PHA – 3307
Hidrologia Aplicada

Universidade de São Paulo

Escola Politécnica
Departamento de Eng. Hidráulica e Ambiental

Ciclo Hidrológico
Balanço Hídrico

Aula 1

Prof. Dr. Arisvaldo Vieira Méllo Jr.
Prof. Dr. Joaquin B. Garcia

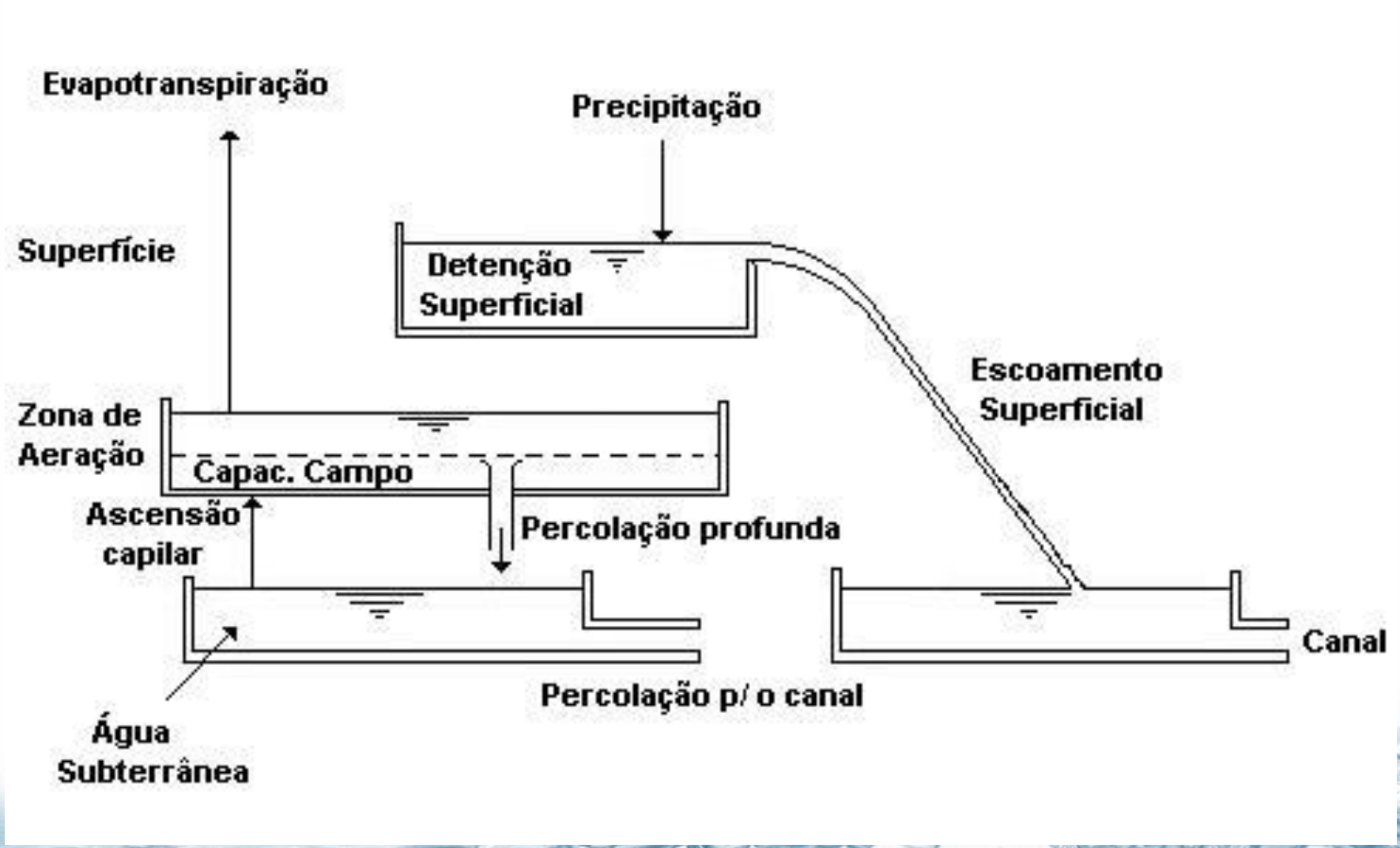
Ciclo Hidrológico

Fenômeno global de circulação da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar, associada à gravidade e à rotação da Terra

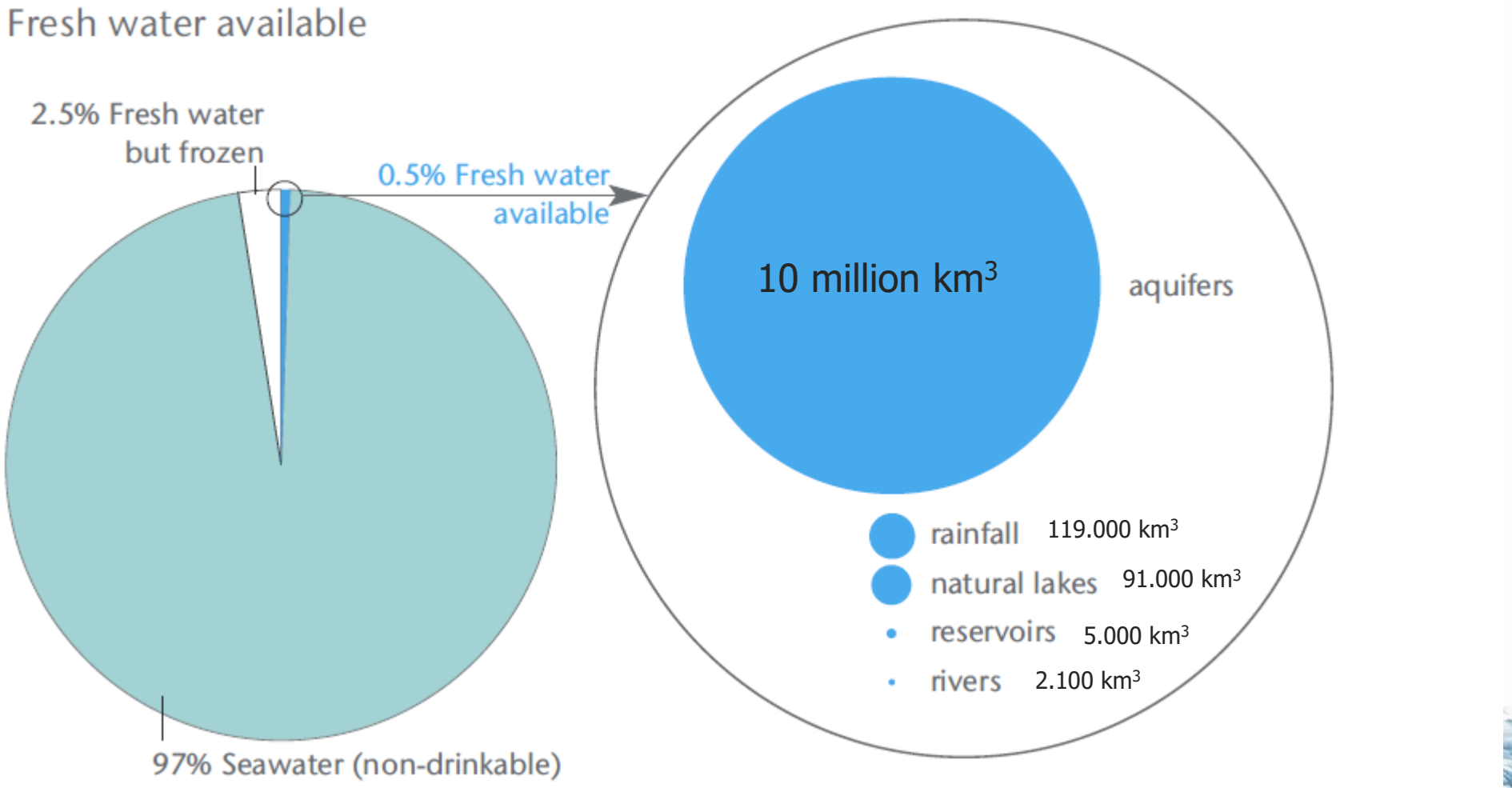


O Ciclo Hidrológico

Forma Sistêmica



Disponibilidade de água no planeta



Estimativa da Quantidade de Água no Mundo

Fonte	% do total de água	Volume de água (km^3)	% do total de água doce
Oceanos	96,564	$1351,9 \times 10^6$	
Geleiras	1,730	$24,22 \times 10^6$	69,61
Lagos	0,0130	$0,18 \times 10^6$	0,261
Rios	0,0002	$0,0028 \times 10^6$	0,006
Atmosfera	0,0010	$0,014 \times 10^6$	0,040
Água subterrânea	1,6899	$23,65 \times 10^6$	30
Umidade do solo	0,0010	$0,014 \times 10^6$	0,050
Pântanos e charcos	0,0008	$0,11 \times 10^6$	0,030
Biologia	0,0001	$0,0014 \times 10^6$	0,003
Total	**100**	**1400×10^6**	**100**

Fonte: Patra (2001)

Estimativa de fluxos de água

Valores em $km^3.ano^{-1}$

Processo	Oceanos	Continentes	Total
Precipitação	458.000	119.000	577.000
Evaporação	505.000	72.000	577.000
Fluxo dos continentes para os oceanos por via superficial (rios)	44.700		47.000
Fluxo dos continentes para os oceanos por via subterrânea	2.300		

Tempo de residência médio da água nos rios

$$TR = \frac{\text{Volume armaz. rios}}{\text{Fluxo médio rios}}$$

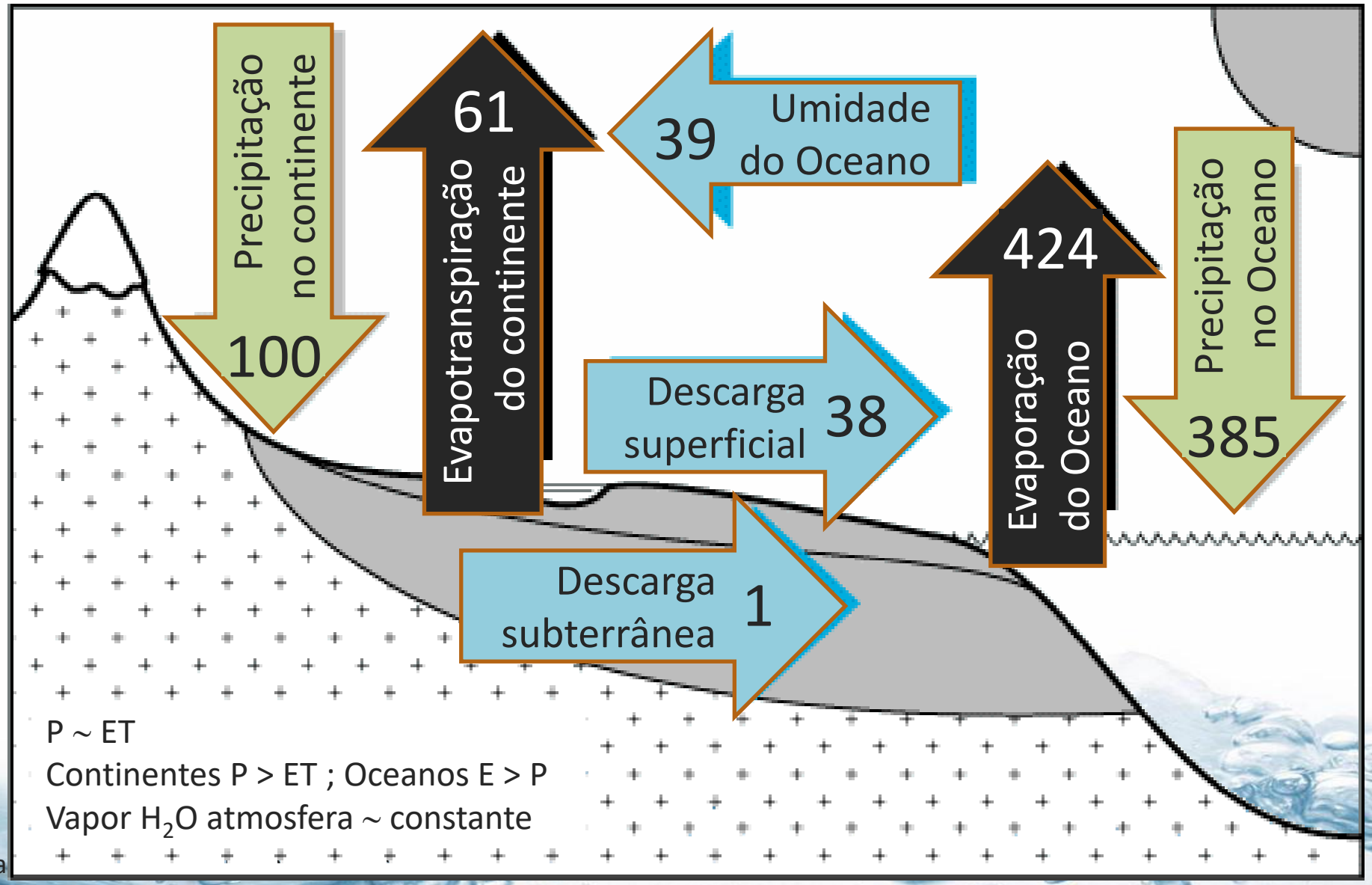
$$TR = \frac{0{,}0028 \cdot 10^6 \ km^3}{44700 \ km^3 \cdot ano^{-1}} = 0{,}063 \text{ ano} = 22{,}9 \text{ dias}$$

(Para alcançar o oceano)

Produção hídrica mundial de superfície

Região	Vazão média (m^3/s)	Precipitação (%)
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	112.000	7,0
Antárdida	73.000	5,0
Oceania	65.000	5,5
Austrália/Tasmânia	11.000	0,8
Ásia	458.000	31,6
BRASIL	177.900	12,3
Total	1.448.000	100

Ciclo Hidrológico em Números (mm)



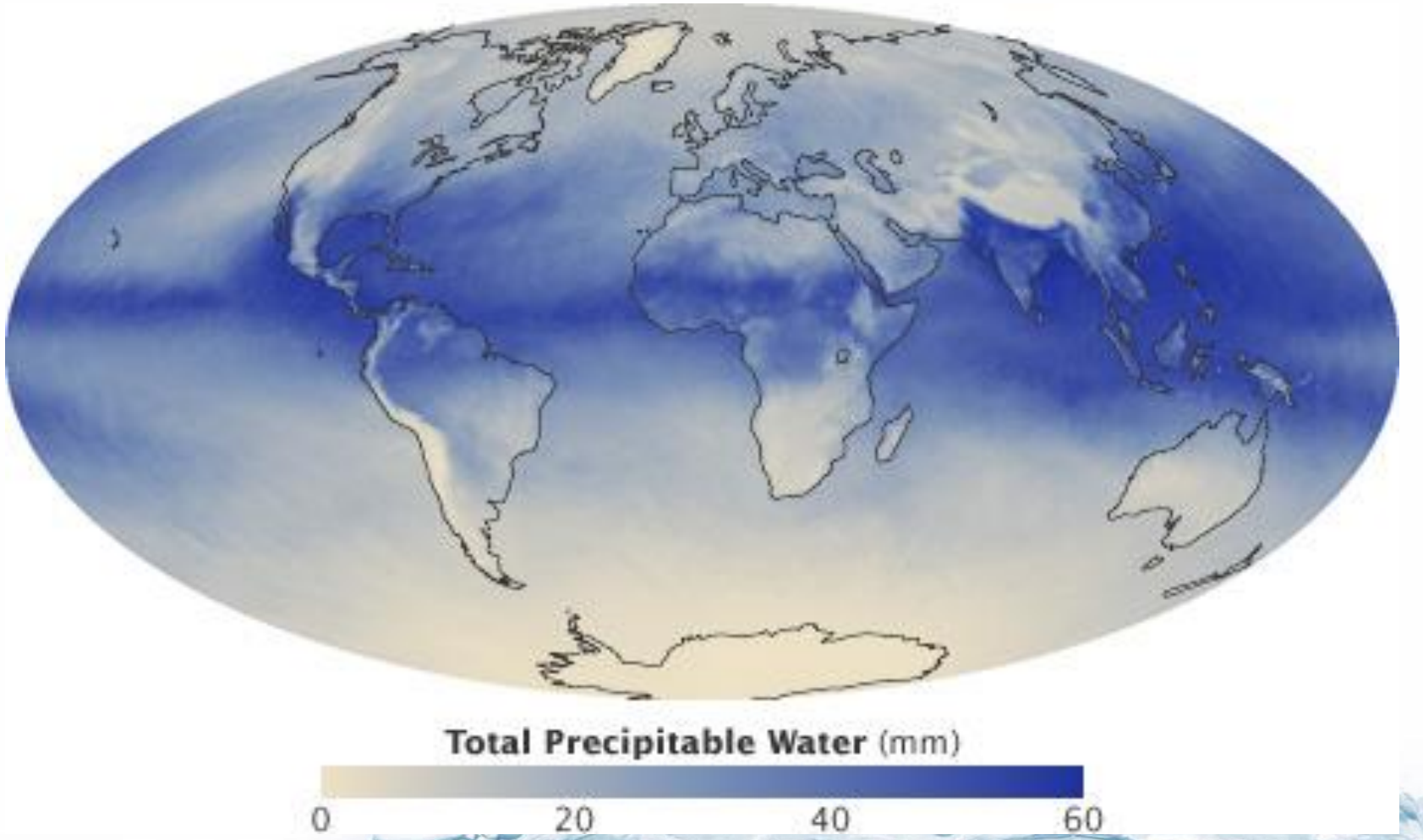
Balanço Demanda x Disponibilidade

- Para se avaliar se uma região pode atender às diversas demandas (abastecimento, irrigação, uso industrial, etc.), é necessário comparar esses valores de demanda com a disponibilidade de fornecimento.

- Para isso, é necessário avaliar a quantidade de água de cada fase do Ciclo Hidrológico



Distribuição de vapor H_2O na atmosfera em Agosto de 2010



Conversão de Unidades

- A altura de chuva equivale à altura da lâmina d'água que seria obtida se o volume de água de uma chuva fosse distribuído por uma lâmina uniforme sobre uma bacia hidrográfica.
- Se, em um período de um ano, houve uma chuva acumula de P mm, sobre uma bacia hidrográfica com A km^2 de área, então o volume precipitado em um ano foi de:

P(mm) * 10^{-3} (m/mm) * A (km^2) * 10^6 (m^2/km^2)

- A vazão equivalente a este volume seria dada por:

Vazão = Volume / 1 ano

$$P(m^3/s) = \frac{P(mm) * 10^{-3}(m/mm) * A(km^2) * 10^6(m^2/km^2)}{365 * 24 * 3600\ (seg/ano)}$$

Mapa da Divisão Hidrográfica Nacional



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%B5es_hidrogr%C3%A1ficas_do_Brasil> 2020

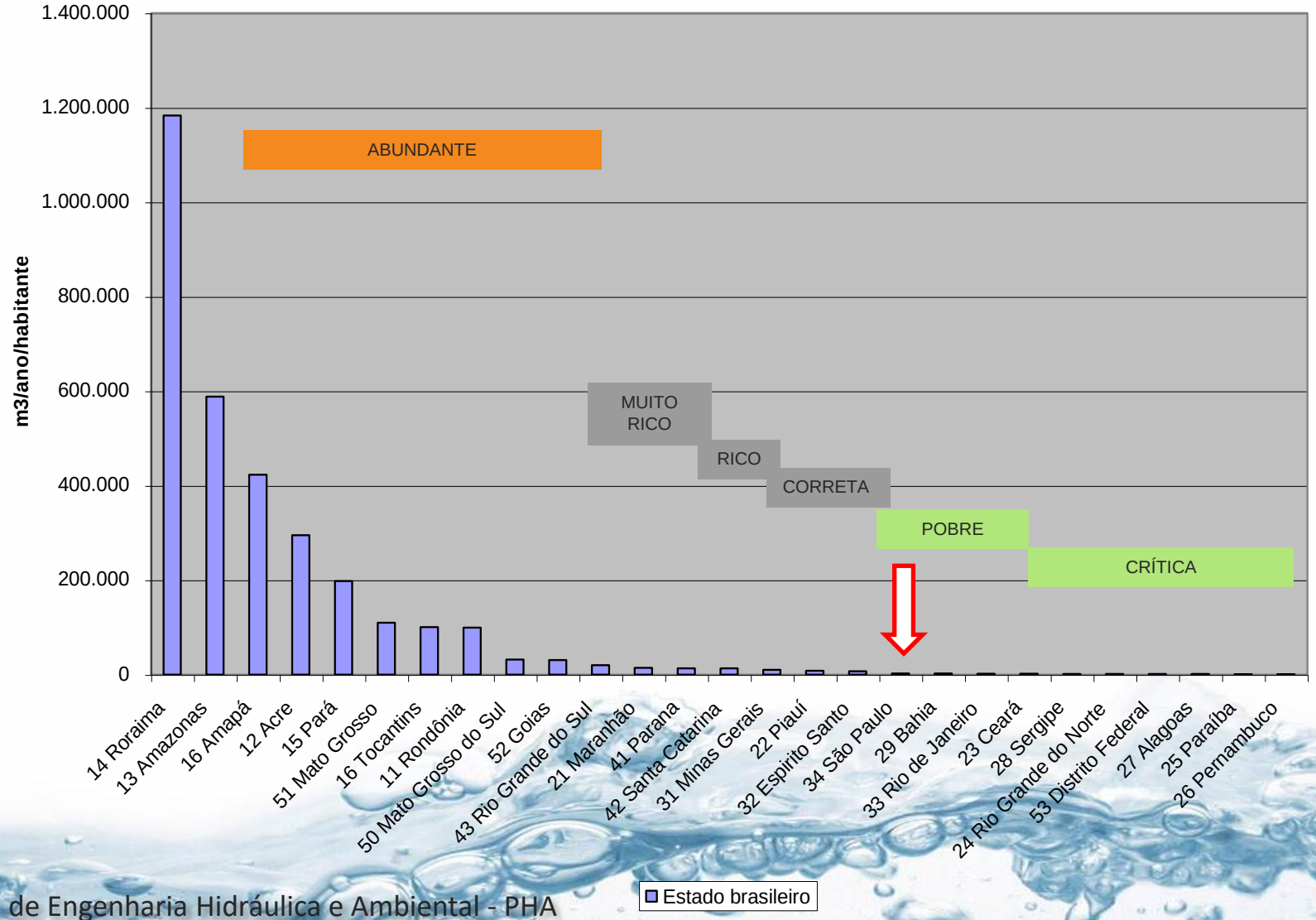
Disponibilidade hídrica per capita

Nas grandes regiões hidrográficas brasileiras.

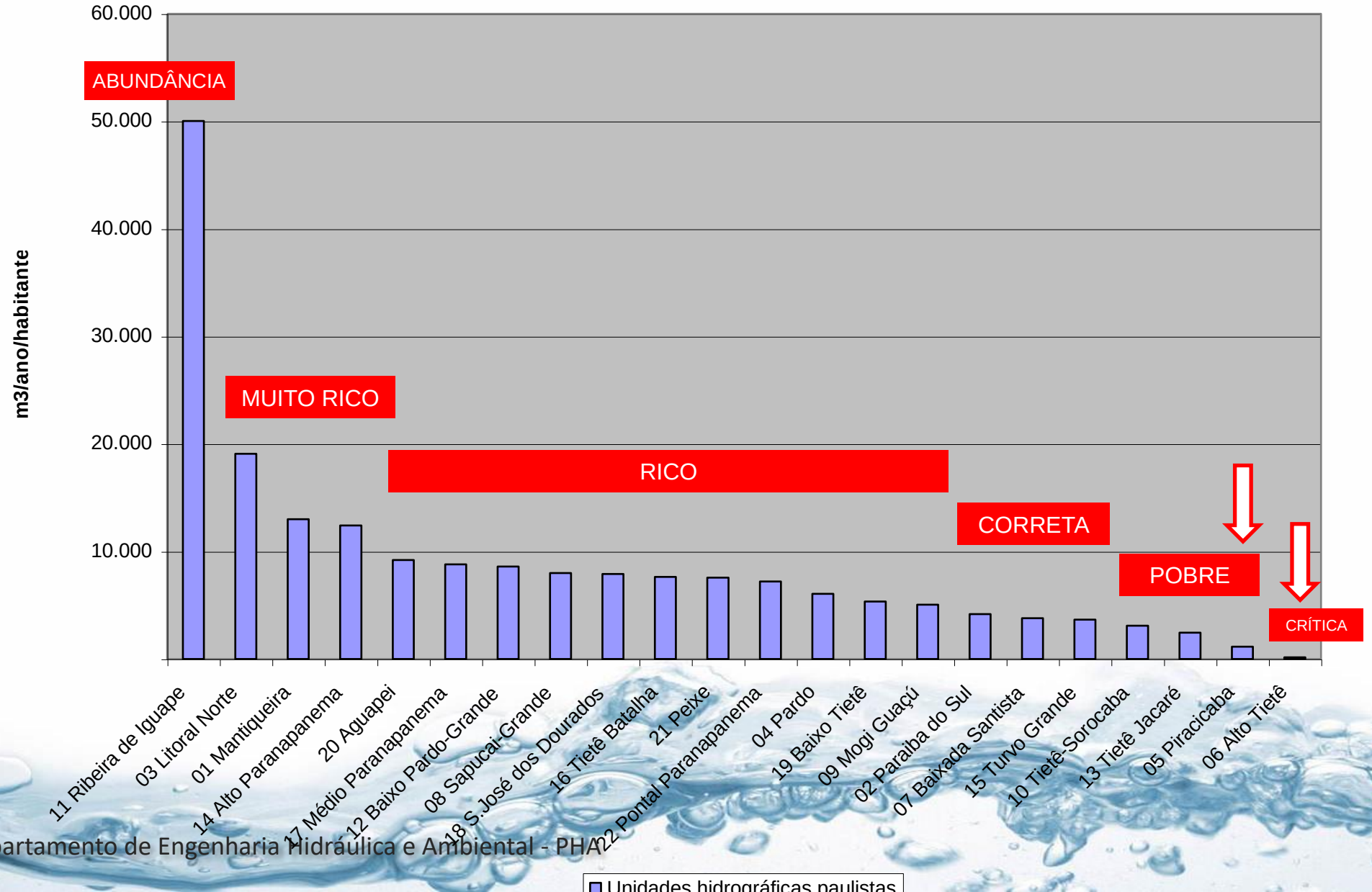
Bacia Hidrográfica	Área $10^3 km^2$	Área % Brasil	População 2010	População % Brasil	Densidade hab/km^2	Vazão m^3/s	Disponibilidade per Capita $m^3/hab/ano$
Amazonas(1)	3.870	46,3	9.694.728	5,1	2,51	132.145	429.855
Tocantins-Araguaia	919	11	8.600.000	4,5	9,36	13.799	50.601
Atlântico Nordeste Ocidental	274	3,2	6.244.419	3,3	22,76	767	3.874
Parnaíba	333	4,0	4.152.865	2,2	12,47	2.608	19.805
Atlântico Nordeste Oriental	287	3,4	24.000.000	12,6	83,68	774	1.017
Atlântico Leste	388	4,6	15.066.543	7,9	38,82	1.484	3.106
São Francisco	639	7,6	14.200.000	7,5	22,24	2.846	6.321
Atlântico Sudeste	215	2,6	28.200.000	14,8	131,39	3.162	3.536
Paraná	880	10,5	61.300.000	32,2	69,67	11.414	5.872
Paraguai	1.095	13,1	2.200.000	1,2	2,01	2.359	33.815
Uruguai (1)	175	2,0	3.030.000	1,7	17,36	4.103	42.704
Atlântico Sul	188	2,2	13.400.000	7,0	71,46	4.055	9.543
(1) Somente a área situada em território brasileiro							
Fonte: ANA - Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - 2009 - http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/abr_nacional.htm							
ANA - Regiões Hidrográficas - http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx							

Disponibilidades Hídricas per Capita

dos Estados Brasileiros (m³/ano.hab)



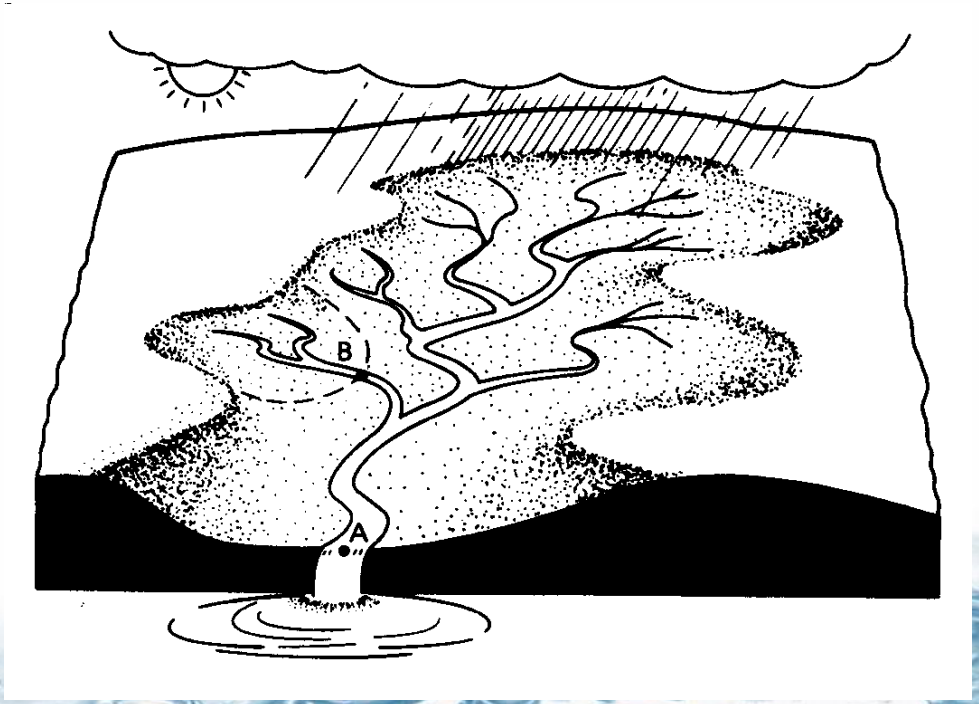
Situação Hídrica das Bacias Paulistas



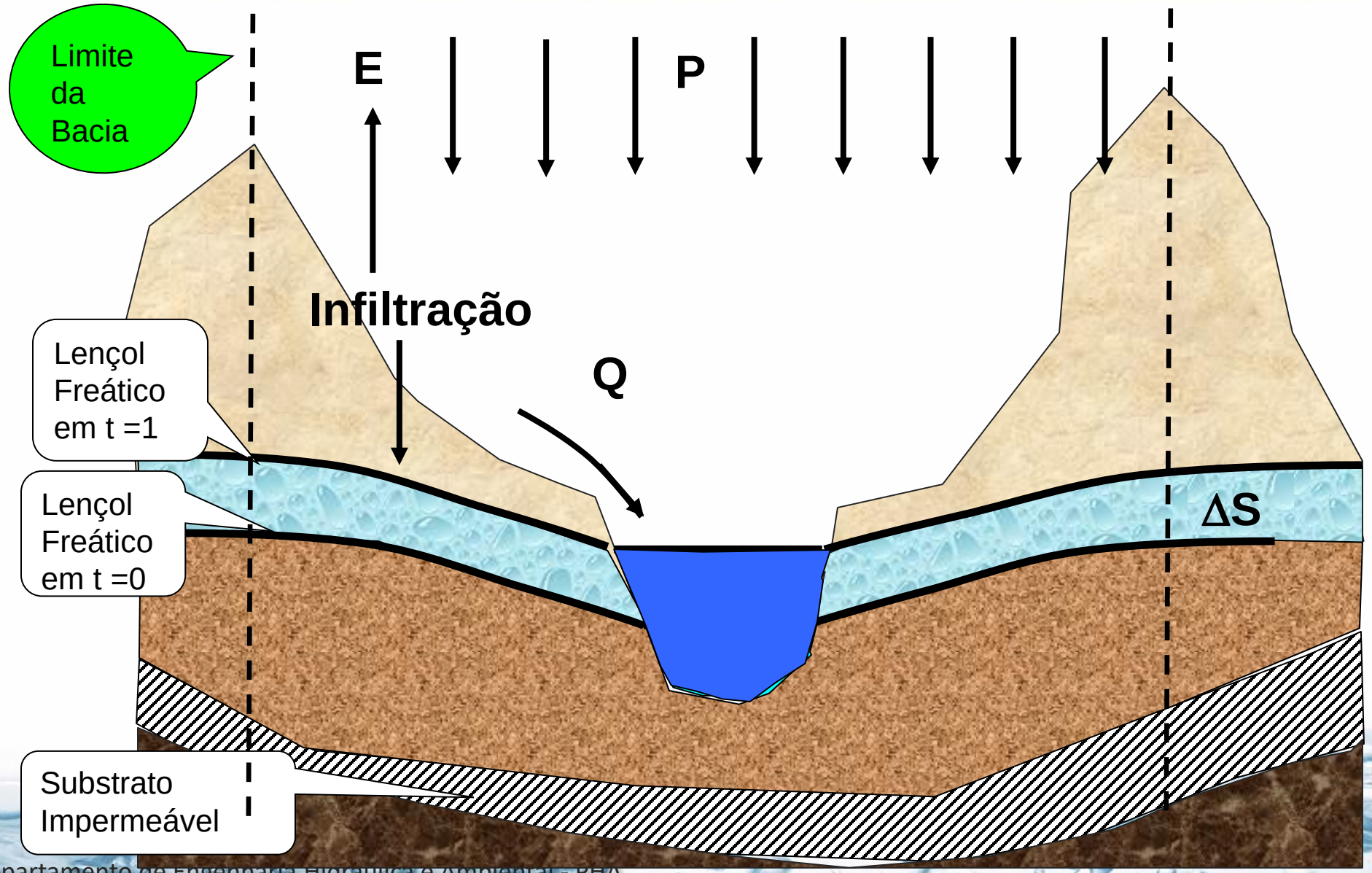
Bacia Hidrográfica

Definição

Uma bacia hidrográfica é uma determinada área de terreno que drena água, partículas de solo e material dissolvido para um ponto de saída comum, situado ao longo de um rio, riacho ou ribeirão (Dunne e Leopold, 1978).



Balanço Hídrico de uma Bacia Hidrográfica



Balanço Hídrico de uma Bacia Hidrográfica

$$P = Q + ET \pm \Delta S$$

- P = Precipitação (mm)
- Q = Vazão (mm)
- E = Evapotranspiração (mm)
- ΔS = Armazenamento Subterrâneo (mm)

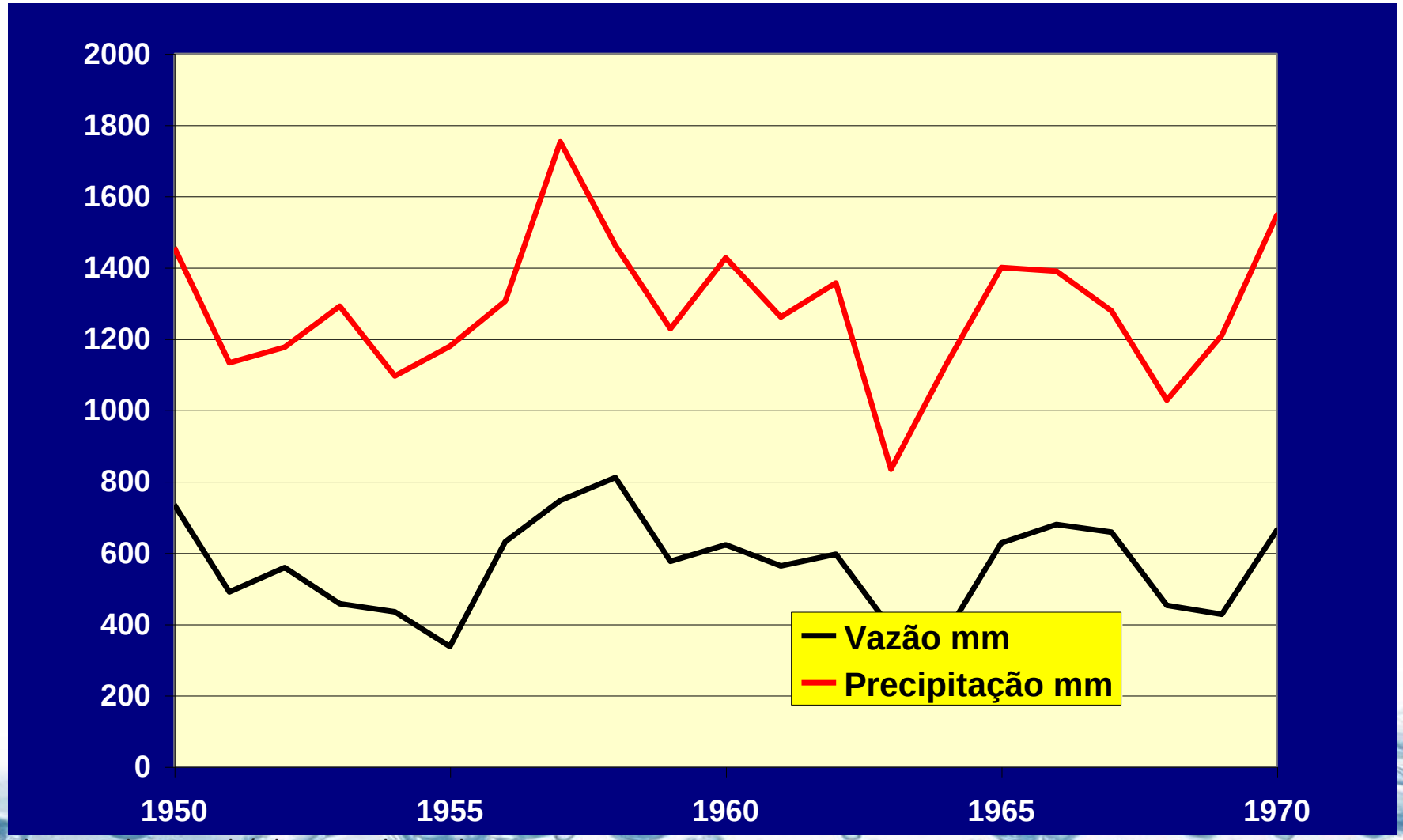
Aplicação: Dados da Bacia do Guarapiranga

Dados da Bacia do Guarapiranga (área = 630 km2)

Ano	Vazão	Precipitação	Vazão/	Precipitação/	Vazão	Precipitação
	mm	mm	Vazão Med	PrecMed	Acumulada	Acumulada
1950	735	1456	1.28	1.14	735	1456
1951	490	1133	0.85	0.88	1225	2589
1952	559	1177	0.97	0.92	1784	3766
1953	458	1292	0.80	1.01	2241	5057
1954	435	1096	0.76	0.86	2676	6153
1955	337	1179	0.59	0.92	3013	7333
1956	631	1306	1.10	1.02	3644	8638
1957	747	1752	1.30	1.37	4391	10391
1958	811	1462	1.41	1.14	5202	11852
1959	576	1228	1.00	0.96	5778	13081
1960	623	1427	1.09	1.11	6400	14508
1961	563	1261	0.98	0.98	6964	15769
...	...	...	...	...	...	...
1971	465	1370	0.81	1.07	12295	28313
1972	518	1213	0.90	0.95	12813	29525
1973	610	1226	1.06	0.96	13423	30751
1974	526	1182	0.92	0.92	13950	31933
1975	548	1128	0.95	0.88	14497	33062
1976	1082	1838	1.89	1.43	15579	34900
1977	566	1110	0.99	0.87	16144	36010
1978	559	1305	0.97	1.02	16703	37314
1979	504	1119	0.88	0.87	17208	38433
Média	574	1281				

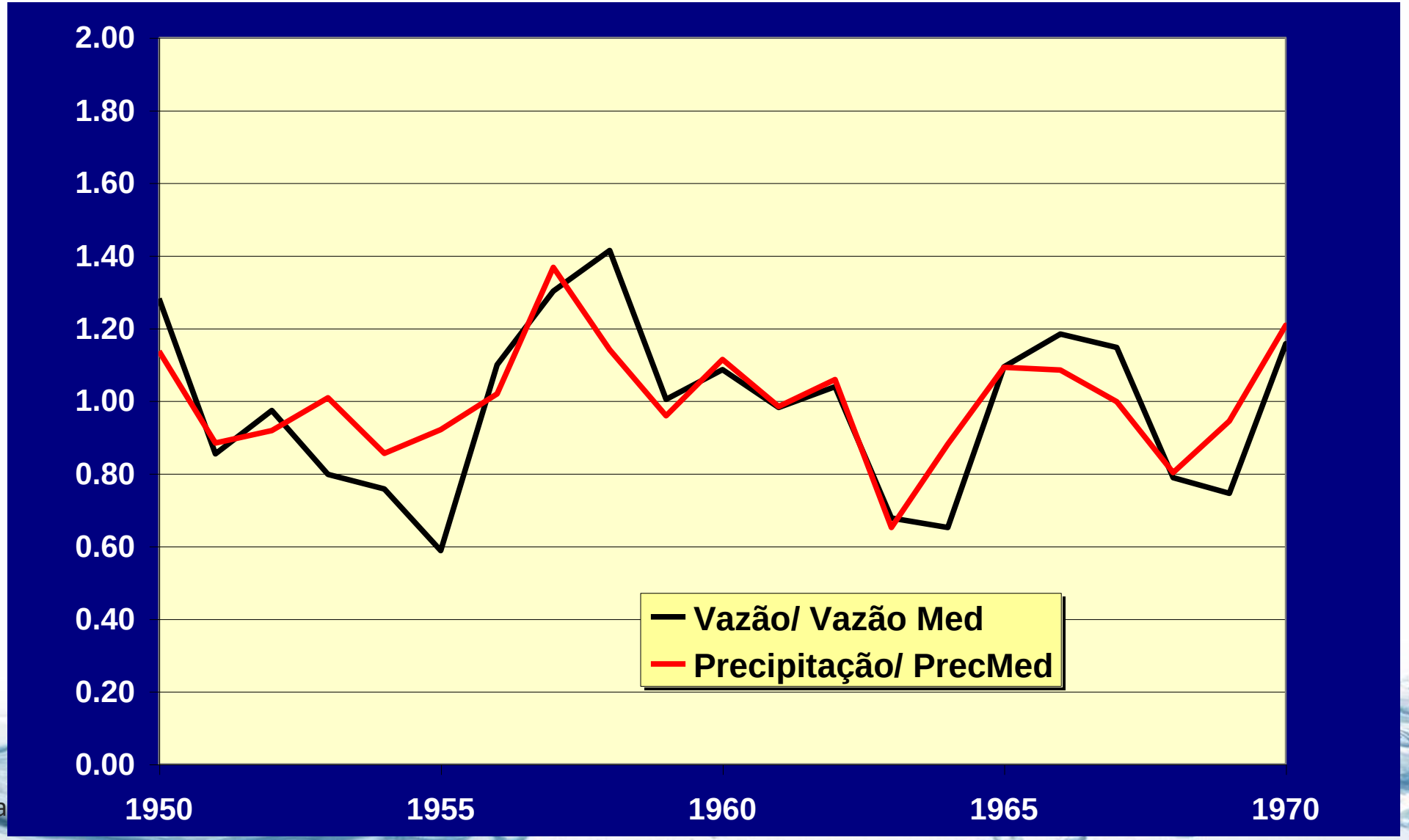
Dados da Bacia do Guarapiranga

Comportamento Vazão x Chuva



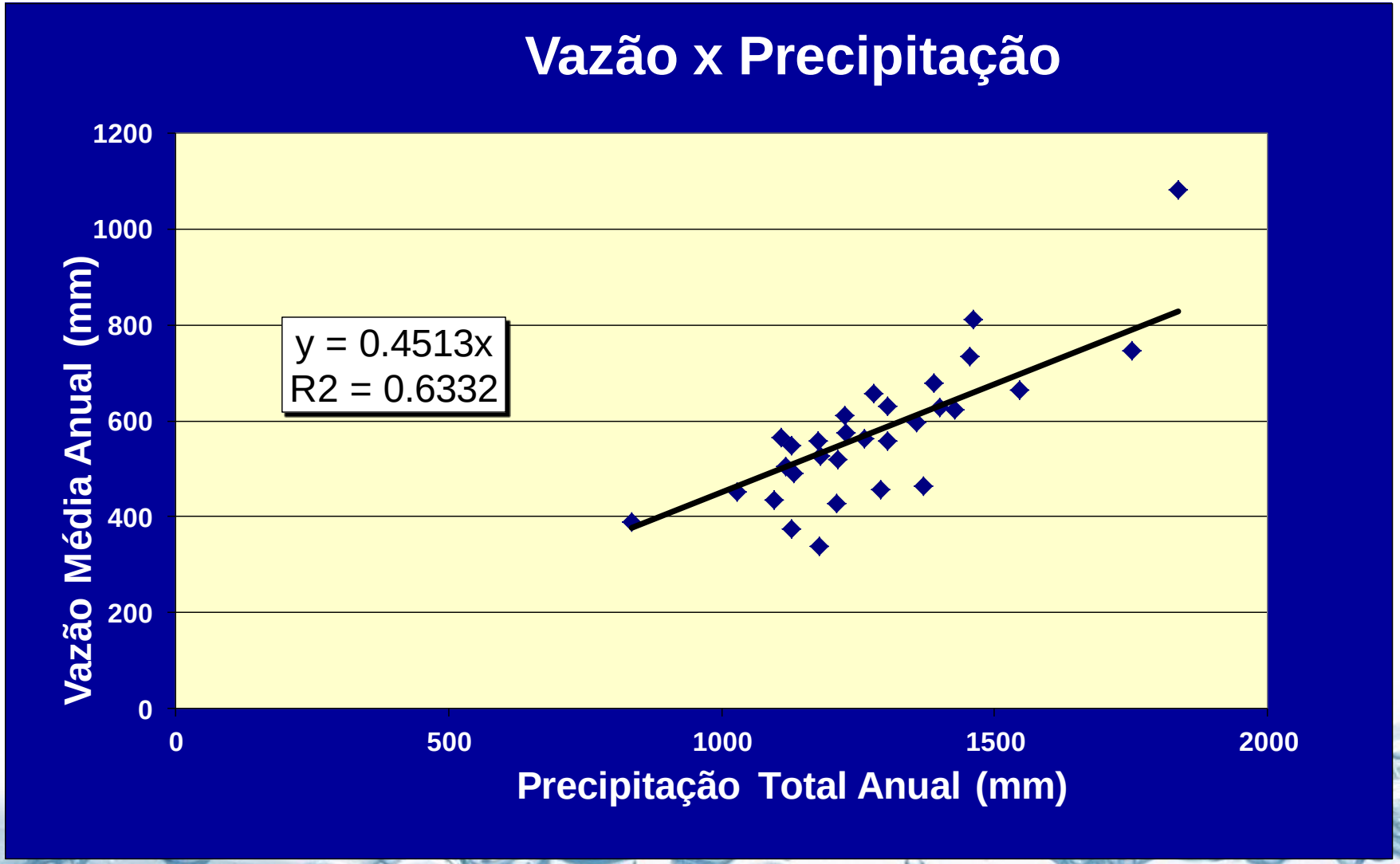
Dados da Bacia do Guarapiranga

Comportamento Vazão x Chuva (Adimensional)



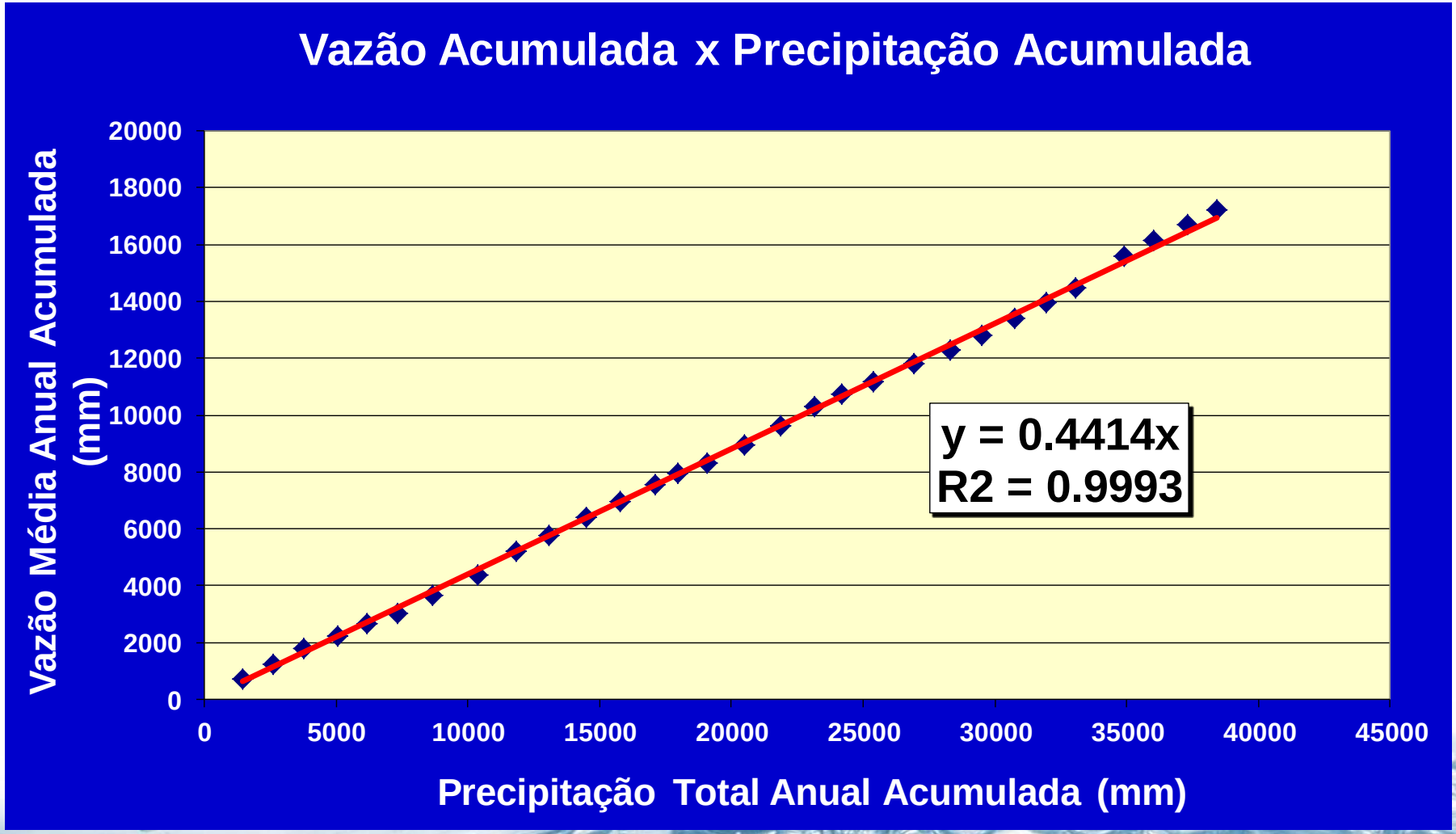
Dados da Bacia do Guarapiranga

Correlação Vazão x Chuva



Dados da Bacia do Guarapiranga

Correlação Vazão x Chuva



Exercício

:08 Nome: Arisvaldo Vieira Méllo Júnior - RG ou NºUSP: 468941 - [Principal] - [POLI] - [PHD2307] - [Sair] - Versão 2009.04.04.01

Balanço Hídrico

- Data máxima para entrega: 11/07/2011
- Numero de Tentativas com Respostas Incorretas:

São fornecidos os dados de vazões e precipitações anuais da bacia do Guarapiranga (Área = 630 km^2).

Data	Precipitação (mm)	Vazão (m3/s)
1959	1228	11.5
1960	1427	12.4
1961	1261	11.2
1962	1357	11.9
1963	835	7.8
1964	1128	7.5
1965	1400	12.5
1966	1390	13.6
1967	1278	13.1
1968	1028	9
1969	1210	8.5
1970	1548	13.3
1971	1370	9.3
1972	1213	10.4
1973	1226	12.2

1. Transforme os dados de vazões média anuais de m^3/s para mm. (Multiplique a vazão pelo número de segundos de um ano e divida pela área da bacia)

2. Calcule os valores médios das vazões e precipitações do período em estudo.

3 . Divida cada valor de vazão pela média do período. Divida cada valor de precipitação pela média do período. Faça um gráfico dessas frações de vazão e precipitação em função do tempo.

4. Calcule a evapotranspiração média anual da bacia.

Evapotranspiração média anual (mm):

Exercício

4. Calcule a evapotranspiração média anual da bacia.

Evapotranspiração média anual (mm): [ ]

5. Faça um gráfico mostrando a relação entre vazões e precipitações anuais.

Gráfico Q x P anuais:

Regressão linear (equação): Q = [ ] + [ ] . P

Correlação (R2): [ ]

6 . Calcule os valores dos armazenamentos anuais, admitindo que as evaporações anuais sejam constantes e iguais à média obtida no item 4.

7 . Faça um gráfico com a relação entre as vazões e as precipitações anuais acumuladas
{(Q1,P1), (Q1+Q2,P1+P2), (Q1+Q2+Q3,P1+P2+P3) , ... }. Determine a equação da reta média.

Gráfico SomaQ x SomaP anuais:

Regressão linear (equação): SomaQ = [ ] + [ ] . SomaP

Correlação (R2): [ ]

8. Acumule os valores de precipitações anuais dos 5 anos seguintes ao final da série analisada à somatória do ítem 7.Calcule as vazões acumuladas a partir da equaçã
calculada no item 7. Desacumule os valores para obter as vazões anuais desses 5 anos. Compare com os valores observados.

Quinta vazão extrapolada (m3/s): [ ]

Valores observados:

Data	Precipitação (mm)	Vazão (m3/s)
1974	1182	10.5
1975	1128	10.9
1976	1838	21.6
1977	1110	11.3
1978	1305	11.2

Atenção: um erro muito comum é inverter os parâmetros *a* e *b* da regressão ao preencher as lacunas ao lado, pois a equação da linha de tendência do Excel é dada na forma *y=b.x+a*, ao contrário

Responder

Fim