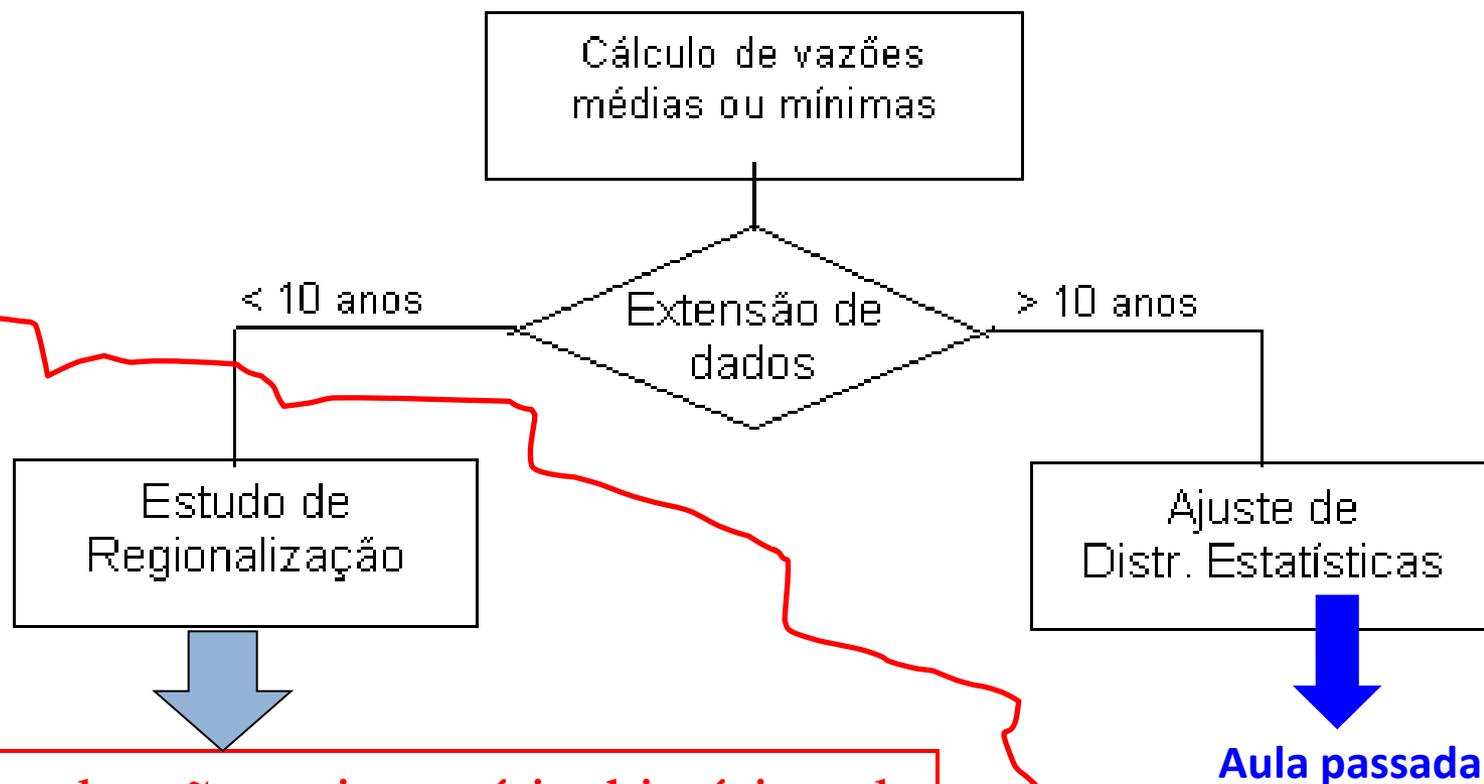


Regionalização de Vazões

LFRReis

DETERMINAÇÃO DE VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS



locais onde não existe série histórica de dados hidrológicos, ou onde a extensão da série observada é inferior a 10 ANOS

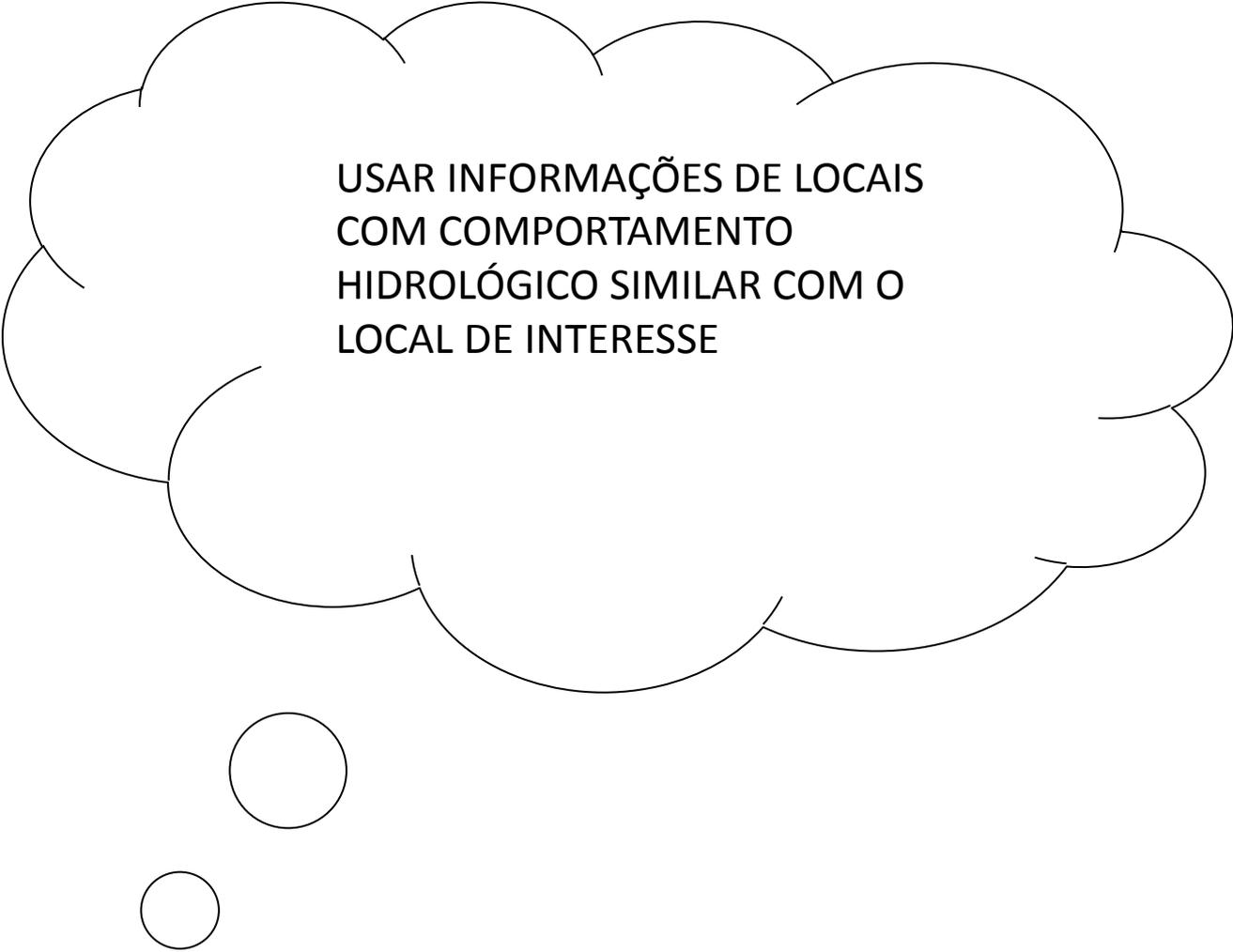
Aula passada

Aula de hoje

INTRODUÇÃO

- os dados de **vazões** são medidos em locais definidos (**pontuais**); e
- Mas, uma rede hidrológica, composta de postos fluviométricos, dificilmente cobre todos os **locais de interesse** ao gerenciamento dos recursos hídricos de uma região.





USAR INFORMAÇÕES DE LOCAIS
COM COMPORTAMENTO
HIDROLÓGICO SIMILAR COM O
LOCAL DE INTERESSE

Regionalização:

DEFINIÇÃO:

qualquer processo de **transferência de informações de locais que possuem dados para outros locais sem dados ou dados insuficientes** com base em comportamento hidrológico homogêneo.

Regiões que apresentam um comportamento homogêneo do sistema hídrico. Ex: A vazão pode ser estimada para toda esta região através de uma função que correlaciona esta vazão com as variáveis que a interfere diretamente.

Métodos de
regionalização
de vazões

```
graph LR; A[Métodos de regionalização de vazões] --> B[Tradicional]; A --> C[Baseados na Vazão Específica]; A --> D[Chaves et al. (2002)];
```

Tradicional

Baseados na Vazão
Específica

Chaves et al. (2002)

MÉTODO TRADICIONAL

➔ Consiste em:

- Identificar **regiões hidrologicamente homogêneas**; e
- Ajustar equações de regressão entre as vazões e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem para cada região homogênea.

$$Q = F(\text{características físicas} ; \text{precipitação})$$

➔ O trabalho de regionalização deve ser dividido em etapas que serão descritas na seqüência:

- **Seleção e análise dos dados básicos:** obter os dados das estações fluviométricas e pluviométricas situadas na área de estudo;
- **Preenchimento de falhas e extensão das séries;**
- **Obtenção das características físicas da bacia hidrográfica:**
 - ▣ As principais características físicas da bacia normalmente utilizadas na regionalização são as seguintes:
 - ▣ Área de drenagem;
 - ▣ Declividade média da bacia; e
 - ▣ Densidade de drenagem.

- **Obtenção das características de precipitação da bacia hidrográfica:**

- ▣ As principais características de precipitação normalmente utilizadas na regionalização são as seguintes:

- ▣ Precipitação do semestre mais chuvoso;
 - ▣ Precipitação do trimestre mais chuvoso;
 - ▣ Precipitação do mês mais chuvoso;
 - ▣ Precipitação diária máxima anual;
 - ▣ Precipitação do semestre mais seco; e
 - ▣ Precipitação do trimestre mais seco.

- **Cálculo da precipitação média correspondente a área de drenagem de cada estação fluviométrica utilizada no estudo.**

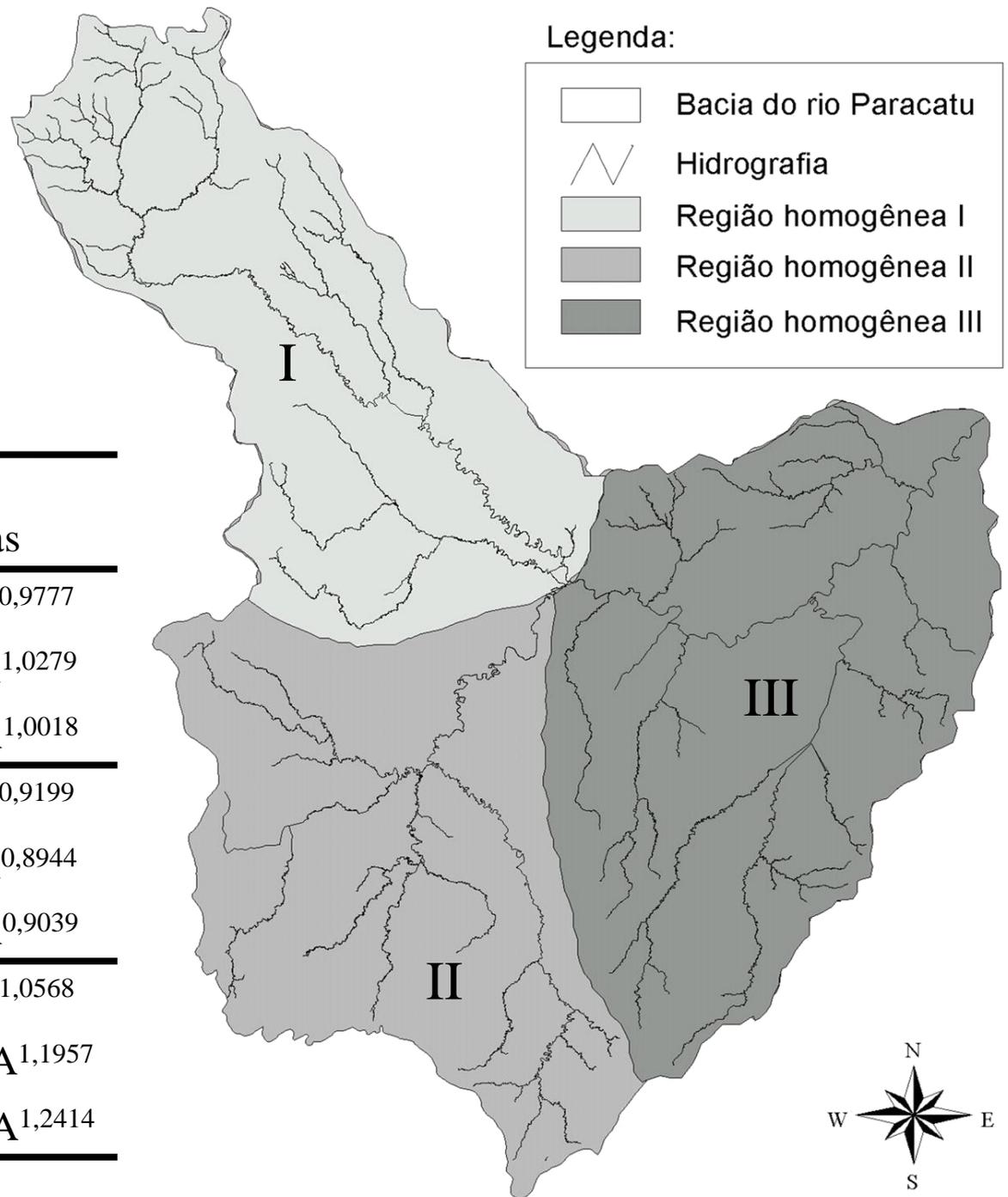
Obtenção das equações de regionalização de vazões

- ▣ Aplica-se uma regressão múltipla à vazão de interesse (Q) em função das características físicas e de precipitação média correspondente às diferentes estações fluviométricas **pertencentes a uma mesma região homogênea.**

$$Q = F(\text{características físicas e de precipitação})$$

Exemplo:
bacia do rio Paracatu
(MG)

Região	Equações recomendadas
I	$Q_{mld} = 0,0169 A^{0,9777}$
	$Q_{7,10} = 0,0019 A^{1,0279}$
	$Q_{95\%} = 0,0029 A^{1,0018}$
II	$Q_{mld} = 0,0239 A^{0,9199}$
	$Q_{7,10} = 0,0042 A^{0,8944}$
	$Q_{95\%} = 0,0060 A^{0,9039}$
III	$Q_{mld} = 0,0066 A^{1,0568}$
	$Q_{7,10} = 1,94 \cdot 10^{-4} A^{1,1957}$
	$Q_{95\%} = 1,80 \cdot 10^{-4} A^{1,2414}$



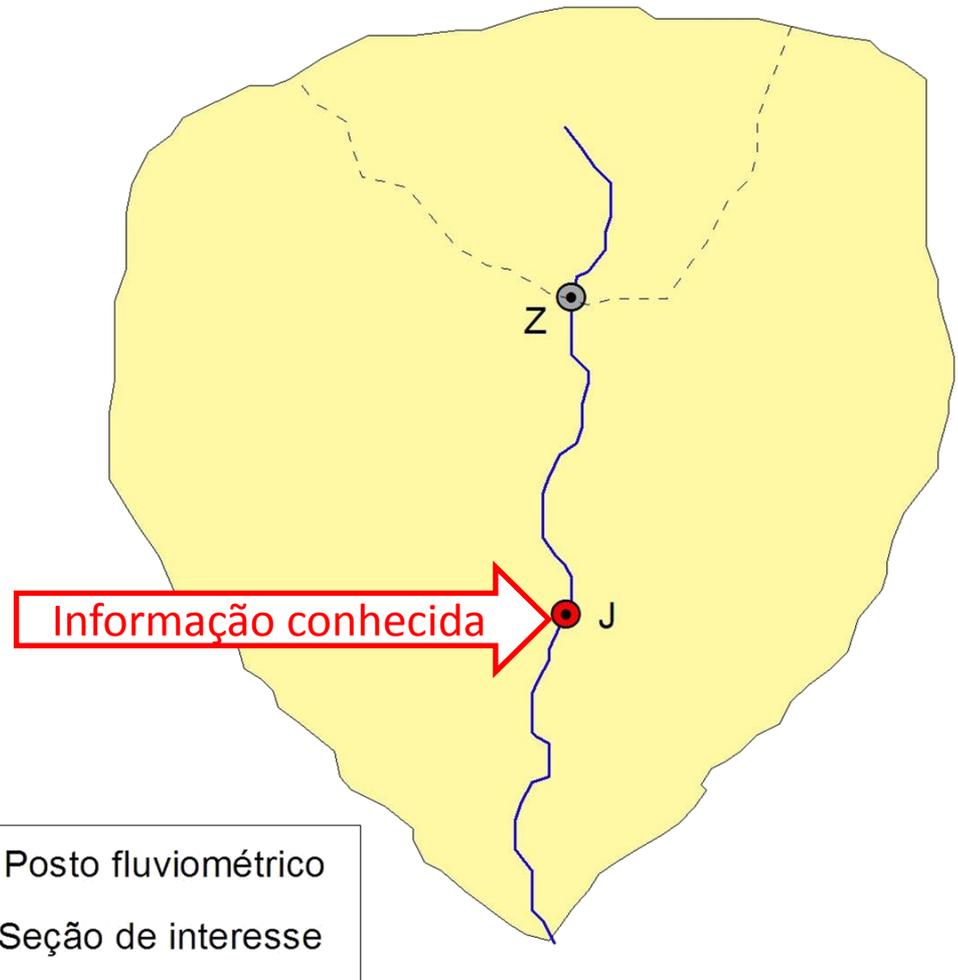
Método de Regionalização Baseado na Vazão Específica

- ⇒ obtém-se as vazões relativas à seção de interesse utilizando as vazões correspondentes às seções fluviométricas mais próximas
- ⇒ esse método não necessita da definição de regiões hidrologicamente homogêneas.

Método de Regionalização Baseado na Vazão Específica

➔ Primeira Situação

$$Q_z = \left(\frac{Q_j}{A_j} \right) A_z$$



Método de Regionalização Baseado na Vazão Específica

➔ Segunda Situação

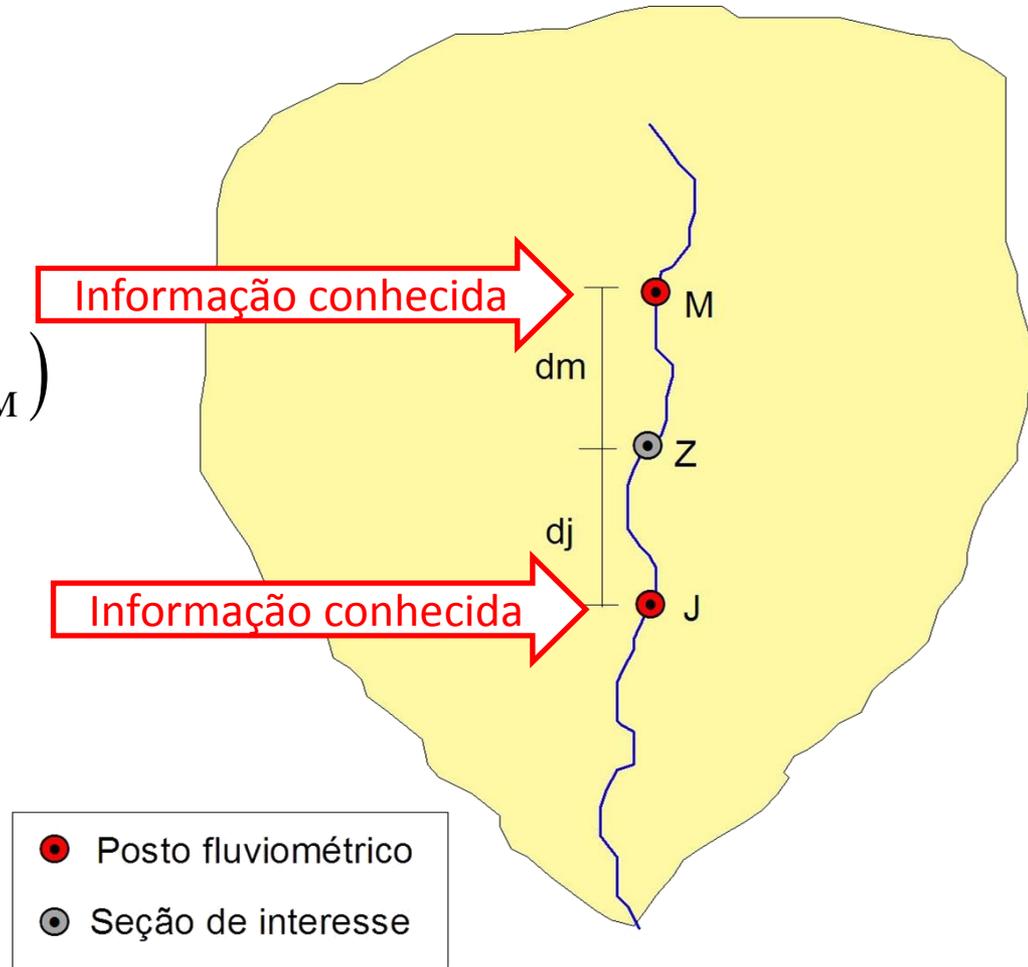
$$Q_z = \left(\frac{Q_M}{A_M} \right) A_z$$



Método de Regionalização Baseado na Vazão Específica

➔ Terceira Situação

$$Q_z = Q_M + \left(\frac{A_z - A_M}{A_j - A_M} \right) (Q_j - Q_M)$$



Método de Regionalização Baseado na Vazão Específica

➔ Quarta Situação



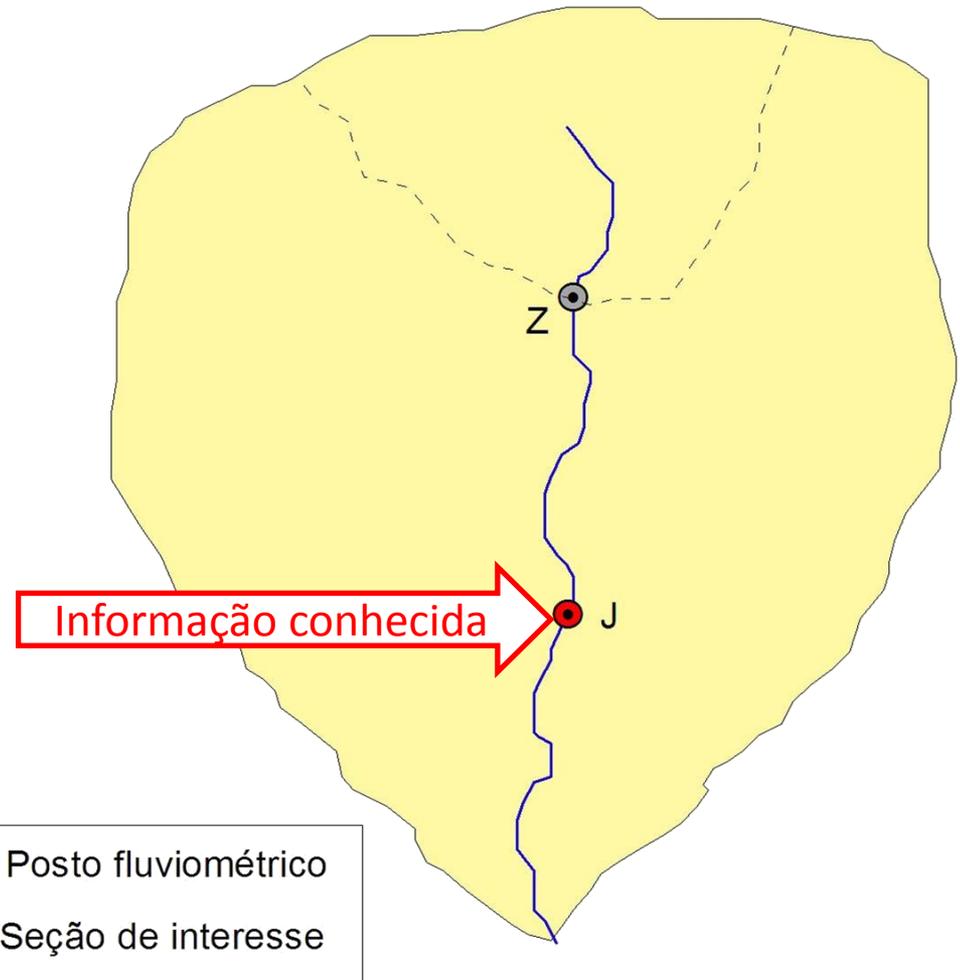
Método de Regionalização Proposto por Chaves et al. (2002)

- ⇒ obtém-se as vazões relativas à seção de interesse utilizando as vazões correspondentes às seções fluviométricas mais próximas; e
- ⇒ SEGUNDO O AUTOR(?), o método não necessita da definição de regiões hidrologicamente homogêneas.

Método de Regionalização Proposto por Chaves et al. (2002)

➔ Primeira Situação

$$Q_z = \left(\frac{Q_j}{A_j} \right) A_z$$



Método de Regionalização Proposto por Chaves et al. (2002)

➔ Segunda Situação

$$Q_z = \left(\frac{Q_M}{A_M} \right) A_z$$



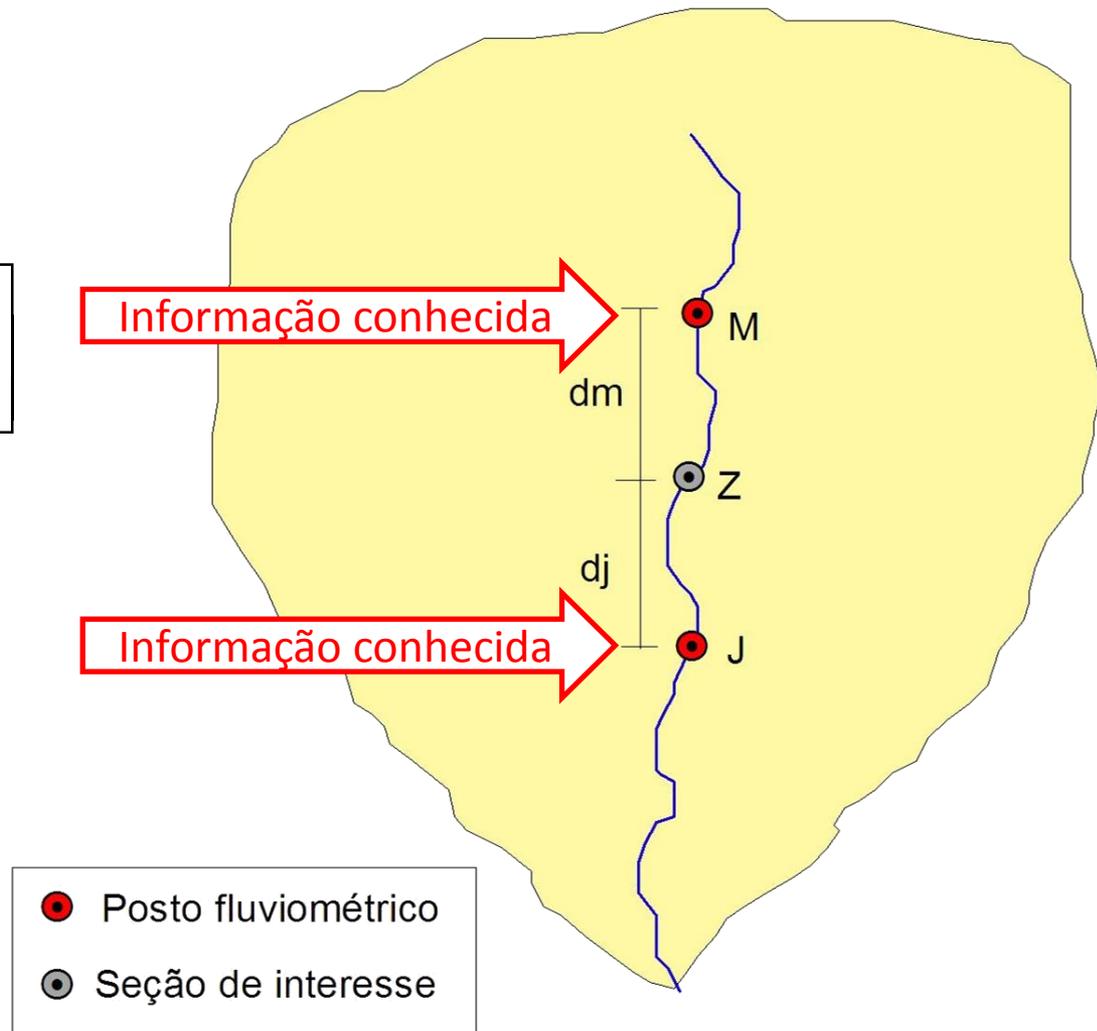
Método de Regionalização Proposto por Chaves et al. (2002)

→ Terceira Situação

$$Q_z = A_z \left[\left(p_M \frac{Q_M}{A_M} \right) + \left(p_j \frac{Q_j}{A_j} \right) \right]$$

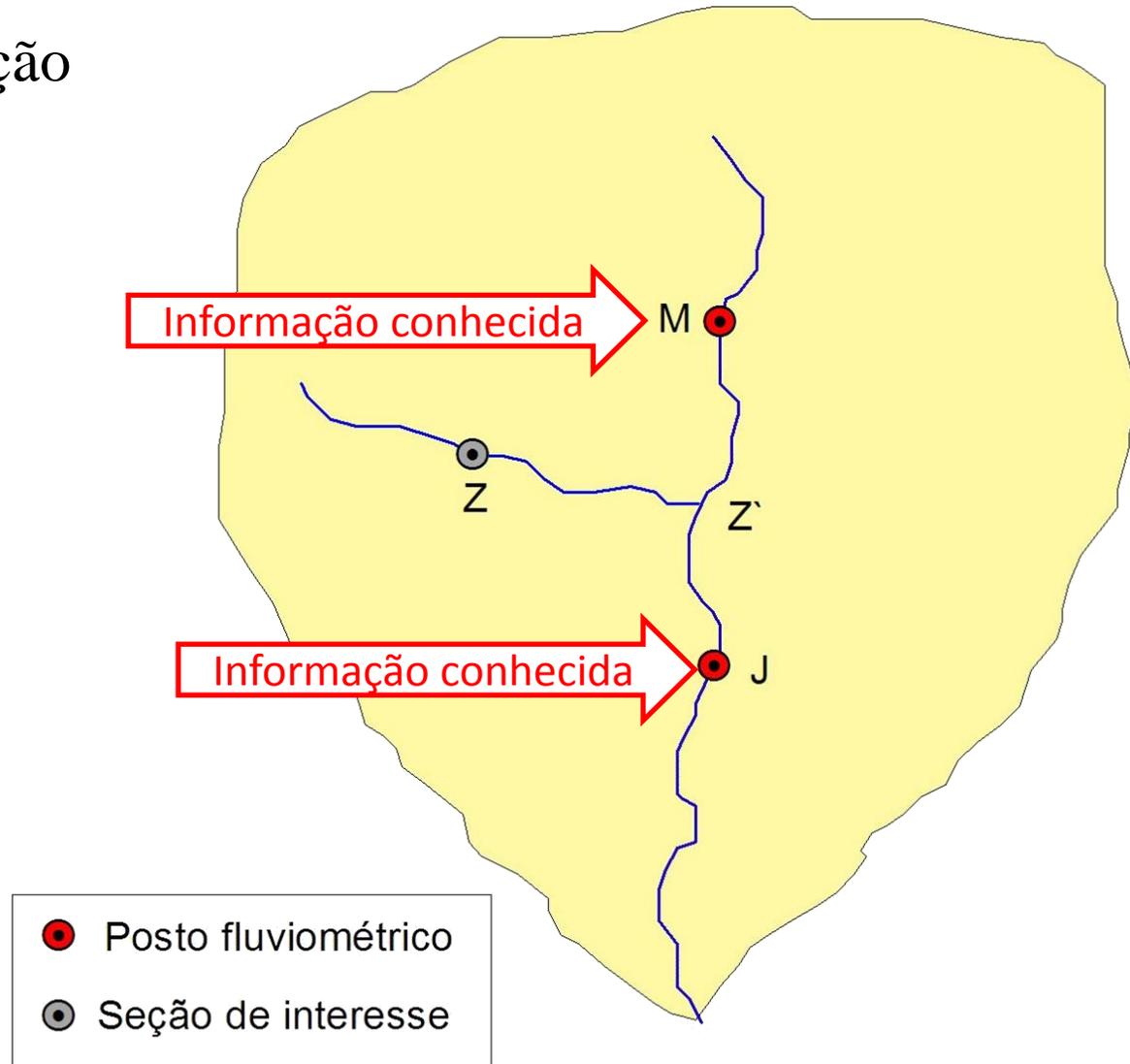
$$p_M = \left(\frac{d_j}{d_M + d_j} \right)$$

$$p_j = \left(\frac{d_M}{d_M + d_j} \right)$$



Método de Regionalização Proposto por Chaves et al. (2002)

→ Quarta Situação



Exemplo:

Regionalização Estado de São Paulo -
DAEE

No caso do estado de São Paulo Lotufo(EESC,1973)

- A análise conjunta dos parâmetros estudados possibilitou a obtenção de variáveis hidrológicas a partir da identificação de 21 regiões (A, B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U) hidrológicamente homogêneas para o **Estado de São Paulo**. Assim, através desse estudo, **desenvolvido pelo DAEE**, pode-se estimar as seguintes variáveis:
 - - vazão média de longo período;
 - - vazão mínima de duração variável de um a seis meses associada à probabilidade de ocorrência;
 - - curva de permanência de vazões;
 - - volume de armazenamento intra-anual necessário para atender dada demanda, sujeito a um risco conhecido;
 - - vazão mínima de sete dias associada à probabilidade de ocorrência;

VAZÃO MÉDIA DE LONGO PERÍODO

- Verificou-se que a vazão específica média plurianual, numa dada seção de um curso de água, pode ser obtida com boa aproximação, através de relação linear dessa vazão (L/s/km²) com o total anual médio precipitado na bacia hidrográfica(P)
- $\underline{Q} = (a + b \cdot P) \cdot \text{Área}$
- sendo:
- \underline{Q} = vazão média anual de longo período (L/s)
- (a) e (b) parâmetros da reta de regressão, extraídos da **Tabela 1**
- Área = área de drenagem do ponto (km²)
- A precipitação média anual (P) em mm/ano em cada uma dessas bacias foi calculada pela média ponderada da precipitação, interpolada entre duas isoietas consecutivas (Pi*), e a área de drenagem (Ai) entre essas mesmas isoietas.

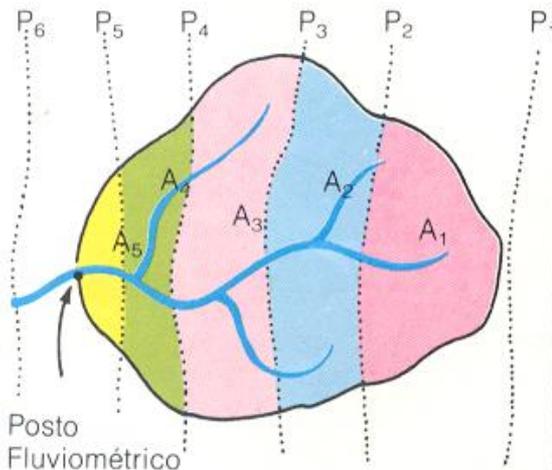
Tabela 1. Parâmetros Regionais – estado de São Paulo

Região	Média Plu. (\bar{Q})		Valores de x_T						Val. de A e B		Curvas de Permanência q_p															
	a	b	Período de Retorno T						A	B	Frequência Acumulada ($P[X>x]$) em Porcentagem															
			10	15	20	25	50	100			5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
A	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,3532	0,0398	2,608	2,045	1,618	1,325	1,165	1,093	0,950	0,810	0,693	0,590	0,535	0,498	0,443	0,393	0,348	0,260
B	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4174	0,0426	2,150	1,734	1,505	1,366	1,250	1,153	0,994	0,846	0,745	0,640	0,588	0,545	0,498	0,430	0,371	0,165
C	-29,47	0,0315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4174	0,0426	2,150	1,734	1,505	1,366	1,250	1,153	0,994	0,846	0,745	0,640	0,588	0,545	0,498	0,430	0,371	0,165
D	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,5734	0,0329	1,947	1,597	1,394	1,271	1,193	1,111	0,996	0,897	0,820	0,727	0,687	0,646	0,607	0,560	0,510	0,423
E	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4775	0,0330	2,142	1,676	1,496	1,372	1,278	1,160	0,960	0,834	0,744	0,664	0,626	0,580	0,546	0,504	0,440	0,358
F	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6434	0,0252	1,797	1,533	1,400	1,297	1,232	1,165	1,003	0,905	0,822	0,743	0,715	0,672	0,643	0,598	0,558	0,465
G	-26,23	0,0278	0,632	0,588	0,561	0,543	0,496	0,461	0,4089	0,0332	2,396	1,983	1,664	1,442	1,255	1,121	0,923	0,789	0,679	0,592	0,547	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
H	-29,47	0,315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4951	0,0279	2,089	1,788	1,579	1,389	1,239	1,118	0,957	0,845	0,750	0,664	0,627	0,590	0,538	0,490	0,434	0,324
I	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6276	0,0283	1,913	1,538	1,365	1,270	1,173	1,103	0,980	0,895	0,808	0,740	0,705	0,673	0,635	0,585	0,540	0,413
J	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4741	0,0342	2,272	1,792	1,526	1,366	1,231	1,125	0,948	0,807	0,715	0,628	0,596	0,566	0,523	0,462	0,414	0,288
K	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4951	0,0279	2,089	1,788	1,579	1,389	1,239	1,118	0,957	0,845	0,750	0,664	0,627	0,590	0,538	0,490	0,434	0,324
L	-26,23	0,0278	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6537	0,0267	1,770	1,517	1,390	1,310	1,225	1,158	1,012	0,915	0,827	0,748	0,717	0,667	0,628	0,583	0,527	0,420
M	-4,62	0,0098	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6141	0,0257	1,970	1,666	1,468	1,294	1,181	1,096	0,961	0,874	0,790	0,714	0,679	0,646	0,604	0,570	0,516	0,429
N	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4119	0,0295	2,396	1,983	1,664	1,442	1,255	1,121	0,923	0,789	0,679	0,592	0,547	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
O	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,3599	0,0312	2,408	2,010	1,750	1,538	1,346	1,179	0,935	0,775	0,645	0,547	0,505	0,462	0,418	0,374	0,316	0,170
P	-26,23	0,0278	0,619	0,577	0,552	0,535	0,492	0,459	0,3599	0,0312	2,408	2,010	1,750	1,538	1,346	1,179	0,935	0,775	0,645	0,547	0,505	0,462	0,418	0,374	0,316	0,170
Q	-4,62	0,0098	0,633	0,572	0,533	0,504	0,426	0,358	0,6537	0,0267	1,770	1,517	1,390	1,310	1,225	1,158	1,012	0,915	0,827	0,748	0,717	0,667	0,628	0,583	0,527	0,420
R	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,6141	0,0257	1,940	1,640	1,453	1,320	1,203	1,113	0,967	0,873	0,803	0,713	0,670	0,627	0,577	0,527	0,463	0,340
S	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,5218	0,0284	2,325	1,823	1,588	1,352	1,188	1,097	0,925	0,810	0,708	0,633	0,598	0,563	0,525	0,488	0,420	0,293
T	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,4119	0,0295	2,471	2,156	1,751	1,468	1,324	1,109	0,880	0,781	0,674	0,581	0,517	0,481	0,429	0,380	0,316	0,241
U	-4,62	0,0098	0,594	0,518	0,469	0,433	0,330	0,240	0,4119	0,0295	2,471	2,156	1,751	1,468	1,324	1,109	0,880	0,781	0,674	0,581	0,517	0,481	0,429	0,380	0,316	0,241

VAZÃO ESPECÍFICA MÉDIA PLURIANUAL

- A FIGURA mostra a equação das retas de regressão nas quatro regiões homogêneas identificadas no estudo, e os respectivos coeficientes de correlação.

Figura 2. Cálculo da precipitação anual média.

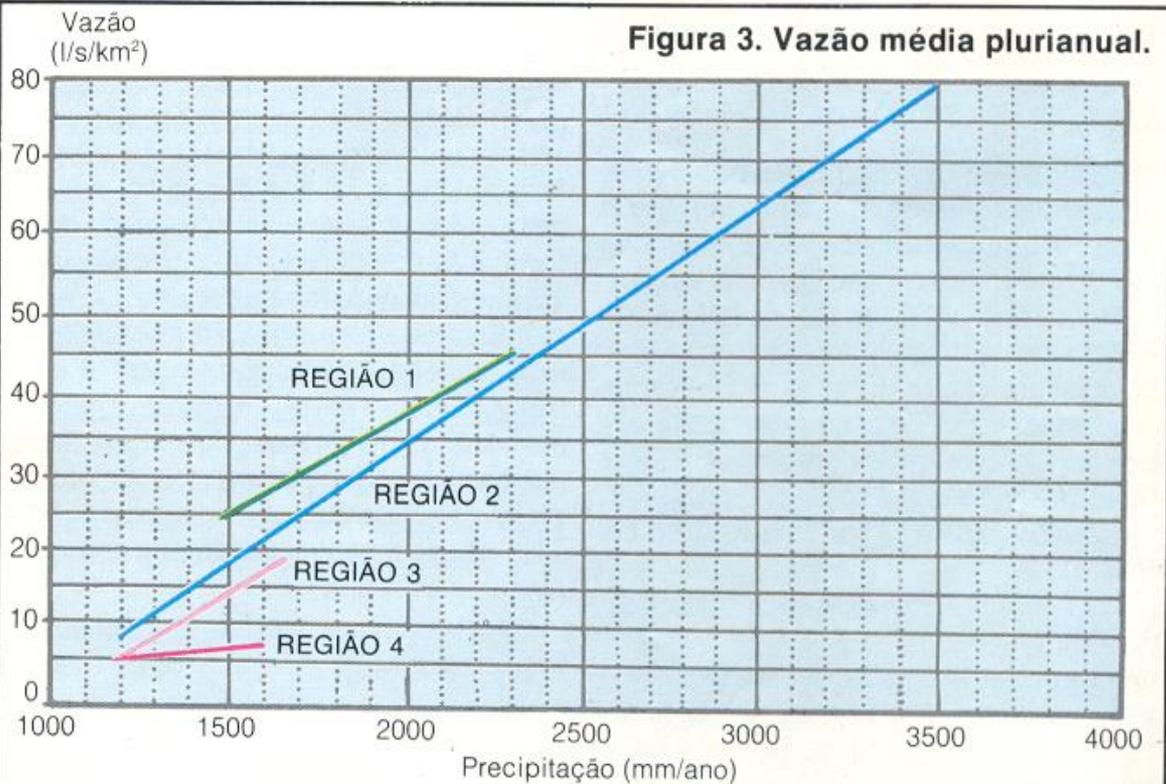


$$P = \frac{\sum (A_i \cdot P_i^*)}{\sum A_i} = \frac{A_1 \cdot P_1^* + A_2 \cdot P_2^* + A_3 \cdot P_3^* + A_4 \cdot P_4^* + A_5 \cdot P_5^*}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}$$

A_i é a área entre as isoietas P_i e P_{i+1}

P_i^* é a chuva média na área A_i , obtida por interpolação entre P_i e P_{i+1}

Figura 3. Vazão média plurianual.



REGIÃO 1 $\bar{Q} = 0,0292\bar{P} - 22,14$
 $R = 0,8722$

REGIÃO 2 $\bar{Q} = 0,0315\bar{P} - 29,47$
 $R = 0,9861$

REGIÃO 3 $\bar{Q} = 0,0278\bar{P} - 26,23$
 $R = 0,9402$

REGIÃO 4 $\bar{Q} = 0,0098\bar{P} - 4,62$
 $R = 0,8282$

Vazão mínima anual de duração d (meses) e período de retorno T anos ($Q_{d,T}$)

- A fórmula a ser usada, segundo o estudo do DAAE, é:
- $Q_{d,T} = X_T \cdot (A + B \cdot d) \cdot \underline{Q}$
- sendo:
- d= duração (em meses);
- $1/T$ = probabilidade de ocorrência;
- X_T , A e B= extraídos da **Tabela 1**

Tabela 1. Parâmetros Regionais-estado de São Paulo

Região	Média Plu. (\bar{Q})		Valores de x_T						Val. de A e B		Curvas de Permanência q_p															
	a	b	Período de Retorno T						A	B	Frequência Acumulada ($P[X>x]$) em Porcentagem															
			10	15	20	25	50	100			5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
A	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,3532	0,0398	2,608	2,045	1,618	1,325	1,165	1,093	0,950	0,810	0,693	0,590	0,535	0,498	0,443	0,393	0,348	0,260
B	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4174	0,0426	2,150	1,734	1,505	1,366	1,250	1,153	0,994	0,846	0,745	0,640	0,588	0,545	0,498	0,430	0,371	0,165
C	-29,47	0,0315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4174	0,0426	2,150	1,734	1,505	1,366	1,250	1,153	0,994	0,846	0,745	0,640	0,588	0,545	0,498	0,430	0,371	0,165
D	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,5734	0,0329	1,947	1,597	1,394	1,271	1,193	1,111	0,996	0,897	0,820	0,727	0,687	0,646	0,607	0,560	0,510	0,423
E	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4775	0,0330	2,142	1,676	1,496	1,372	1,278	1,160	0,960	0,834	0,744	0,664	0,626	0,580	0,546	0,504	0,440	0,358
F	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6434	0,0252	1,797	1,533	1,400	1,297	1,232	1,165	1,003	0,905	0,822	0,743	0,715	0,672	0,643	0,598	0,558	0,465
G	-26,23	0,0278	0,632	0,588	0,561	0,543	0,496	0,461	0,4089	0,0332	2,396	1,983	1,664	1,442	1,255	1,121	0,923	0,789	0,679	0,592	0,547	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
H	-29,47	0,315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4951	0,0279	2,089	1,788	1,579	1,389	1,239	1,118	0,957	0,845	0,750	0,664	0,627	0,590	0,538	0,490	0,434	0,324
I	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6276	0,0283	1,913	1,538	1,365	1,270	1,173	1,103	0,980	0,895	0,808	0,740	0,705	0,673	0,635	0,585	0,540	0,413
J	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4741	0,0342	2,272	1,792	1,526	1,366	1,231	1,125	0,948	0,807	0,715	0,628	0,596	0,566	0,523	0,462	0,414	0,288
K	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4951	0,0279	2,089	1,788	1,579	1,389	1,239	1,118	0,957	0,845	0,750	0,664	0,627	0,590	0,538	0,490	0,434	0,324
L	-26,23	0,0278	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6537	0,0267	1,770	1,517	1,390	1,310	1,225	1,158	1,012	0,915	0,827	0,748	0,717	0,667	0,628	0,583	0,527	0,420
M	-4,62	0,0098	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6141	0,0257	1,970	1,666	1,468	1,294	1,181	1,096	0,961	0,874	0,790	0,714	0,679	0,646	0,604	0,570	0,516	0,429
N	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4119	0,0295	2,396	1,983	1,664	1,442	1,255	1,121	0,923	0,789	0,679	0,592	0,547	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
O	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,3599	0,0312	2,408	2,010	1,750	1,538	1,346	1,179	0,935	0,775	0,645	0,547	0,505	0,462	0,418	0,374	0,316	0,170
P	-26,23	0,0278	0,619	0,577	0,552	0,535	0,492	0,459	0,3599	0,0312	2,408	2,010	1,750	1,538	1,346	1,179	0,935	0,775	0,645	0,547	0,505	0,462	0,418	0,374	0,316	0,170
Q	-4,62	0,0098	0,633	0,572	0,533	0,504	0,426	0,358	0,6537	0,0267	1,770	1,517	1,390	1,310	1,225	1,158	1,012	0,915	0,827	0,748	0,717	0,667	0,628	0,583	0,527	0,420
R	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,6141	0,0257	1,940	1,640	1,453	1,320	1,203	1,113	0,967	0,873	0,803	0,713	0,670	0,627	0,577	0,527	0,463	0,340
S	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,5218	0,0284	2,325	1,823	1,588	1,352	1,188	1,097	0,925	0,810	0,708	0,633	0,598	0,563	0,525	0,488	0,420	0,293
T	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,4119	0,0295	2,471	2,156	1,751	1,468	1,324	1,109	0,880	0,781	0,674	0,581	0,517	0,481	0,429	0,380	0,316	0,241
U	-4,62	0,0098	0,594	0,518	0,469	0,433	0,330	0,240	0,4119	0,0295	2,471	2,156	1,751	1,468	1,324	1,109	0,880	0,781	0,674	0,581	0,517	0,481	0,429	0,380	0,316	0,241

Vazões mínimas anuais de sete dias consecutivos ($Q_{7,10}$)

- O cálculo do $Q_{7,10}$ é dado pela fórmula:
- $Q_{7,10} = C \cdot X_T \cdot (A + B) \cdot \underline{Q}$
- Sendo:
- C= extraído da **Tabela 2**

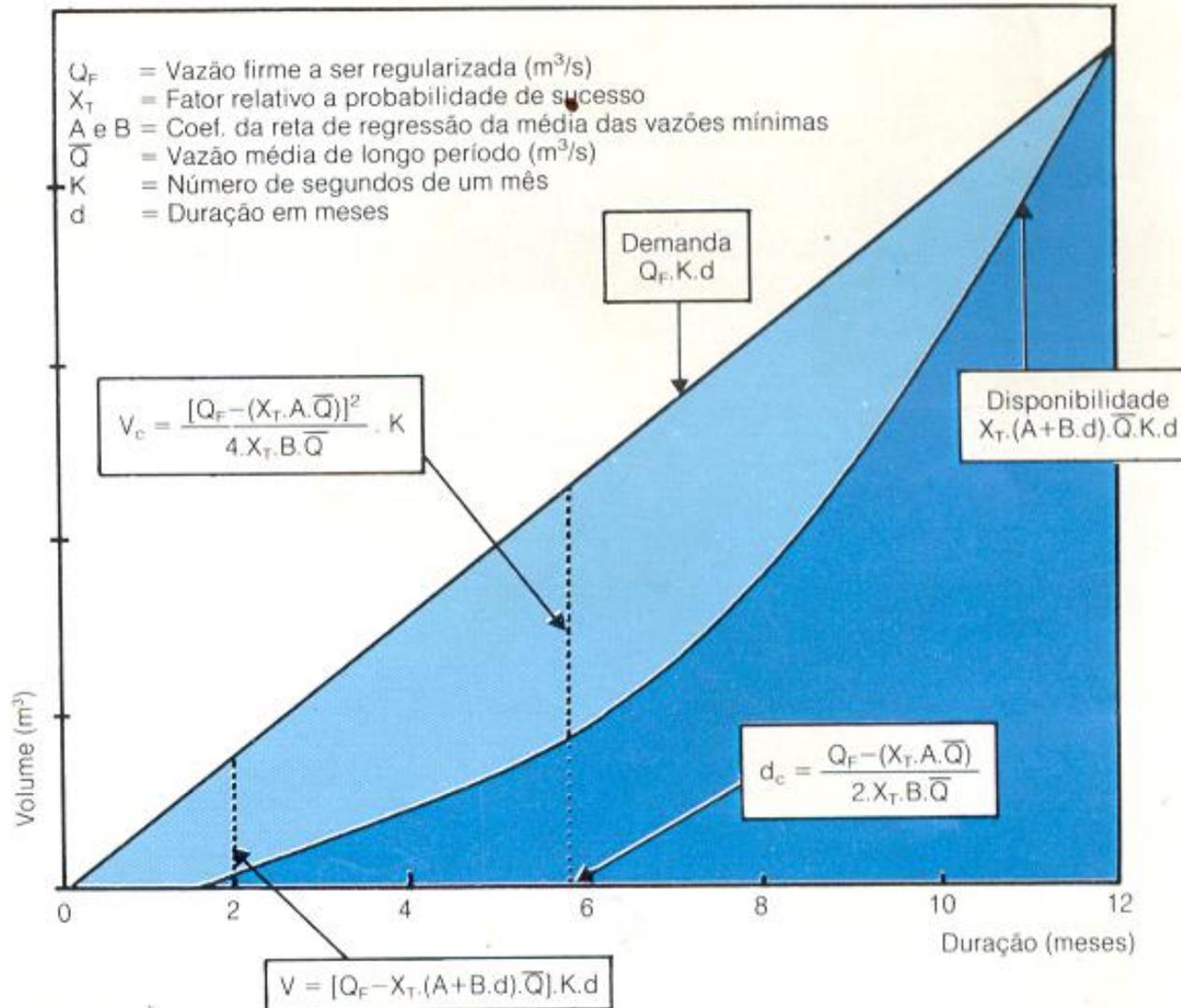
Tabela 2. Regiões hidrológicas semelhantes quanto ao parâmetro C



Volume de regularização intra-anual

- Para atendimento de demanda superior à vazão mínima que pode ocorrer num curso de água, com armazenamento relativamente pequeno, pode-se aumentar significativamente o nível de atendimento da demanda, sem incorrer nos gastos requeridos por aproveitamentos com regularização plurianual. A maior diferença entre a demanda e a disponibilidade, representa o volume(V) de regularização intra-anual necessário para suprir a demanda Q_F , com um risco de $(100/T)\%$, em um ano qualquer, para o ***número máximo de meses da duração crítica de oito meses*** como:
 - $V_c = \{ [Q_F - (X_T \cdot A \cdot Q)]^2 / (4 \cdot X_T \cdot B \cdot Q) \} \cdot K$
 - sendo:
 - V_c = volume de regularização intra-anual em m^3 ;
 - Q_F = vazão firme a ser regularizada em m^3/s ;
 - K = número de segundos em um mês = 2.628.000 segundos;
 - X_T = fator relativo à probabilidade de sucesso;

Volume de regularização

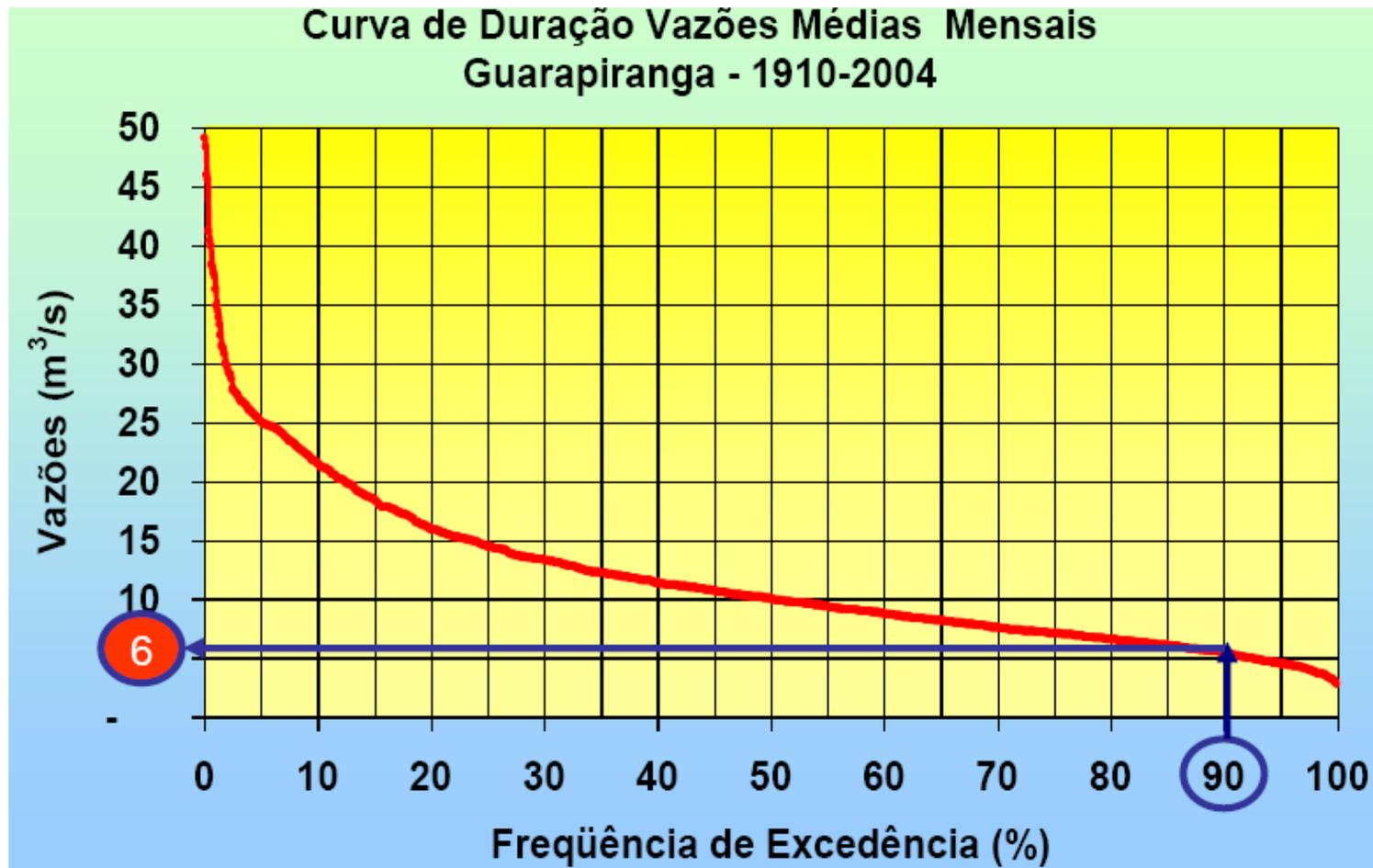


- duração crítica d_c (meses)
- $d_c = \{ [Q_F - (X_T \cdot A \cdot \underline{Q})] / (2 \cdot X_T \cdot B \cdot \underline{Q}) \} \leq 6$ meses

Curvas de permanência

- O DAEE, através de 210 postos fluviométricos, realizou análises das frequências acumuladas, com base em séries de vazões mensais observadas.
- A curva de permanência em uma seção é importante quando nos interessa saber a amplitude de variação das vazões e, principalmente, a frequência com que cada valor de vazão ocorre numa determinada seção do rio.
- Para as curvas de permanência usamos a fórmula abaixo:
- $Q_p = q_p \cdot \underline{Q}$
- sendo:
- Q_p = vazão para a frequência acumulada escolhida;
- q_p = frequência acumulada que consta da **Tabela 1**;

Curva de permanência



Pode ser definida em função da frequência de não excedência também

Tabela 1. Parâmetros Regionais-estado de São Paulo

Região	Média Plu. (\bar{Q})		Valores de x_T						Val. de A e B		Curvas de Permanência q_p															
	a	b	Período de Retorno T						A	B	Frequência Acumulada ($P[X>x]$) em Porcentagem															
			10	15	20	25	50	100			5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
A	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,3532	0,0398	2,608	2,045	1,618	1,325	1,165	1,093	0,950	0,810	0,693	0,590	0,535	0,498	0,443	0,393	0,348	0,260
B	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4174	0,0426	2,150	1,734	1,505	1,366	1,250	1,153	0,994	0,846	0,745	0,640	0,588	0,545	0,498	0,430	0,371	0,165
C	-29,47	0,0315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4174	0,0426	2,150	1,734	1,505	1,366	1,250	1,153	0,994	0,846	0,745	0,640	0,588	0,545	0,498	0,430	0,371	0,165
D	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,5734	0,0329	1,947	1,597	1,394	1,271	1,193	1,111	0,996	0,897	0,820	0,727	0,687	0,646	0,607	0,560	0,510	0,423
E	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4775	0,0330	2,142	1,676	1,496	1,372	1,278	1,160	0,960	0,834	0,744	0,664	0,626	0,580	0,546	0,504	0,440	0,358
F	-22,14	0,0292	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6434	0,0252	1,797	1,533	1,400	1,297	1,232	1,165	1,003	0,905	0,822	0,743	0,715	0,672	0,643	0,598	0,558	0,465
G	-26,23	0,0278	0,632	0,588	0,561	0,543	0,496	0,461	0,4089	0,0332	2,396	1,983	1,664	1,442	1,255	1,121	0,923	0,789	0,679	0,592	0,547	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
H	-29,47	0,315	0,748	0,723	0,708	0,698	0,673	0,656	0,4951	0,0279	2,089	1,788	1,579	1,389	1,239	1,118	0,957	0,845	0,750	0,664	0,627	0,590	0,538	0,490	0,434	0,324
I	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,6276	0,0283	1,913	1,538	1,365	1,270	1,173	1,103	0,980	0,895	0,808	0,740	0,705	0,673	0,635	0,585	0,540	0,413
J	-29,47	0,0315	0,708	0,674	0,655	0,641	0,607	0,581	0,4741	0,0342	2,272	1,792	1,526	1,366	1,231	1,125	0,948	0,807	0,715	0,628	0,596	0,566	0,523	0,462	0,414	0,288
K	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4951	0,0279	2,089	1,788	1,579	1,389	1,239	1,118	0,957	0,845	0,750	0,664	0,627	0,590	0,538	0,490	0,434	0,324
L	-26,23	0,0278	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6537	0,0267	1,770	1,517	1,390	1,310	1,225	1,158	1,012	0,915	0,827	0,748	0,717	0,667	0,628	0,583	0,527	0,420
M	-4,62	0,0098	0,759	0,733	0,717	0,706	0,677	0,654	0,6141	0,0257	1,970	1,666	1,468	1,294	1,181	1,096	0,961	0,874	0,790	0,714	0,679	0,646	0,604	0,570	0,516	0,429
N	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,4119	0,0295	2,396	1,983	1,664	1,442	1,255	1,121	0,923	0,789	0,679	0,592	0,547	0,506	0,469	0,420	0,363	0,223
O	-26,23	0,0278	0,689	0,658	0,639	0,626	0,595	0,572	0,3599	0,0312	2,408	2,010	1,750	1,538	1,346	1,179	0,935	0,775	0,645	0,547	0,505	0,462	0,418	0,374	0,316	0,170
P	-26,23	0,0278	0,619	0,577	0,552	0,535	0,492	0,459	0,3599	0,0312	2,408	2,010	1,750	1,538	1,346	1,179	0,935	0,775	0,645	0,547	0,505	0,462	0,418	0,374	0,316	0,170
Q	-4,62	0,0098	0,633	0,572	0,533	0,504	0,426	0,358	0,6537	0,0267	1,770	1,517	1,390	1,310	1,225	1,158	1,012	0,915	0,827	0,748	0,717	0,667	0,628	0,583	0,527	0,420
R	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,6141	0,0257	1,940	1,640	1,453	1,320	1,203	1,113	0,967	0,873	0,803	0,713	0,670	0,627	0,577	0,527	0,463	0,340
S	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,5218	0,0284	2,325	1,823	1,588	1,352	1,188	1,097	0,925	0,810	0,708	0,633	0,598	0,563	0,525	0,488	0,420	0,293
T	-4,62	0,0098	0,661	0,629	0,610	0,598	0,568	0,546	0,4119	0,0295	2,471	2,156	1,751	1,468	1,324	1,109	0,880	0,781	0,674	0,581	0,517	0,481	0,429	0,380	0,316	0,241
U	-4,62	0,0098	0,594	0,518	0,469	0,433	0,330	0,240	0,4119	0,0295	2,471	2,156	1,751	1,468	1,324	1,109	0,880	0,781	0,674	0,581	0,517	0,481	0,429	0,380	0,316	0,241

EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Escolhido o córrego do Zambão na bacia hidrográfica do córrego Olhos d'água, para exemplificar o emprego da metodologia apresentada. A bacia hidrográfica em questão, tem **área de 6,0 km²** e **precipitação anual média de 1250 mm/ano** calculada. A bacia situa-se nas **regiões homogêneas U** (parâmetros a, b, A, B, X_T, qp) e **Y** (parâmetro C).

-Cálculo da vazão média de longo período: aplicando-se os valores de (a) e (b) válidos para a região U tem-se:

$$\underline{Q} \text{ (L/s)} = (a + b \cdot P) \cdot \text{Área} = (-4,62 + 0,0098 \cdot 1250) \cdot 6 = 7,63 \text{ L/s} \cdot \text{km}^2 \cdot 6 \text{ km}^2 = 45,8 \text{ L/s}$$

-Vazão mínima anual de um mês e período de retorno de 10 anos:

$$- \quad Q_{1,10} = X_T (A + B \cdot d) \cdot \underline{Q} = 0,594 \cdot (0,4119 + 0,0295 \cdot 1) \cdot 45,8 = 12 \text{ L/s}$$

-Vazão mínima anual de sete dias consecutivos e período de retorno de 10 anos:

$$- \quad Q_{7,10} = C \cdot X_T (A + B) \cdot \underline{Q} = 0,8 \cdot 0,594 \cdot (0,4119 + 0,0295) \cdot 45,8 = 9,6 \text{ L/s}$$

-Volume útil necessário para regularizar uma vazão firme de $QF = 20 \text{ L/s}$, com $T = 10$ anos:

$$V_c = \left\{ \left[\frac{QF - (X_T \cdot A \cdot \underline{Q})}{4 \cdot X_T \cdot B \cdot \underline{Q}} \right]^2 / (4 \cdot X_T \cdot B \cdot \underline{Q}) \right\} \cdot K = \left\{ \left[\frac{0,020 - (0,594 \cdot 0,4119 \cdot 0,0458)}{4 \cdot 0,594 \cdot 0,0295 \cdot 0,0458} \right]^2 / (4 \cdot 0,594 \cdot 0,0295 \cdot 0,0458) \right\} \cdot 2.628.000 = 63311 \text{ m}^3$$

- Duração crítica da estiagem:

$$d_c = \left\{ \frac{QF - (X_T \cdot A \cdot \underline{Q})}{2 \cdot X_T \cdot B \cdot \underline{Q}} \right\} = \frac{0,020 - 0,594 \cdot 0,4119 \cdot 0,0458}{2 \cdot 0,594 \cdot 0,0295 \cdot 0,0458} = 5,4 \text{ meses}$$

-Vazão de 95% de permanência

$$Q_{95} = q_{95} \cdot \underline{Q} = 0,316 \cdot 45,8 = 14,5 \text{ L/s}$$

A curva de permanência pode ser construída, determinando-se Q para outras permanências

- O site:
- <http://143.107.108.83/cgi-bin/regnet.exe/calcgeo#r>
- Apresenta a possibilidade de realização dessas avaliações diretamente a partir das **coordenadas do posto** e da **área de drenagem correspondente**

- Fim!