



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLINTÉCICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL



Conceitos básicos de Hidrologia

Hidrologia Urbana

PHA 3337 – Águas em Sistemas Urbanos I

Prof. Joaquin I. Bonnetarrère

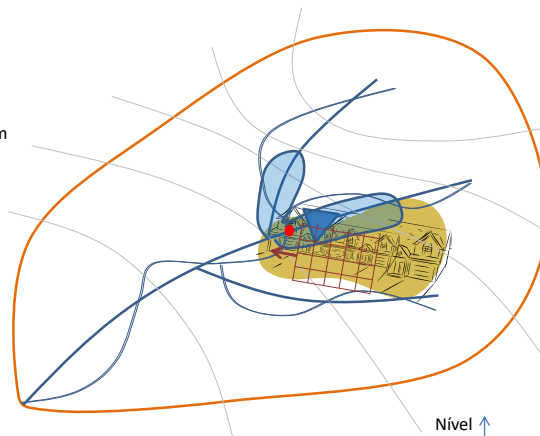
2017

1

Problemas Típicos

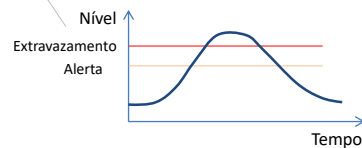
Intervenção

1. Retificação de rios e canais
2. Urbanização
3. Sistema de drenagem
4. Extravasamento
5. Obras controle inundações



Efeito

1. Alteração de fluxo
2. Aumento da vazão máxima e do volume escoado
3. Manejo de águas urbanas
4. Defesa Civil (Plano de contingência, serviço de alerta, etc.)
5. Amortecimento vazão máxima



2

A CIÊNCIA DA HIDROLOGIA

- Múltiplos usos da água (vários ramos de aplicação)
 - Águas superficiais
 - Águas subterrâneas
 - Meio ambiente urbano e rural
- Natureza interdisciplinar
 - Aspectos econômicos
 - Aspectos sociais
 - Aspectos ambientais
 - Equipes multidisciplinares

Análise de sistemas
(múltiplos objetivos)

5

Importância da Hidrologia

- Dimensionamento de obras hidráulicas
- Aproveitamento de recursos hídricos
- Controle e previsão de inundações
- Controle e previsão de secas
- Controle de poluição
- Qualidade ambiental

6

Eventos Extremos

- desequilíbrio provocado pelos eventos hidrológicos extremos → inundações
- As enchentes, agravadas pela alteração do uso e ocupação do solo como:
 - desmatamento;
 - impermeabilização do solo em áreas urbana.

Consequências:

- Prejuízos econômicos e sociais incalculáveis
- Riscos à saúde e à qualidade de vida dos habitantes das áreas assoladas

8

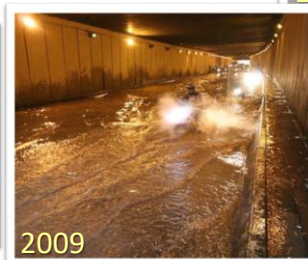
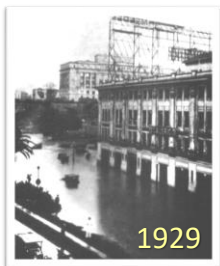
Ocupação da Bacia



1928

2013

Túnel do Anhangabaú



Avenida Nove de Julho



BACIA HIDROGRÁFICA

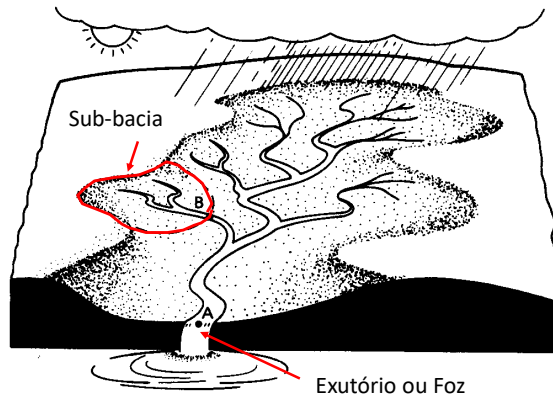
Características e Importância

12

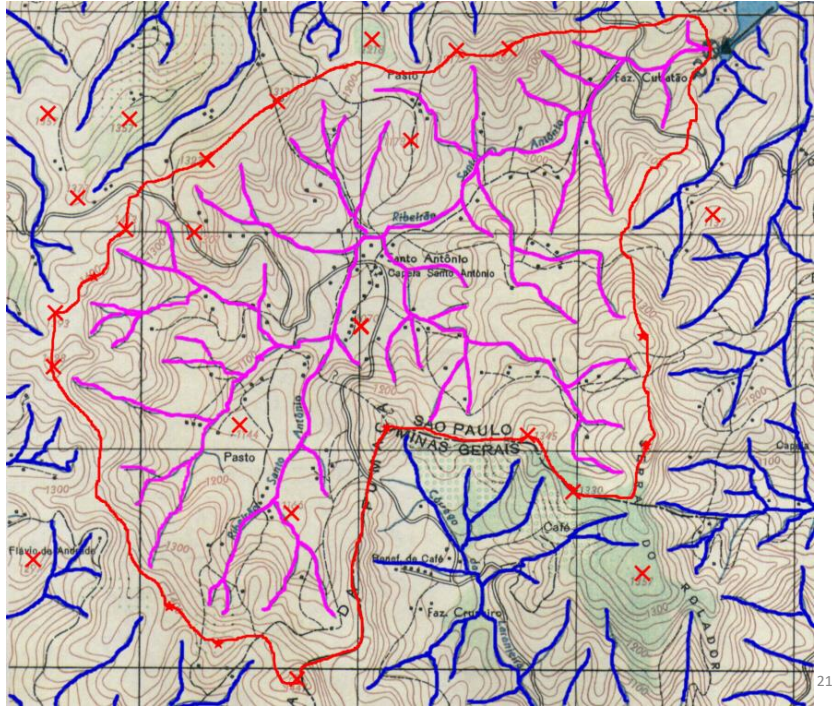
Bacia Hidrográfica

Definição

- 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)



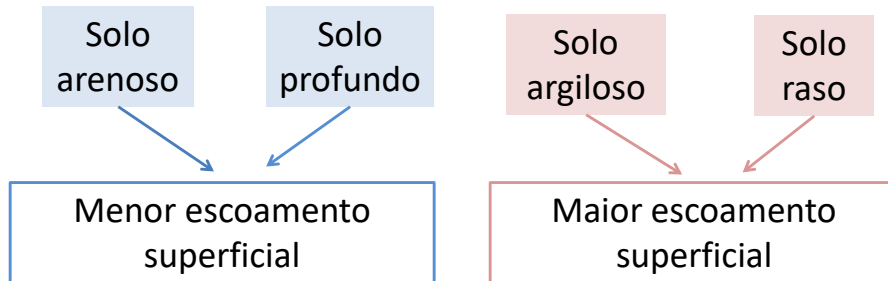
13



Uso do Solo

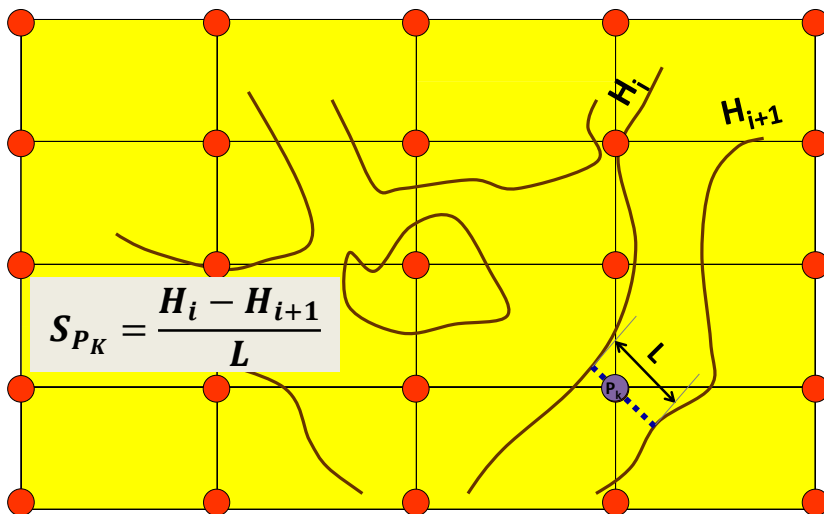
- Influencia na infiltração e velocidade do escoamento
- Áreas de florestas:
 - Maior interceptação, folhas e galhos retardam o escoamento, raízes profundas e maior consumo de água das plantas
- Agricultura
 - Redução da quantidade de matéria orgânica no solo, porosidade diminui, infiltração diminui, raízes mais superficiais e menor consumo de água das plantas
- Áreas urbanas:
 - Impermeabilização, pouca infiltração e grande velocidade do escoamento → grandes picos de cheias

Tipo do Solo



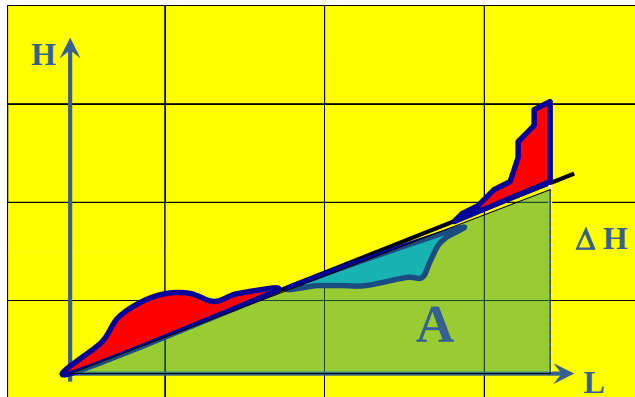
25

Declividade do Terreno



26

Declividade dos rios



$$A = \frac{L \cdot \Delta H}{2} \therefore \Delta H = \frac{2A}{L}$$

$$S = \tan \theta = \frac{\Delta H}{L}$$

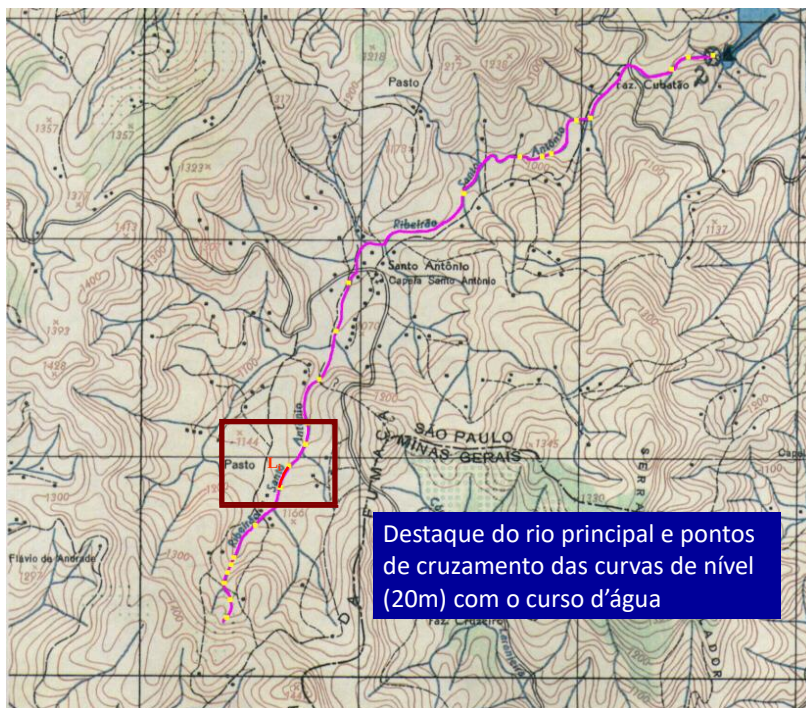
$$S_2 = \frac{2A}{L^2}$$

Considerando a área A

Maior declividade {

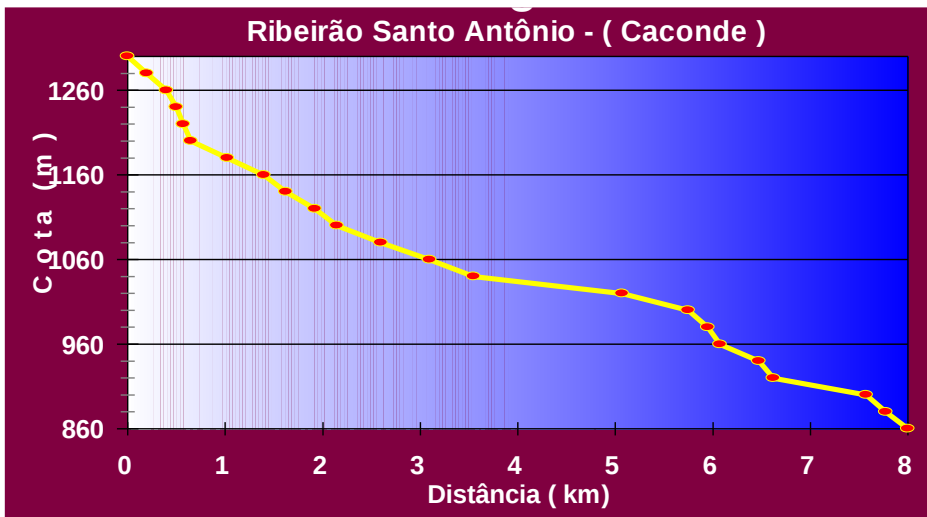
- Menor tempo de concentração
- Maior vazão de pico de cheia

27



28

Traçado do Perfil Longitudinal do Rio



29

CICLO HIDROLÓGICO

Definição e variáveis

32

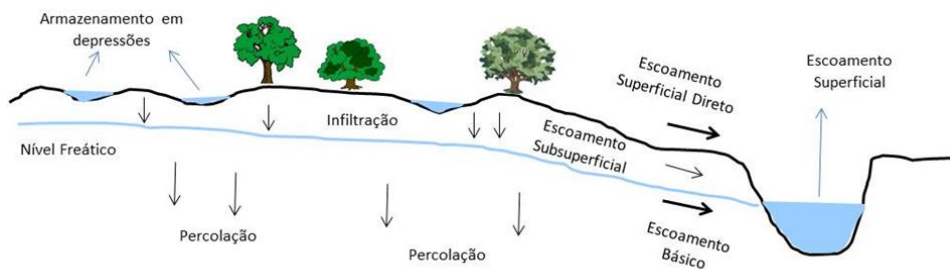
Ciclo Hidrológico

Definição

- 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

33

Escoamento superficial



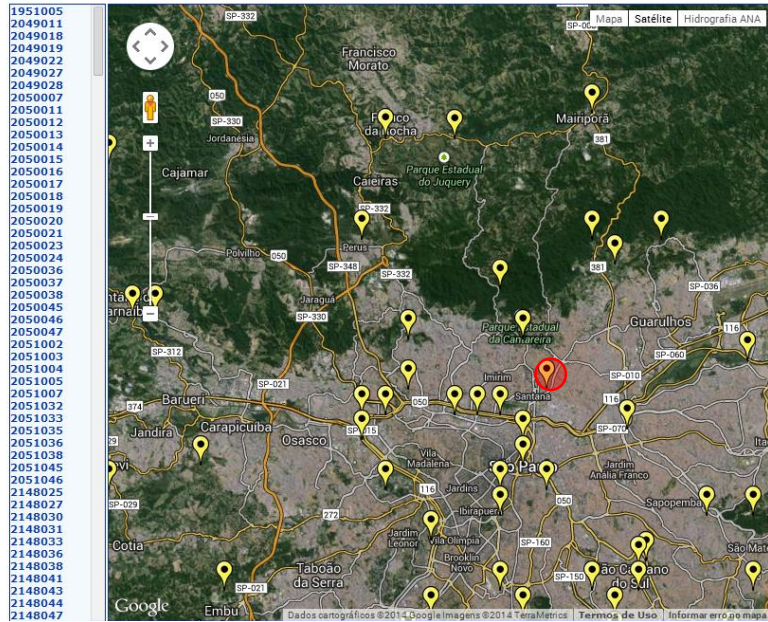
- O escoamento superficial representa a resposta aos processos hidrológicos que ocorrem na bacia que variam no espaço e no tempo
- A variação depende principalmente da distribuição espacial e das oscilações sazonais e intra-anuais da precipitação
- Outros fatores influenciam os resultados dos processos hidrológicos (topografia, solo, geologia, vegetação, uso do solo e a rede de drenagem natural)
- Diferentes combinações desses fatores resultam em diferentes respostas da bacia ao escoamento superficial

36

Estações de Monitoramento ANA selecionadas

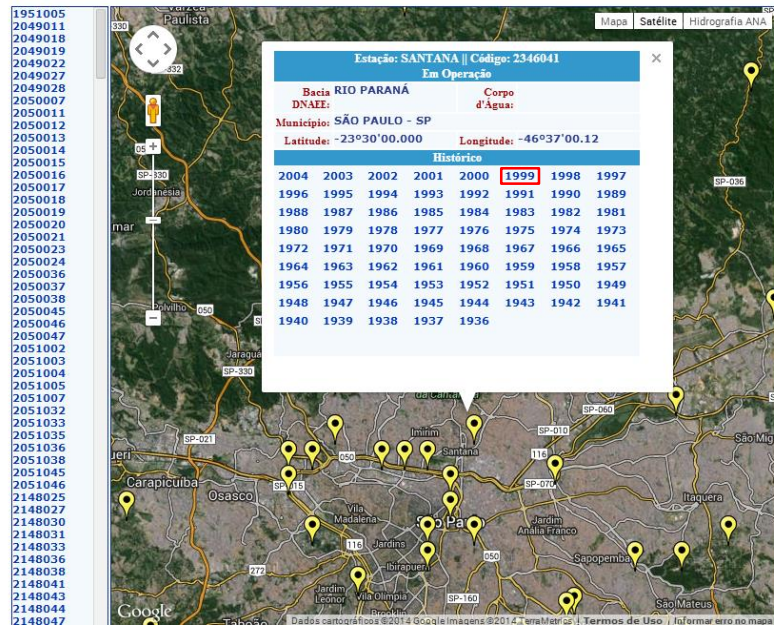
Dados
de chuva

Portal SNIR (ANA)

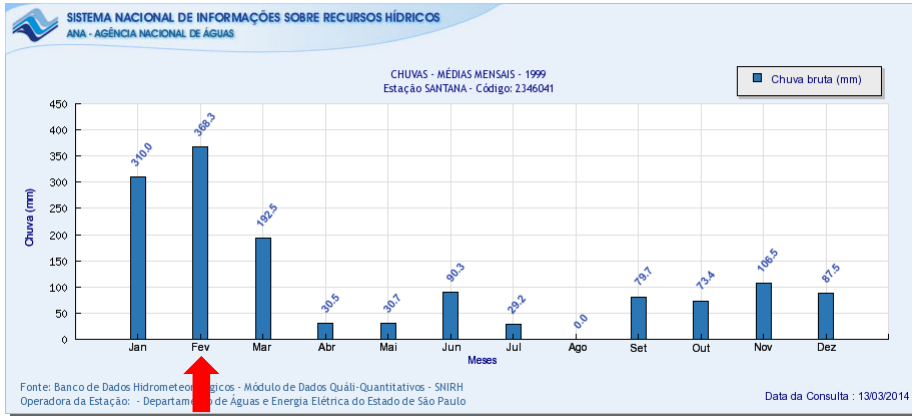


37

Estações de Monitoramento ANA selecionadas

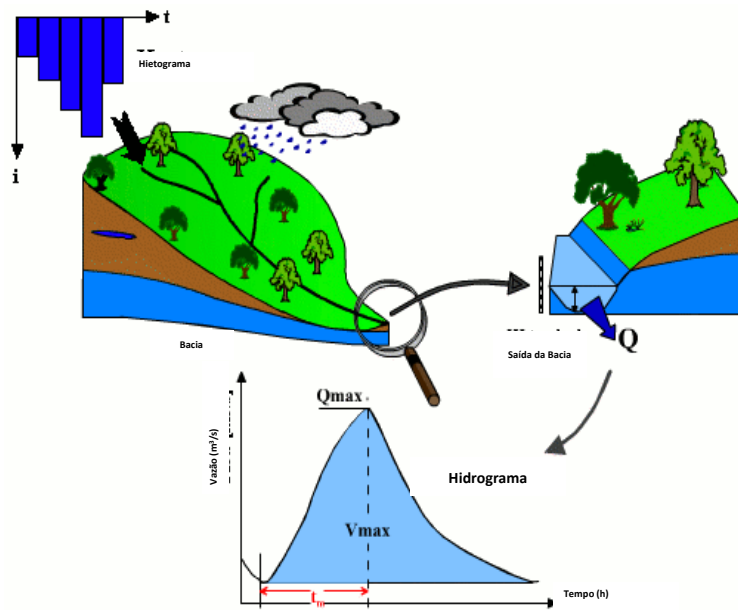


38



39

Relação Precipitação x Vazão



41

Instalação



Pluviômetro de Bâscula

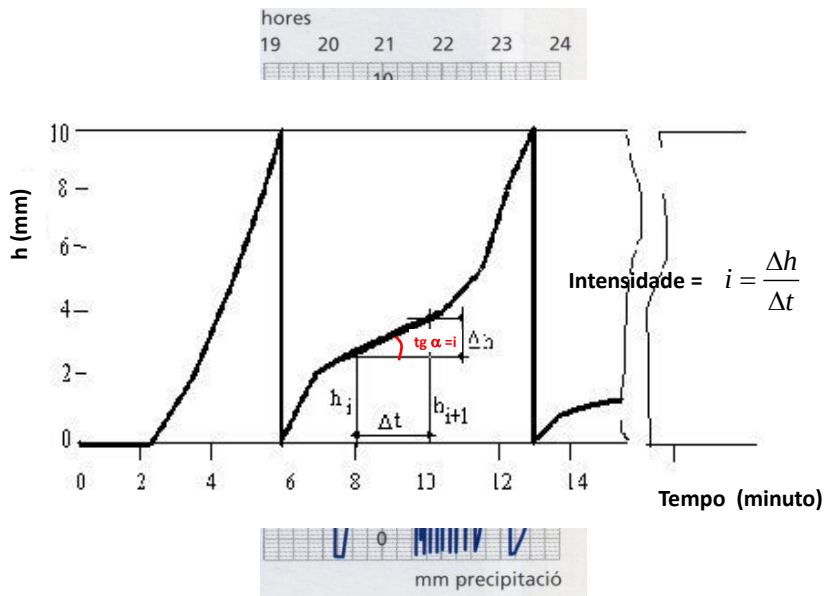


Análise de Pluviograma



44

Análise de Pluviograma

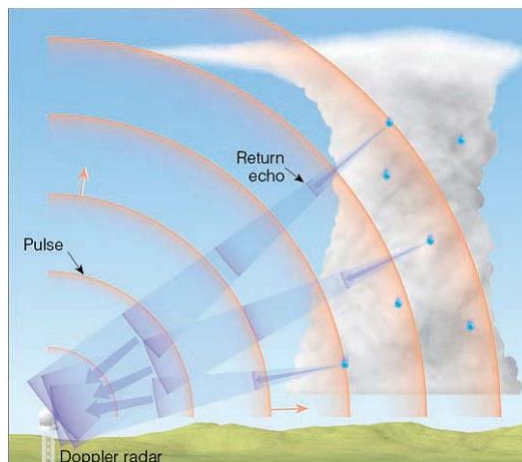


45

Radar meteorológico

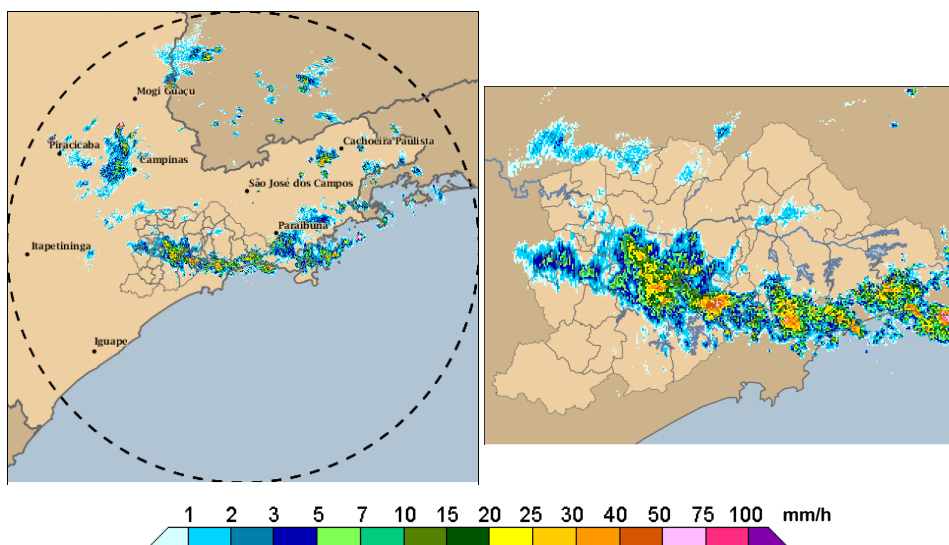
- A refletividade possui uma relação física com o espectro de gotas observado
- Pode-se determinar a partir deste espectro uma relação entre a refletividade do radar (R) e a taxa de precipitação (Z) correspondente

$$Z = A \cdot R^b$$



46

Radar Meteorológico - SAISP Relatório de evento de chuva de 28/02/2015

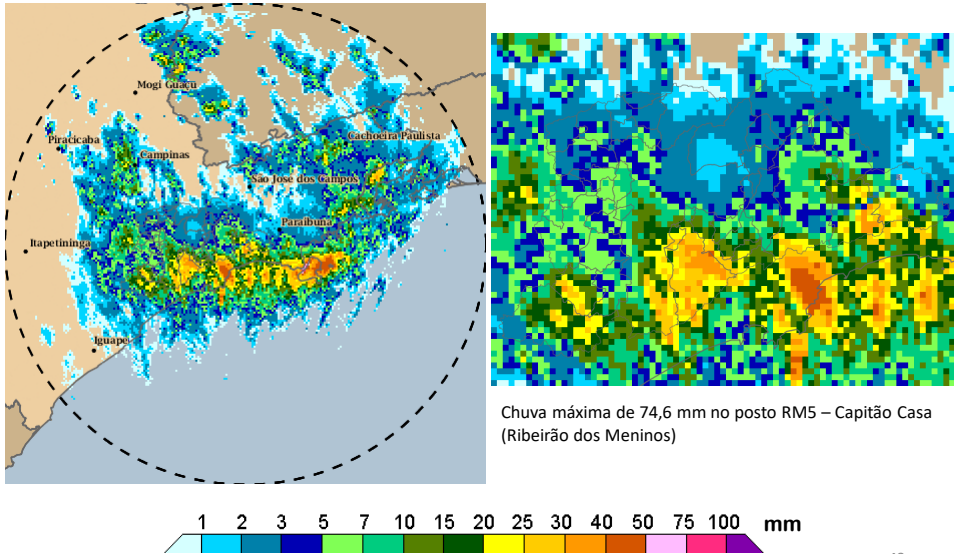


Fonte: www.saisp.br

47

Radar Meteorológico - SAISP

Chuva Acumulada de 28/02/2015 7:00 h às 01/03/2015 0:40 h



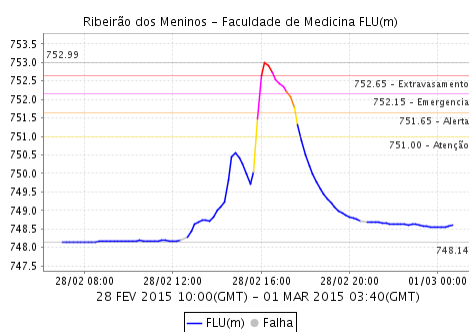
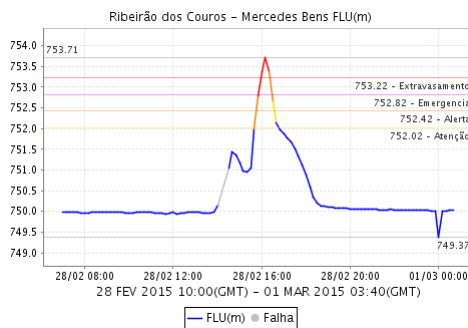
Fonte: www.saisp.br

48

Chuva acumulada e Fluviometria

Evento 28/02/2015 7:00 h às 01/03/2015 0:40 h

Posto	PLU (mm)	FLU (m)	Bacia	Município
RM5 – Capitão Casa	74,6	-	Ribeirão dos Meninos	Diadema
RC3 – Mercedes Bens	50,2	753,71	Ribeirão dos Couros	Diadema
RM9 – Faculdade de Medicina	34,0	752,99	Ribeirão dos Meninos	Santo André



49

Precipitação

Intensidade - Duração - Frequência (IDF)

Expressões obtidas de ajustes de distribuição de frequência

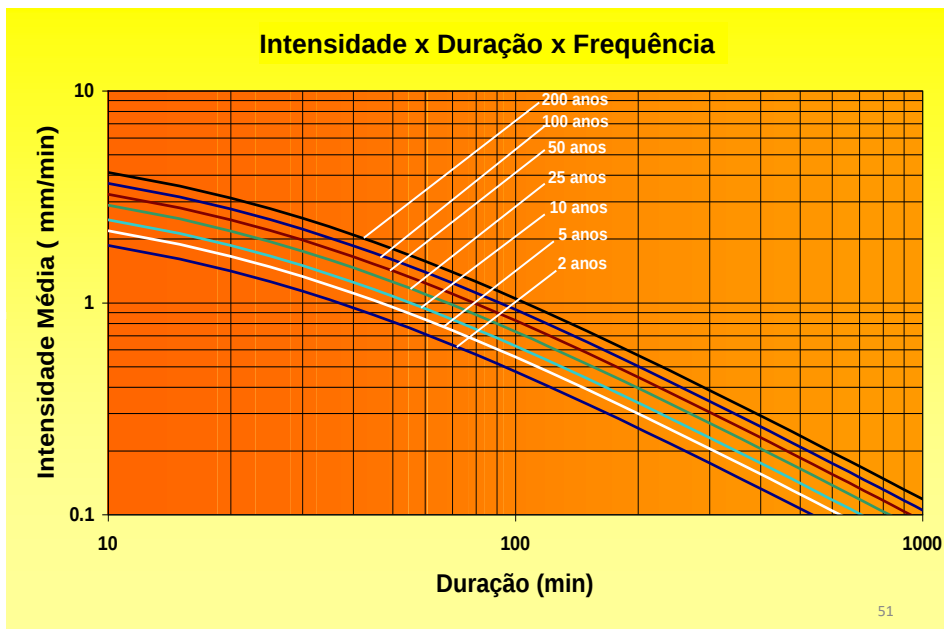
$$i = \frac{K \cdot T_R^m}{(t + t_0)^n}$$

Local	K	m	t ₀	n
São Paulo	57,71	0,172	22	1,025
Curitiba	20,65	0,150	20	0,740
R.de Janeiro	99,154	0,217	26	1,150
Belo Horizonte	24,131	0,100	20	0,840

- i é a intensidade média da chuva (mm/min)
- t é a duração da chuva (minutos)
- T_R é o período de recorrência (anos)
- m, n, t_0 e K são parâmetros relativos ao ajuste da equação

50

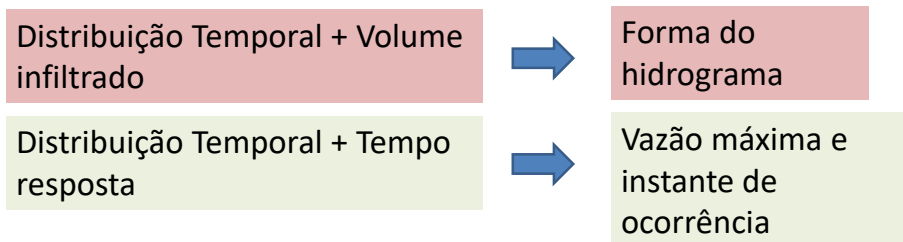
Curvas IDF



51

Distribuição Temporal

- A distribuição temporal dos volumes precipitados condicionará o volume infiltrado e a forma do hidrograma de escoamento superficial direto originado pela chuva excedente
- A distribuição temporal da chuva e o tempo de resposta da bacia hidrográfica vão determinar os valores da vazão máxima do hidrograma e o instante de ocorrência



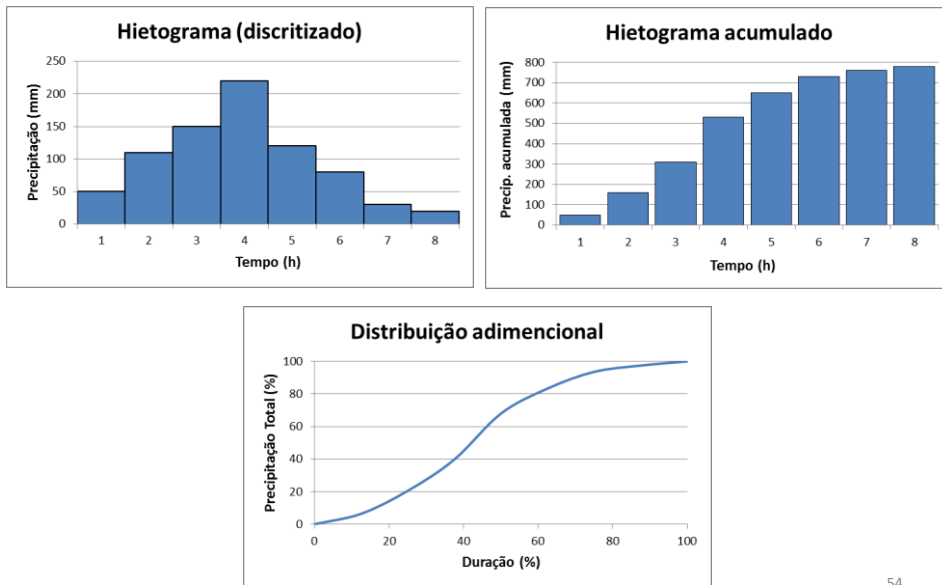
52

Distribuição temporal

- Curvas de infiltração da bacia (dependem da condição de umidade inicial e do tipo e uso do solo)
 - haverá variação do volume do escoamento superficial na bacia, e em função também da distribuição temporal da chuva
- Há grande dispersão nos padrões dos hietogramas para precipitações de mesma duração, devido à complexidade dos fenômenos físicos envolvidos.

53

Distribuição Temporal



54

Método dos Blocos Alternados

Exemplo

- Calcular a tormenta de projeto para a cidade de São Paulo, com duração de 100 minutos, com intervalo de tempo de 10 minutos e para um período de retorno de 5 anos.
- IDF para a cidade de São Paulo (relação intensidade-duração-frequência de P. S. Wilken)

$$i = \frac{57,71.T^{0,172}}{(t + 22)^{1,025}}$$

i = intensidade média da chuva (mm/min)

T = período de retorno da chuva (anos)

t = duração da chuva (min)

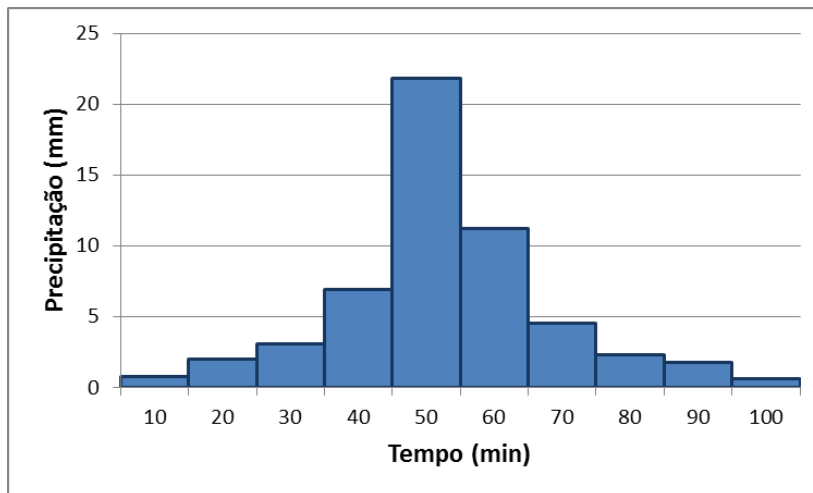
55

Método dos Blocos Alternados

Duração (min)	Intensidade da chuva (mm/min)	Altura de chuva acumulada (mm)	Incremento da altura (mm)	Intervalo considerado (min)	Hietograma de projeto (mm)
10	2,18	21,81	21,81	0 – 10	0,75
20	1,65	33,00	11,19	10 – 20	2,00
30	1,33	39,90	6,90	20 – 30	3,10
40	1,11	44,40	4,50	30 – 40	6,90
50	0,95	47,50	3,10	40 – 50	21,18
60	0,83	49,80	2,30	50 – 60	11,19
70	0,74	51,80		60 – 70	
$= 33,0 - 21,81 = 11,19$					
			0,75	80 – 90	1,80
			0,65	90 – 100	0,65

56

Método dos Blocos Alternados

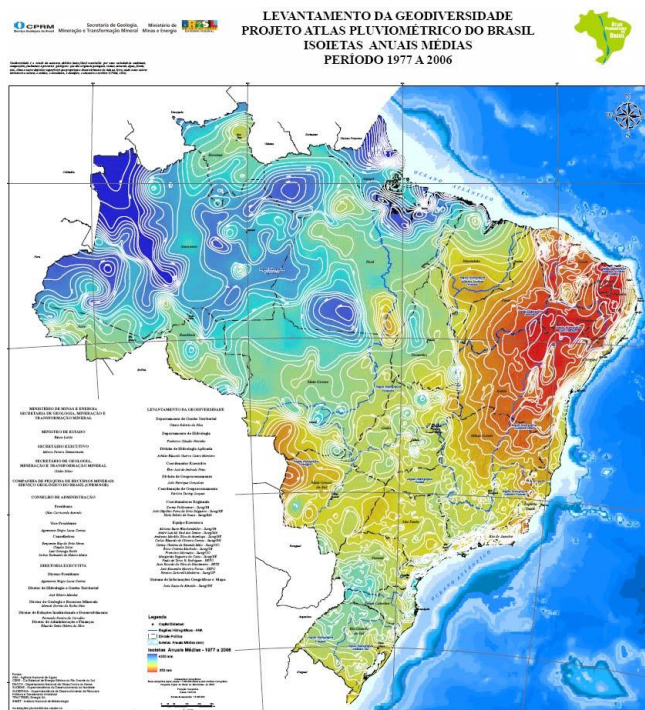


57

Distribuição Espacial

- Chuva não ocorre de forma uniforme na bacia
- A chuva se move na direção ~ paralela à direção predominante do vento
- Isoieta: mapa representativo

58

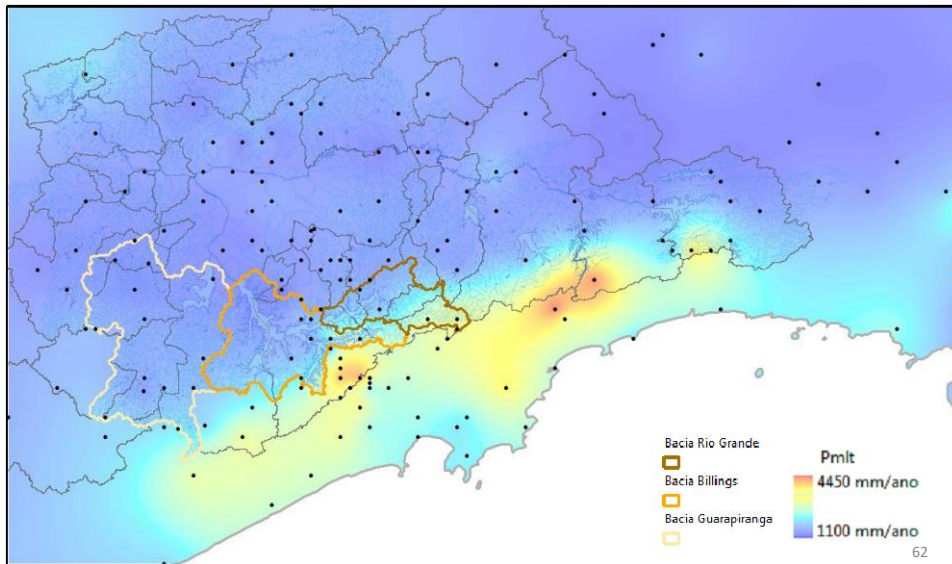


http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Anuais_1977_2006_2011.pdf

59

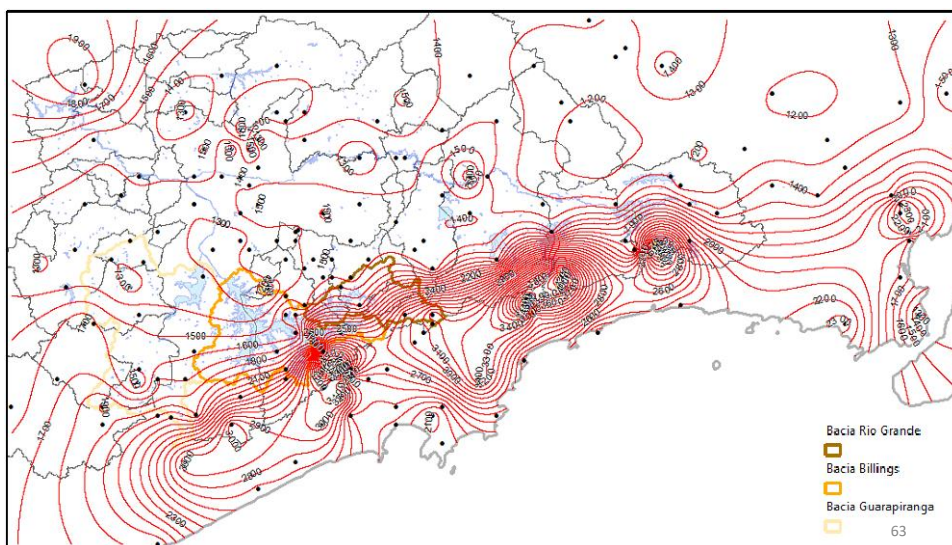
Bacia do Alto Tietê

Precipitação anual média de longo termo



Bacia Alto Tietê

Precipitação anual média - Isoieta

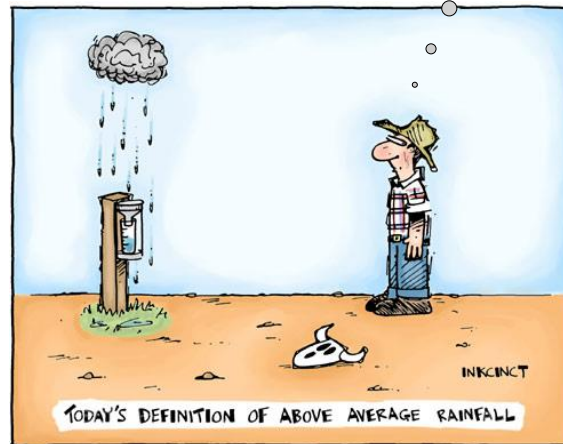


Cálculo da chuva média na bacia

Problema prático

Qual é o volume precipitado sobre uma bacia situada em uma região que possui diversos postos que registram valores variados?

Será que vai chover muito hoje?



65

Precipitação média na bacia

■ Método de Thiessen

- ❑ Variação espacial discreta da chuva
- ❑ Resultado é único (independe do autor)
- ❑ Não considera a distribuição espacial de um evento
- ❑ Seu cálculo é facilmente automatizado

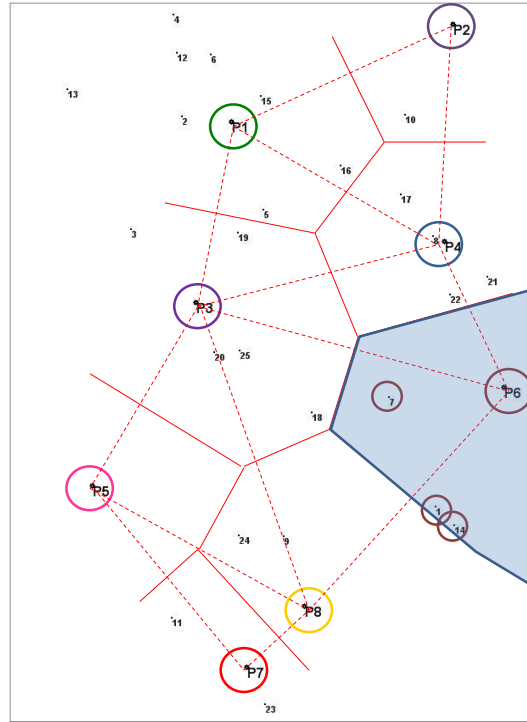
■ Isoietas

- ❑ Variação espacial contínua da chuva
- ❑ Resultado não é único (depende do autor)
- ❑ Considera a distribuição espacial de um evento
- ❑ Seu cálculo pode ser parcialmente automatizado (SIG)

Escolha do Método depende do objetivo e da quantidade de postos

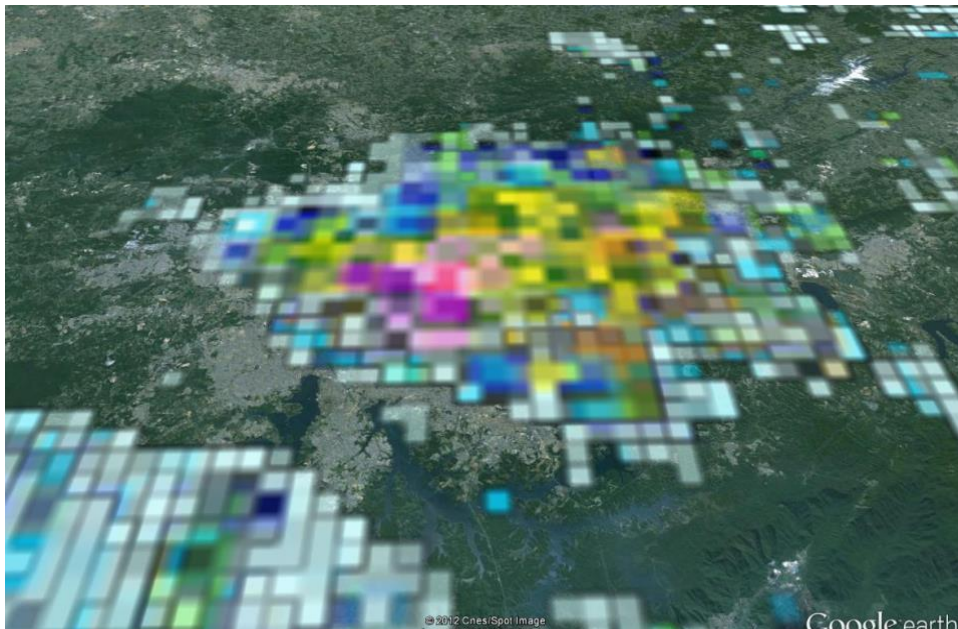
66

Método de Thiessen



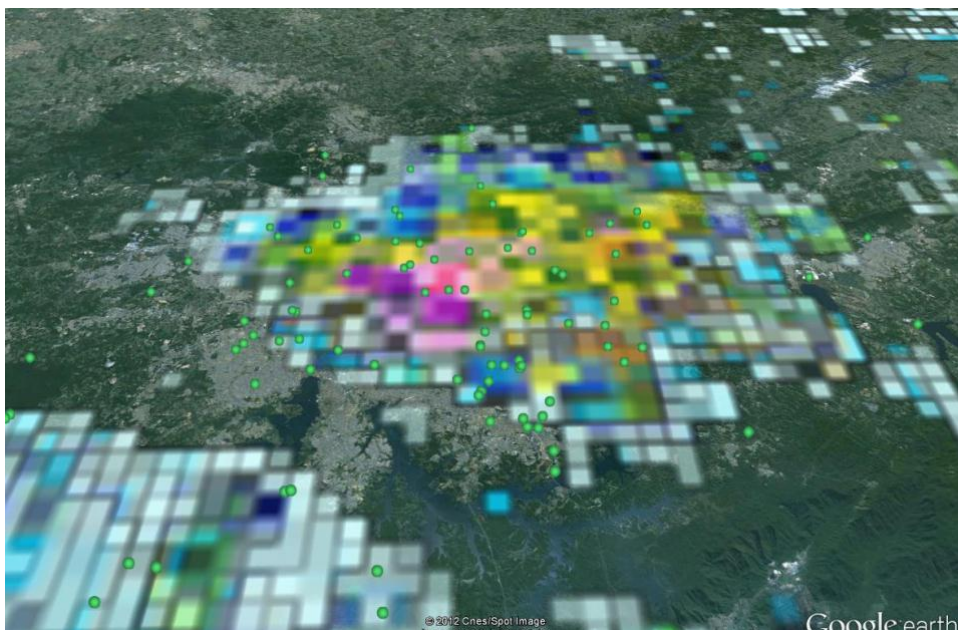
68





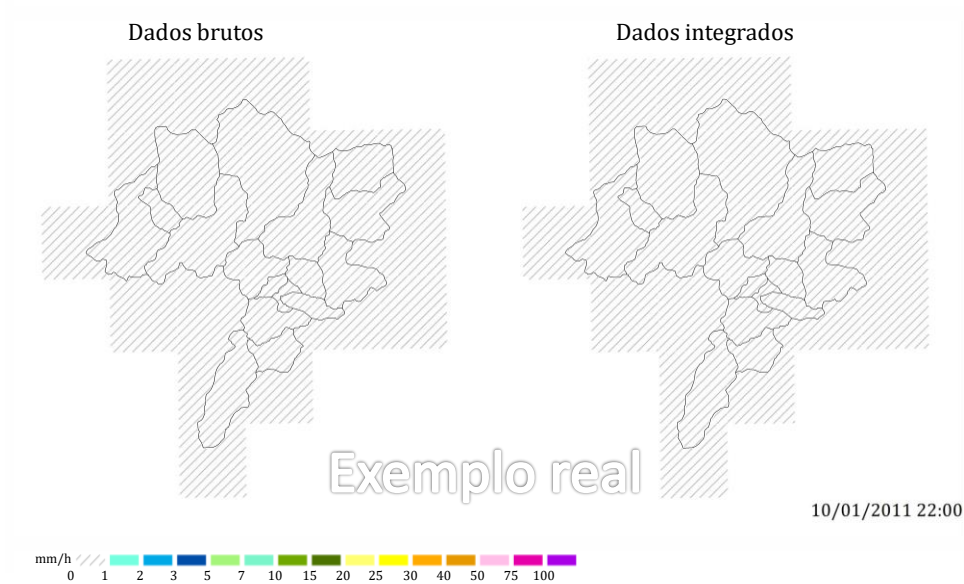
Radar Meteorológico SAISP

Integração com os postos pluviométricos



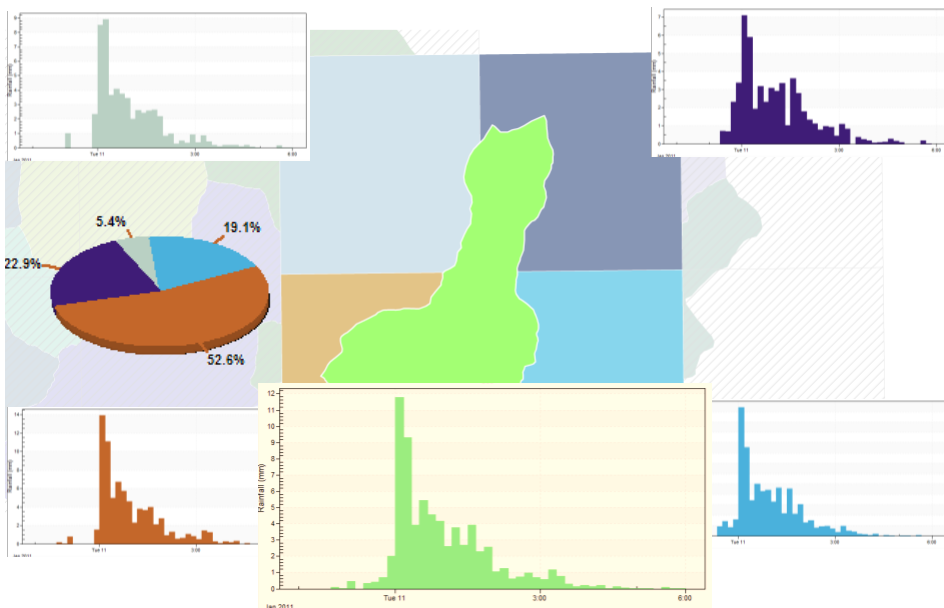
Radar Meteorológico SAISP

Integração com os postos pluviométricos

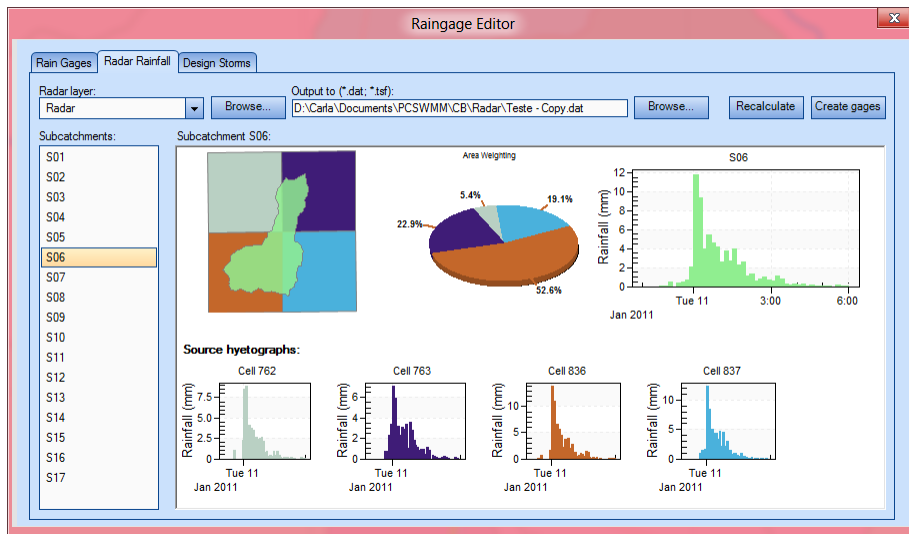


Radar Meteorológico SAISP

Integração com os postos pluviométricos



Distribuição espacial da chuva



Distribuição espacial da chuva

Conceito de Período de Retorno

$$T = \frac{1}{P}$$

Quando a ocorrência de um determinado evento está associada a um período de retorno igual a 50 anos, diz-se que tal evento deve ocorrer ou ser superado num tempo médio de 50 anos. Fica intrínseco que sua probabilidade de ocorrência é igual a 2% (em um ano QUALQUER).

É um conceito probabilístico (não significa periodicidade!!!)

Conceito de Risco Associado a um Período de Retorno

$$T = \frac{1}{P}$$

Período de retorno igual ao inverso da probabilidade de ocorrência;

$$q_1 = 1 - P$$

Probabilidade de não-ocorrência num ano;

$$q_n = (1 - P)^n$$

Probabilidade de não-ocorrência em um período "n" ("n" anos);

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Probabilidade de ocorrência (uma ou mais vezes) de um determinado evento em um determinado período "n" chamado de horizonte de planejamento. Risco.

77

Exemplo

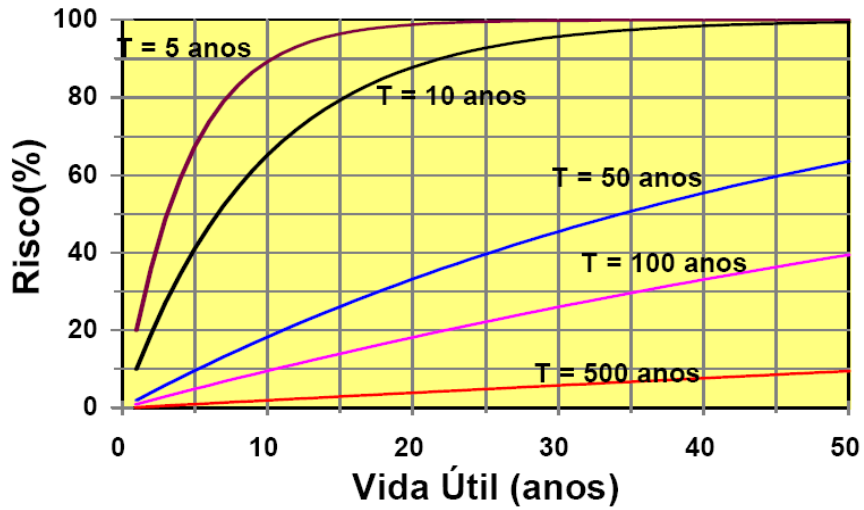
Qual o risco que a canalização do rio Tamanduateí tem de falhar pelo menos uma vez durante sua vida útil, estimada em 50 anos? A obra foi projetada para $T = 500$ anos.

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{500}\right)^{50} = 0,095 = 9,5\%$$

78

Risco x T

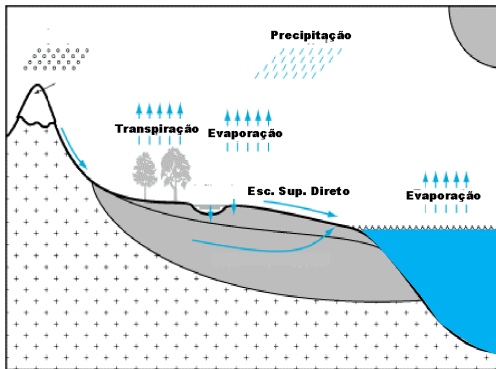


79

ESTIMATIVA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Medição de Vazão

80



Todo o escoamento que aparece no curso d'água é chamado de Escoamento Superficial

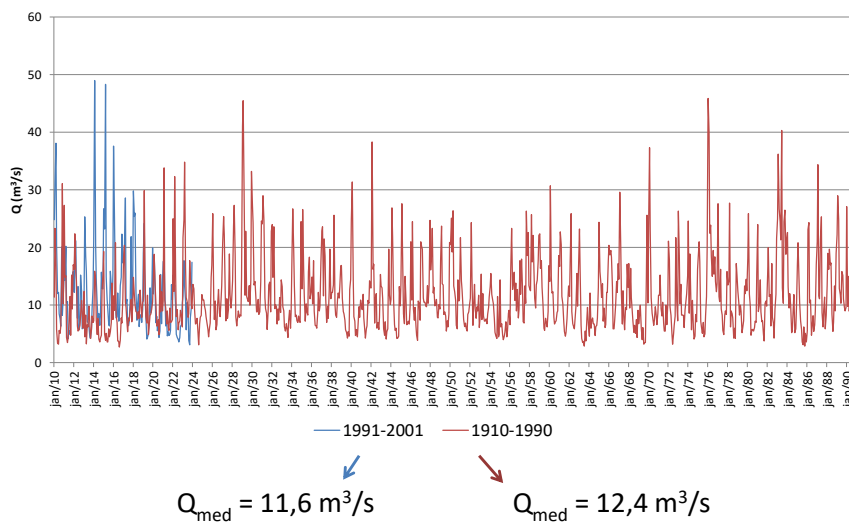
Normalmente indicado em:

- unidades de vazão (m^3/s , l/s , hm^3/ano)
- lâmina de escoamento (mm/dia , $\text{mm}/\text{mês}$, etc.)

81

Exemplos de Hidrograma

Vazões médias mensais do Rio Guarapiranga



82

Finalidade da medição de vazões

- Criar séries históricas
- Análise de vazões mínimas: autodepuração de esgotos, calado para navegação, etc.
- Análise de vazões médias: dimensionamento de reservatórios, etc.
- Análise de vazões máximas: dimensionamento de vertedores, bacias de retenção, etc.
- Operação em tempo real: comportas, controle de cheias, etc.
- Cálculo de vazões de referência para outorga

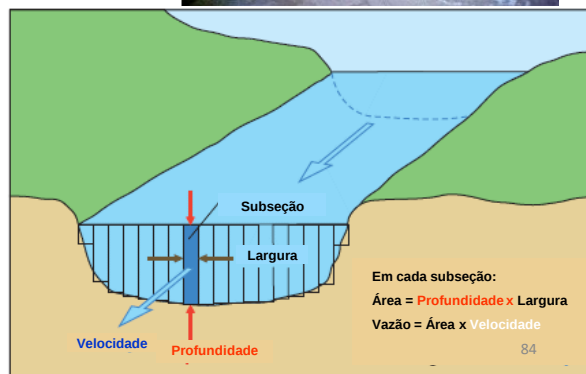
83

Métodos de medição de vazão

Medição com estruturas hidráulicas



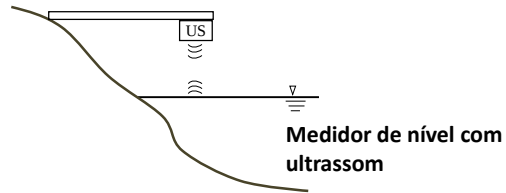
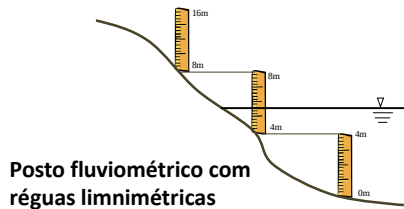
Medição por Velocidade



84

Relação entre o nível e a vazão

- Curva-chave: obtenção da vazão a partir da medição do nível d'água
- Métodos de medição: leitura manual ou eletrônica/mecânica (linígrafos de bóia, de bolha; sensores ultrassônicos ou de pressão)



85

Limnígrafo Ultrassônico



86

Limnógrafo Ultrassônico

Data Logger



Transmissão
de dados

87

Relação entre o nível e a vazão

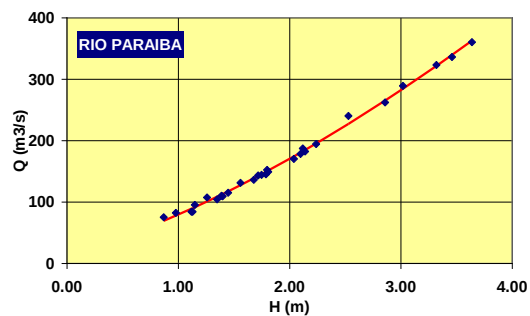
- Curva chave: nível (H) X vazão (Q)
- Forma geral

$$Q = a(H - H_0)^b$$

Q – vazão (m³/s)

H – nível da água (m)

H₀, a, b – parâmetros de ajuste



88

Qual é a vazão de projeto?

É um dos problemas mais comuns (e importantes) em hidrologia, uma vez que envolve diretamente as dimensões da obra (e portanto, seu custo) e o risco que esta obra tem de falhar durante sua vida útil.

Estrutura	Período de Retorno – T (anos)
Bueiros de estrada pouco movimentada	5 a 10
Bueiros de estrada pouco movimentada	50 a 100
Pontes	50 a 100
Diques de proteção de cidades	50 a 200
Drenagem pluvial	2 a 500
Obras de microdrenagem	2 a 10
Obras de macrodrenagem	25 a 100
Pequenas barragens	100
Grandes barragens (vertedor)	10.000

89

Vazões máximas

Transformação da chuva em vazão

Área (km²)	Método	Observação
≤ 2 (200 ha)	Racional (Mulvaney, 1851)	SMDU – SP, 2012 (3 km²). Brutsaert, 2005 (até 15 km²)
> 2	Hidrograma Unitário - NRCS	-

Fonte: Collischonn e Dornelles, (2013)

Método Racional

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

Q – vazão máxima (m³/s)

C – coeficiente de escoamento superficial

i – intensidade de chuva (mm/h)

A – área da bacia hidrográfica (km²)

90

Valores de C para diferentes tipos de cobertura da (superfície) e tipo de ocupação da bacia (zona)

Superfície	C	Zona	C
Asfalto	0,70 a 0,95	Centro da cidade densamente construído	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95	Partes adjacentes ao centro com menor densidade	0,6 a 0,70
Calçada	0,75 a 0,85	Áreas residenciais com poucas superfícies livres	0,50 a 0,60
Telhado	0,75 a 0,95	Áreas residenciais com muitas superfícies livres	0,25 a 0,50
Grama (solo arenoso plano)	0,05 a 0,10	Subúrbios com alguma edificação	0,10 a 0,25
Grama (solo arenoso inclinado)	0,15 a 0,20	Matas, parques e campos de esportes	0,05 a 0,20
Grama (solo argiloso plano)	0,13 a 0,17		
Grama (solo argiloso inclinado)	0,25 a 0,35		
Áreas rurais	0 a 0,30		

Fonte: Collischonn e Dornelles, (2013)

Exemplo:

Qual a vazão máxima de uma bacia de 0,7 km² em São Paulo, numa área residencial com algumas superfícies livres, considerando que o tempo de concentração da bacia é de 30 min?

→ Duração da chuva igual ao tempo de concentração (vide slide 55)

$$i = 1,33 \frac{mm}{min} = 1,33 \cdot 60 = 79,8 \text{ mm/h}$$

$$C = 0,5$$

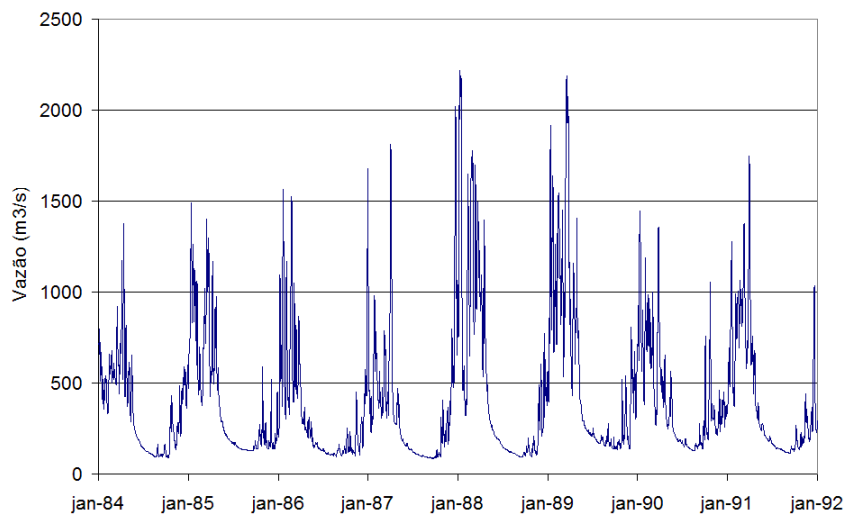
$$A = 0,7 \text{ km}^2$$

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6} = \frac{0,5 \cdot 79,8 \cdot 0,7}{3,6} = 7,76 \text{ m}^3/\text{s}$$

91

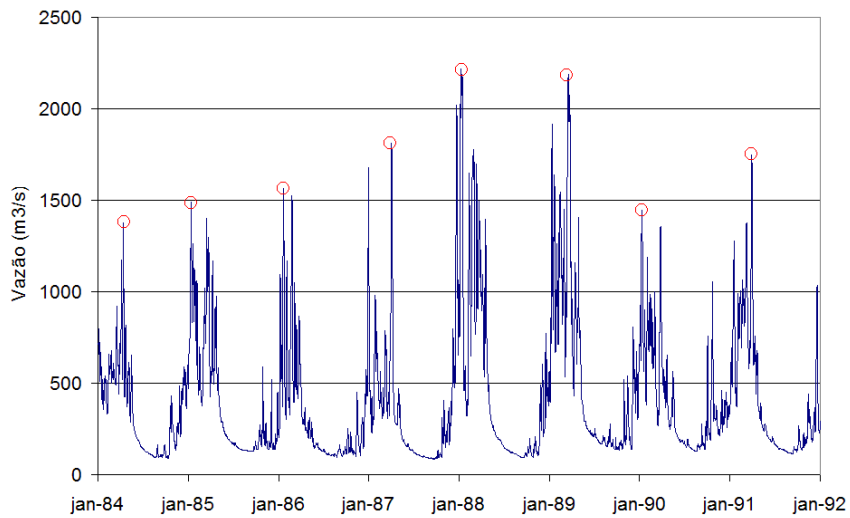
Determinação de Condições Extremas

Séries de vazões diárias



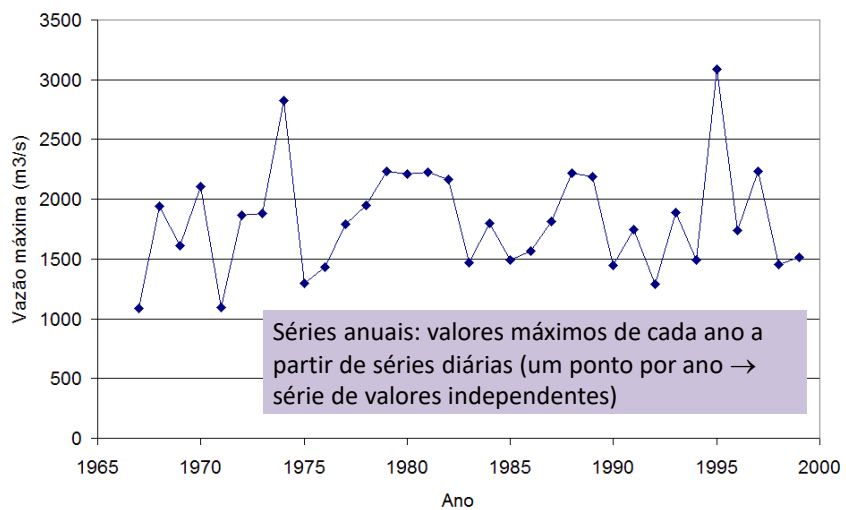
92

Séries de Vazões Máximas



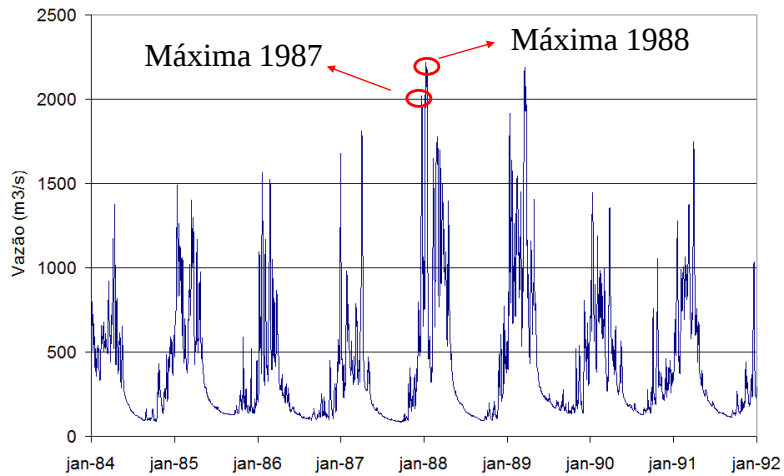
93

Séries de Vazões Máximas



94

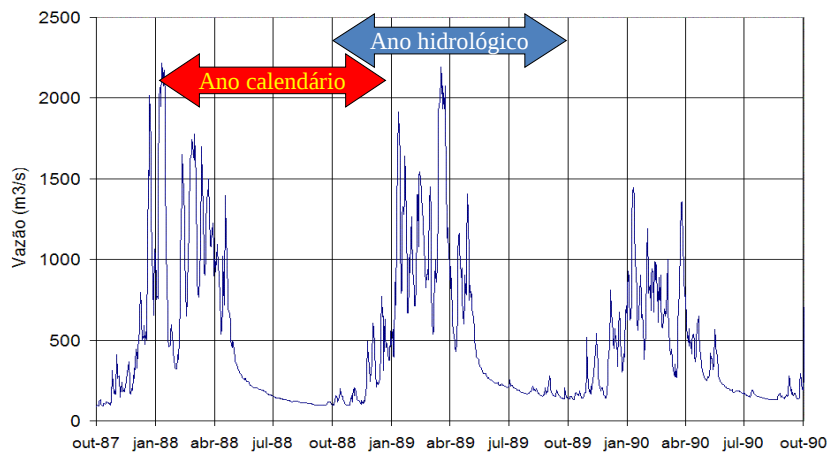
Ano Calendário x Ano Hidrológico



as máximas de 1987 e 1988 não são independentes...

95

Ano Hidrológico

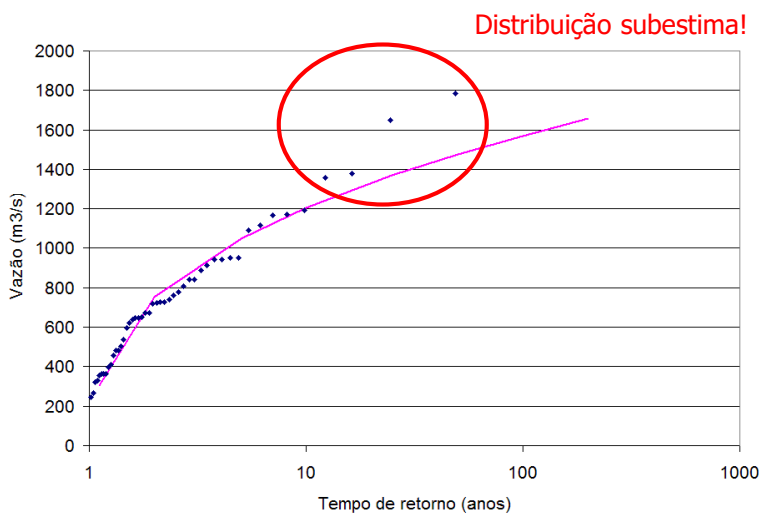


96

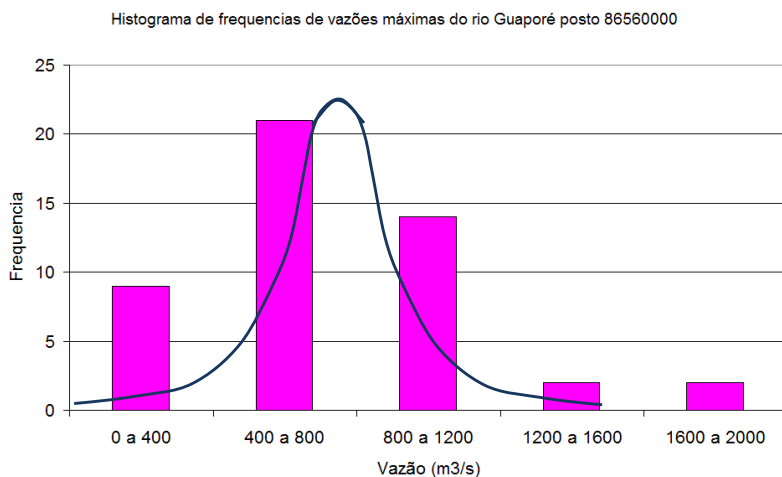
Ajuste de Distribuição de Probabilidade

Distribuição Normal

Rio Guaporé – Dados de 1940 a 1995



97



A distribuição de frequência de vazões máximas não é normal (simétrica)

98

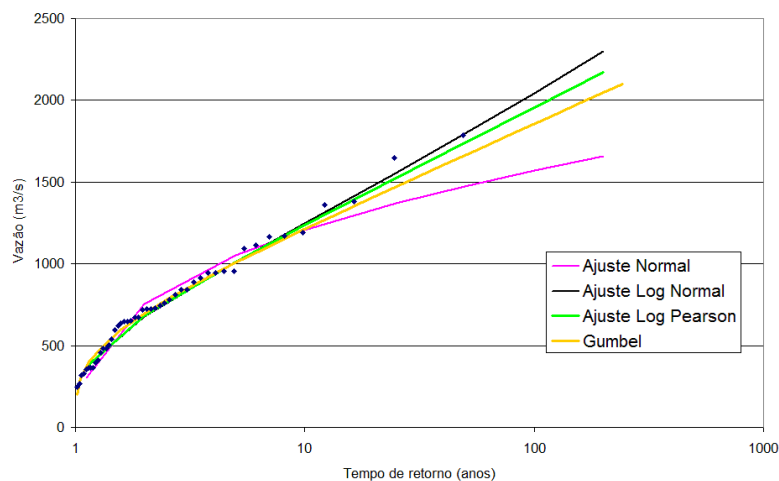
Distribuições de Probabilidade

• As distribuições de probabilidades que normalmente se adaptam bem a vazões máximas são:

- GUMBEL (2 parâmetros)
- LOG GUMBEL (2 parâmetros)
- LOG NORMAL (2 parâmetros)
- LOG PEARSON III (3 parâmetros)

99

Distribuições de Frequência para o Rio Guaporé



100

Comparação de resultados Rio Guaporé

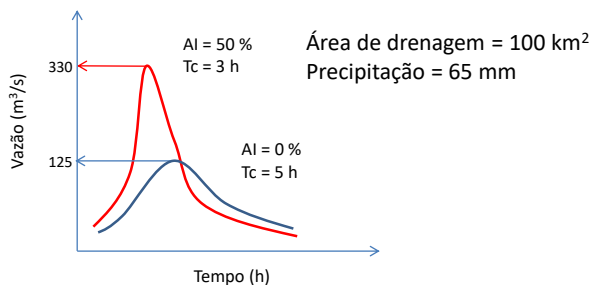
T	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	754	678	685	696
5	1050	1010	1013	1007
10	1204	1245	1236	1212
25	1369	1554	1522	1472
50	1475	1794	1737	1665
100	1571	2041	1953	1856

Qual distribuição de probabilidade deve-se adotar?

101

Enchentes urbanas

- Fenômeno natural em áreas ribeirinhas
 - Frequência de 2 a 3 anos
 - Ocorrem em bacias maiores que 1000 km²
- Urbanização
 - Causa: impermeabilização
 - Consequência: aumento e antecipação do pico da vazão



102

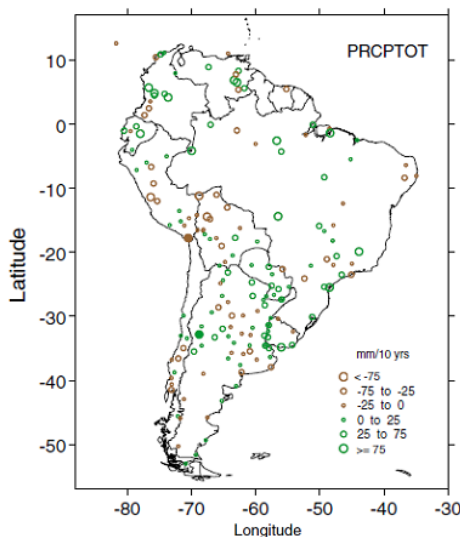
Influência de mudanças climáticas

Abastecimento doméstico, industrial e agrícola

- Tendência de aumentar a variabilidade das precipitações
 - No Brasil a precipitação anual média poderá se elevar em até 10% nas áreas úmidas e reduzir em até 15% na região do semiárido
- Inundações mais frequentes
- Secas ocorrerem mais cedo do que o normal
- Maior custo com infraestrutura, sociais e ambientais
- Temperaturas mais elevadas podem levar ao aumento da demanda de irrigação (1 a 3% até 2020, podendo chegar a +15% na Ásia)
- Requer mudanças no manejo dos recursos hídricos e na ocupação do solo

103

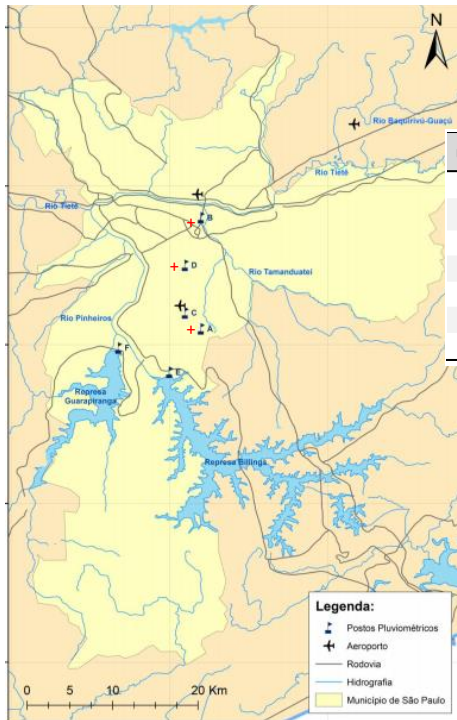
Tendências observadas na precipitação total anual para o período entre 1950 e 2010



- Difícil estabelecer um padrão regional
- Amazônia: Tendência positiva para precipitação total anual e na frequência de eventos extremos
- Nordeste: Tendência negativa mas com menor nível de confiança
- Sudeste: predominância de tendências positivas significativas da precipitação total anual e na frequência de eventos extremos

Fonte: Skansi *et al.* (2013)

104



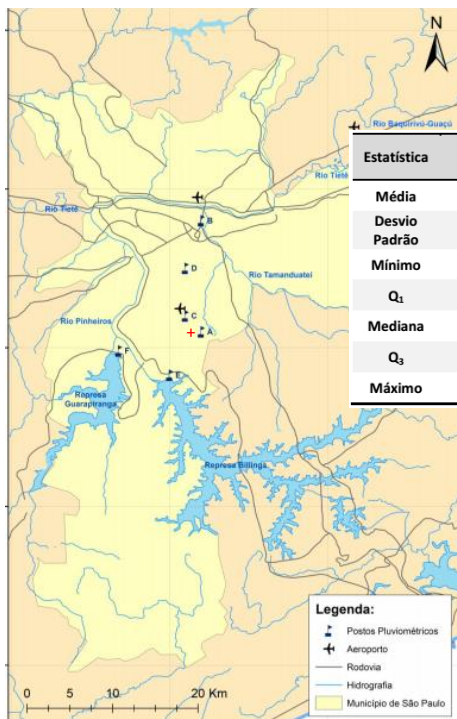
Tendências temporais para precipitação total anual

Estatística	Precipitação Total Anual [mm]					
	Posto A	Posto B	Posto C	Posto D	Posto E	Posto F
Média	1415,7	1357,4	1307,4	1403,1	1342,9	1345,5
Desvio Padrão	267,7	275,0	261,6	287,3	229,9	253,7
Mínimo	887,0	803,6	859,2	877,6	829,8	834,6
Q ₁	1226,6	1166,0	1158,7	1210,7	1184,0	1179,4
Mediana	1372,9	1349,4	1291,0	1365,5	1326,3	1297,8
Q ₃	1526,05	1523,4	1398,225	1555,6	1475,75	1459,6
Máximo	2228,5	2270,9	2182,2	2187,1	2076,5	2158,4

Posto	N	Início	Final	Tendência
A	80	1933	2012	+
B	117	1888	2004	+
C	58	1946	2003	0
D	61	1943	2003	+
E	88	1925	2012	0
F	91	1922	2012	0

Fonte: Coelho (2014)

105



Tendências temporais para precipitação máxima diária anual

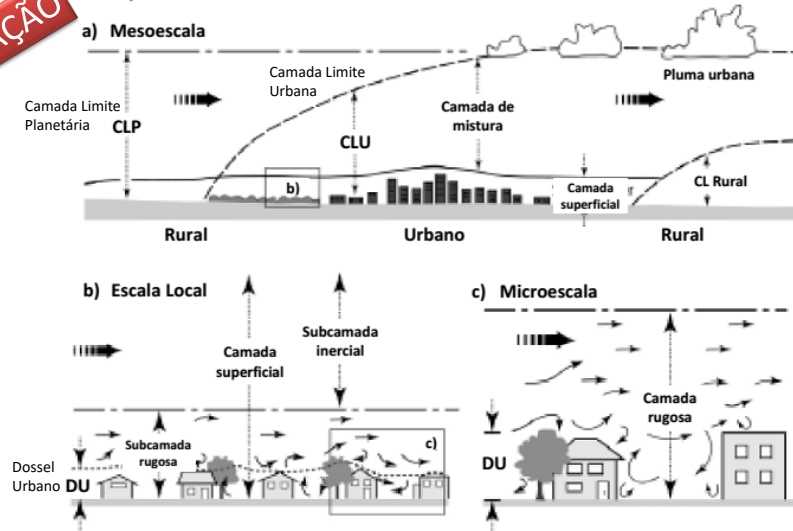
Estatística	Precipitação Total Anual [mm]					
	Posto A	Posto B	Posto C	Posto D	Posto E	Posto F
Média	77,3	78,9	71,7	75,4	71,3	73,0
Desvio Padrão	23,4	23,0	21,5	20,7	20,4	19,9
Mínimo	45,6	43,9	39,5	40,5	30,0	32,2
Q ₁	59,5	60,8	55,6	59,8	56,1	59,0
Mediana	72,5	76,2	67,2	74,7	67,6	70,4
Q ₃	92	93,4	84,2	84,5	82,5	84,4
Máximo	150,3	146,8	132,3	133,7	145,0	136,4

Posto	N	Início	Final	Tendência
A	80	1933	2012	+
B	114	1888	2004	0
C	59	1946	2003	0
D	57	1943	2003	0
E	88	1925	2012	0
F	91	1922	2012	0

Fonte: Coelho (2014)

106

URBANIZAÇÃO



Mecanismos que afetam a ocorrência das precipitações em áreas urbanas:

- Desestabilização da CLU devido a perturbações térmicas geradas pelas Ilhas de Calor Urbanas
- Desenvolvimento de áreas de convergência devido ao aumento da rugosidade da superfície
- Divisão e/ou desvios dos sistemas de precipitação pela cobertura urbana
- Aumento dos aerossóis provenientes das emissões atmosféricas

107

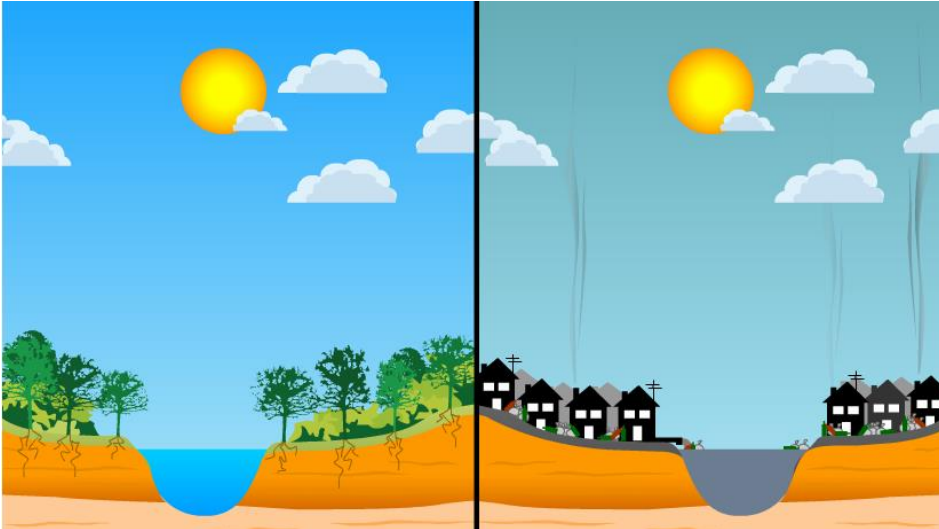
Interferências antrópicas

Antes x Depois



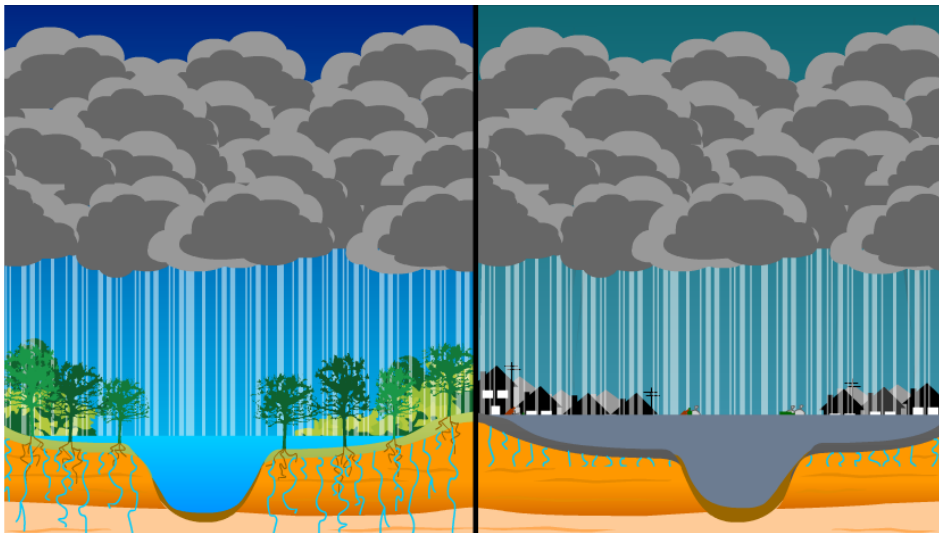
108

Efeito da urbanização



109

Efeito da urbanização



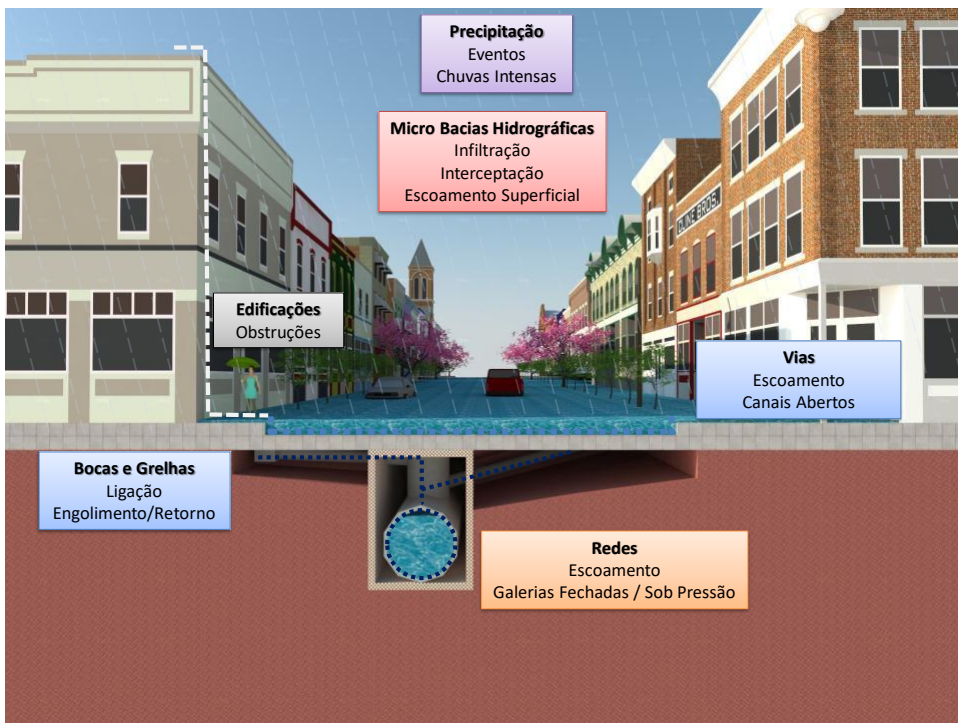
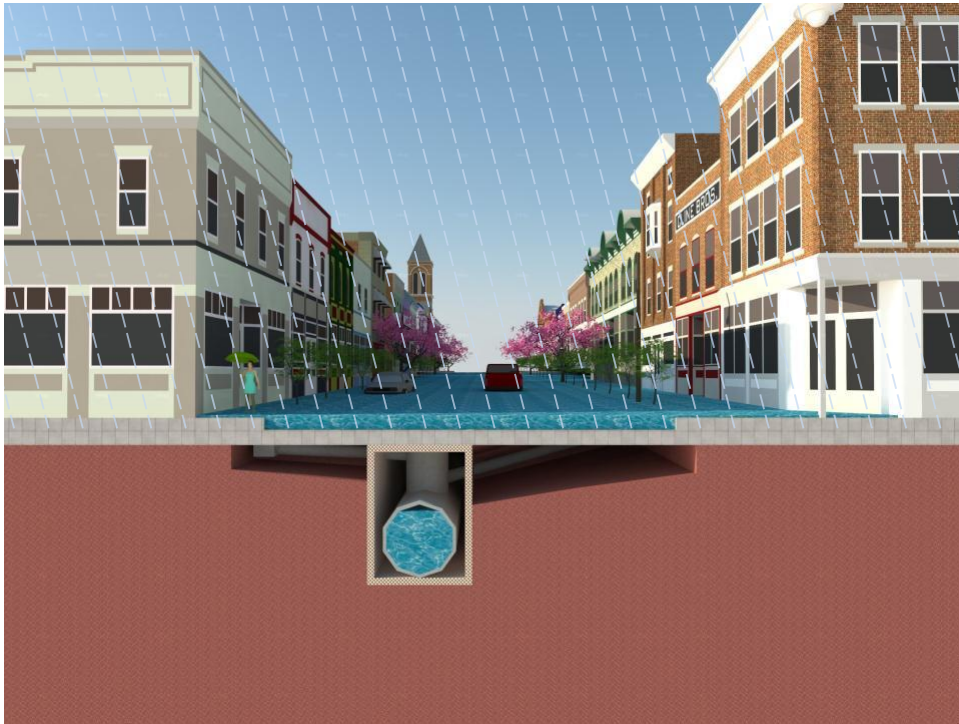
110

Modelos Integrados

- Hidrológico
 - Transformação Chuva-Vazão
 - Postos Telemétricos
 - Radar Meteorológico
 - Água Subterrânea
- Hidráulico
 - Canais e Condutos
 - Abertos
 - Fechados
 - Rede Dupla
 - Superficial
 - Subterrânea
 - Estruturas
 - Reservatórios/Piscinões
 - Vertedores/Orifícios
 - Simulação de Manobras
 - Comportas
 - Bombas
- Qualidade da Água
 - Multiparâmetros
 - Cargas Pontuais
 - Cargas Difusas
- Dispositivos de Baixo Impacto (LID)
- Simulação
 - Evento
 - Contínuo
 - Tempo Real







Inundações em São Paulo nos anos 2009 a 2011



117

Referências Bibliográficas Básicas

- [1] Barth, F.T. et al. - Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo: Nobel: ABRH (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 1), 1987.
- [2] Coelho, G.A. Análise da não estacionariedade da precipitação em São Paulo / SP e implicações sobre os sistemas de drenagem urbana. USP. 2014. Dissertação.
- [3] Collischonn, W; Dornelles, F. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre : Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013.
- [4] Linsley, R.K. e Franzini, J.B. - Engenharia de Recursos Hídricos. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1978.
- [5] Pinto, N.L.S. et al. - Hidrologia Básica. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.
- [6] Porto, R.L.L. Técnicas Quantitativas para o Gerenciamento de Recursos Hídricos, Porto Alegre, Editora da Universidade - ABRH - UFRGS, 1997, (coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 6).
- [7] Roberto, A. N., Porto, R.L.L. e Zahed, K.F. - Sistema de Suporte a Decisões para Análise de Cheias em Bacias Complexas. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997. [4] São Paulo - Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos: Primeiro Plano de São Paulo. Síntese. São Paulo: DAEE, 1990.
- [8] Santos, E.C.X., Naghettini, M. Agregação do coeficiente de abatimento espacial à relação intensidade-duração-frequência das precipitações sobre a região metropolitana de Belo Horizonte. RBRH, v. 8, n. 1, p. 189-199, 2003.
- [9] Silveira, A.L.L. Abatimento espacial da chuva em Porto Alegre. RBRH, v. 6, n. 2, p. 5-13, 2001.
- [10] SKANSI, M. M., et al. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. Global and Planetary Change, v. 100, p. 295-307, 2013.
- [11] Tucci, C.E.M. - Hidrologia: Ciência e Aplicação, Porto Alegre, Editora da Universidade - ABRH - EPUSP, 1993, (coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 4).
- [12] Tucci, C.E.M., Porto, R.L.L. e Barros, M.T. - Drenagem Urbana, Porto Alegre, Editora da Universidade - ABRH - UFRGS, 1995, (coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 5) [6] Villela, S.M. e Mattos. - Hidrologia Aplicada, São Paulo: Mc Graw-hill do Brasil, 1975.
- [13] Wilson - Engineering Hydrology. London: Mcmillan, 1969.
- [14] Wanielista, M., Kersten, R. e Eaglin, R. - Hydrology - Water Quantity and Quality Control, John Wiley & Sons, Inc., 1997. 567 p.

118

arisvaldo@usp.br
joaquinbonne@usp.br

OBRIGADO