

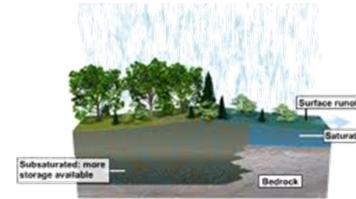
# HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

## Fenómenos hidrológicos extremos

### - Precipitações intensas -



**PRECIPITAÇÕES INTENSAS:** precipitações com grande intensidade e com durações relativamente curtas.



Precipitações intensas

**PRECIPITAÇÕES INTENSAS:** precipitações com grande intensidade e com durações relativamente curtas.

- ✓ **INTERESSE:** análise de cheias, designadamente determinação de caudais de ponta de cheia (caudais máximos instantâneos de cheia) e consequente dimensionamento de obras hidráulicas (sistemas de drenagem, diques marginais de proteção contra cheias fluviais, descarregadores de cheias de albufeiras).
- ✓ **DURAÇÕES RELEVANTES:** poucos minutos (coletores de águas pluviais) a algumas horas ou mesmo dias consoante a área da bacia hidrográfica para a qual é efetuada a análise de cheias.

O estudo das precipitações intensas utiliza procedimentos da análise estatística.



Precipitações intensas

**PRECIPITAÇÕES INTENSAS:** precipitações com grande intensidade e com durações relativamente curtas

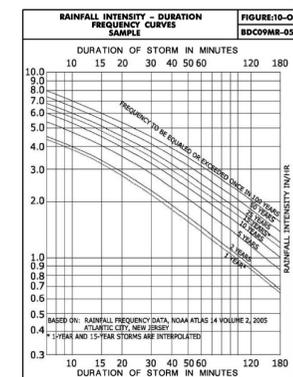


- ✓ **OBJETIVO:** ESTABELECIMENTO DE RELAÇÕES ENTRE A PRECIPITAÇÃO INTENSA E A RESPECTIVA DURAÇÃO, tendo como parâmetro o período de retorno de modo a permitir o cálculo de precipitações de projeto

$$P = \alpha t^\beta \quad \text{ou} \quad i = \gamma t^\delta \quad (T \text{ fixo})$$

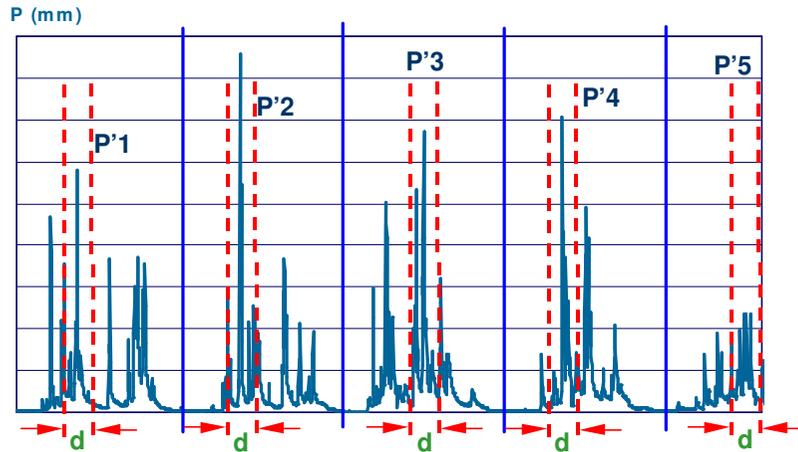
(parte do 3º trabalho prático ...)

- ✓ **RELAÇÃO ENTRE A PRECIPITAÇÃO, A DURAÇÃO E A AREA**

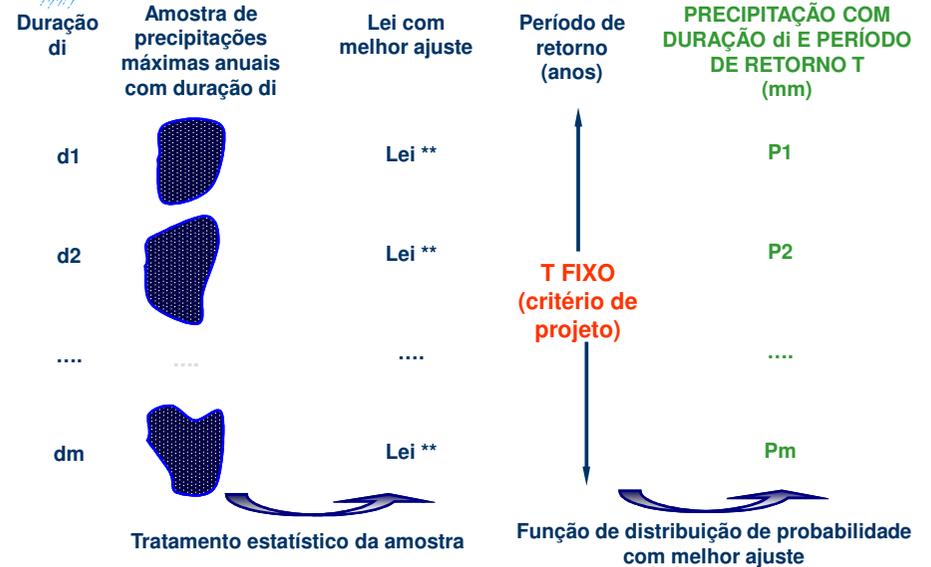




### CONSTITUIÇÃO DA AMOSTRA das precipitações máximas anuais com duração $d$ (um valor por ano, a máxima precipitação com a duração $d$ nesse ano)



$P'_i$  - Precipitação máxima com duração  $d$  no ano  $i$



**CADA AMOSTRA CONDUZ APENAS A UMA ESTIMATIVA DE P COM DURAÇÃO  $d$  E PERÍODO DE RETORNO  $T$**

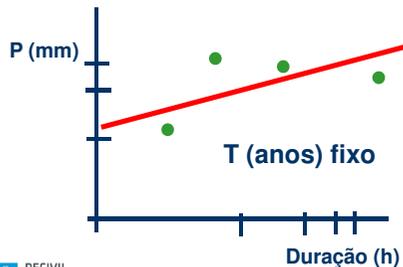


### 7 – ESTABELECIMENTO DA RELAÇÃO ENTRE PRECIPITAÇÃO E A DURAÇÃO PARA PERÍODO DE RETORNO FIXO.

| Duração da precipitação $d_i$ | Precipitação com duração $d_i$ e período de retorno fixo (mm) |
|-------------------------------|---|
| $d_1$                         | $P_1$   |
| $d_2$                         | $P_2$   |
| $d_3$                         | $P_3$   |
| $\dots$                       | $\dots$   |
| $d_m$                         | $P_m$   |

Com base nos pares de valores ( $d_i, P_i$ ) definição de uma relação para o período de retorno considerado (por análise de regressão linear simples no campo das transformadas logarítmicas de  $P$  e  $d$ )

$$P = a t^n \text{ (para } T \text{ fixo)}$$



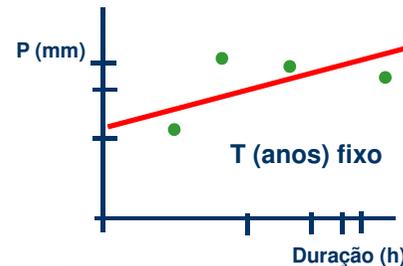
**LINHA DE POSSIBILIDADE UDOMÉTRICA**

(escalas horizontal e vertical logarítmicas)  
 $\ln P = \ln a + n \ln t$



**LINHA DE POSSIBILIDADE UDOMÉTRICA**  
(relação entre a precipitação intensa e a respetiva duração para dado  $T$ )

$$P = a t^n \text{ para dado período de retorno, } T$$

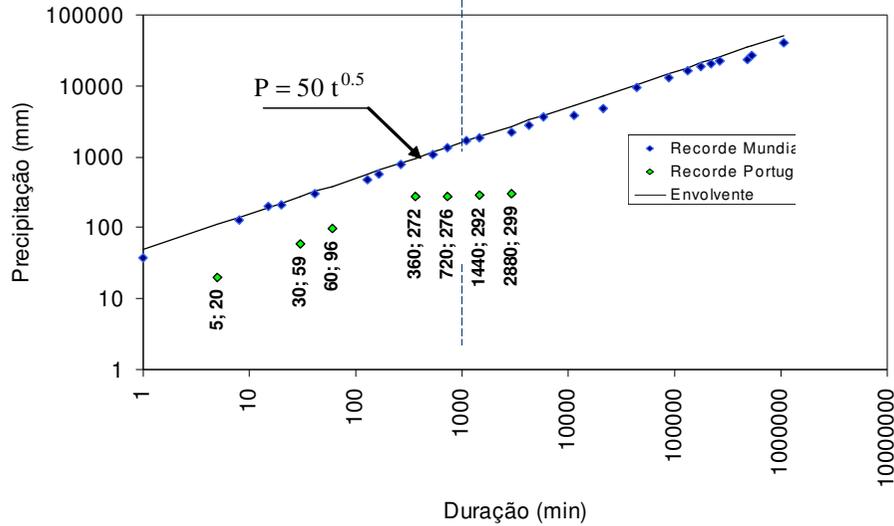


... equação sem qualquer utilidade ou significado se não se indicarem as unidades a considerar ... para  $P$  por regra mm ... para  $t$  as unidades utilizadas na obtenção da equação.

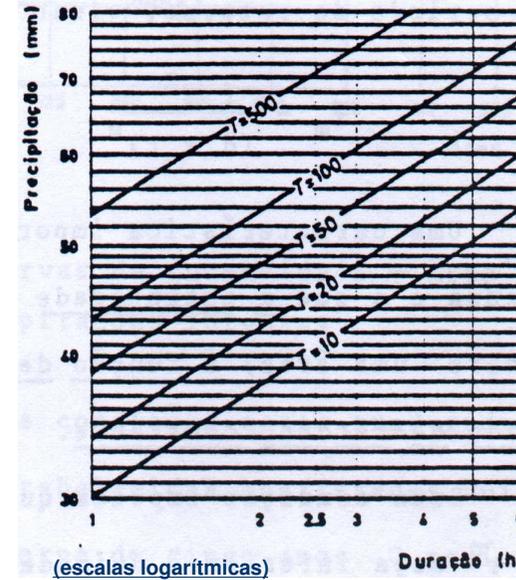
(escalas logarítmicas)



### Recordes mundiais de precipitação



(1 dia = 1440 min; 30 dias = 43200 min; 365 dias = 525600 min).

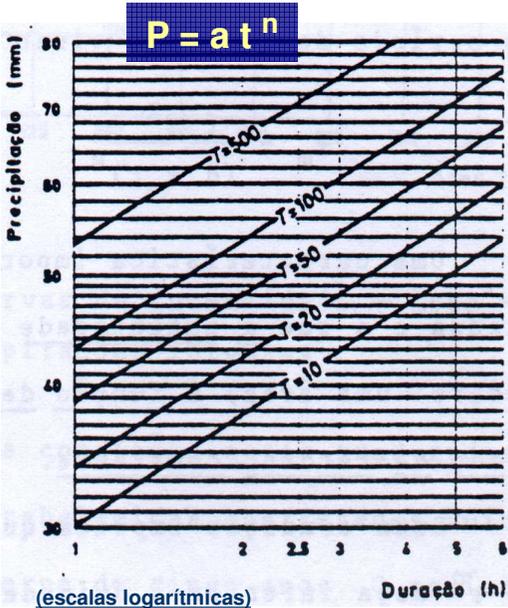


**LINHA DE POSSIBILIDADE UDOMÉTRICA**  
para o período de retorno de T anos

$P = a t^n$

(... fundamental explicitar as unidades de P e t correspondentes aos valores indicados para os parâmetros...)

Para P em mm e t em h ou dias:  $0,3 \leq n \leq 0,6$



Intensidade média da precipitação intensa com duração t

$$i = \frac{P}{t} \Rightarrow i = a t^{(n-1)}$$

**CURVA INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA**  
para o período de retorno de T anos

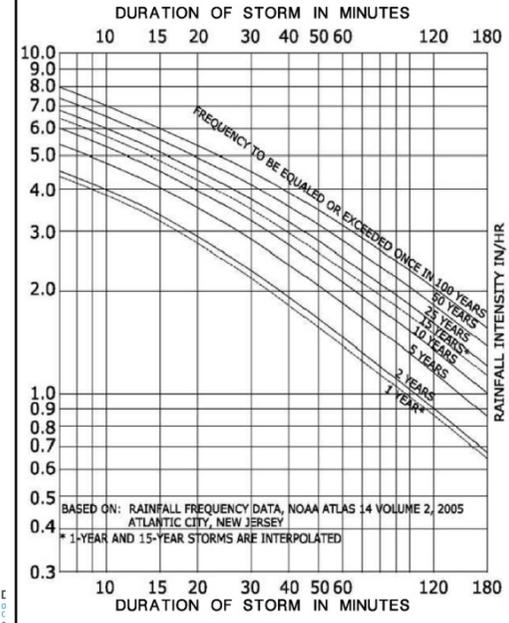
$i = a t^{(n-1)}$  com  $0,3 < n < 0,6$   
 $i = a t^m$  com  $m < 0$

Se t ↑ então i ↓

(... fundamental explicitar as unidades de P e t correspondentes aos valores indicados para os parâmetros...)



RAINFALL INTENSITY - DURATION FREQUENCY CURVES SAMPLE FIGURE:10-O BDC09MR-05



**Curvas Intensidade - Duração - Frequência (IDF)**



## CURVA INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA

REGIÕES PLUVIOMÉTRICAS

A Curvas IDF Lisboa

B Curvas IDF Lisboa (-20%)

C Curvas IDF Lisboa (+20%)

$$i = b t^m$$

Curva intensidade-duração-frequência (curva IDF)

| REGIÕES | A      |        | B      |        | C      |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | b      | m      | b      | m      | b      | m      |
| 2       | 202.72 | -0.577 | 162.18 | -0.577 | 243.26 | -0.577 |
| 5       | 259.26 | -0.562 | 207.41 | -0.562 | 311.11 | -0.562 |
| 10      | 290.68 | -0.549 | 232.21 | -0.549 | 348.82 | -0.549 |
| 20      | 317.74 | -0.538 | 254.19 | -0.538 | 381.29 | -0.538 |
| 50      | 349.54 | -0.524 | 279.63 | -0.524 | 419.45 | -0.524 |
| 100     | 365.62 | -0.508 | 292.50 | -0.508 | 438.75 | -0.508 |

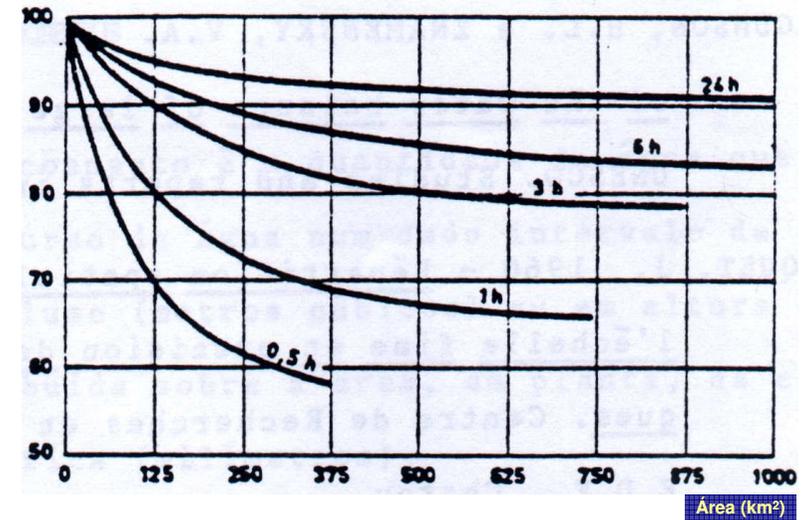
... válidas até 120 min ...

(Matos, R.M. e Silva M.H., 1986)



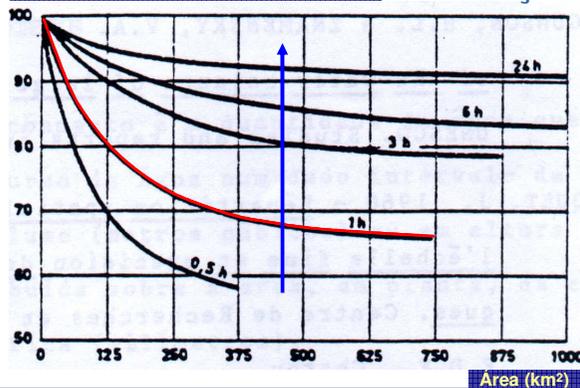
## Relação entra a precipitação, a duração e a área

Precipitação numa zona/Precipitação num ponto da zona (%)



Precipitação numa zona/Precipitação num ponto da zona (%)

## Relação entra a precipitação, a duração e a área



✓ A precipitação numa região é **“tanto mais diferente”** da precipitação num ponto dessa região quanto maior for a área da região – efeito **“diferenciador”** por aumento da área....

✓ Tal efeito **“esbate-se”** com o aumento da duração da precipitação – efeito **“uniformizador”** por aumento da duração da precipitação....



Apontamento sobre o 3º Trabalho prático

Procedimento a adotar no estabelecimento de uma linha de possibilidade udométrica aplicável à bacia hidrográfica em estudo e com algum realismo

| Ano hidrológico | São Domingos (26F/01)<br>(mm) | Ano hidrológico          | São Domingos (26F/01)<br>(mm) |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1934 / 1935     | 36.0                          | 1973 / 1974              | 35.7                          |
| 1935 / 1936     | 24.0                          | 1974 / 1975              | 32.2                          |
| 1936 / 1937     | 48.3                          | 1975 / 1976              | 50.8                          |
| 1937 / 1938     | 40.0                          | 1976 / 1977              | 30.1                          |
| 1938 / 1939     | 58.0                          | 1977 / 1978              | 40.6                          |
| 1939 / 1940     | 55.0                          | 1978 / 1979              | 40.2                          |
| 1940 / 1941     | 35.0                          | 1979 / 1980              | 70.8                          |
| 1941 / 1942     | 43.4                          | 1980 / 1981              | 31.3                          |
| 1942 / 1943     | 52.5                          | 1981 / 1982              | 42.1                          |
| 1943 / 1944     | 27.3                          | 1982 / 1983              | 29.2                          |
| 1944 / 1945     | 31.7                          | 1983 / 1984              | 89.2                          |
| 1945 / 1946     | 33.0                          | 1984 / 1985              | 43.4                          |
| 1946 / 1947     | 63.1                          | 1985 / 1986              | 53.5                          |
| 1947 / 1948     | 50.8                          | 1986 / 1987              | 29.8                          |
| 1948 / 1949     | 68.5                          | 1987 / 1988              | 39.2                          |
| 1949 / 1950     | 30.5                          | 1988 / 1989              | 43.2                          |
| 1950 / 1951     | 38.2                          | 1989 / 1990              | 37.4                          |
| 1951 / 1952     | 107.3                         | 1990 / 1991              | 100.5                         |
| 1952 / 1953     | 29.0                          | 1991 / 1992              | 28.7                          |
| 1953 / 1954     | 49.5                          | 1992 / 1993              | 32.2                          |
| 1954 / 1955     | 45.5                          | 1993 / 1994              | 72.2                          |
| 1955 / 1956     | 52.0                          | 1994 / 1995              | 31.8                          |
| 1956 / 1957     | 57.0                          | 1995 / 1996              |                               |
| 1957 / 1958     | 33.0                          | 1996 / 1997              |                               |
| 1958 / 1959     | 58.0                          | 1997 / 1998              |                               |
| 1959 / 1960     | 40.2                          | 1998 / 1999              |                               |
| 1960 / 1961     | 39.6                          | 1999 / 2000              |                               |
| 1961 / 1962     | 47.6                          | 2000 / 2001              |                               |
| 1962 / 1963     | 60.7                          | 2001 / 2002              |                               |
| 1963 / 1964     | 60.4                          | 2002 / 2003              | 32.6                          |
| 1964 / 1965     | 44.3                          | 2003 / 2004              | 49.9                          |
| 1965 / 1966     | 32.3                          | 2004 / 2005              | 24.7                          |
| 1966 / 1967     | 36.3                          | 2005 / 2006              | 51.4                          |
| 1967 / 1968     | 46.0                          | Média (mm)               | 45.7                          |
| 1968 / 1969     | 62.0                          | Desvio-padrão (mm)       | 15.2                          |
| 1969 / 1970     | 40.8                          | Coefficiente de variação | 0.3                           |
| 1970 / 1971     | 30.2                          | Assimetria               | 1.759                         |
| 1971 / 1972     | 36.2                          |                          |                               |
| 1972 / 1973     | 40.5                          |                          |                               |

### 3º Trabalho prático

Posto real mais próximo da bacia hidrográfica e dispondo de uma amostra longa de precipitações diárias máximas anuais (amostra contínua ou não)

Tratamento estatística da amostra tendo em vista identificar a lei com melhor ajuste e estimar precipitações diárias máximas anuais para os períodos de retorno de T=20, 50, 100 e 1000 anos

$$P_{T dma}^T$$

### 3º Trabalho prático

#### LINHA DE POSSIBILIDADE UDOMÉTRICA PARA DURAÇÕES INFERIORES AO DIA E PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS

|       |       |      |
|-------|-------|------|
| T=    | 100   | anos |
| F=    | 0.990 |      |
| P24h= |       | mm   |

(“Análise de Fenómenos Extremos. Precipitações Intensas em Portugal Continental”)

FIGURA 17, pág. 27 P6h/P24h E P1h/P24h PARA T=100 anos

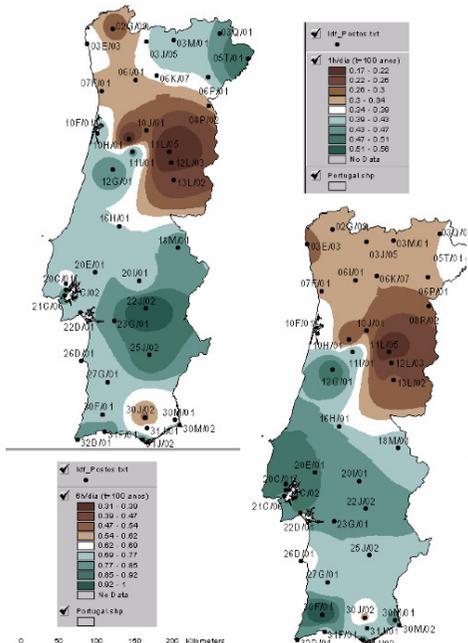
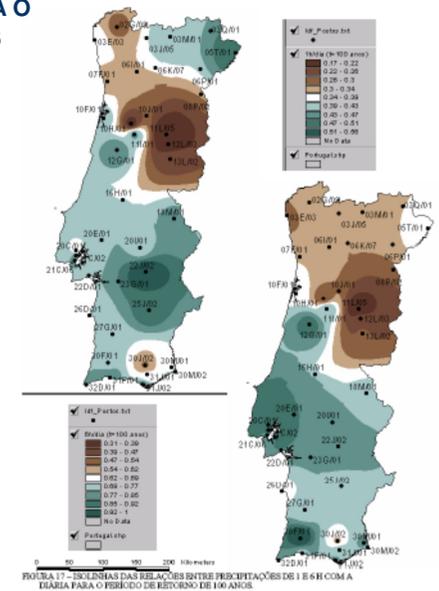


FIGURA 17 - ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 1 E 6 H COM A DIÁRIA PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS.

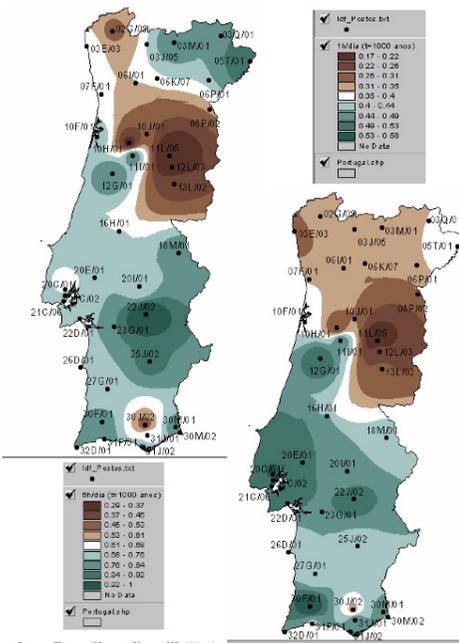
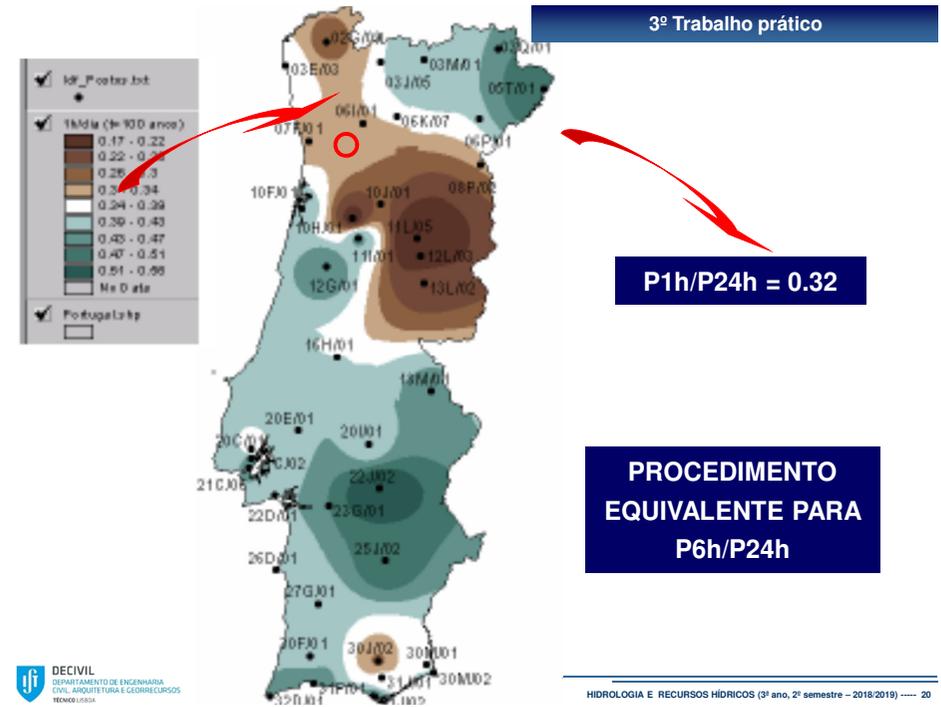


FIGURA 18 - ISOLINHAS DAS RELAÇÕES ENTRE PRECIPITAÇÕES DE 1 E 6 H COM A DIÁRIA PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS.



Quadro 6 – Comparação das relações médias sub-horárias portuguesas e mundiais.

| Relações              | 5min/1h | 10min/1h | 15min/1h | 30min/1h |
|-----------------------|---------|----------|----------|----------|
| Mundiais              | 0.29    | 0.45     | 0.57     | 0.79     |
| Nacional, INMG (1984) |         | 0.47     |          | 0.79     |
| Nacional, INAG (2001) | 0.35    | 0.49     | 0.59     | 0.78     |

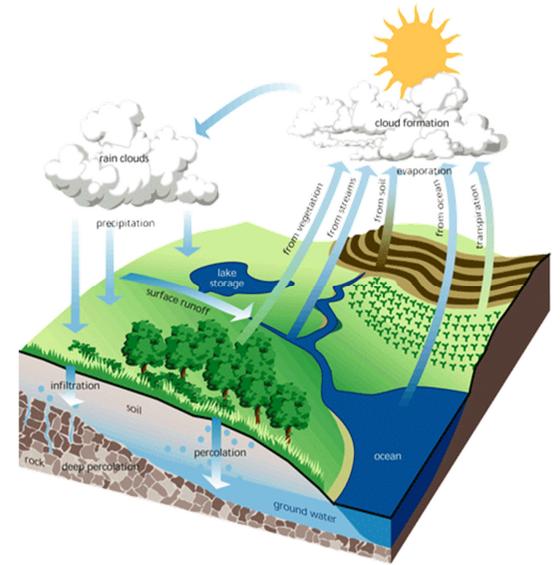
**LINHA DE POSSIBILIDADE UDOMÉTRICA PARA DURAÇÕES INFERIORES AO DIA E PARA O PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS**

| DURAÇÃO (min)  | PRECIPITAÇÃO (mm) |
|----------------|-------------------|
| 24 x 60 = 1440 | P1                |
| 6 x 60 = 360   | P2                |
| 60             | P3                |
| 30             | P4                |
| 15             | P5                |
| 10             | P6                |
| 5              | P7                |

Análise de regressão linear simples no campo das transformadas logarítmicas da precipitação e da duração

$$P = a t^n \text{ para } T=100 \text{ anos, } P \text{ em mm e } t \text{ em min}$$

**EXERCÍCIO 23**



23. O caudal médio anual numa bacia hidrográfica em Portugal Continental com 100 km<sup>2</sup> de área é 2 m<sup>3</sup>/s. No pressuposto de aplicação da lei normal, estime em m<sup>3</sup> o escoamento anual com a probabilidade de 80% de ser excedido. Justifique. (R: 375.6 mm, no pressuposto de aplicação da lei normal).