

## DETERMINAÇÃO DE VAZÕES EXTREMAS NAS SUB-BACIAS DO RIBEIRÃO DAS CABRAS - APA CAMPINAS

*Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Zuffo (zuffo@fec.unicamp.br)*

*Aluno: Filipe Antônio Marques Falcetta (falcettafilipe@gmail.com)*

*Agência Financiadora: PIBIC / CNPq*

*Vazões Extremas - Risco de Rompimento - Barragens*

### INTRODUÇÃO

Atualmente um dos maiores problemas das grandes cidades é o crescente processo de impermeabilização do solo decorrente da ocupação antrópica desordenada, agravada, no Brasil, pela pouca importância dada aos projetos de drenagem urbana.

Este projeto vem ao encontro da problemática das cheias urbanas, utilizando métodos estatístico-hidrológicos para a estimação de vazões de projeto para a bacia do Ribeirão das Cabras em Campinas, a qual vem sofrendo com enchentes recorrentes, agravada por rompimento de açudes irregulares e por se localizar em Área de Proteção Ambiental (APA).

A região do Ribeirão das Cabras apresenta-se atualmente em um ideal de ocupação urbana de crescente impermeabilização, englobando os distritos de Sosas, Joaquim Egídio e alguns bairros de Campinas e sendo recentemente ocupada por condomínios residenciais e serviços urbanos.

Dessa forma, fazem-se necessários novos e constantes estudos hidromorfológicos de regiões de risco, sobretudo, na região do Ribeirão das Cabras, visando um dimensionamento coerente com as situações de ocupação urbana, preocupando-se com a segurança e bem-estar das famílias que habitam este local.

### METODOLOGIA

Para a obtenção dos dados fluviomorfológicos e topográficos, foi utilizada uma carta planialtimétrica da cidade de Valinhos na escala 1:50000 elaborada pelo IBGE, na década de 1970.

Por meio dos divisores de água, foram delimitadas 3 sub-bacias e, com auxílio do software AutoCAD, a determinação de suas respectivas áreas, altitudes, comprimentos de talvegue, entre outros.

Para obtenção de dados mais atualizados de uso e ocupação de solo, foi consultada a base cartográfica digital da Embrapa (MATTOS, 1996).

Os dados pluviométricos de cada sub-bacia foram calculados à partir da equação de Chuva de Campinas proposta por ZUFFO, 2004, para 9 valores de período de retorno, compreendidos entre 1,11 e 10 anos.

Como este trabalho utiliza-se de hidrogramas unitários do SCS, as precipitações foram calculadas para 3 durações diferentes, no intervalo entre 1/5 a 1/3 do Tempo de Concentração calculado para 100 anos de período de recorrência, estimado utilizando-se o método da Onda Cinemática (WILKEN, 1989).

Os hidrogramas (dados fluviométricos) foram calculados para diferentes valores de período de retorno utilizando-se o software ABC6 (PORTO *et al.*). Foram gerados 27 hidrogramas para cada sub-bacia analisada, e, à partir deles, obtido o valor de pico das vazões (em função da precipitação e período de retorno). Considerando-se um tempo de escoamento igual a  $t_{esc} = t_c + t_{chuva}$  pode-se obter a vazão média de cada hidrograma e calcular-se a relação entre a vazão de pico ( $R = Q_{pico}/Q_{media}$ )

Finalmente, para cada sub-bacia e duração de precipitação, após a definição da série sintética de vazões extremas pelo método do SCS, aplicou-se o método Gradex (GUILLOT e DUBAND, 1967) para a determinação das vazões de projeto, utilizando-se o software TEST 2.0, concebido especificamente para este trabalho.

$$i = \frac{2357,83 T_r^{0,188}}{(t + 20)^{0,917}}$$

Equação de Chuva de Campinas  
ZUFFO (2004)

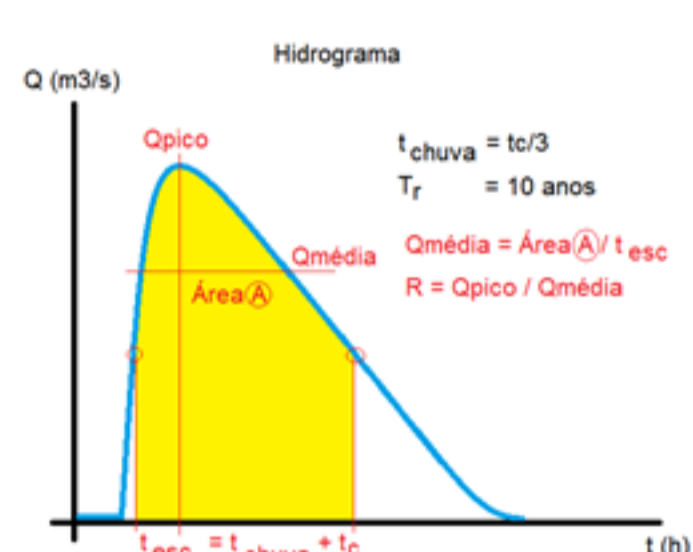
$$t_c = 6,92 \cdot \frac{L^{0,6} \cdot n^{0,6}}{i^{0,4} \cdot I^{0,3}}$$

Tempo de Concentração pelo  
Método da Onda Cinemática  
(WILKEN, 1989)

$$h_{esc} = \frac{3,6 \cdot Q_{media} \cdot t_{esc}}{A_{bacia}}$$

$$Q_{projeto} = \bar{R} \cdot \left( \frac{h_{gradex} \cdot A_{bacia}}{3,6 \cdot t_{esc}} \right)$$

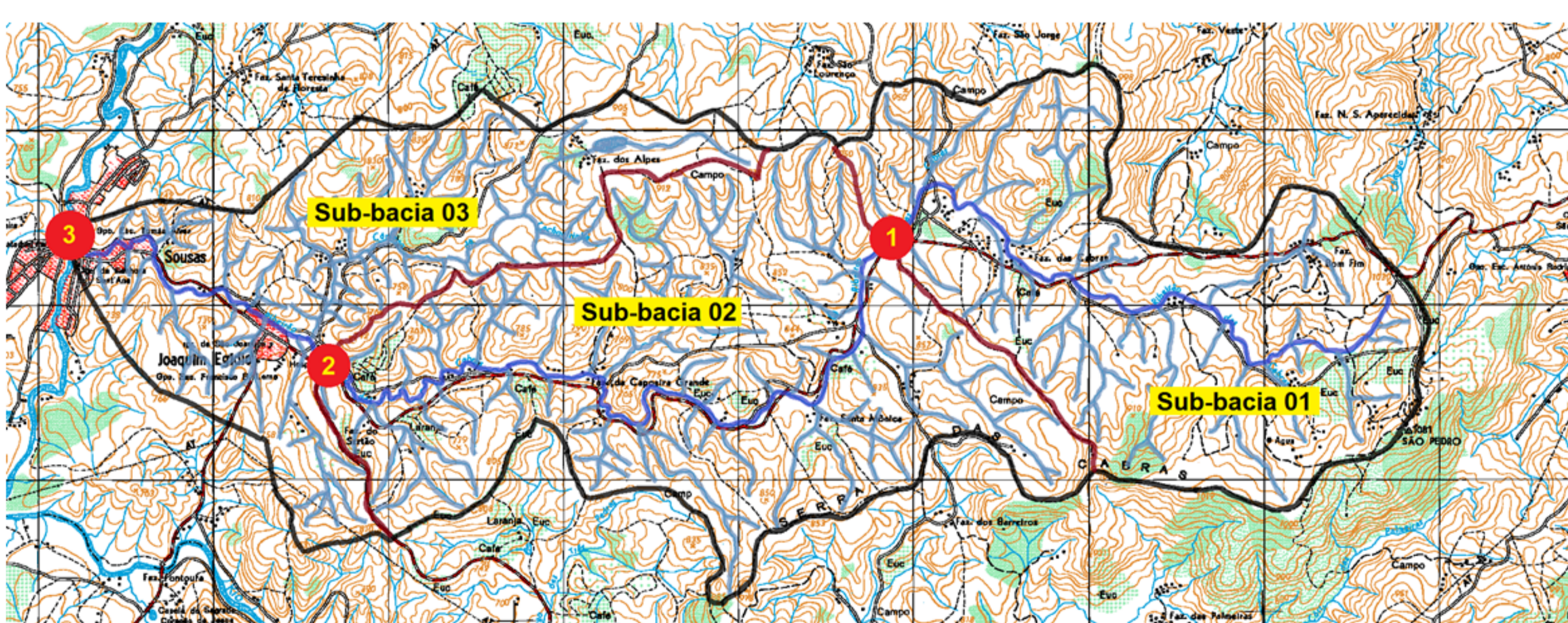
Equações utilizadas, respectivamente, na obtenção das alturas escoadas e nas vazões de projeto (objetivo deste trabalho)



Esquema - Aplicação do  
Método Gradex

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da carta topográfica, foram delimitadas três sub-bacias hidrográficas, com pontos de exultória mostrados no mapa abaixo.



Sub-bacia	Área	% da área	Ponto alto	Ponto baixo	C. talvegue	Declividade
1	18,12 km²	32,6%	980 m	800 m	8,1 km	22,22 m/km
2	40,93 km²	73,6%	980 m	680 m	18,6 km	16,12 m/km
3	55,59 km²	100,0%	980 m	640 m	22,6 km	15,04 m/km

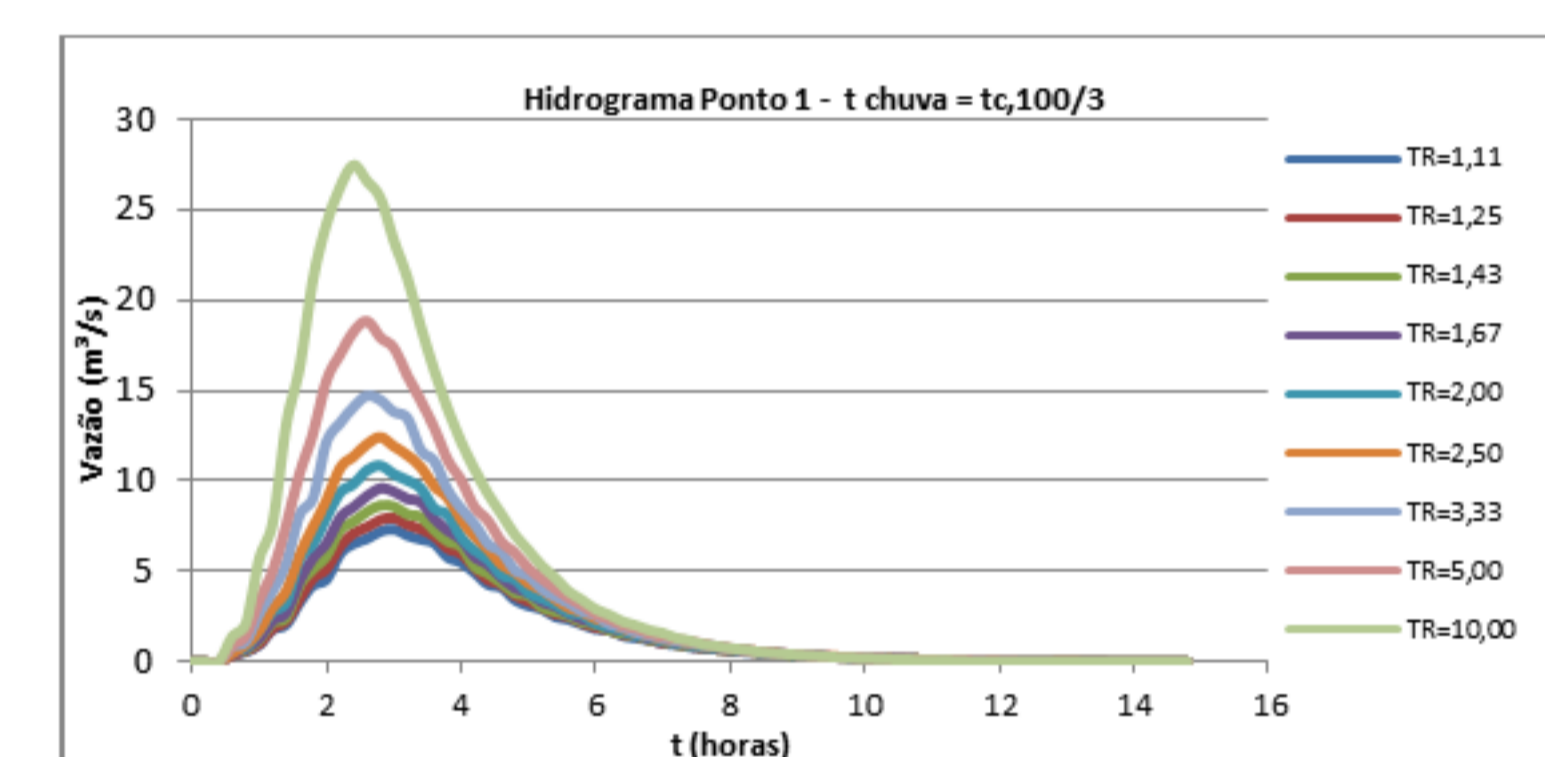
Segundo as recomendações de projeto para os hidrogramas sintéticos do SCS, foram adotados, para cada ponto de exultória, 3 valores distintos de duração de precipitação, conforme se observa na tabela abaixo.

T <sub>chuva</sub> – Durações das Precipitações (em horas)			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
t <sub>c,100</sub> /3	0,79	1,94	2,40
t <sub>c,100</sub> /4	0,60	1,46	1,80
t <sub>c,100</sub> /5	0,48	1,17	1,44

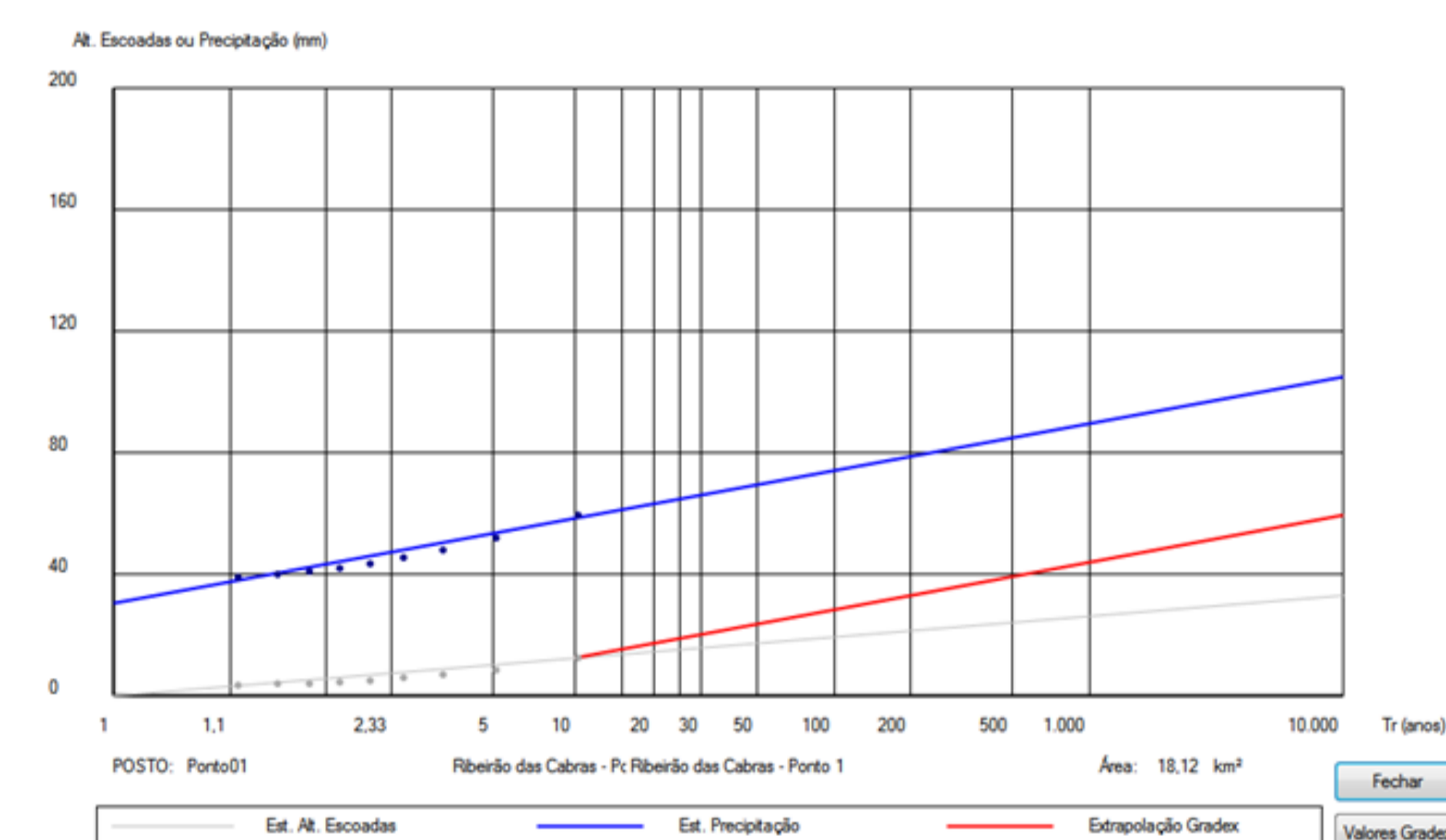
À partir das durações de precipitação acima, e 10 valores de período de recorrência, utilizando-se a equação de chuva de Campinas (ZUFFO, 2004), foram obtidas diferentes alturas pluviométricas, discretizadas no tempo com o auxílio de uma distribuição aleatória de frequências, própria do regime de chuvas.

Estas alturas pluviométricas discretizadas, em conjunto com dados fluviomorfológicos obtidos a partir da carta do IBGE e o uso de solo na sub-bacia (MATTOS, 1996), foram utilizadas como insumos ao software ABC6, e possibilitaram a geração de hidrogramas sintéticos para cada duração de chuva, para cada sub-bacia analisada, em cada período de recorrência escolhido. Por exemplo, para o ponto 1:

Tr (anos)	Duração da precipitação: t <sub>c,100</sub> /3				Duração de cada discretização: 12 min				
	1,11	1,25	1,43	1,67	2,00	2,50	3,33	5,00	10,00
P(t1)	4,00	4,09	2,10	4,32	2,24	2,33	2,46	5,31	3,03
P(t2)	8,01	12,28	6,29	8,64	6,71	11,66	14,76	13,28	12,10
P(t3)	24,02	18,42	29,38	23,76	31,29	23,31	27,07	26,56	36,30
P(t4)	4,00	6,14	4,20	6,48	4,47	9,32	4,92	7,97	9,08
P(total)	40,03	40,93	41,97	43,20	44,71	46,62	49,21	53,11	60,50

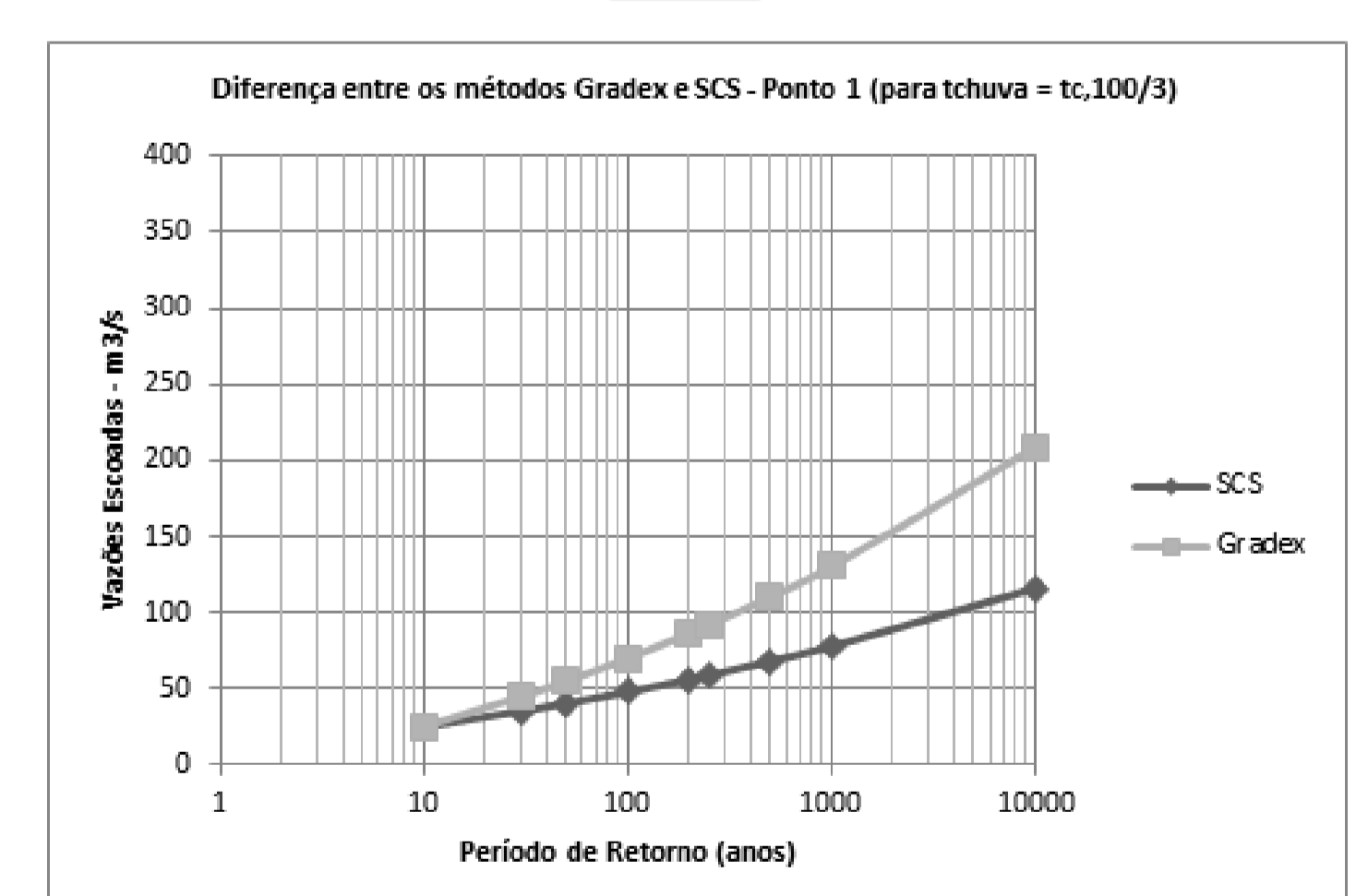


Valendo-se dos procedimentos do esquemático e equações, foram obtidos os valores das alturas escoadas, utilizadas de insumo ao software TEST 2.0 e, por sua vez, na aplicação do método Gradex. Por exemplo, para o ponto 1 e t<sub>chuva</sub> = t<sub>c,100</sub>/3, os valores de alturas escoadas e os de precipitação fornecem o gráfico abaixo (saída do software TEST 2.0):



Convertendo a saída do programa em vazão, por meio da equação descrita e, comparando-se com as vazões do método SCS, temos, para o ponto 1 o gráfico ao lado:

Para os demais pontos de exultória e duração de precipitação, pode-se observar os valores obtidos na tabela abaixo:



Vazões de Projeto para o método Gradex (m³/s) - t <sub>chuva</sub> = t <sub>c,100</sub> /3									
Tr (anos)	10	30	50	100	200	250	500	1000	R
Ponto 1	25,082	44,722	54,880	69,834	86,224	91,818	110,219	130,211	208,580
Ponto 2	40,062	64,815	77,335	96,085	116,663	123,695	146,847	172,041	271,172
Ponto 3	63,420	82,372	97,367	119,429	143,636	151,903	179,112	208,704	325,022
Vazões de Projeto para o método Gradex - t <sub>chuva</sub> = t <sub>c,100</sub> /4									
Tr (anos)	10	30	50	100	200	250	500	1000	R
Ponto 1	19,376	37,267	46,602	60,438	75,720	80,964	98,302	117,288	193,067
Ponto 2	35,201	58,784	71,105	89,388	109,607	116,552	139,536	164,748	265,782
Ponto 3	48,313	76,437	91,115	112,876	136,922	145,176	172,482	202,416	322,245
Vazões de Projeto para o método Gradex - t <sub>chuva</sub> = t <sub>c,100</sub> /5									
Tr (anos)	10	30	50	100	200	250	500	1000	R
Ponto 1	15,153	31,459	40,018	52,763	66,917	71,791	87,967	105,779	177,783
Ponto 2	30,894	53,278	65,041	82,574	102,068	108,787	131,106	155,726	255,672
Ponto 3	43,549	70,585	84,777	105,911	129,388	137,475	164,325	193,925	313,960

### CONCLUSÕES

O método GRADEX apresenta-se como alternativa à estimativa de vazões de projeto para bacias urbanas, especialmente por considerar, à partir de dado período de recorrência (tipicamente 10 anos), toda a precipitação irá resultar em igual escoamento superficial adicional (num ambiente de crescente impermeabilização do solo, isto é mais verdadeiro, quanto mais urbanizado o terreno).

Os resultados mais críticos de vazão para o tempo de escoamento estudado ocorrem para t<sub>chuva</sub> = t<sub>c,100</sub>/3.

Comparando-se as vazões para mesmo período de recorrência e e mesma sub-bacia, o método Gradex torna-se menos sensível a variações de precipitação, à medida que crescem a magnitude das vazões.

Por fim, a extrapolação proposta pelo método torna-se mais a favor da segurança, isto é, fornece vazões de projeto maiores, na medida em que aumenta o período de recorrência. As vazões ficam em torno de 15 a 35% superiores em relação ao método SCS para Tr = 30 anos e em aproximadamente 40% a 85% maiores para Tr = 1000 anos.