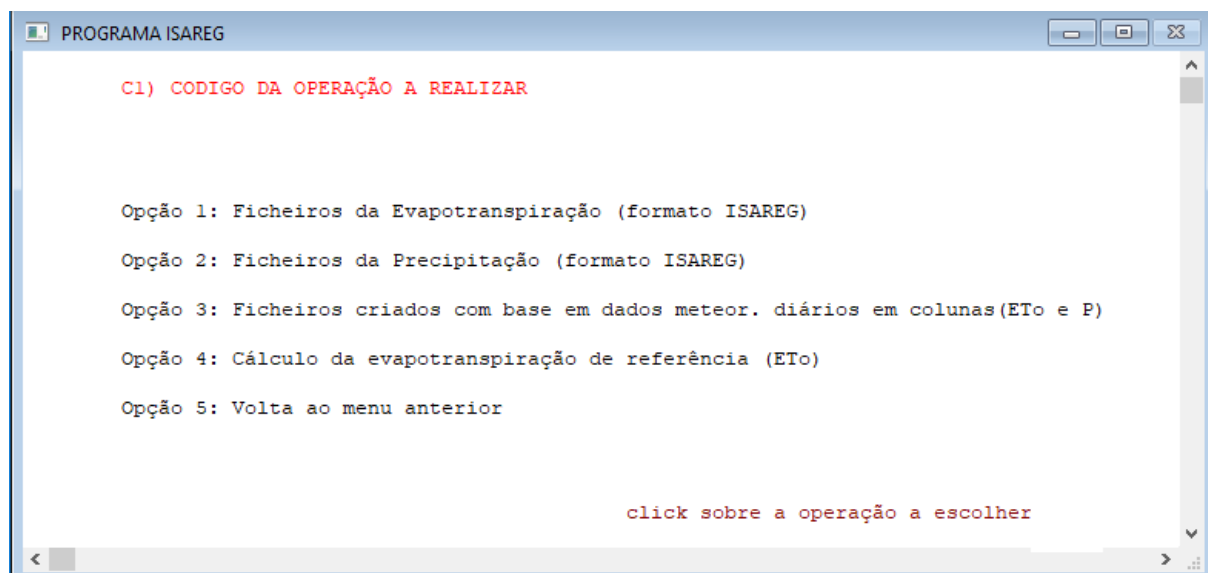
## Capítulo 3. Dados Meteorológicos

### 3.0 Preliminar

O programa inicialmente não calculava a evapotranspiração de referência. Entretanto evoluiu e neste momento o cálculo pode ser feito a partir de dados meteorológicos (temperaturas máxima e mínima, humidade relativa, velocidade do vento e radiação), HRmax, Hrmin, etc..) que podem ser organizados de duas formas distintas:

- a) Um ficheiro para cada variável meteorológica usando sem+re o formato ISAREG descrito no ponto 3.1.
- b) Um único ficheiro de dados em que as variáveis meteorológicas estão em colunas e os dias, decêndios ou meses estão em linhas. O formato deste ficheiro e o procedimento para o cálculo da evapotranspiração são tratados no ponto 3.3. Quando se usa esta opção (Opção 4 do menu inicial dos dados meteorológicos, representado na figura em baixo) e considerando que os dados da precipitação também estão no mesmo ficheiro de dados, o programa faz os cálculos e cria automaticamente um ficheiro com os dados da precipitação e outro com os dados da evapotranspiração, ambos com o formato ISAREG, que são os dados meteorológicos de que o programa necessita para fazer a simulação da rega. A estrutura destes ficheiros é a que se indica no ponto 3.1. Em consequência, este procedimento substitui a “Construção dos ficheiros com dados meteorológicos” descrita no ponto 3.2.1.

O acesso ao menu para o cálculo da evapotranspiração pode ser feito através da opção 4 do menu inicial ou da opção 4 do menu dos dados meteorológicos representado na figura seguinte.



A leitura e a representação gráfica destes ficheiros pode ser feita no programa, seguindo as indicações dos pontos 3.2.2 e 3.2.3 respetivamente.

### 3.1 Características dos ficheiros de dados (formato ISAREG)

A *precipitação efetiva* (Pe) e a *evapotranspiração de referência* (ET<sub>o</sub>) são os parâmetros meteorológicos do modelo. Podem ser introduzidos através dos seus valores mensais, decendiais ou diários, conforme escolha a realizar pelo utilizador. O número de anos a considerar é também variável, tal como o número de meses a que os dados se referem.

A escolha do intervalo de tempo a utilizar na introdução destes dados é importante porque vai condicionar a definição do maior intervalo em que se realizará o balanço hídrico. Designar-se-á este intervalo por *passo de tempo* (Pt).

Os ficheiros podem ser construídos de duas formas distintas:

a) Interactivamente, respondendo ao pedido de dados feito pelo programa;

b) Num editor de texto, folha de cálculo ou base de dados, sendo neste caso necessário respeitar a seguinte estrutura dos ficheiros de dados:

- Os valores da precipitação são indicados em mm/mês, mm/decêndio ou mm/dia, conforme o passo de tempo considerado, enquanto os valores da evapotranspiração são sempre introduzidos em mm/dia.
- Na primeira linha indica-se o passo de tempo, através dos códigos 1, 3 ou 31, conforme se trata de dados mensais decendiais ou diários.
- Na linha seguinte guardam-se o número de anos e o número correspondente ao primeiro e último mês em que se conhecem os dados.
- Na terceira linha regista-se o primeiro ano da série.
- O preenchimento das restantes linhas depende do passo de tempo considerado. Para os dados mensais preenche-se uma linha por ano (quadro 3.1). Quando os dados são decendiais preenchem-se três linhas por ano (quadros 3.2 e 3.3) enquanto no caso dos dados diários se consideram 31 linhas (quadro 3.4). Nestes dois últimos casos existe uma linha com a indicação do ano antes de se iniciar o conjunto de linhas com os dados do ano em causa.
- Na mesma linha os vários números devem estar separados, pelo menos, por um espaço em branco ou por tabulação, sendo dispensável o seu alinhamento por colunas. Quando se utiliza a folha de cálculo EXCEL deve escolher-se o formato "Texto (Separado por tabulações) (\*.txt)".
- Os meses não têm que estar por ordem crescente já que o período pode distribuir-se por dois anos. No Quadro 3.3 o início dos dados é o mês de Novembro de 1970 e o final é o mês de Outubro de 1978. Quando uma linha contém dados de 2 anos a regra é indicar o ano onde está o mês de Fevereiro, o que justifica que naquele quadro o 1º ano seja 1971 (e não 1970).

Apontam-se as seguintes restrições para a utilização destes ficheiros:

- os meses e os anos deverão ser seguidos permitindo assim que o programa possa pedir todos os dados necessários para completar o ficheiro, assumindo as referidas sequências, já que o utilizador fornece apenas o 1º ano, o nº de anos e o primeiro e último mês da série.
- O primeiro mês da série deve ser ou coincidente ou anterior ao início do período de rega.

Com esta estrutura, pretende-se a maior generalidade possível na utilização dos ficheiros meteorológicos. Assim, não é necessário que os ficheiros com os valores de ET<sub>o</sub> e de Pe tenham o mesmo número de anos e/ou o mesmo número de meses, não se exigindo a sua construção específica para cada aplicação do programa.

A evapotranspiração de referência pode ser calculada pelo programa ISAREG, como se verá no final deste capítulo (vd. 3.3).

Quadro 3.1 - Formato de um ficheiro com os valores mensais (código 1), de Janeiro (1) a Dezembro (12), da precipitação de uma série de 30 anos, com início em 1956. (VALORES\_MENSAIS\_PRE.txt)

```

1
30 1 12
1956
140.5 64.0 209.8 109.4 161.1 2.1 16.3 44.2 77.0 114.6 35.0 88.0
35.2 120.0 76.5 15.6 72.7 37.7 3.4 16.6 21.0 14.1 115.5 140.7
115.4 60.5 27.9 56.4 43.0 62.9 2.9 30.0 21.6 25.3 9.0 247.4
153.7 31.0 166.7 92.9 84.0 27.2 1.0 26.2 132.7 84.1 227.0 261.6
123.9 214.9 254.5 104.0 110.0 50.0 6.4 20.0 86.5 302.5 103.6 206.1
121.1 42.0 39.0 134.5 111.0 63.1 20.4 6.2 17.1 82.5 145.0 245.1
179.1 30.0 174.9 55.0 10.9 47.6 6.7 0.0 29.0 37.7 129.0 67.2
200.0 254.5 149.0 127.9 47.2 69.2 0.0 5.6 61.0 87.1 467.4 148.4
14.7 235.2 101.0 41.3 52.7 70.0 2.5 9.6 60.7 57.0 30.4 62.4
152.3 51.4 145.0 32.0 30.0 12.4 5.2 1.4 117.5 167.9 250.6 177.6
267.4 337.2 8.7 213.6 20.2 50.6 6.9 45.9 32.2 105.1 76.0 55.9
163.0 100.2 80.0 40.0 124.3 7.0 0.6 13.0 20.9 40.7 144.7 31.0
12.2 275.0 30.2 122.2 101.4 3.2 1.5 11.2 79.4 86.6 176.0 196.1
151.6 166.5 170.1 22.1 126.7 71.7 4.2 1.0 30.1 49.0 137.5 124.6
331.0 44.9 45.0 26.5 120.9 81.4 5.0 12.4 10.0 8.8 121.2 35.7
202.9 30.0 96.0 174.4 123.4 123.2 50.4 20.7 2.0 15.2 32.7 46.0
174.0 227.3 100.5 41.5 57.0 10.7 11.9 6.3 49.0 104.5 115.2 136.9
162.1 55.3 73.0 42.7 150.2 22.6 35.3 2.0 53.0 80.3 50.1 23.4
234.1 149.6 67.4 54.0 80.5 153.0 3.6 0.2 27.0 14.2 143.9 28.4
139.0 109.9 176.7 36.0 47.0 42.1 4.6 0.4 99.4 56.5 77.6 30.4
53.7 73.5 71.0 61.3 14.4 13.4 7.1 59.7 109.8 210.0 160.7 220.7
262.3 272.0 103.1 53.4 76.5 91.2 16.0 54.0 49.5 140.5 95.0 150.4
127.2 242.5 140.3 129.1 71.4 45.7 1.6 0.2 20.5 20.0 32.3 340.7
156.3 303.9 137.1 24.5 52.7 2.1 62.2 1.2 2.2 207.5 74.3 135.0
60.7 54.6 26.7 48.9 97.6 48.3 8.1 14.0 17.0 114.5 90.1 40.0
5.7 46.0 85.6 21.9 29.7 10.0 10.0 3.1 34.5 23.4 1.7 353.4
75.0 94.9 10.5 37.0 45.0 27.9 12.7 20.2 86.0 70.0 160.4 110.7
13.4 80.3 9.9 176.2 136.7 36.6 4.3 11.4 6.7 70.0 160.4 118.7
13.4 80.3 9.9 176.2 136.7 36.6 4.0 11.4 6.7 42.9 199.5 107.0
112.6 33.6 156.6 136.0 142.9 106.2 8.5 16.1 25.5 110.9 225.3 124.1

```

Quadro 3.2 - Formato de um ficheiro com os valores decendiais (código 3), de Janeiro (1) a Dezembro (12), da precipitação de uma série de 8 anos, com início em

```

3
8 1 12
1971
15.4 7.7 0.0 93.5 11.9 62.9 0.0 6.8 0.6 0.0 4.2 1.5
76.4 2.2 25.5 5.4 88.2 2.2 1.4 0.0 0.0 0.9 0.0 0.7
45.4 0.0 5.9 24.2 8.7 0.0 7.1 8.2 0.0 0.3 3.8 52.1
1972
54.2 99.5 26.5 2.5 18.7 0.0 14.7 0.0 6.9 25.3 25.0 70.4
75.1 11.3 49.8 0.0 6.2 0.2 0.0 0.7 0.0 56.8 7.9 47.4
1.0 4.3 5.8 10.6 1.7 0.0 0.0 0.0 18.6 43.6 4.5 29.8
1973
0.0 0.0 0.0 0.0 37.4 2.4 0.0 0.0 3.0 3.7 68.4 0.7
65.3 12.3 5.9 0.0 44.6 0.0 34.6 0.0 15.2 17.4 0.1 20.2
1.7 0.0 5.3 9.0 9.7 5.0 0.0 0.0 0.0 2.2 5.0 27.7
1974
44.7 38.7 4.2 15.8 17.6 0.0 0.0 0.0 0.7 0.0 2.2 0.0
6.7 44.2 4.8 13.9 2.1 6.2 0.0 0.0 0.0 4.0 29.6 0.0
46.8 0.0 16.1 7.2 7.4 26.0 0.0 0.0 0.0 0.2 3.5 29.5
1975
0.0 27.0 71.7 0.0 0.0 1.6 0.0 0.0 3.6 0.0 0.4 12.4
26.7 19.9 76.0 4.5 23.1 1.7 0.3 0.0 1.2 9.3 5.3 47.4
8.7 34.8 7.0 30.1 19.4 0.0 0.0 0.0 10.5 18.1 9.2 0.0
1976
0.0 29.0 37.7 6.9 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 14.8 31.2 63.7
0.0 31.2 3.1 28.1 0.0 0.0 0.0 0.0 3.5 20.2 40.6 21.1
42.8 8.5 10.8 28.5 0.0 5.5 0.0 26.9 75.7 33.7 0.0 63.5
1977
32.9 35.2 1.8 12.2 2.3 19.6 0.0 0.0 0.0 29.4 47.5 44.8
20.5 43.6 15.2 1.8 3.0 17.4 0.0 1.0 3.9 78.4 39.4 56.3
40.9 24.5 8.9 0.0 9.4 0.0 2.8 0.0 7.3 23.1 7.3 32.4
1978
29.5 13.4 43.3 16.3 43.9 20.2 0.0 0.0 25.9 8.0 53.0 88.3
4.2 29.0 7.0 2.1 2.4 6.4 0.0 0.0 0.0 56.0 11.5 61.8
11.8 87.2 4.2 47.9 3.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 2.6 97.7

```

1971.(VALORES\_DECENDIAIS\_PRE.txt)

Quadro 3.3 - Formato de um ficheiro com os valores decendiais (código 3), de Novembro (11) a Outubro (10), da precipitação da mesma estação dos valores do quadro 3.2

(VALORES\_DECENDIAIS\_INI\_NOVEMBRO\_PRE.txt)

3	11	10										
8												
1971												
0.9	30.5	15.4	7.7	0.0	93.5	11.9	62.9	0.0	6.8	0.6	0.0	
8.1	7.7	76.4	2.2	25.5	5.4	88.2	2.2	1.4	0.0	0.0	0.9	
4.3	22.0	45.4	0.0	5.9	24.2	8.7	0.0	7.1	8.2	0.0	0.3	
1972												
25.0	70.4	54.2	99.5	26.5	2.5	18.7	0.0	14.7	0.0	6.9	25.3	
7.9	47.4	75.1	11.3	49.8	0.0	6.2	0.2	0.0	0.7	0.0	56.8	
4.5	29.8	1.0	4.3	5.8	10.6	1.7	0.0	0.0	0.0	18.6	43.6	
1973												
68.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	37.4	2.4	0.0	0.0	3.0	3.7	
0.1	20.2	65.3	12.3	5.9	0.0	44.6	0.0	34.6	0.0	15.2	17.4	
5.0	27.7	1.7	0.0	5.3	9.0	9.7	5.0	0.0	0.0	0.0	2.2	
1974												
2.2	0.0	44.7	38.7	4.2	15.8	17.6	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	
29.6	0.0	6.7	44.2	4.8	13.9	2.1	6.2	0.0	0.0	0.0	4.0	
3.5	29.5	46.8	0.0	16.1	7.2	7.4	26.0	0.0	0.0	0.0	0.2	
1975												
0.4	12.4	0.0	27.0	71.7	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	3.6	0.0	
5.3	47.4	26.7	19.9	76.0	4.5	23.1	1.7	0.3	0.0	1.2	9.3	
9.2	0.0	8.7	34.8	7.0	30.1	19.4	0.0	0.0	0.0	10.5	18.1	
1976												
31.2	63.7	0.0	29.0	37.7	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.8	
40.6	21.1	0.0	31.2	3.1	28.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.2	
0.0	63.5	42.8	8.5	10.8	28.5	0.0	5.5	0.0	26.9	75.7	33.7	
1977												
47.5	44.8	32.9	35.2	1.8	12.2	2.3	19.6	0.0	0.0	0.0	29.4	
39.4	56.3	20.5	43.6	15.2	1.8	3.0	17.4	0.0	1.0	3.9	78.4	
7.3	32.4	40.9	24.5	8.9	0.0	9.4	0.0	2.8	0.0	7.3	23.1	
1978												
53.0	88.3	29.5	13.4	43.3	16.3	43.9	20.2	0.0	0.0	25.9	8.0	
11.5	61.8	4.2	29.0	7.0	2.1	2.4	6.4	0.0	0.0	0.0	56.0	
2.6	97.7	11.8	87.2	4.2	47.9	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Quadro 3.4 - Formato de um ficheiro com os valores diários (código 31), de Maio (5) a Agosto (8), da evapotranspiração do ano de 1986. (VALORES\_DIARIOS\_ET0.txt)

31	5	8			
1					
1986					
6.10	7.70	6.50	6.70		
5.00	6.50	6.50	6.00		
5.20	5.90	5.70	5.50		
1.90	6.40	6.00	5.90		
2.20	7.00	7.20	5.60		
3.80	7.20	7.30	6.30		
4.00	6.90	5.90	6.70		
4.30	6.60	5.40	6.20		
5.40	6.40	5.40	4.60		
6.40	6.50	5.60	5.20		
6.40	7.90	6.70	6.10		
6.40	7.50	7.40	5.40		
6.10	7.70	7.30	5.20		
5.60	6.90	7.20	5.60		
2.90	6.80	6.90	5.10		
5.80	5.90	7.10	4.80		
4.40	5.90	7.00	3.80		
5.80	5.00	7.10	4.90		
5.40	6.30	7.40	5.50		
5.50	5.20	6.80	4.30		
6.30	5.90	7.00	4.90		
5.20	5.80	5.80	6.20		
4.60	4.80	5.10	6.80		
5.00	5.40	5.90	6.10		
6.70	6.30	6.10	5.60		
6.40	4.40	6.20	5.00		
7.00	6.20	6.00	5.60		
7.80	6.80	6.60	5.50		
8.20	7.10	6.90	5.20		
9.10	7.00	6.20	5.20		

6.80	-77.	7.00	4.90
------	------	------	------

## 3.2 Trabalho com os ficheiros meteorológicos

A seleção da opção 1 (*trabalho com ficheiro de dados*) no *menu* inicial e da opção 2 no *menu* B) (*ficheiros meteorológicos*) conduz ao *menu* C1) referente às operações a realizar com este tipo de ficheiros.

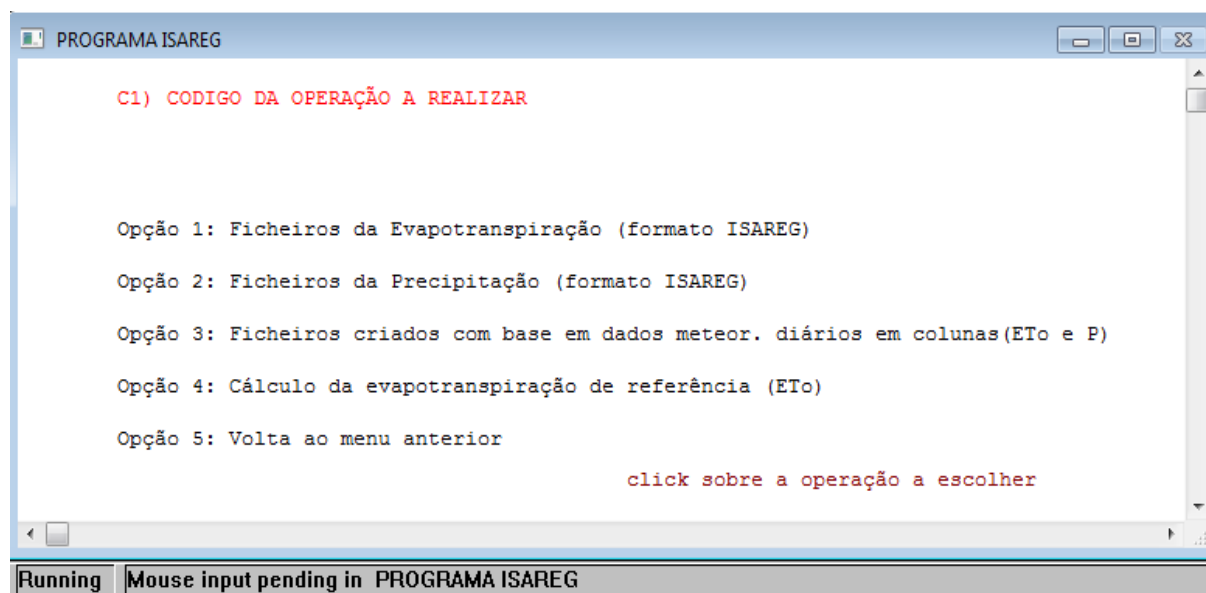


Figura 3.1 - Opções de trabalho com os dados meteorológicos

### 3.2.1 Construção dos ficheiros com dados meteorológicos

A utilização do programa ISAREG para construir os ficheiros meteorológicos segue o procedimento que se exemplifica, onde se mostram os passos necessários para a criação de um ficheiro com os valores da precipitação, referentes aos meses compreendidos entre Abril e Novembro, da série 2000-2002.

A escolha da opção 1 ou da opção 2 em C1) conduz o programa à apresentação do *menu*:

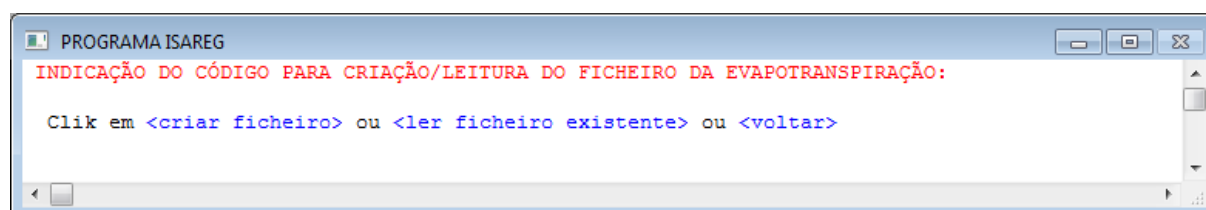
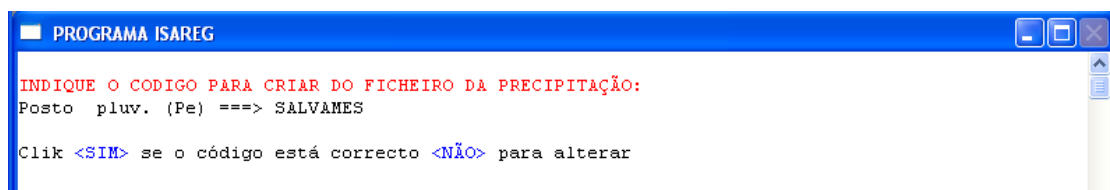


Figura 3.2 - Escolha do tipo de operação a realizar

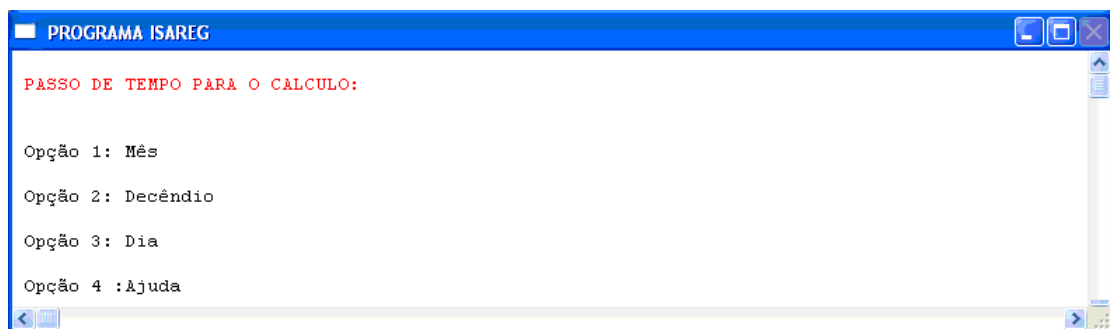
Pra construir um ficheiro da precipitação escolhe-se a Opção 2 no *menu* C1) e em seguida a opção <criar ficheiros>.

Nesta altura deve ser indicado o código para identificação do ficheiro de dados<sup>(1)</sup>:

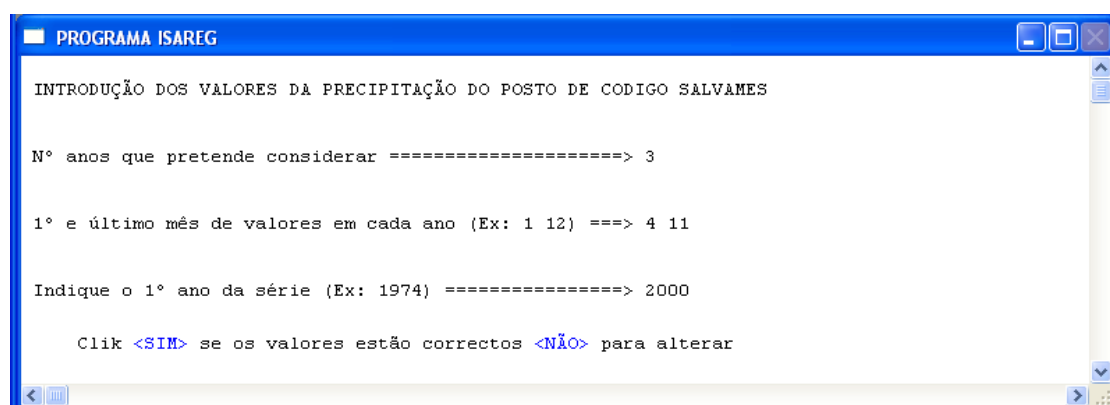
<sup>(1)</sup> Quando se pretender uma listagem dos ficheiros já existentes no disco, ou quando se indica o nome de um ficheiro já existente, o procedimento é o que foi indicado em 1.4.



Indica-se seguidamente o passo de tempo e os meses a que se referem os dados<sup>(2)</sup>:



Os valores são introduzidos de acordo com as especificações indicadas pelo programa :



A introdução dos dados deve ser feita de acordo com as indicações do programa, tendo em atenção que a sua separação na mesma linha se faz utilizando pelo menos um espaço em branco.

<sup>(2)</sup> Deve ter-se em atenção que, ao contrário do que sucede em Portugal, o período de rega pode ocorrer em dois anos civis, como por exemplo na República da Guiné, onde este período se estende normalmente de Dezembro a Maio. Neste caso, os dados devem ser introduzidos pela ordem em que se processa a rega, isto é, neste caso, deveria indicar-se 12 e 5 para o primeiro e último mês em que existem dados. O 1º ano da série corresponderá, pois, ao ano a que se refere o mês de Fevereiro do período indicado. Se este mês não estiver dentro do período de rega, referir-se-á ao ano em que está o 1º mês da série considerada.

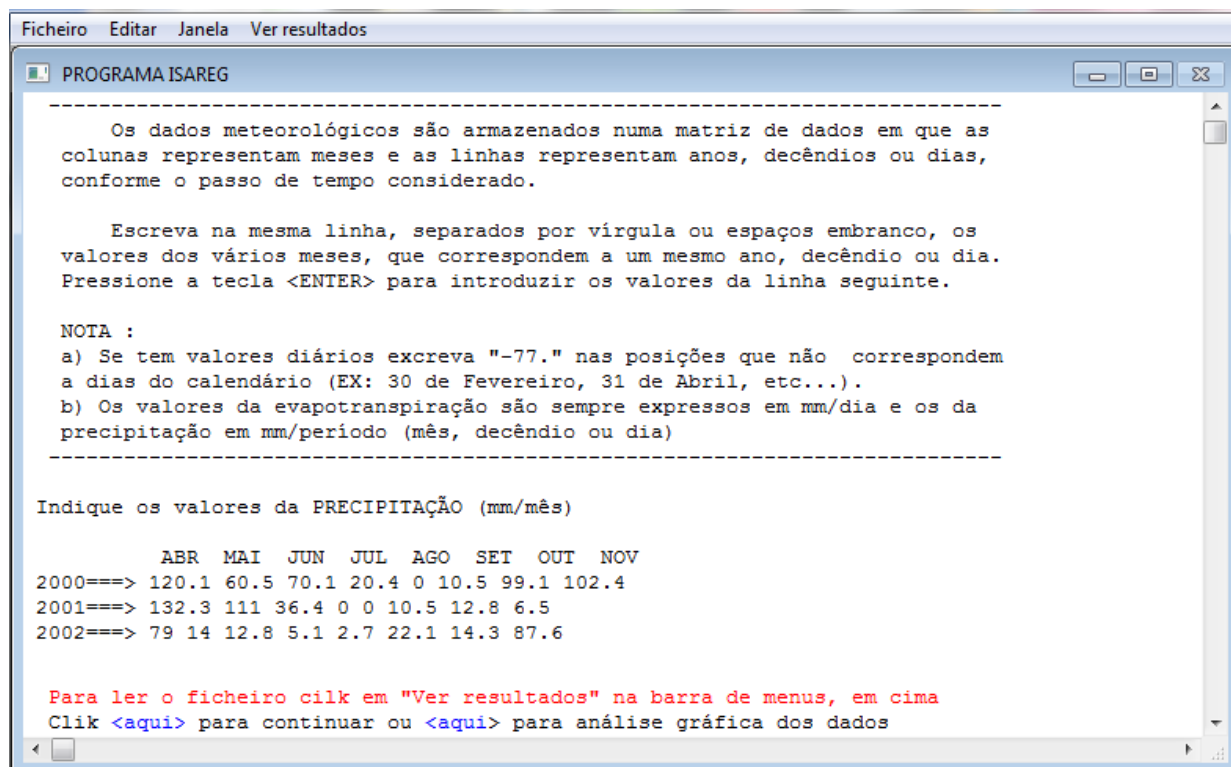


Figura 3.3 - Introdução de dados para construção do ficheiro meteorológico

Os dados introduzidos podem ser vistos no visor, clicando no item <Ver resultados> na barra de menus, aparecendo depois a indicação do nome do ficheiro. Clicando sobre o nome observa-se a informação sobre os dados:

VALORES DA PRECIPITAÇÃO (mm/mês)

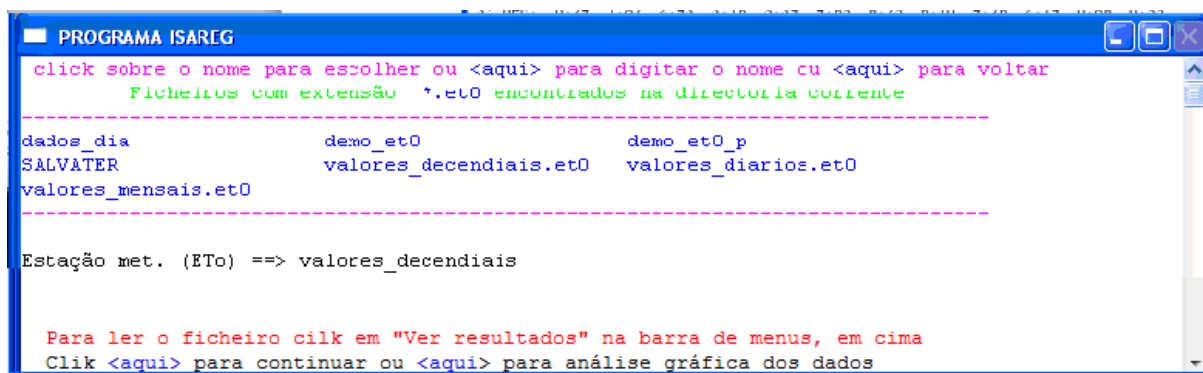
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
2000 =>	120.1	60.5	70.1	20.4	0.0	10.5	99.1	102.4
2001 =>	132.3	111.0	36.4	0.0	0.0	10.5	12.8	6.5
2002 =>	79.0	14.0	12.8	5.1	2.7	22.1	14.3	87.6
Médio=>	110.5	61.8	39.8	8.5	0.9	14.4	42.1	65.5

O utilizador pode ainda fazer uma análise gráfica dos dados se tiver escolhido essa opção no menu mostrado na parte inferior da Figura 3.3. Essa análise é apresentada no final da introdução dos dados (vd 3.2.3).



### 3.2.2 Leitura dos ficheiros de dados meteorológicos

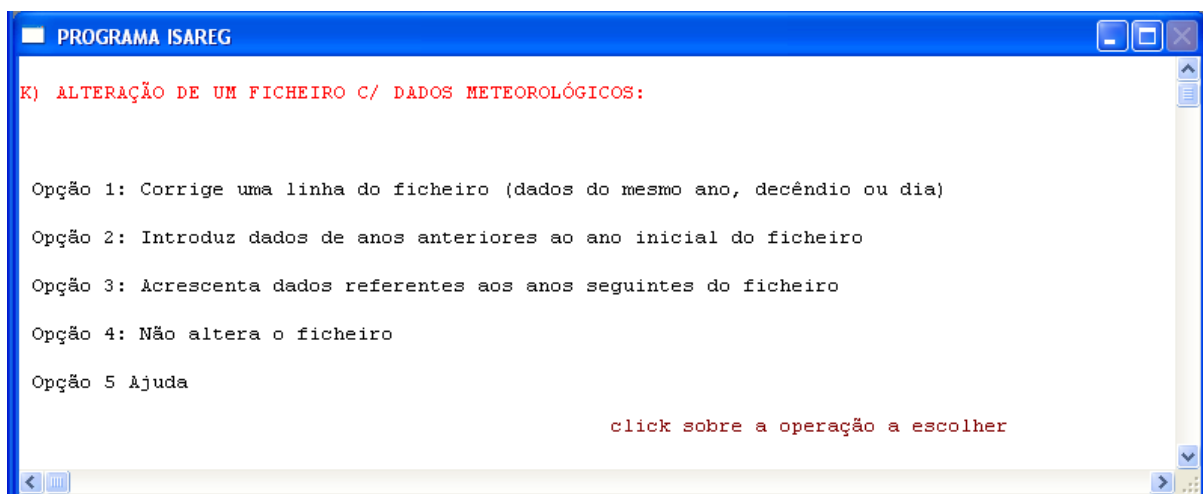
A título de exemplo apresenta-se a sequência de operações que podem ser executadas sobre um ficheiro com valores decendiais da evapotranspiração de referência. Neste caso considera-se o ficheiro VALORES\_DECENDIAIS\_ET0.TXT, contendo os dados referentes ao período 1973-1977<sup>(3)</sup>. Para efetuar a sua leitura escolhe-se agora a "Opção 1" no *menu C*) - Figura 3.1- e a "Opção <ler ficheiros existentes no menu seguinte - Figura 3.2. A partir da lista escolhe-se o código do ficheiro de dados que se pretende ler, clicando nesse código na lista e confirmando depois com novo clique sobre o nome que aparece à frente da "Estação met. (ET0) ==>"



Selecionando na barra de menus "Ver resultados" o programa mostra numa nova janela com barra de rolagem os valores armazenados no ficheiro.

VALORES DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO (mm/dia)												
1973	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1º dec.	0.39	1.17	2.29	3.33	5.67	6.25	5.45	5.36	4.26	2.60	1.71	0.47
2º dec.	0.95	1.62	2.18	4.39	4.94	6.35	4.67	5.51	3.31	2.28	1.11	0.35
3º dec.	0.78	2.09	2.75	3.78	6.32	5.22	5.91	6.40	3.93	1.81	0.71	0.36
1974	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1º dec.	0.64	1.13	1.87	2.64	3.69	6.46	7.65	6.75	3.80	2.65	1.30	0.49
2º dec.	0.67	1.76	1.89	3.05	4.68	5.11	7.87	6.78	4.57	2.65	1.16	0.44
3º dec.	0.74	1.87	2.43	3.16	5.39	4.65	6.75	6.10	4.76	2.19	0.86	0.55
1975	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1º dec.	0.64	0.96	1.80	3.87	6.47	6.13	6.92	6.26	3.51	2.57	1.26	0.67
2º dec.	1.15	1.54	2.26	4.45	4.45	7.03	7.23	7.16	3.73	1.78	0.99	0.45
3º dec.	0.84	1.62	3.18	4.17	5.39	6.54	6.87	6.28	2.90	1.73	0.68	0.35
1976	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1º dec.	0.53	0.89	2.13	2.72	6.50	8.16	6.86	7.24	4.07	2.53	1.14	0.90
2º dec.	0.49	7.38	2.15	4.01	5.96	7.23	7.39	5.43	0.96	2.13	0.92	0.73
3º dec.	1.00	1.91	3.42	3.24	5.66	6.94	6.71	3.46	2.45	1.56	0.79	0.50
1977	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1º dec.	0.76	0.88	2.01	3.27	3.31	5.02	5.81	6.79	4.89	2.87	1.23	0.92
2º dec.	0.83	1.14	2.26	5.01	6.29	5.07	7.56	5.83	3.73	2.16	1.10	0.77
3º dec.	0.89	1.68	3.04	5.21	4.58	7.80	7.66	5.79	3.40	1.45	0.58	0.67
An_médio	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1º dec.	0.59	1.01	2.02	3.17	5.13	6.40	6.54	6.48	4.11	2.64	1.33	0.69
2º dec.	0.82	2.69	2.15	4.18	5.26	6.16	6.94	6.14	3.26	2.20	1.06	0.55
3º dec.	0.85	1.83	2.96	3.91	5.47	6.23	6.78	5.61	3.49	1.75	0.72	0.49

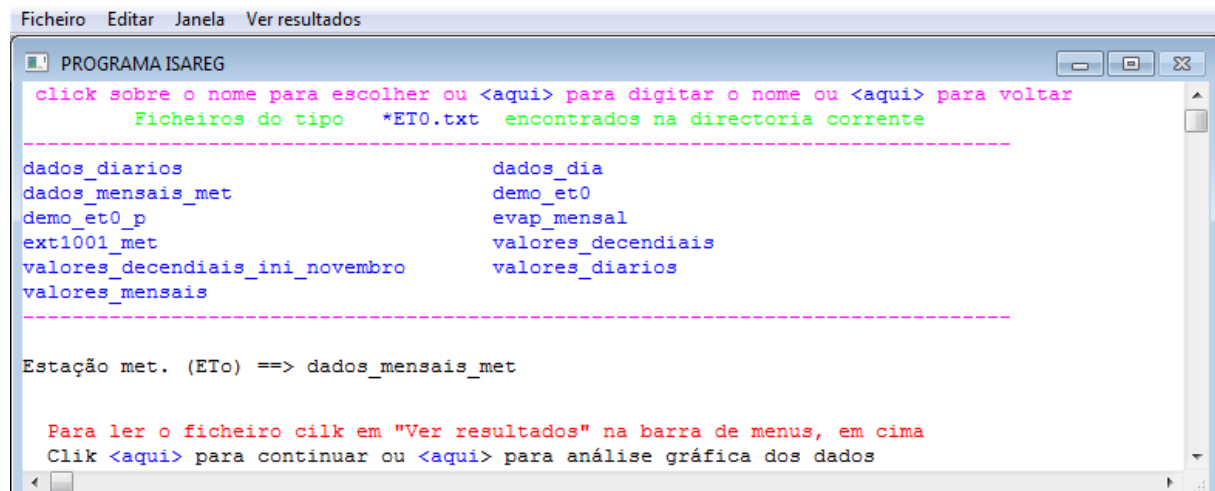
<sup>(3)</sup> Os dados deste ficheiro correspondem aos valores decendiais, expressos em mm/dia, de uma série que será completada nesta secção, e que servirá de base a vários exemplos de aplicação a apresentar nos capítulos seguintes.



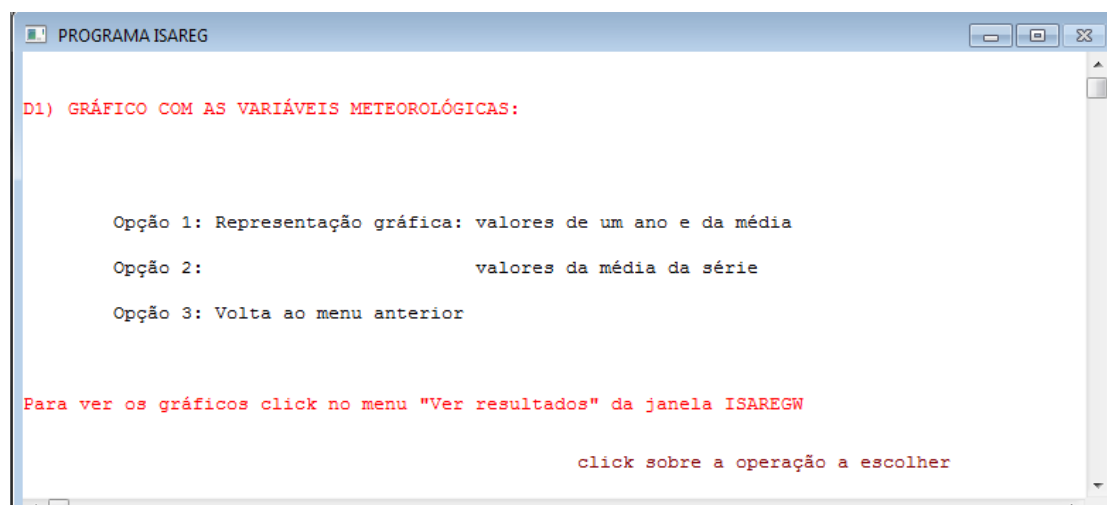
Pode-se, dentro do programa proceder ao tipo de alterações referido no menu k). No entanto, para fazer alterações é preferível editar o ficheiro num editor de texto (bloco de notas do, por exemplo) ou na folha de cálculo EXCEL, fazer as alterações tendo em atenção os formatos referidos no início deste capítulo.

### 3.2.3 Representação gráfica dos dados contidos nos ficheiros meteorológicos

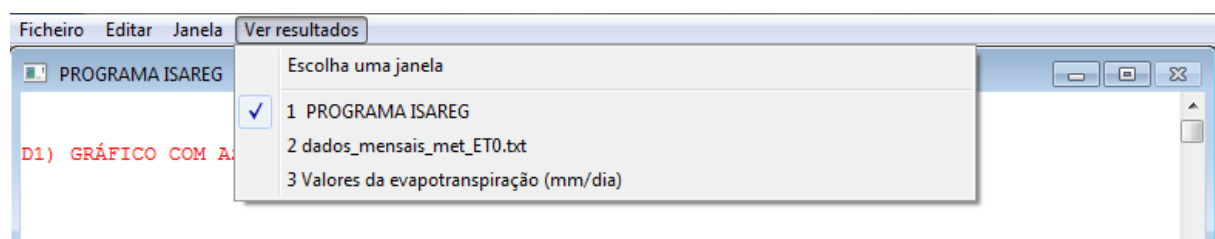
Faz-se a representação gráfica dos dados contidos nos ficheiros meteorológicos tendo escolhido o tipo de dados (neste exemplo a opção 1 no menu C1) – Figura 3.1 – e seleccionando depois “ler ficheiro existente” no menu mostrado na Figura 3.2. Depois de seleccionar o código do ficheiro é mostrado na parte inferior da janela um menu onde se pode escolher “análise gráfica dos resultados”.



entrando depois no menu D1).



Neste, escolhendo “Ver resultados” pode-se escolher entre “dados\_mensais\_met\_ET0.txt” para ler o ficheiro ou “valores da evapotranspiração (mm/dia)” para aceder à janela onde está o gráfico que se mostra na Figura 3.4gura 3.4.



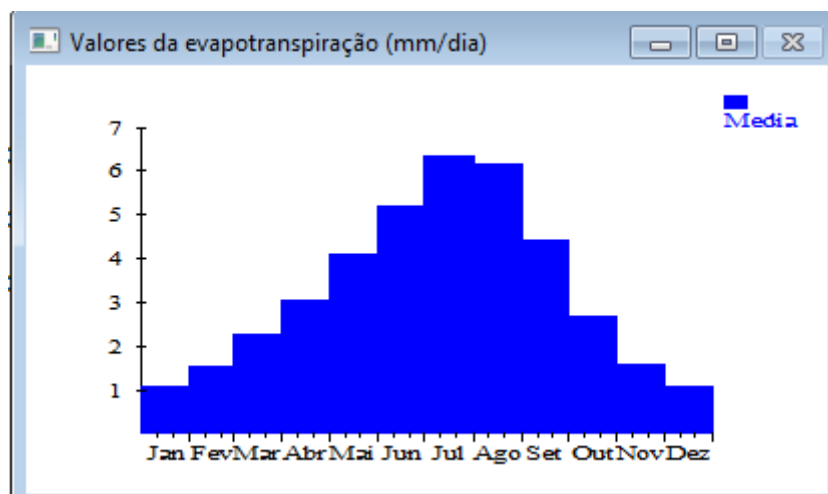
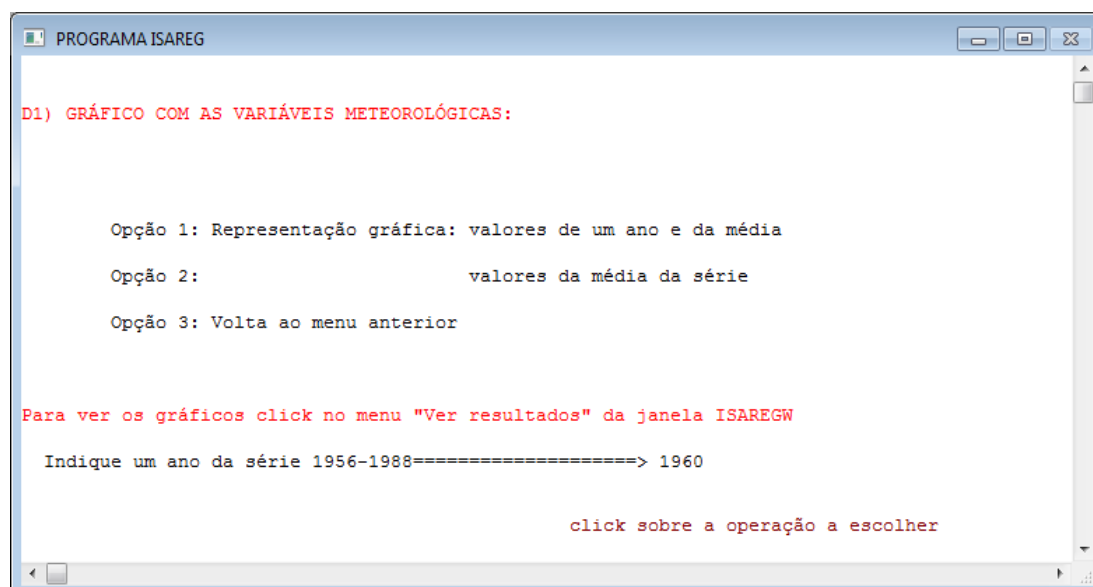


Figura 3.4 - Representação gráfica das médias dos valores contidos no ficheiro

DADOS\_MENSAIS\_MET\_ET0.TXT

A escolha da outra opção permite comparar os valores médios com os valores observados no ano que o utilizador indica ao programa (no exemplo:1960).



O resultado mostra-se na Figura 3.5..

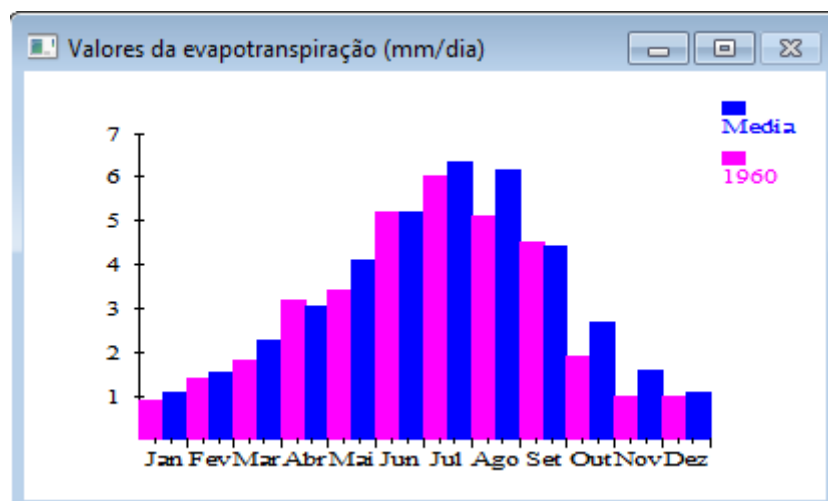


Figura 3.5 - Comparação dos valores de um ano (1960) com os valores médios.

Quando o ficheiro contém apenas dados de uma ano a opção anterior não existe e o programa constrói logo o gráfico com os valores daquele ano. Um exemplo é o gráfico da Figura 3.6, obtido a partir dos dados mostrados no Quadro 3.4.

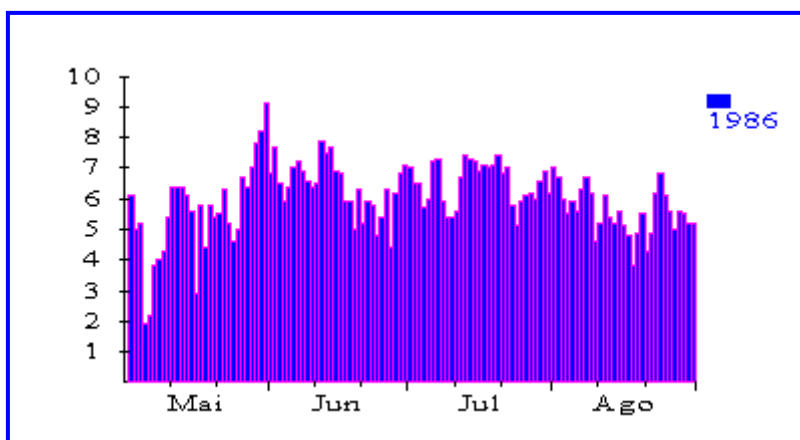


Figura 3.6 - Representação dos dados diários contidos no ficheiro VALORES\_DIARIOS\_ET0.TXT (1 ano)

### 3.2.4 Ficheiro com valores sequenciais da precipitação e evapotranspiração em colunas. Conversão para ficheiros com formato ISAREG.

Esta opção do programa permite utilizar valores da precipitação e da evapotranspiração de referência, quando estas variáveis estão em colunas separadas. O programa lê os valores sequenciais em cada coluna e cria um ficheiro em que os valores são escritos com o formato ISAREG. Para aceder a esta funcionalidade acede-se ao menu C1 (figura 3.1) e escolhe-se a 3ª opção. Podem ser utilizados dados diários, decendiais ou mensais.

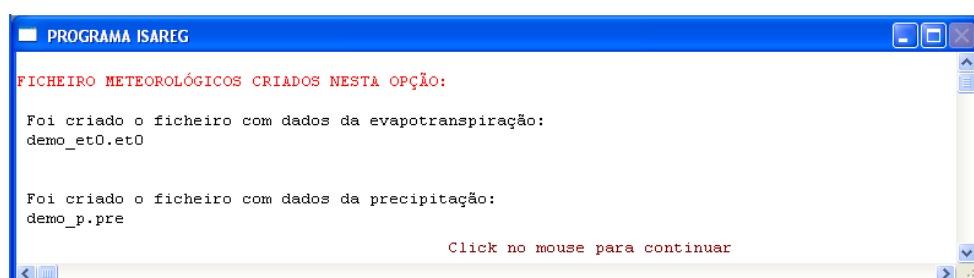
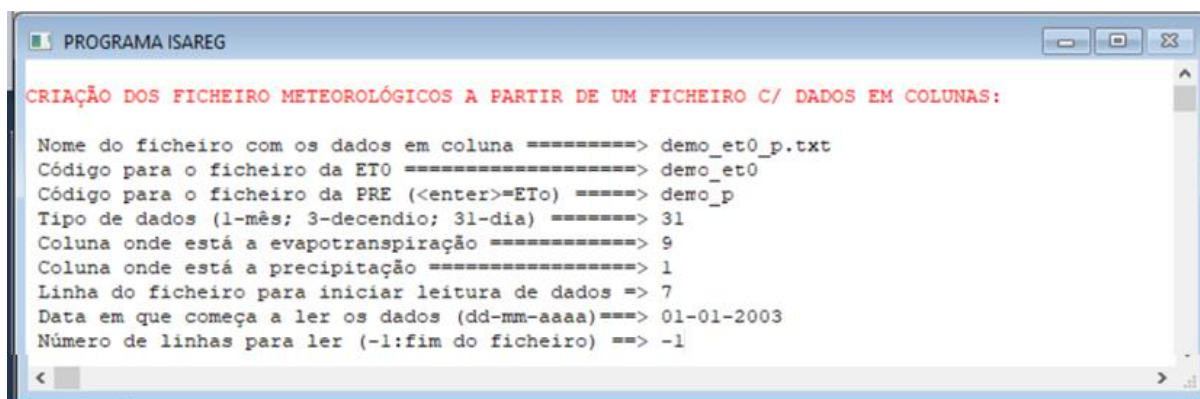
#### a) Dados diários

Como exemplo refira-se a leitura do ficheiro extraído de uma folha de cálculo EXCEL e gravado na opção "Texto (separado por tabulações) (\*.txt)". Neste ficheiro, cujo extrato dos primeiros valores pode ser observado na Figura 3.7, interessa utilizar os valores da 1ª coluna (precipitação) e da 9ª coluna (ET<sub>0</sub>), disponíveis a partir da 7ª linha.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	2003	0							
2	38	206	2						
3	1	1	2003						
4	Data para o início do ficheiro : 1/ 1/2003								
5	Precip.	Data	Tmax	Tmin	HRmax	HRmin	Vento	Radia (Ro)	ET <sub>0</sub>
6	(mm)		(°C)	(°C)	(%)	(%)	(m/s)	(kJ/m2/d)	(mm)
7	0	01-01-2003	16.5	10.3	97.6	82.5	2.8	7122.1	0.82
8	1.2	02-01-2003	16.9	11.2	98.6	85.9	3.5	3275.5	0.78
9	3.1	03-01-2003	17.4	9.1	99	67	2.5	5519.1	1.14
10	0.1	04-01-2003	18	7.1	100	63.8	0.9	8119.1	0.79
11	4	05-01-2003	16.3	7.8	100	76.2	2.4	4864.1	0.89
12	0	06-01-2003	13.6	5.3	95.7	56.1	2.2	9080.7	1.13
13	20.2	07-01-2003	14.6	6.1	98.9	87.2	3	2605.5	0.66
14	6.2	08-01-2003	12.1	5.4	100	74.3	2.5	6820.7	0.8
15	11.5	09-01-2003	11.9	2.4	98.5	69.2	3.5	5531	1.03
16	0	10-01-2003	9.7	-0.4	90.6	49.1	2.5	9333.2	1.19
17	0	11-01-2003	11.8	-2.1	94.4	46.6	0.7	10865.1	0.67
18	0	12-01-2003	9.3	-1.5	89.3	45.6	2.2	11753	1.15
19	0	13-01-2003	11.3	-1.6	87.1	47.8	2.2	12451.5	1.24
20	0	14-01-2003	14.9	0.3	80.7	38.3	1.9	11880.9	1.52
21	0	15-01-2003	13.7	-1.4	91	35	1.3	11986.6	1.16
22	0	16-01-2003	13.7	0	83.2	35	1	10978.9	1.04
23	0	17-01-2003	15.1	1.2	93.2	70.6	2.2	7041.3	1.06
24	1.7	18-01-2003	15.1	7.4	97.9	70.6	3.4	6757.9	1.2
25	5	19-01-2003	15.1	6.7	98	55.1	2.6	11671	1.44

Figura 3.7 - Extrato de um ficheiro com os valores de ET<sub>0</sub> e de P em colunas

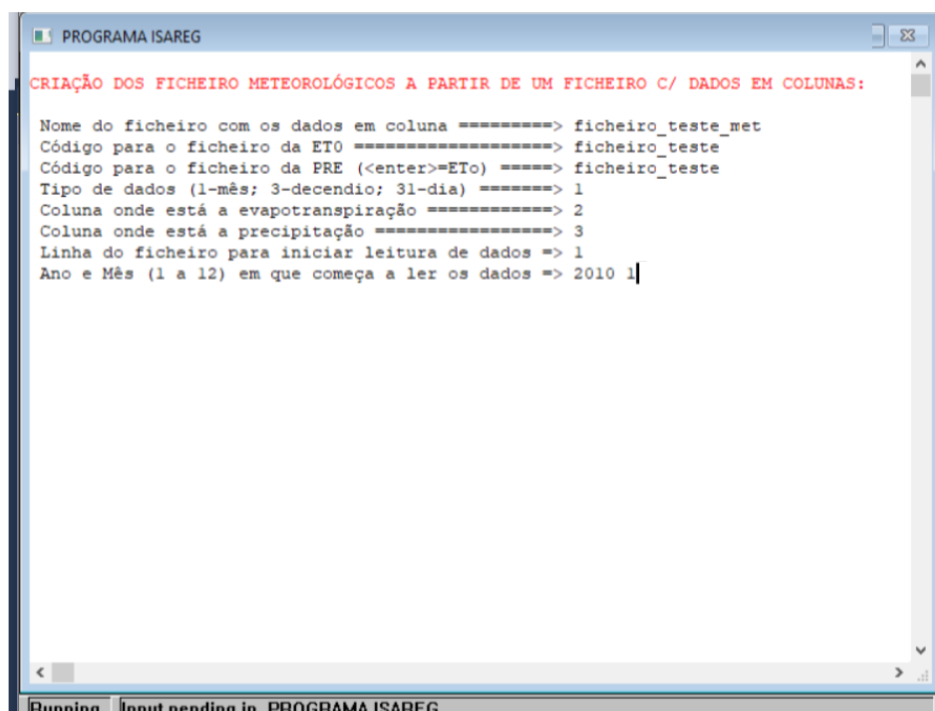
A aplicação do programa conduz à seguinte sequência de entrada de dados e output final.



## b) Dados mensais ou decendiais.

Neste caso os dados devem estar organizados sequencialmente um mês a seguir a outro ou um decêndio a seguir a outro, como se mostra no exemplo seguinte com dados mensais. Agora o programa em vez de pedir a data para o início dos dados, como se apresentou no exemplo anterior para os dados diários, pede o ano e o mês (1 a 12) ou o ano e o decêndio (1 a 36) a que se referem os valores que estão na primeira linha a ser lida. No exemplo apresentado indicar-se-ia “2010 1” como se mostra na figura. Neste exemplo dá-se a indicação para o programa começar a lêr os dados logo na primeira linha e nas colunas 2 e 3.

A	B	C
PET_2010_01_01..	4.43	0
PET_2010_02_01..	5.56	0
PET_2010_03_01..	5.71	0.02
PET_2010_04_01..	6.11	0
PET_2010_05_01..	5.98	0.01
PET_2010_06_01..	5.04	0.01
PET_2010_07_01..	3.99	0
PET_2010_08_01..	3.7	0.03
PET_2010_09_01..	3.63	0.09
PET_2010_10_01..	4.1	0
PET_2010_11_01..	4.13	0
PET_2010_12_01..	3.95	0
PET_2011_01_01..	4.25	0
PET_2011_02_01..	5.33	0
PET_2011_03_01..	5.96	0
PET_2011_04_01..	6.26	0
PET_2011_05_01..	5.92	0
PET_2011_06_01..	4.89	0
PET_2011_07_01..	4.31	0
PET_2011_08_01..	3.6	0
PET_2011_09_01..	4.09	0
PET_2011_10_01..	4.24	0
PET_2011_11_01..	4.16	0
PET_2011_12_01..	3.78	0
PET_2012_01_01..	4.31	0
PET_2012_02_01..	5.02	0
PET_2012_03_01..	5.32	0
PET_2012_04_01..	5.89	0
PET_2012_05_01..	5.97	0
PET_2012_06_01..	5	0
PET_2012_07_01..	4.07	0
PET_2012_08_01..	3.55	0



## c) Conversão apenas dos dados de uma variável

Quando se coloca o valor 0 para a “Coluna onde está a evapotranspiração” ou para a “Coluna onde está a precipitação” o programa apenas converte os dados correspondentes à variável para a qual não foi indicado o valor zero.

### 3.3 Cálculo da evapotranspiração de referência

Nesta opção o programa é direcionado para a rotina EVAPOTW que calcula a Evapotranspiração de referência pelo método de FAO-Penman Monteith.

Os dados necessários para a realização dos cálculos são, para além das características gerais da estação - latitude (lat), a altitude (alt) e a altura da medição do vento (anem) -, os seguintes:

- Temperatura máxima (tmax)
- Temperatura mínima (tmin)
- Humidade relativa máxima (hummax)
- Humidade relativa mínima (hummin)
- Velocidade média do vento (vent)
- Insolação ou radiação (radiac)

Estes valores podem-se referir a dias (DADOS DIÁRIOS); médias diárias de decêndios (DADOS DECENDIAIS) ou médias diárias de meses (DADOS MENSAIS). São sempre introduzidos em unidades referentes ao dia. Por exemplo a insolação média mensal deve ser introduzida em horas/dia.

O programa apresenta várias alternativas para o cálculo da ETo, de acordo com o formato dos dados (Figura 3.8.8). Depois de escolhida a “Opção 5” no menu C1 - Figura 3.1- a determinação da evapotranspiração pode ser feita escolhendo uma das opções apresentadas.

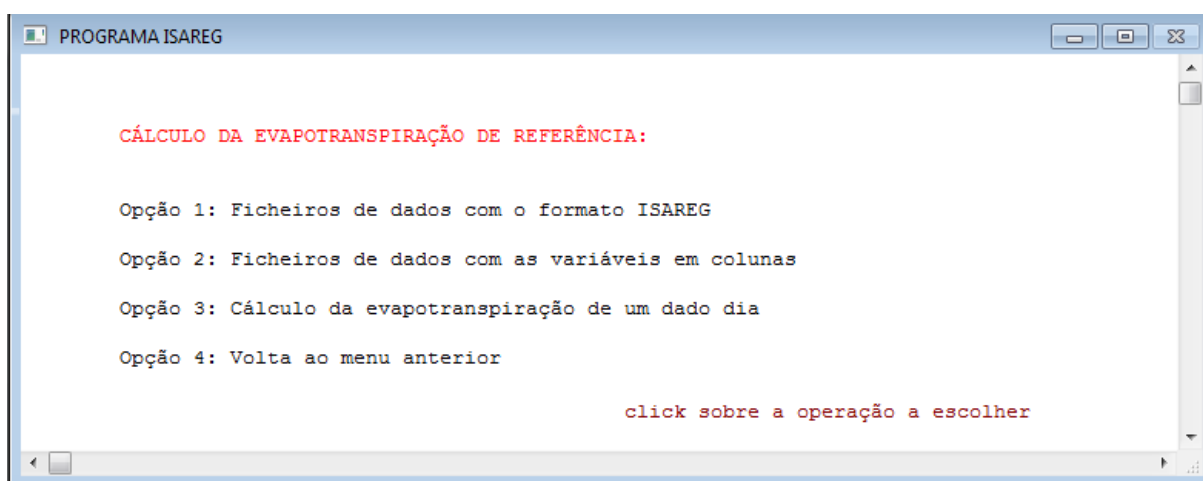


Figura 3.8 - Opções para o cálculo da evapotranspiração de referência

Nas duas primeiras opções podem ser utilizados dados meteorológicos diários ou mensais. No primeiro caso tem que existir uma coluna onde se indica a data (ex:20/02/2014) e no segundo caso existe uma coluna que indica o número do mês e outra que indica o ano (ex: 2 na 2ª coluna e 2014 na 3ª coluna para indicar que os dados naquela linha se referem ao mês de fevereiro do ano 2014.

A cada estação meteorológica fica associado um **ficheiro de comando** onde se registam os nomes dos ficheiros com formato ISAREG com os dados meteorológicos, ou o nome do ficheiro com os dados em coluna e os n.ºs das colunas correspondentes a cada variável meteorológica. Em ambos os casos registam-se também a latitude, altitude e altura da medição do vento.

Estes ficheiros podem ser construídos dentro do programa ou por alteração de ficheiros já existentes.

#### 3.3.1 Ficheiros de dados com formato ISAREG

Para calcular a ETo é necessário ter um ficheiro com formato ISAREG para cada variável meteorológica e um ficheiro de comando com as características da estação e com o nome dos



ficheiros meteorológicos. Depois seleciona-se o ficheiro de comando e o programa executa os cálculos e constrói o ficheiro com os valores da ET0.

### 3.3.1.1 Unidades

Nesta opção, os dados das variáveis meteorológicas anteriormente referidas estão em ficheiros separados, um por cada variável. Estes ficheiros devem ter o formato indicado no ponto prévio deste capítulo, Quadros 3.1 a 3.4, para os vários passos de tempo (dia, decêndio ou mês). A única diferença consiste em indicar na 1ª linha, para além do código do tempo (1-dia; 3-decêndio; 31-mês) um outro código numérico referente às unidades em que as variáveis estão referidas, de acordo com as especificações mostrada no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Códigos para identificação das unidades das variáveis meteorológicas

Variável	Unidades	Código
Temperatura máxima	°C	1
Temperatura mínima	°C	1
Humidade relativa máxima	%	1
Humidade relativa mínima	%	1
Velocidade do vento	m/s	1
	Km/h	2
Insolação  Radiação	Horas de sol/mês	0
	Horas sol/dia	1
	Insolação relativa (n/N)	2
	Radiação Global Rs (Mj/m2/dia)	3
	Radiação recebida Rns (Mj/m2/dia)	4
	Radiação líquida Rn (Mj/m2/dia)	5
	Radiação Global Rs (kj/m2/dia)	6
	Radiação recebida Rns (Mj/m2/dia)	7
	Radiação líquida Rn (Mj/m2/dia)	8
	Radiação Global média Rs (w/m2)	9
	Radiação recebida Rns (w/m2))	10
	Radiação líquida Rn (w/m2)	11

A título de exemplo apresenta-se na Figura 3.99 as quatro primeiras linhas de um ficheiro de dados mensais (código 1 na 1ª linha) com a velocidade do vento expressa em km/h (código 2 na 1ª linha)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1	2										
2	36	1	12									
3	1965											
4	15	27.8	28.8	19	14.5	12.2	11	24	16.6	10.2	11	14.4

Figura 3.9 - Exemplo da construção de um ficheiro meteorológico com formato ISAEg.

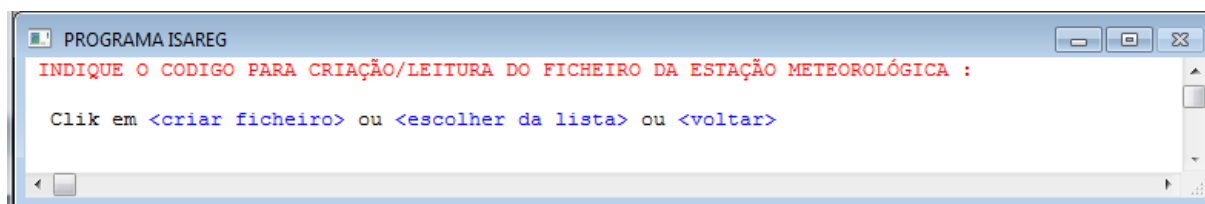
Nesta opção deve ser construído, como já se referiu, um ficheiro para cada variável meteorológica. Os nomes destes ficheiros são depois referenciados no ficheiro de comando que se apresenta no ponto seguinte.

### 3.3.1.2 Ficheiro de comando. Cálculo da ET0

É sempre necessário construir um ficheiro de comando onde estão indicados os nomes destes ficheiros e as características da estação meteorológica. Estes ficheiros têm necessariamente no nome o identificador “\_EVS”. O ficheiro de comando poderá ser criado no programa ou num editor de texto (ex: bloco de notas)

#### a) CONSTRUÇÃO DO FICHEIRO DE COMANDO NO PROGRAMA

Para construir o ficheiro dentro do programa deve seleccionar a opção 1 no menu mostrado na Figura 3.8 e depois escolher <criar ficheiros> no menu que o programa apresenta em seguida:



Depois aparece uma página onde o programa vai sucessivamente pedir os dados:

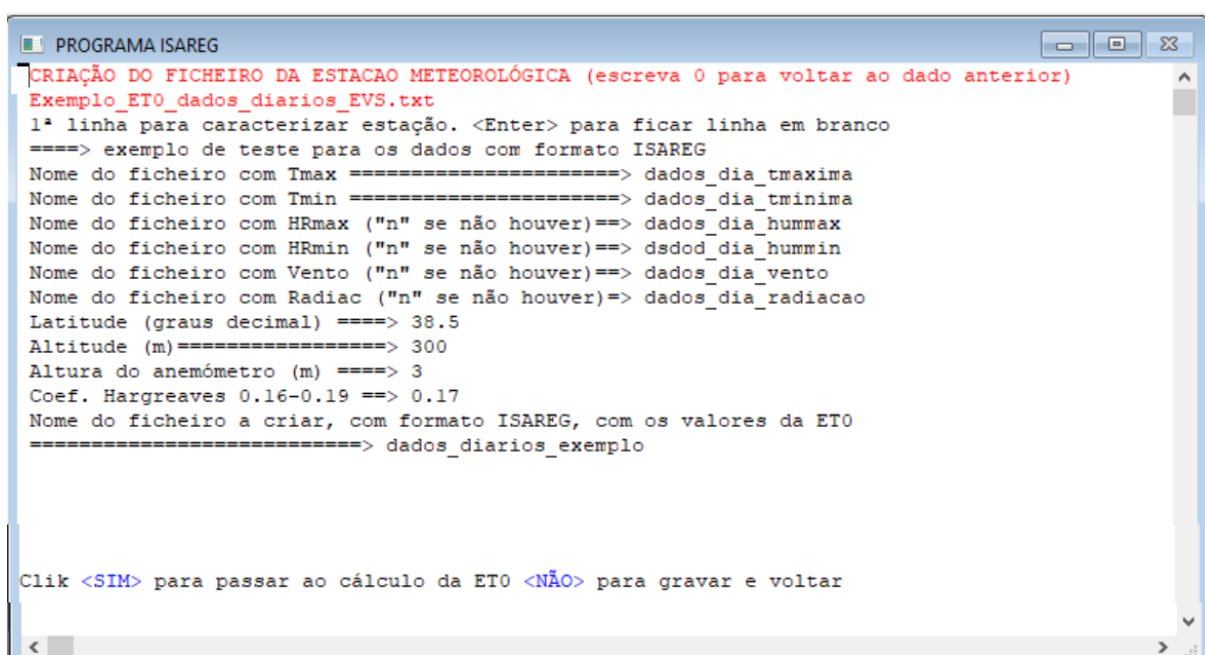
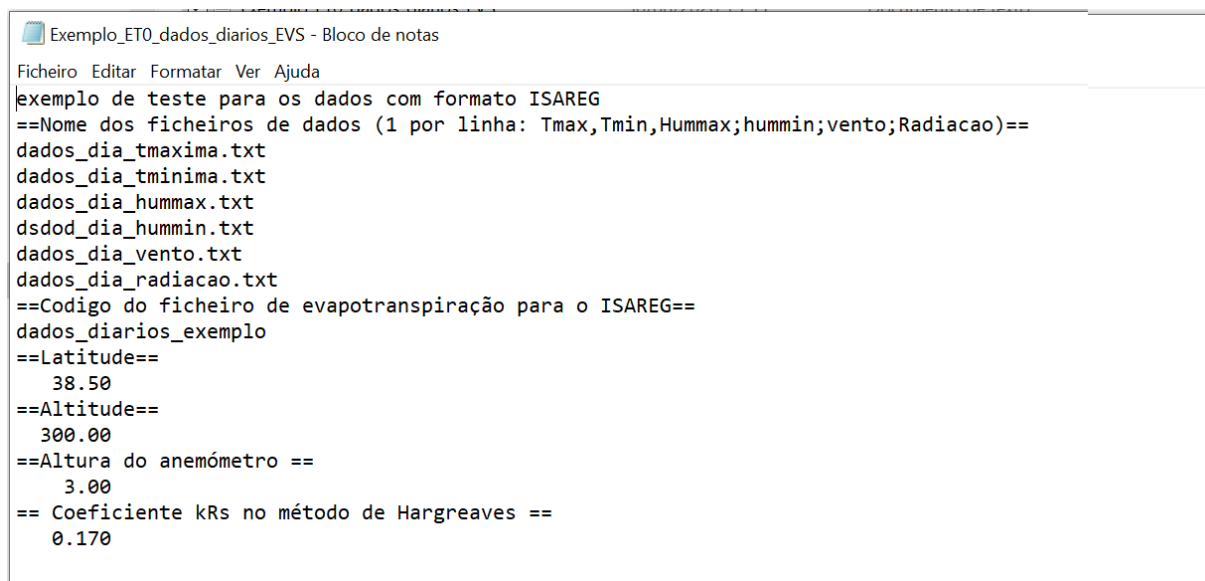


Figura 3.10 - Criação de um ficheiro de comando para cálculo da ET0 utilizando dados meteorológicos em ficheiros com formato ISAREG

Quando se escolhe o método de Hargreaves-Samani o programa apenas pede o nome dos ficheiros com os dados das temperaturas máxima e mínima e, no final, em vez de pedir a altura do anemómetro solicita a indicação do coeficiente  $K_{RS}$  da fórmula de Hargreaves-Samani (vd. 3.3.4, Figuras 3.20 e 3.21)

#### b) CONSTRUÇÃO DO FICHEIRO DE COMANDO NUM EDITOR DE TEXTO

Neste caso o procedimento faz-se alterando um ficheiro já existente. Na Figura 3.11 apresenta-se o exemplo da edição no Bloco de notas do ficheiro `EXEMPLO_ET0_DADOS_DIARIOS_EVS.TXT`. As linhas que começam por "==" servem apenas para ajudar a perceber o conteúdo do ficheiro não devendo ser alteradas. Na 1ª linha pede-se um comentário para identificação do projeto, na 3ª linha e seguintes deve-se escrever, pela ordem indicada na 2ª linha



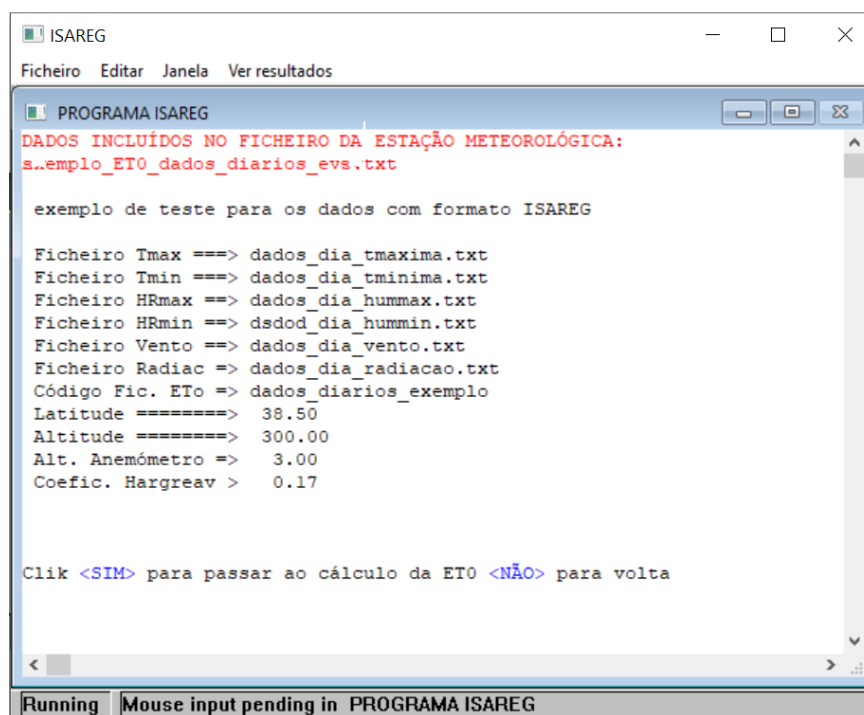
```
Exemplo_ET0_dados_diarios_EVS - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
exemplo de teste para os dados com formato ISAREG
==Nome dos ficheiros de dados (1 por linha: Tmax,Tmin,Hummax;hummin;vento;Radiacao)==
dados_dia_tmaxima.txt
dados_dia_tminima.txt
dados_dia_hummax.txt
dsdod_dia_hummin.txt
dados_dia_vento.txt
dados_dia_radiacao.txt
==Codigo do ficheiro de evapotranspiração para o ISAREG==
dados_diarios_exemplo
==Latitude==
38.50
==Altitude==
300.00
==Altura do anemómetro ==
3.00
== Coeficiente kRs no método de Hargreaves ==
0.170
```

Figura 3.11- Ficheiro de comando para a opção ficheiros de dados com formato ISAREG

Para terminar indicam-se a latitude e altitude da estação meteorológica e a altura do anemómetro. No método de Hargreaves-Samani este valor não será utilizado. Finalmente grava-se o ficheiro com o nome desejado e com o formato txt, mantendo sempre o identificador “\_EVS”. NO exemplo guardou-se o ficheiro com o nome “exemplo\_ET0\_dados\_diarios\_EVS.txt”. Para calcular a evapotranspiração de referência, depois de escolher a opção 1 no menu mostrado na Figura 3.8, e segue-se o procedimento mostrado na alínea c) já a seguir.

### c) LEITURA DO FICHEIRO DE COMANDO E CÁLCULO DA ET0

Se o ficheiro já estiver criado e escolher a opção <escolher da lista> o programa mostra o conteúdo do ficheiro tal como se apresenta para o ficheiro EXEMPLO\_ET0\_DADOS\_DIARIOS\_EVS.TXT



```
ISAREG
Ficheiro Editar Janela Ver resultados
PROGRAMA ISAREG
DADOS INCLUÍDOS NO FICHEIRO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA:
s..emplo_ET0_dados_diarios_evs.txt

exemplo de teste para os dados com formato ISAREG

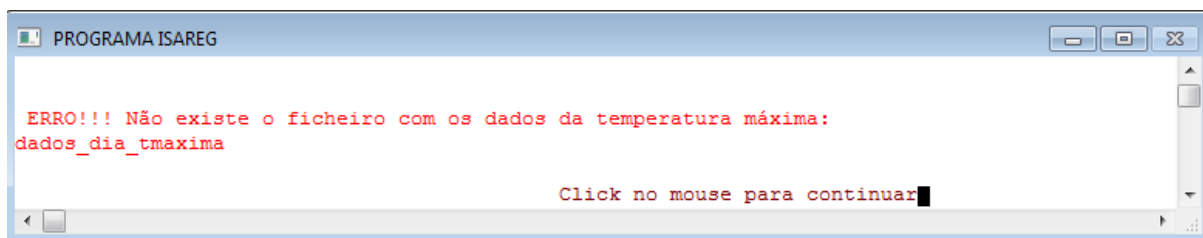
Ficheiro Tmax ==> dados_dia_tmaxima.txt
Ficheiro Tmin ==> dados_dia_tminima.txt
Ficheiro HRmax ==> dados_dia_hummax.txt
Ficheiro HRmin ==> dsdod_dia_hummin.txt
Ficheiro Vento ==> dados_dia_vento.txt
Ficheiro Radiac => dados_dia_radiacao.txt
Código Fic. ET0 => dados_diarios_exemplo
Latitude =====> 38.50
Altitude =====> 300.00
Alt. Anemómetro => 3.00
Coefic. Hargreav > 0.17

Clik <SIM> para passar ao cálculo da ET0 <NÃO> para volta

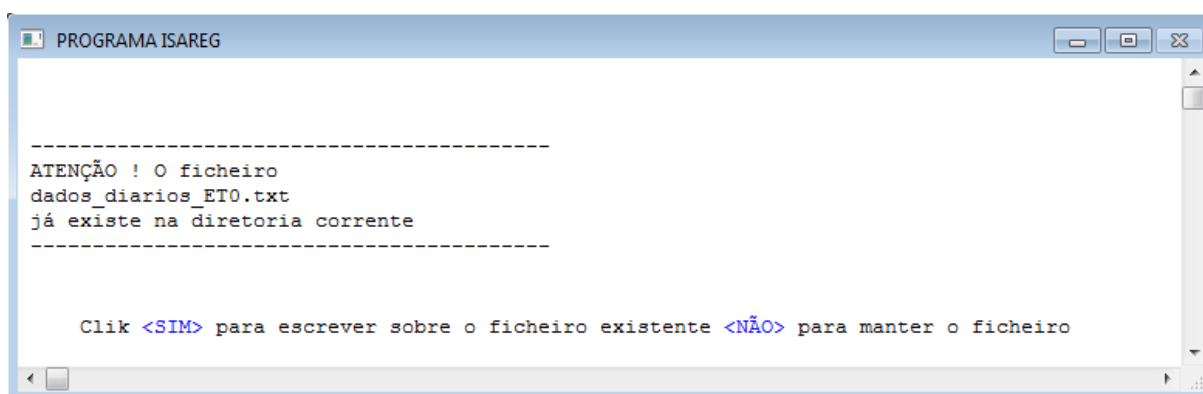
Running Mouse input pending in PROGRAMA ISAREG
```

Figura 3.12 - Leitura de um ficheiro de comando quando se utilizam ficheiros de dados com formato ISAREG.

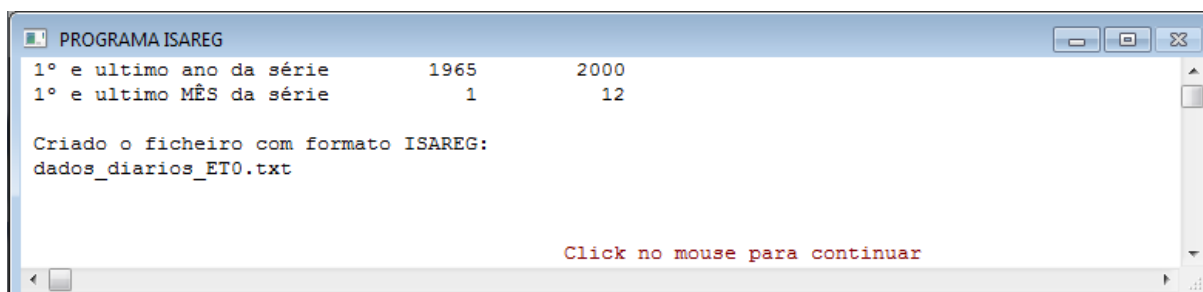
Se escolher <SIM> o programa passa para o cálculo da Evapotranspiração de referência, apresentando mensagens de erro caso os ficheiros referidos não existam na diretoria de trabalho, como se mostra em seguida:



Concluído o cálculo pode ainda ser apresentada uma mensagem caso o ficheiro indicado para registar os resultados da ET0 já exista em disco.



Se responder <SIM>, ou se o ficheiro não existir na diretoria de trabalho o programa conclui o procedimento apresentando como mensagem:



### 3.3.1.3 Ficheiro de dados

Os ficheiros de dados (temperatura máxima, mínima, etc...) têm o formato ISAREG como se mostrou no Quadro 3.1 e na Figura 3.9 para os dados mensais e 3.4 para os dados diários. Para os ficheiros do vento e da radiação na primeira linha aparecem agora dois valores. O primeiro (1 para dados mensais e 31 para dados diários) e o segundo referente às unidades, seguindo o código anteriormente referido (vd. Quadro 3.5)

### 3.2.5 Ficheiros de dados com as variáveis meteorológicas em colunas

Nesta opção será utilizado apenas um único ficheiro de dados onde constam os valores de todas as variáveis anteriormente referidas.

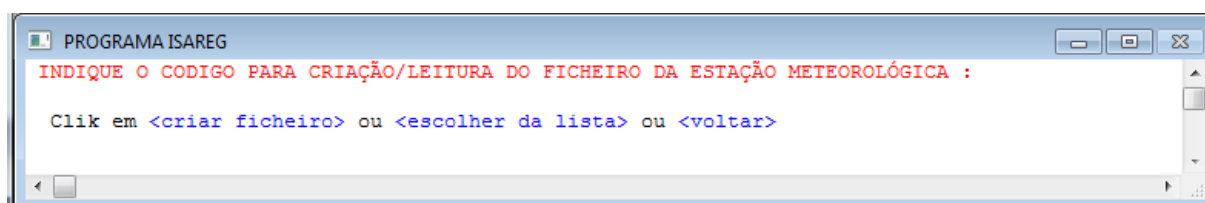
Para além deste é necessário criar um ficheiro de comando, agora obrigatoriamente com a identificação \*.EVC. Tal como no caso dos dados em ficheiros com formato ISAREG ele pode ser construído por alteração de um ficheiro já existente o então ser criado através do programa

#### 3.3.2.1 Ficheiro de comandos. Cálculo da ET0

##### a) CONSTRUÇÃO DO FICHEIRO DE COMANDO ATRAVÉS DO PROGRAMA.

Na Figura 3.15 apresenta-se o ficheiro `EXEMPLO_ET0_DADOS_COLUNA_EVC.TXT`, que é fornecido com o programa e que servirá de base para futuras alterações.

Para construir o ficheiro dentro do programa deve seleccionar a opção 2 no menu mostrado na Figura 3.8 e depois escolher <criar ficheiros> no menu que o programa apresenta em seguida:



Seguidamente aparece uma página onde o programa vai sucessivamente pedir os dados da estação, onde se salienta: a indicação do nome do ficheiro onde estão os dados meteorológicos em coluna, o tipo de dados (diário ou mensal). Nos dados diários (Figura 3.13) o ficheiro tem uma linha por dia, sendo este é identificado por uma data. Nos dados mensais cada linha corresponde aos valores de um mês sendo necessário indicar numa coluna o ano e noutra coluna o mês.

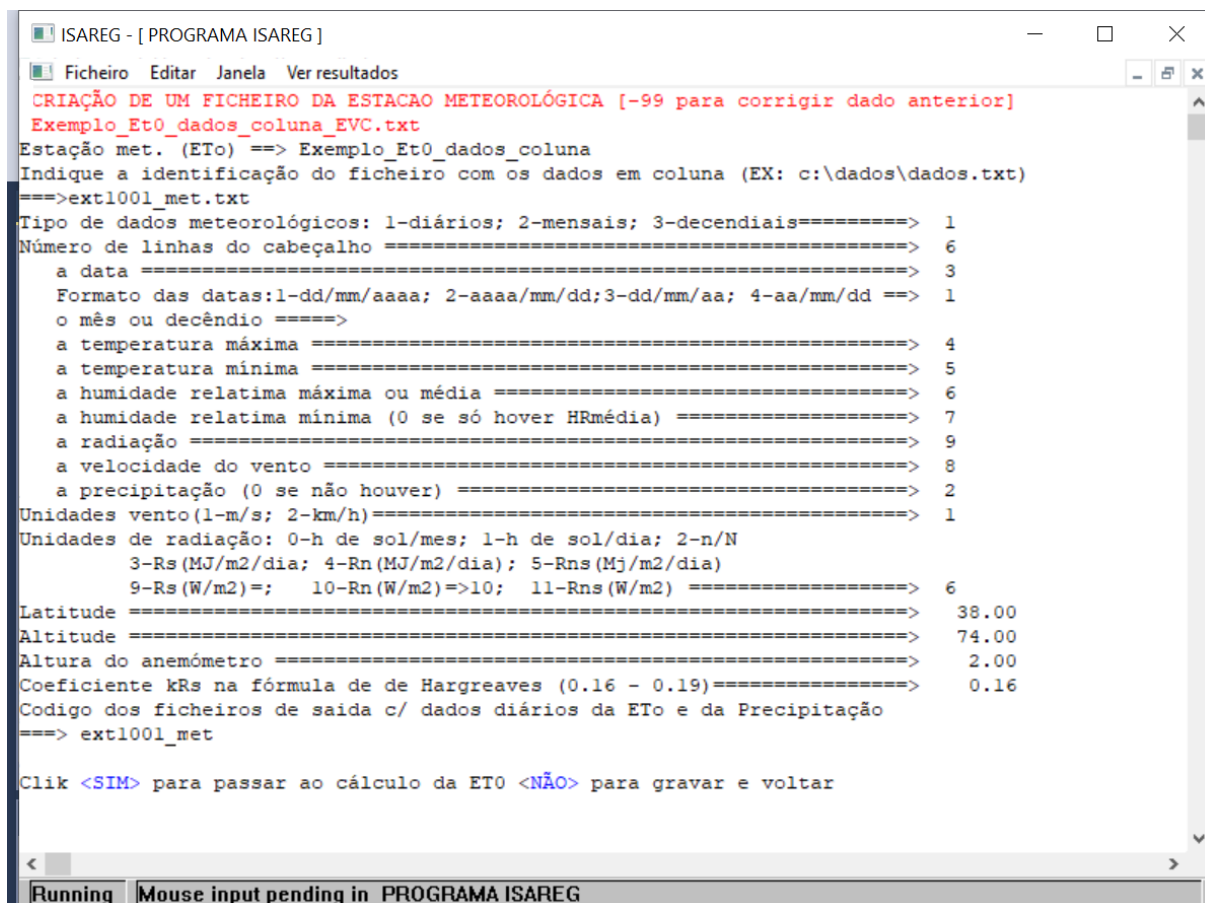


Figura 3.13 - Criação de um ficheiro de comando usando um ficheiro de dados met.diários em coluna.

Depois indica-se o número da coluna onde estão as várias variáveis meteorológicas. Não é obrigatório serem seguidas nem colocadas por ordem, podendo haver colunas no ficheiro com informação não utilizada.

Indicam-se ainda as unidades do vento e da radiação e as características da estação. Por fim é necessário introduzir o código do ficheiro com formato ISAREG onde serão armazenados os valores de ET<sub>0</sub>, sempre expressa em mm/dia (no exemplo serão criados pelo programa os ficheiros ext1001\_met\_ET0.txt e ext1001\_met\_PRE.txt por ter sido indicado o código ext1001\_met..

Quando os dados não são todos conhecidos, por exemplo se for conhecida apenas a humidade relativa média, indica-se a coluna onde estão esses dados na humidade relativa máxima e inicia-se 0 para a coluna da humidade relativa mínima, como se pode observar na Figura 3.14.

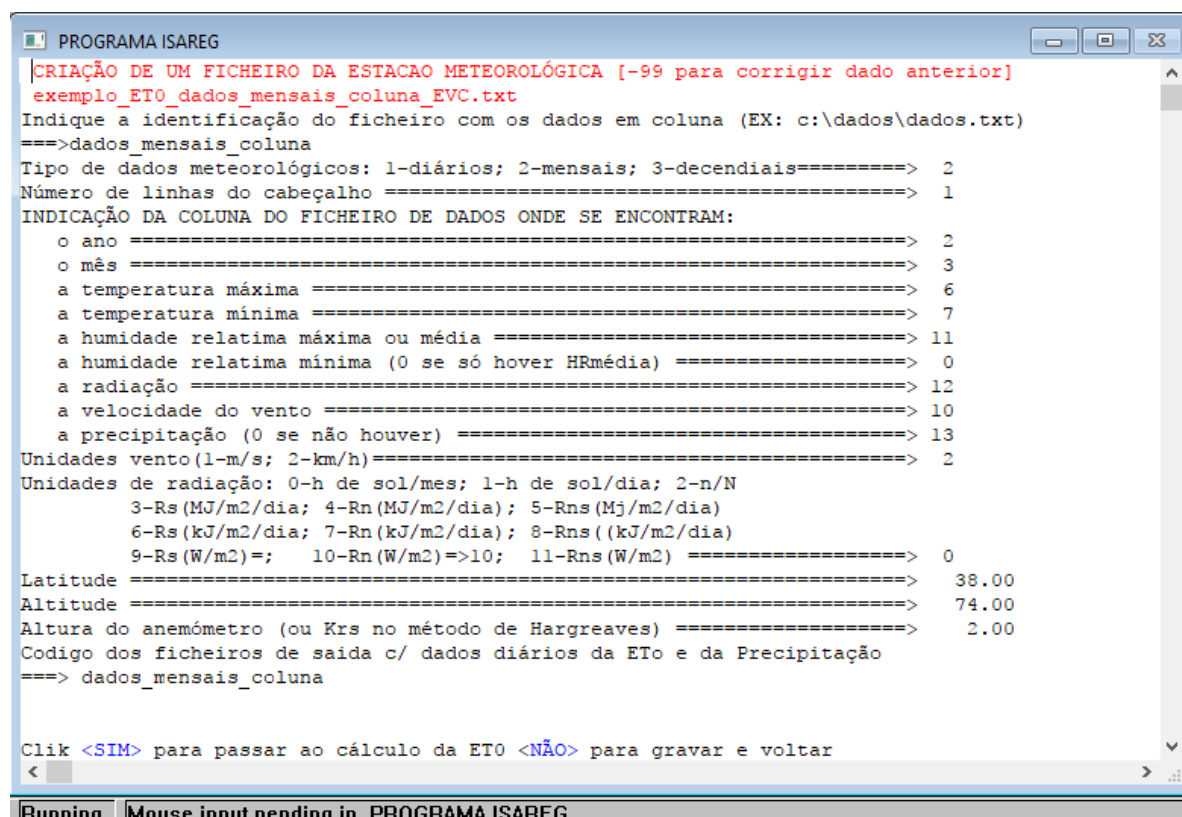


Figura 3.14 - Criação de um ficheiro de comando utilizando um ficheiro de dados meteorológicos mensais em coluna

Quando se escolhe o método de Hargreaves-Samani o programa apenas pede o número de coluna para os dados das temperaturas máxima e mínima e, no final, em vez de pedir a altura do anemómetro solicita a indicação do coeficiente  $K_{RS}$  da fórmula de Hargreaves-Samani (vd. 3.3.4, Figuras 3.22 e 3.23)

#### b) CONSTRUÇÃO DO FICHEIRO DE COMANDO NUM EDITOR DE TEXTO

Neste caso o procedimento faz-se alterando um ficheiro já existente. Na Figura 3.15 apresenta-se o exemplo do ficheiro EXEMPLO\_ET0\_DADOS\_COLUNA\_EVC.TXT.

```

exemplo_ET0_dados_coluna_EVC - Bloco de notas
Ficheiro Editar Formatar Ver Ajuda
ext1001_met.txt
==Tipo de dados: Sequência de dados para ISAREG: 1-diários; 2-mensais; 3-decendiais; 4-Dados avulso
1
==nº de linhas de cabeçalho==
6
==Data (ou ano e nº de mês),Tmax,Tmin,Hummax,Hummin,Radiac,Vento,Pre (Coluna nº)==
3 4 5 6 7 9 8 2
==codigo do formato das datas:DADOS DIÁRIOS:1-dd/mm/aaaa; 2-aaaa/mm/dd; 3-dd/mm/aa; 4-aa/mm/dd: MENSAIS; 1-ano <tab> mes==
1
==Unidades da insolação: 0-H sol mês; 3-Rs (MJ/m2/dia); 4-Rns (MJ/m2/dia); 5- Rn (MJ/m2/dia)
==Unidades da insolação: 1-h sol/dia; 6-Rs (kJ/m2/dia); 7-Rns (kJ/m2/dia); 8- Rn (kJ/m2/dia)
==Unidades da insolação: 2-n/n; 9-Rs (W/m2); 10-Rns (W/m2); 11- Rn (W/m2)
6
==unidades para o vento (iunvento) 1-m/s; 2-km/h==
1
==Codigo dos ficheiros de saída c/ dados diários da evapotranspiração e precipitação ( se a coluna PRE diferente de zero)
ext1001_met
==latitude
38.00
==altitude
74.00
==altura do anemómetro (ou Ksv no método de Hargreaves 0-1-0.19)
2.00

```

Figura 3.15 - Ficheiro de comando para a opção ficheiro de dados met.em coluna

As linhas que começam por “==” servem apenas para ajudar a perceber o conteúdo do ficheiro, não devendo ser alteradas. Na linha 8 indicam-se as colunas onde estão os dados. No caso de dados diários o 1º valor refere-se à coluna onde estão as datas. Quando os dados são mensais é necessário introduzir um 1º valor com a coluna referente ao ano e um 2º valor com a referente ao mês. Depois seguem-se 7 valores correspondentes a cada uma das variáveis meteorológicas. A precipitação pode existir ou não. Quando não existe escreve-se “0”. Segue-se a indicação das unidades da radiação e do vento.

Em seguida indica-se um código para o ficheiro da evapotranspiração que será criado pelo programa com um nome gerado a partir do código indicado e do identificador “\_ET0”. No exemplo presente será criado o ficheiro EXT1001\_MET\_ET0.TXT. Como a coluna da precipitação existe é também criado o ficheiro EXT1001\_MET\_PRE.TXT.

Para terminar indicam-se a latitude e altitude da estação meteorológica e a altura do anemómetro. No método de Hargreaves-Samani este valor não será utilizado. Finalmente grava-se o ficheiro com o nome desejado e com o formato txt, mantendo sempre o identificador “\_EVS”. NO exemplo guardou-se o ficheiro com o nome “exemplo\_ET0\_dados\_diarios\_EVS.txt”. Para calcular a evapotranspiração de referência, depois de escolher a opção 1 no menu mostrado na Figura 3.8, opta-se por “escolher da lista” no menu seguinte.

### c) LEITURA DO FICHEIRO DE COMANDO E CÁLCULO DA ET0

Se o ficheiro já estiver criado e escolher a opção <escolher da lista>, depois de ter selecionado a opção 2 no menu da Figura 3.8, o programa mostra uma lista dos ficheiros do tipo \_EVC existentes na diretoria de trabalho.

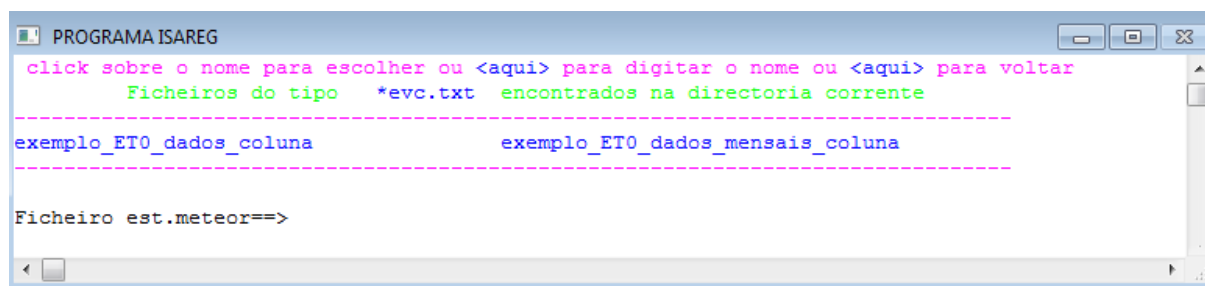
```

PROGRAMA ISAREG
INDIQUE O CODIGO PARA CRIAÇÃO/LEITURA DO FICHEIRO DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA :

Clik em <criar ficheiro> ou <escolher da lista> ou <voltar>

```





Seleciona-se o EXEMPLO\_ET0\_DADOS\_COLUNA\_EVC para aceder ao conteúdo do ficheiro .

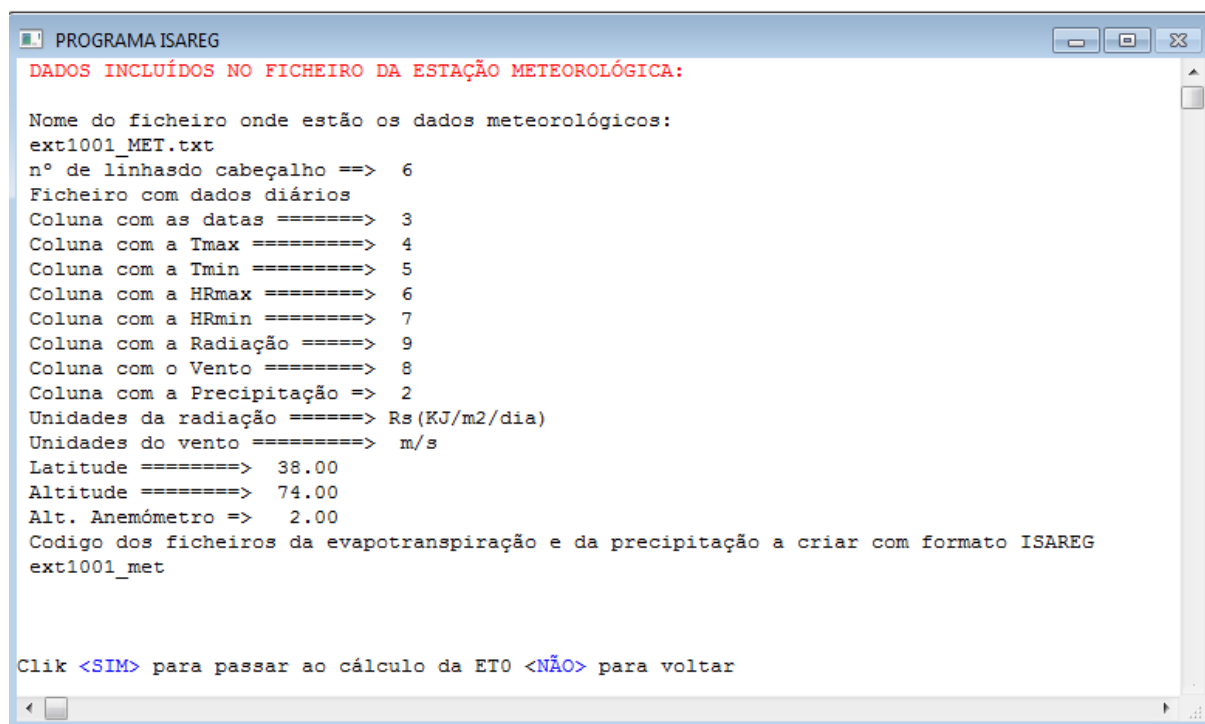


Figura 3.16- Leitura de um ficheiro de comando já existente, para utilizar com os dados meteorológicos em coluna.

Se escolher <SIM> o programa passa para o cálculo da Evapotranspiração de referência.

Concluído o cálculo pode ainda ser apresentada uma mensagem caso o ficheiro indicado para registar os resultados da ET0 já exista em disco, tal como referido para os ficheiros com formato ISAREG.

O programa conclui o procedimento apresentando as características do ficheiro EXT1001\_MET\_ET0.TXT e EXT1001\_MET\_PRE.TXT.

### 3.3.2.2 Ficheiro de dados

Neste ficheiro de dados os valores de cada dia ou mês estão na mesma linha e os valores de cada variável meteorológica estão na mesma coluna.

#### a) Dados diários

Na Figura 3.17 apresenta-se o extrato do ficheiro EXT1001\_MET.TXT, lido numa folha EXCEL, que serviu de base para o exemplo mostrado na Figura 3.13. Pode observar-se que as primeiras 6 linhas não contêm informação relevante (cabeçalho), como foi referido no ficheiro mostrado na Figura 3.13. Quando se utiliza este tipo de ficheiros é necessário indicar no ficheiro de comando as colunas correspondentes a cada uma das variáveis meteorológicas. No caso dos dados diários a identificação do dia a que correspondem os dados é feita pela data. A data pode ter vários formatos, como se mostrou na Figura 3.13

#### b) Dados mensais



Nesta opção será utilizado também, apenas um único ficheiro de dados onde constam os valores de todas as variáveis anteriormente referidas.

O ficheiro `DADOS_MENSAIS_COLUNA.TXT` tem apenas uma linha de cabeçalho. Neste tipo de ficheiros não se pede a data mas sim o ano e o mês a que se referem os dados de cada linha. No ficheiro de comando indica-se que o ano está na 2ª linha e que o mês está na 3ª linha, como se mostrou na **Erro! A origem da referência não foi encontrada..** O preenchimento das colunas segue o mesmo procedimento que no caso dos dados diários.

ext1001\_MET - Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	2003	0							
2	38.0	74.0	2.0						
3	1	1	2003						
4	Data para o início do ficheiro : 1/ 1/2003								
5	ETo	Precip.	Data	Tmax	Tmin	HRmax	HRmin	Vento	Radiação
6	(mm)	(mm)		(°C)	(°C)	(%)	(%)	(m/s)	(kj/m2/d)
7	0.85	0.0	1- 1-2003	17.9	9.5	98.6	79.9	2.3	4505.8
8	0.84	3.3	2- 1-2003	18.0	12.2	97.4	82.8	2.6	3220.6
9	0.94	3.2	3- 1-2003	20.0	8.8	100.0	59.0	1.0	6330.8
10	0.77	0.0	4- 1-2003	21.5	7.2	100.0	53.5	0.5	6925.3
11	0.97	3.7	5- 1-2003	18.1	9.2	99.7	67.4	1.6	4679.5
12	0.95	0.1	6- 1-2003	16.1	5.2	98.0	50.3	1.2	9582.5
13	0.81	13.3	7- 1-2003	17.2	5.7	98.9	80.8	2.2	3568.4
14	0.79	7.2	8- 1-2003	13.4	6.8	100.0	65.5	1.3	5420.0
15	1.13	9.1	9- 1-2003	13.5	4.8	97.9	60.0	2.4	6160.8
16	1.28	0.0	10/01/2003	10.8	-0.1	96.5	45.0	2.6	11277.0
17	0.81	0.0	11/01/2003	10.8	-3.1	100.0	47.4	1.2	11534.0
18	1.06	0.0	12/01/2003	10.6	2.5	100.0	43.7	1.8	11753.0

Figura 3.17- Exemplo de um ficheiro com os dados meteorológicos em colunas. Extrato do ficheiro EXT1001\_MET.TXT

dados\_mensais\_coluna - Bloco de notas

Ficheiro	Editar	Formatar	Ver	Ajuda								
Estação	Ano	Mês	T9	T	Tmax	Tmin	Tamax	Tamin	Vento	HR9	I	R
Estação 1956	1		8.1	9.7	12.5	7.0	16.3	1.3	16.8	84.7	163.1	191.6
Estação 1956	2		2.4	5.1	9.0	1.1	14.9	-5.0	20.2	72.6	199.4	41.8
Estação 1956	3		8.4	11.1	14.9	7.3	23.0	4.4	16.9	86.0	159.8	149.5
Estação 1956	4		9.8	12.8	16.6	9.1	21.3	5.5	15.7	89.8	186.2	104.2
Estação 1956	5		12.7	17.2	22.2	12.2	29.8	7.0	17.7	77.0	317.9	55.6
Estação 1956	6		15.1	20.6	26.6	14.5	34.9	10.0	17.2	74.4	353.3	0.0
Estação 1956	7		15.8	22.0	28.6	15.4	35.9	12.1	18.2	81.7	388.5	0.5
Estação 1956	8		15.7	21.4	27.8	15.1	36.0	11.6	20.3	81.4	347.7	10.9
Estação 1956	9		14.6	19.2	24.4	14.0	31.8	10.2	14.9	81.7	247.8	41.0
Estação 1956	10		14.4	17.9	22.1	13.7	28.2	6.0	13.5	75.6	240.5	34.2
Estação 1956	11		7.4	10.6	14.6	6.6	19.3	1.7	17.6	76.1	235.7	11.6
Estação 1956	12		6.6	9.4	13.5	5.4	16.7	2.2	11.5	75.7	198.3	11.7
Estação 1957	1		5.2	7.8	11.6	4.1	16.4	-2.1	14.5	82.5	227.7	21.6
Estação 1957	2		8.3	10.1	13.7	7.2	18.6	3.5	16.4	92.7	129.9	73.6
Estação 1957	3		10.0	13.1	17.1	9.2	22.8	7.0	15.6	86.7	182.6	91.1
Estação 1957	4		9.4	13.3	17.9	8.7	26.0	4.8	16.5	78.2	256.9	63.8
Estação 1957	5		11.4	15.8	20.8	10.9	28.3	8.0	18.2	83.4	278.8	60.2
Estação 1957	6		14.1	19.1	24.6	13.6	35.1	9.0	15.7	82.0	313.4	21.7
Estação 1957	7		17.8	24.1	31.1	17.2	37.3	13.4	19.0	72.0	391.5	12.7
Estação 1957	8		17.3	23.8	31.0	16.7	37.2	14.2	16.0	76.1	346.7	0.2
Estação 1957	9		17.7	22.6	28.4	16.9	36.2	13.0	17.3	69.3	343.7	16.3
Estação 1957	10		13.2	17.0	21.8	12.2	26.3	8.6	14.1	74.9	236.7	29.4
Estação 1957	11		9.4	12.1	15.9	8.3	18.7	4.3	17.6	82.1	194.9	58.8
Estação 1957	12		5.5	8.0	11.5	4.6	16.2	1.6	15.5	87.1	193.9	49.0
Estação 1958	1		7.0	9.0	12.0	6.0	17.8	0.7	18.0	85.5	150.4	93.9
Estação 1958	2		9.4	11.7	15.0	8.4	22.1	1.8	17.0	85.0	163.2	36.4

Figura 3.18 - Extrato do ficheiro com dados mensais em coluna

### c) Dados decendiais

Nesta opção o procedimento é em tudo semelhante aos dados mensais. A única diferença é que em vez de ano e mês indica-se o ano e o decêndio (1 a 36), como se mostra no estrato seguinte de um ficheiro que contém dados dos anos 2010 e 2011.

2010	32
2010	33
2010	34
2010	35
2010	36
2011	1
2011	2
2011	3

### 3.2.6 Cálculo da evapotranspiração apenas de um dado dia.

Embora não diretamente utilizável pelo programa ISAREG, o output desta opção pode ser interessante para testar os valores utilizados nas outras opções.

Escolhida a “Opção 3” no menu referido na Figura 3.8, o programa passa a pedir ao utilizador todos os dados necessários para o cálculo da ETo

```

PROGRAMA ISAREG

INDIQUE OS VALORES PARA O CÁLCULO DA ETo (-99 para voltar ao dado anterior)

latitude =====> 39
altitude =====> 200
altura do anemómetro =====> 3

data dos dados (dd-mm-aaaa)=====> 01-05-2004

temperatura máxima =====> 28
temperatura mínima =====> 12

humidade relativa máxima (%)=====> 90
humidade relativa mínima (%)=====> 45

unidades do vento (1-m/s; 2-km/h)==> 1
velocidade do vento =====> 2

unidades de insolação ou radiação:
1-h de sol/dia; 2-n/N;
3-Rs (Mj/m2/dia) 4-Rn (Mj/m2/dia)
5-Rs (Kj/m2/dia) 6-Rn (Kj/m2/dia)
7-Rs (W/m2)      8-Rn (W/m2) =====> 1
insolação ou radiação =====> 12

Clik <SIM> se os valores estão correctos <NÃO> para alterar
  
```

Figura 3.19 - Introdução dos dados para o cálculo da ETo num dia

Apresentando depois os resultados na seguinte forma:

```

PROGRAMA ISAREG

VALORES DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA:
DIA:01_05-2004
Uv= 2.00      HRmax= 90.00      HRmin= 45.00
TmaX= 28.00   Temi= 12.00      Ins= 12.00
Vento= 2.00000 Cv(2 m/s)= 0.92092
delta= 0.14479 gama = 0.06729
Pa = 101.30    Lc = 2.45
ed = 1.48212   ea = 2.59210
ea-ed= 1.10997 N = 12.03041
n/N = 0.99747  Ra = 37.37526
Rs = 27.98420 Rso = 28.03144
Rns = 21.54784 Rnl = -6.13678
Rn = 15.41106 G = 0.00000
C.ra = 3.58117 C.ae = 1.66219      ETo= 5.24336

Clik <NOVA DATA> para calcular outro dia <FIM> para terminar
  
```

Figura 3.20 - Valores parciais utilizados para o cálculo da ETo

### 3.2.7 Cálculo da evapotranspiração com falta de dados meteorológicos

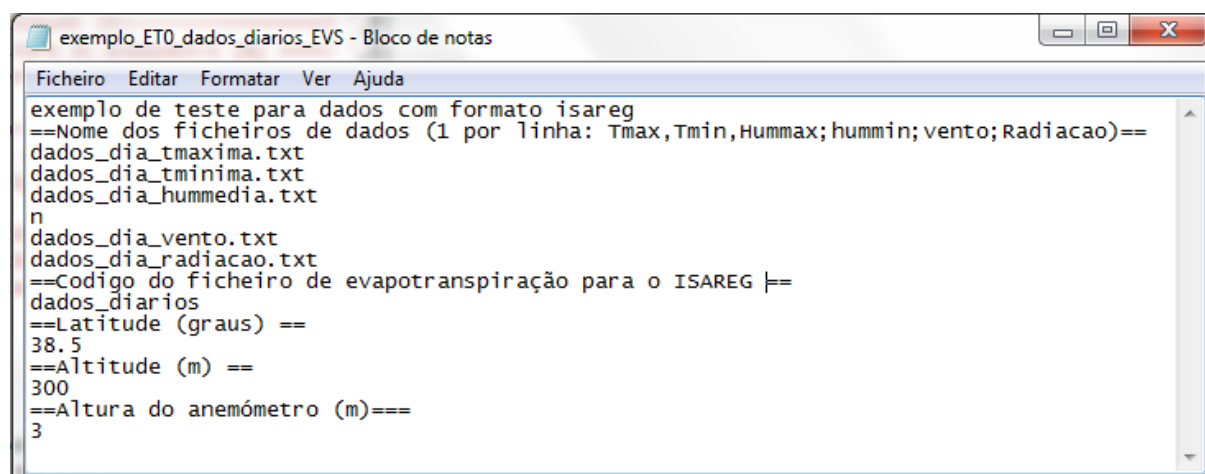
#### 3.3.4.1 – Utilização da metodologia FAO56

O cálculo da fórmula de Penman-Monteith com ausência de dados vem tratado em Allen et al, 1998

a) humidade relativa:

Quando não existe humidade relativa, esta pode ser estimada a partir da temperatura máxima e mínima. Nestas condições, na opção de dados com formato ISAREG deve indicar-se “n” no nome dos ficheiros com estas duas variáveis.

Quando se conhece apenas a humidade relativa média, deve indicar-se o nome do ficheiro com a humidade relativa média na posição da HRmax e escrever “n” na posição do ficheiro da HRmin, como se mostra na Figura 3.21.

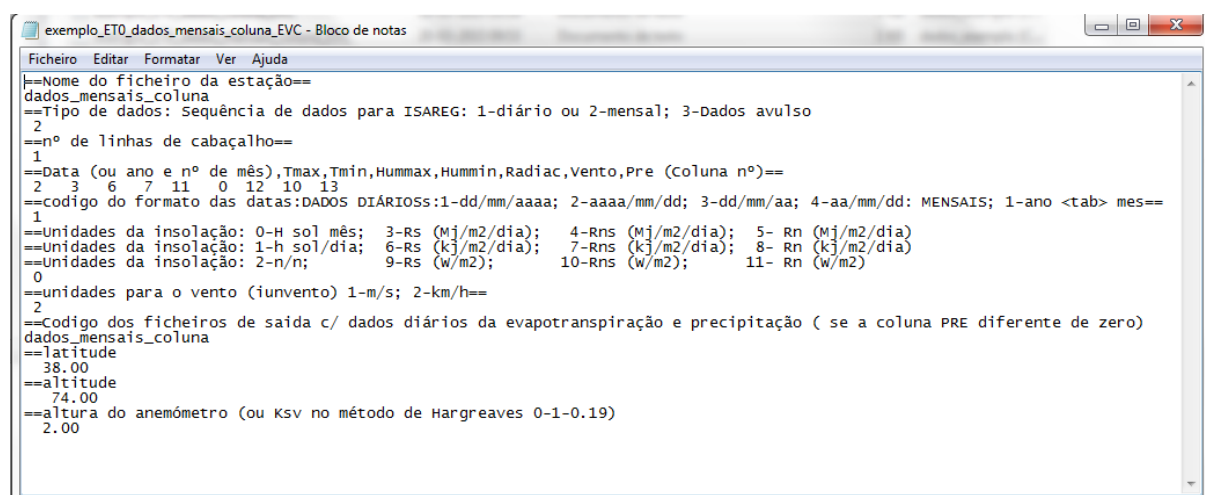


```

exemplo de teste para dados com formato isareg
==Nome dos ficheiros de dados (1 por linha: Tmax,Tmin,Hummax;hummin;vento;Radiacao)==
dados_dia_tmaxima.txt
dados_dia_tminima.txt
dados_dia_hummedia.txt
n
dados_dia_vento.txt
dados_dia_radiacao.txt
==Codigo do ficheiro de evapotranspiração para o ISAREG ==
dados_diarios
==Latitude (graus) ==
38.5
==Altitude (m) ==
300
==Altura do anemómetro (m)===
3
  
```

Figura 3.21 - Ficheiro de comando para exemplificar a utilização da humidade relativa média quando se utilizam ficheiros em formato ISAREG

No formato das variáveis em coluna deve indicar-se “0” no nº da coluna correspondente à humidade relativa mínima (HRmin)



```

==Nome do ficheiro da estação==
dados_mensais_coluna
==Tipo de dados: Sequência de dados para ISAREG: 1-diário ou 2-mensal; 3-Dados avulso
2
==nº de linhas de cabeçalho==
1
==Data (ou ano e nº de mês),Tmax,Tmin,Hummax,Hummin,Radiac,Vento,Pre (Coluna nº)==
2 3 6 7 11 0 12 10 13
==Codigo do formato das datas:DADOS DIÁRIOS:1-dd/mm/aaaa; 2-aaaa/mm/dd; 3-dd/mm/aa; 4-aa/mm/dd: MENSAIS; 1-ano <tab> mes==
1
==Unidades da insolação: 0-h sol mês; 3-Rs (Mj/m2/dia); 4-Rns (Mj/m2/dia); 5- Rn (Mj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 1-h sol/dia; 6-Rs (kj/m2/dia); 7-Rns (kj/m2/dia); 8- Rn (kj/m2/dia)
==Unidades da insolação: 2-n/n; 9-Rs (w/m2); 10-Rns (w/m2); 11- Rn (w/m2)
0
==unidades para o vento (iunvento) 1-m/s; 2-km/h==
2
==Codigo dos ficheiros de saída c/ dados diários da evapotranspiração e precipitação ( se a coluna PRE diferente de zero)
dados_mensais_coluna
==latitude
38.00
==altitude
74.00
==altura do anemómetro (ou Ksv no método de Hargreaves 0-1-0.19)
2.00
  
```

Figura 3.22 - Ficheiro de comando para exemplificar a utilização da humidade relativa média quando se utiliza um ficheiro com dados em coluna.

b) radiação

Quando esta variável não é conhecida deve identificar-se a falha indicando “n” para o nome do ficheiro da radiação no primeiro caso (ficheiros de dados com formato ISAREG), e “0” no nº da coluna correspondente à radiação, no segundo caso (ficheiro de dados com variáveis em coluna). A variável será então calculada pela fórmula de Hargreaves que estima a radiação direta (Rs) em função da radiação no topo da atmosfera e das temperaturas máxima e mínima.

c) vento

Quando esta variável não é conhecida e o utilizador referir a sua inexistência, indicando “n” para o nome do ficheiro do vento no primeiro caso (ficheiros de dados com formato ISAREG) e “0” no nº da coluna corresponde a vento, no segundo caso (ficheiro de dados com variáveis em coluna). O programa considera o vento com uma velocidade média de 2 m/s.

### 3.3.4.2 – Utilização da fórmula de Hargreaves-Samani

A fórmula de Hargreaves-Samani permite estimar a  $ET_0$  conhecendo apenas a temperatura máxima e a temperatura mínima.

$$ET_0 = 0.0135 \times k_{RS} \sqrt{T_{\max} - T_{\min}} \times Ra \times \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} + 17.8 \right)$$

$ET_0$  = Evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>)

$Ra$  = Radiação no topo da atmosfera (mm dia<sup>-1</sup>)

$T_{\max}$  = Temperatura Máxima (°C)

$T_{\min}$  = Temperatura Mínima (°C)

$K_{RS}$  varia entre 0.19 nas zonas costeiras e 0.16 nas zonas interiores. Geralmente a equação aparece escrita para um valor de  $K_{RS} = 0.17$

Para utilizar esta fórmula deve-se referir o código “n” (caso do formato ISAREG) ou “0” no nº da coluna (caso dos dados em colunas) para a humidade relativa máxima e humidade relativa mínima, para a radiação e para a velocidade do vento. No local em que normalmente se indica a altura do anemómetro deve ser colocado o valor de  $k_{RS}$ .

Na Figura 3.23 apresenta-se o exemplo da criação do ficheiro de comando quando os dados meteorológicos estão em ficheiros com formato ISAREG. Note-se que apenas são pedidos os dados necessários para o cálculo da  $ET_0$  pela fórmula de Hargreaves-Samani.

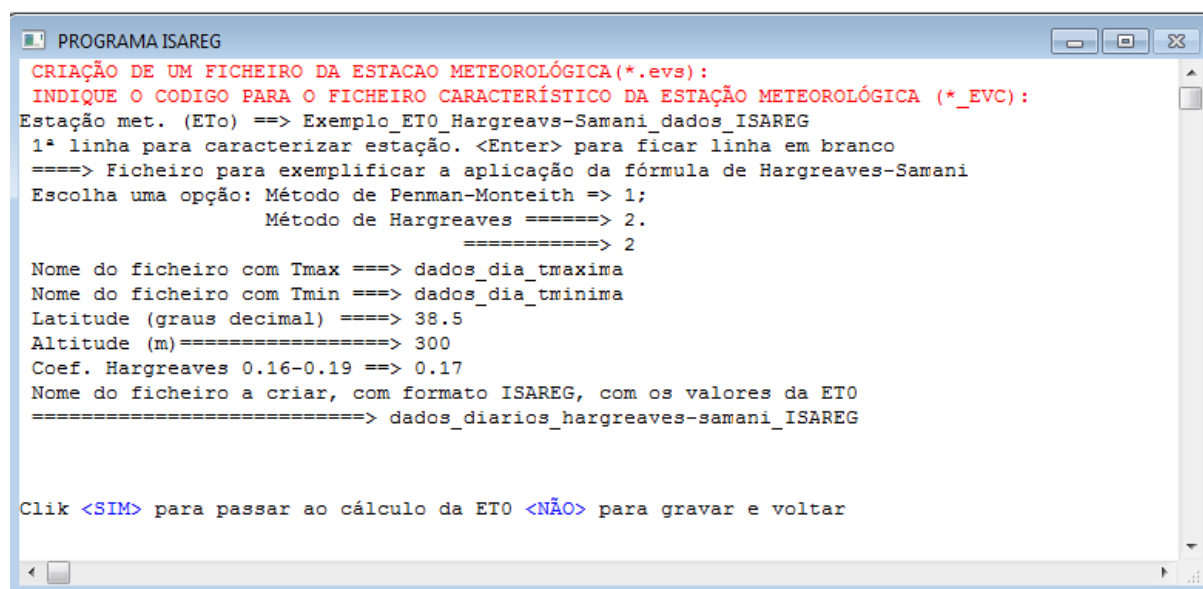


Figura 3.23 - Exemplo da criação do ficheiro para o cálculo pela fórmula de Hargreaves-Samani utilizando dados em ficheiros com formato ISAREG

Na Figura 3.24 apresenta-se este ficheiro lido num editor de texto. Eventualmente as alterações podem ser feitas neste editor.

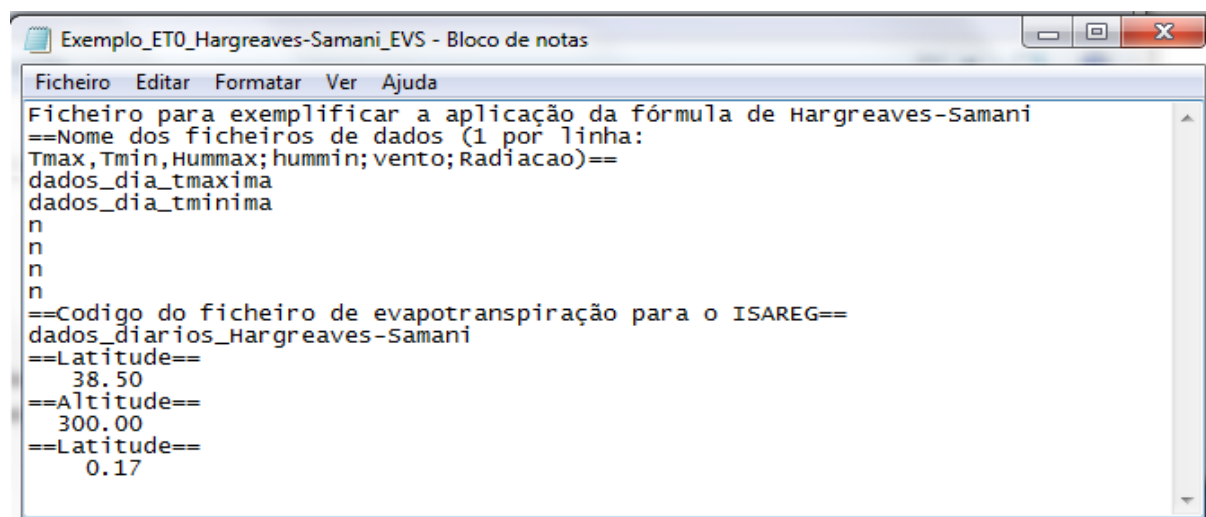


Figura 3.24 – Leitura num editor de texto do ficheiro EXEMPLO\_ET0\_HARGREAVES-SAMANI.TXT.

Na Figura 3.25 apresenta-se o exemplo da criação do ficheiro de comando quando os dados meteorológicos estão num ficheiro com os dados em coluna. Note-se que também aqui apenas são pedidos os dados necessários para o cálculo da ETo pela fórmula de Hargreaves-Samani.

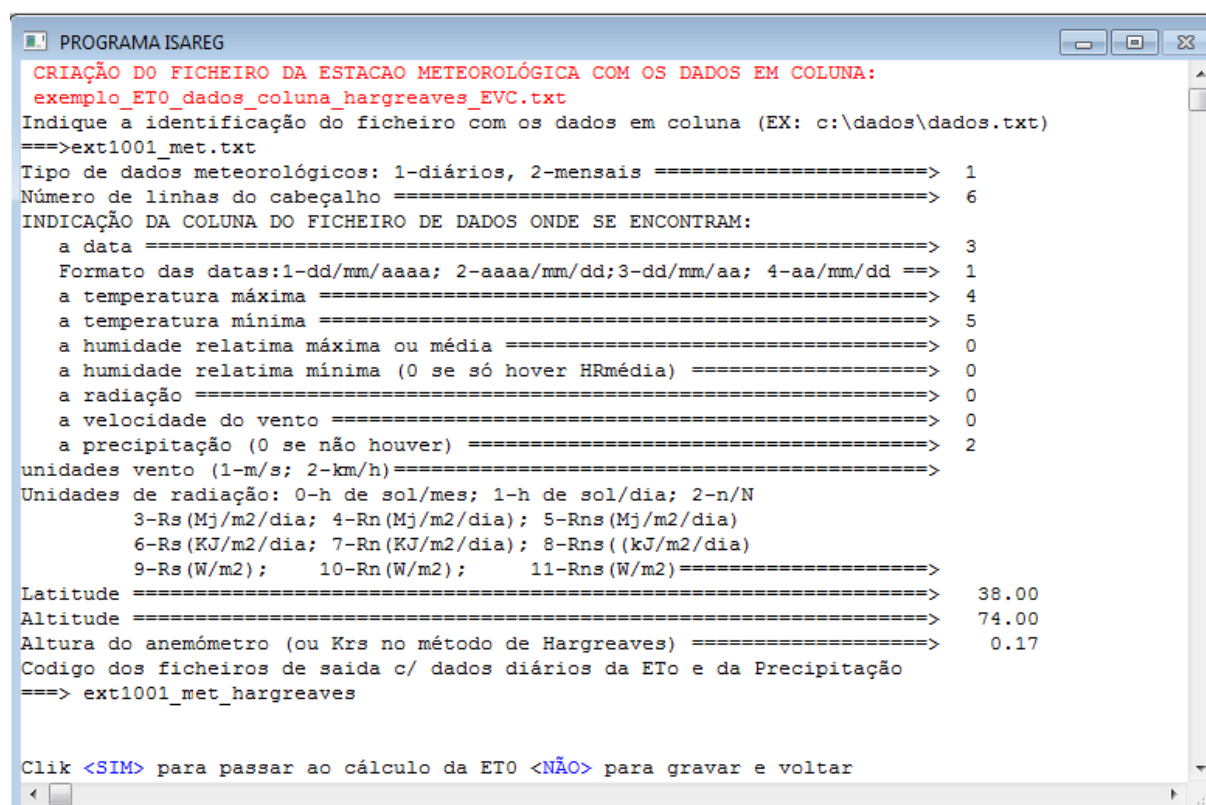


Figura 3.25 – Exemplo da criação do ficheiro para o cálculo pela fórmula de Hargreaves-Samani quando se utiliza um ficheiro com os dados meteorológicos em coluna.

Na Figura 3.27 apresenta-se o exemplo do ficheiro de comando quando os dados estão guardados num ficheiro com dados em colunas. Na Figura 3.27 mostra-se a leitura do ficheiro tal como ele é armazenado. No local onde se introduz o nº de coluna referente à humidade relativa máxima e mínima, vento e radiação aparece o valor zero.

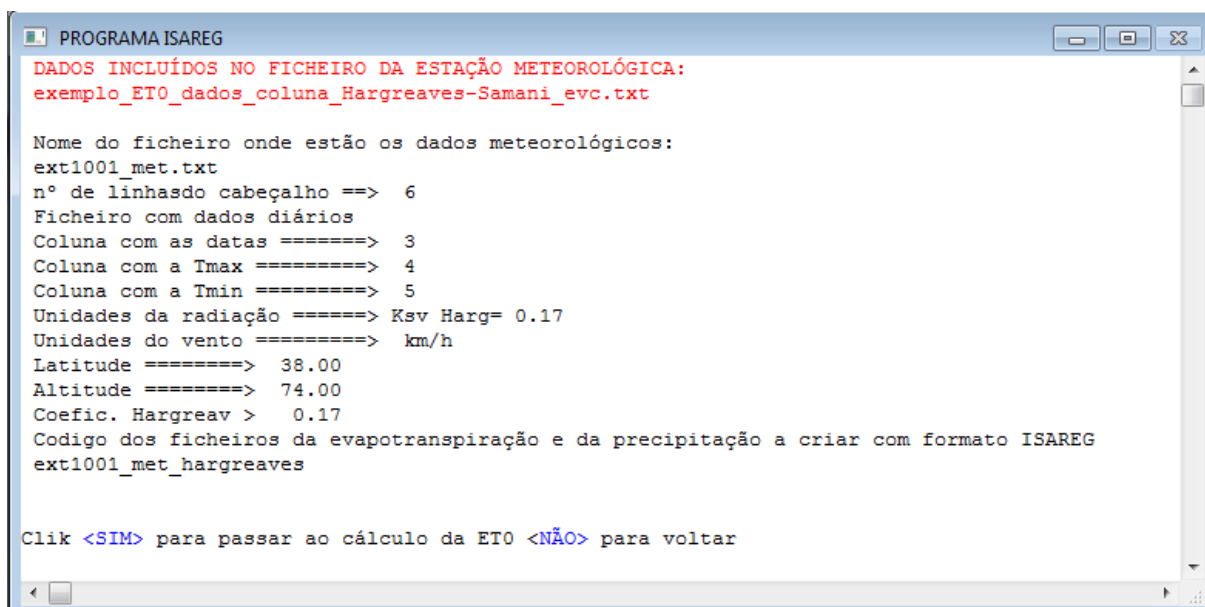


Figura 3.26 - Leitura no programa de um ficheiro de comando com os dados em coluna para para a

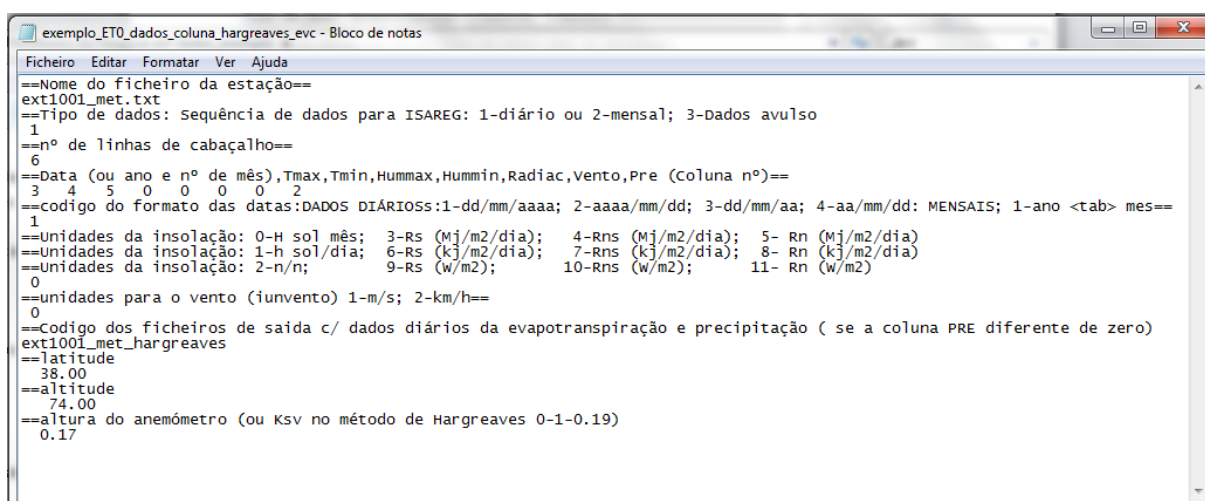


Figura 3.27 - Leitura num editor de texto do ficheiro EXEMPLO\_ET0\_DADOS\_COLUNA\_HARGREAVES.TXT.