

Uso conjunto dos métodos racional e do "Soil Conservation Service" na determinação da vazão de projeto em bacias urbanas

Prof. Rodrigo de Melo Porto (1)

1 Introdução

Tradicionalmente os projetos de sistemas de drenagem urbana, principalmente galerias de águas pluviais, são desenvolvidos utilizando-se, como elemento de correlação chuva-vazão, o Método Racional.

Embora tal método tenha uma série de limitações, como admitir uniformidade espacial e temporal da chuva, o que só é possível em áreas muito pequenas e durações curtas, não levar em conta o efeito do armazenamento ou retenção temporária nas superfícies, condutos etc., considerar o coeficiente de escoamento superficial constante, supor que a vazão calculada tenha a mesma frequência da precipitação que a gerou etc., pela sua grande simplicidade é o método mais utilizado pelos escritórios de projetos.

Entre os parâmetros necessários à utilização do Método Racional, sem dúvida o de especificação mais difícil é o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de deflúvio C. Tal valor, na faixa de 0 a 1, reflete as características da chuva e principalmente da bacia, como grau de impermeabilização, declividade dos terrenos, umidade antecedente etc.

Os valores apresentados nas tabelas constantes na literatura devem ser encarados como valores indicativos para uma determinada caracterização da bacia. Assim, a incerteza inerente à escolha do valor do coeficiente C leva os projetistas a estimativas conservadoras, superdimensionando as vazões de projeto.

Utilizando a idéia desenvolvida por Johnson e Meadows (2), este trabalho apresenta e amplia, para um caso brasileiro, uma metodologia que implementa o uso do Método Racional, incorporando vantagens sem perder a simplicidade, usando-o em conjunto com o método do Soil Conservation Service (5).

A junção dos dois métodos permite a determinação do coeficiente de deflúvio C, em função do tipo, uso e ocupação do solo, condições antecedentes de umidade, intensidade e período de retorno da precipitação. Os

parâmetros de entrada para o cálculo da vazão de projeto são o tempo de concentração da bacia, o período de retorno e o número de deflúvio N, utilizado pelo método do S. C. S. para caracterizar a bacia e determinar a precipitação efetiva.

São apresentados gráficos para a determinação da vazão de projeto, para a cidade de Limeira, e também envoltórias de vazões máximas para determinações expeditas.

2 O Método Racional

Este método clássico é amplamente utilizado para a determinação da vazão de pico, em função de um determinado período de retorno, em áreas não superiores a 200 Ha, é expresso por

$$Q_p = C_i \cdot A \quad (1)$$

onde:

Q_p é a vazão de pico em l/s;

C é o coeficiente de deflúvio, relação entre o pico de vazão e a chuva média sobre a bacia;

i_c é a intensidade média de chuva, em l/s Ha, para uma duração igual ao tempo de concentração da bacia e um determinado período de retorno;

A é a área da bacia em Ha.

O período de retorno está relacionado como o risco que o projetista assume da vazão vir a ser suplantada. Nos projetos correntes de galerias de águas pluviais as Agências e os Órgãos Públicos, em geral, fixam tais períodos em função da importância da bacia. Entretanto, é necessário perceber que a frequência das precipitações como medida de grau de risco não necessariamente é a mesma medida da frequência dos escoamentos e também que a adoção de um determinado período de retorno não é mais importante do que a quantificação da evolução do uso e ocupação do solo da bacia, através do fator de deflúvio N, pelo projetista, como será visto adiante.

O tempo de concentração é definido como o tempo requerido para que toda bacia esteja contribuindo com vazão na seção considerada, isto é, o tempo necessário para a bacia atingir

o equilíbrio. Segundo Rossmiller (3) o tempo de concentração é simplesmente um período de tempo para o qual uma intensidade média de chuva é definida e não a duração total do evento pluvial. Em um evento natural de chuva, o período que causa o pico de vazão pode ocorrer a qualquer tempo dentro da duração total da chuva.

A determinação do tempo de concentração, que é função das características da bacia, é feita através das expressões e métodos usuais apresentados na literatura.

3 O método do Soil Conservation Service

O método do S.C.S. para a determinação do excesso de chuva foi inicialmente desenvolvido e implementado por vários anos para bacias não urbanizadas, levando em conta a precipitação, a umidade antecedente e o complexo hidrológico solo-vegetação e, posteriormente, estendido para bacias urbanas (5). As características do tipo e ocupação do solo são quantificadas a partir do número de deflúvio N e apresentadas em tabelas, como a tabela 1, para bacias urbanas. Para bacias não urbanizadas, veja-se Wilken (8) e Setzer e Porto (4).

O excesso de chuva é dado por:

$$R_e = \frac{(R - 5080/N - 50,8)^2}{R + 20320/N - 203,2}$$

onde:

R_e — excesso de chuva em mm

R — precipitação em mm

N — número de deflúvio

Na expressão acima, que deve ser utilizada para áreas menores que 8 km² e para valores $50 \leq N \leq 95$, a parcela $5080/N - 50,8$ corresponde à abstração inicial, que representa interceptação, retenção na superfície e infiltração, que ocorre antes do escoamento superficial começar, estimada em 1/5 da retenção potencial máxima, $R - R_e$, em mm.

Para valores de R maiores que esta parcela, a relação entre R e R_e é boa.

(1) Professor Assistente do Depto. de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos-USP

Se R for menor que esta parcela, R, deve ser tomado igual a zero. Nas aplicações práticas a relação deve, provavelmente, nunca ser aplicada nesta faixa baixa (Chow [1]).

O valor de C varia de chuva para chuva e aumenta com t_c e N, e fixado N aumenta com T_r .

A título de comparação foi utilizada a formulação de Horner, muitas vezes

e (4) foram multiplicadas e os valores gerados levados ao gráfico da Figura 2.

Deve ser observado que a vazão de pico aumenta até um valor crítico de t_c ,* decrescendo em seguida, após o atendimento das abstrações iniciais. Em uma bacia onde $t_c \leq t_c^*$, a prática corrente de determinar a intensidade crítica de chuva para uma duração igual a t_c , resultará em uma vazão de pico menor que a real. Se $t_c > t_c^*$ a bacia não atingiu o equilíbrio para t_c^* e a intensidade crítica deve ser escolhida para uma duração igual a t_c .

As curvas da Figura (2) mostram que para um determinado tempo de concentração o reflexo na vazão de pico é maior quando se passa, por exemplo, de N = 80 para N = 90, mantido o período de retorno, do que quando se passa de 5 para 15 anos de período de retorno, mantido N = 80. O projetista deve estar atento muito mais às possíveis modificações futuras do complexo hidrológico solo-vegetação da bacia, do que na especificação de um determinado período de retorno para a intensidade crítica de chuva.

Para propósitos preliminares de estimativas e verificações expeditas da vazão de pico, em projetos de microdrenagem na cidade de Limeira, foi desenvolvido o gráfico da Figura (3) que apresenta os valores máximos de Q_p/A retirados da expressão que gerou as curvas da Figura (2), para vários valores de N e períodos de retorno de 5, 10, 15, 25 e 50 anos. Este gráfico fornece ao projetista eventuais valores de vazões máximas, sem necessidade de se estimar, de alguma maneira, o tempo de concentração da bacia e permite verificar rapidamente a resposta da bacia às alterações do uso e ocupação do solo.

Tabela 1 extraída de [5] — Valores de N (condição II de umidade antecedente)

| Uso do Solo | % de Impermeabilização | Número de Deflúvio N | | | |
|---|------------------------|----------------------------|----|----|----|
| | | Grupo Hidrológico do Solo* | | | |
| | | A | B | C | D |
| Áreas Comercial e de Serviços | 85 | 89 | 92 | 94 | 95 |
| Distritos Industriais | 72 | 81 | 88 | 91 | 93 |
| Área Residencial: Tamanho Médio dos Lotes (Ha) | | | | | |
| ≤ 0,05 | 65 | 77 | 85 | 90 | 92 |
| 0,10 | 38 | 61 | 75 | 83 | 87 |
| 0,13 | 30 | 57 | 72 | 81 | 86 |
| 0,20 | 25 | 54 | 70 | 80 | 85 |
| 0,40 | 20 | 51 | 68 | 79 | 84 |
| Estacionamentos Pavimentados, Telhados e Ruas | | 98 | 98 | 98 | 98 |

Ver (4) e (8)

4 Uso conjunto dos métodos

Os métodos podem ser combinados para se determinar o valor do coeficiente C, em função do tipo de solo, umidade antecedente, condições hidrológicas, duração e período de retorno da chuva.

Como o coeficiente C pode ser expresso como a relação entre a precipitação efetiva R_e e a precipitação total R, refletindo portanto a fração da chuva que promove o escoamento superficial, tem-se:

$$C = \frac{(R - 5080/N - 50,8)^2}{R + 20320/N - 203,2} \quad (3)$$

Fazendo a duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia e utilizando uma determinada equação intensidade — duração frequência a precipitação total é dada por $R = i_c t_c$ e portanto o valor de C em (3) pode ser determinado em função de N, t_c e T_r período de retorno.

As curvas da Figura (1) foram levantadas, pela equação (3), utilizando a equação intensidade frequência duração para a cidade de Limeira, Vieira e Medeiros [6], dada por:

$$i_c = \frac{77,56 T_r^{0,1726}}{(t + 25)^{1,087 T_r^{0,0056}}} \quad (4)$$

i_c em mm/min
t em min
 T_r em anos

usada em projetos de galerias de águas pluviais, para o cálculo de C, em função de t_c e do grau de impermeabilização da bacia. A expressão de Horner é dada por:

$$C = 0,364 \log t_c - 0,42 p - 0,145 \quad (5)$$

A expressão de Horner tende a superestimar o valor de C, pois com um grau de impermeabilização de 60% ($p = 0,60$) não muito alto, e tempos de concentração até 40 min, apresenta praticamente os mesmos valores do modelo do S.C.S. para N = 95, que identifica uma bacia bem impermeável.

Outro fato a ser observado, na figura 1, é que o valor C = 0,60, comumente assumido como constante e "médio" nos projetos de microdrenagem no Brasil, para $t_c < 30$ min, que é normal pelo tamanho das bacias, é bem conservador.

Com o propósito de se determinar as vazões de pico, por unidade de área, para cada valor de N e T_r , através da equação (1), as equações (3)

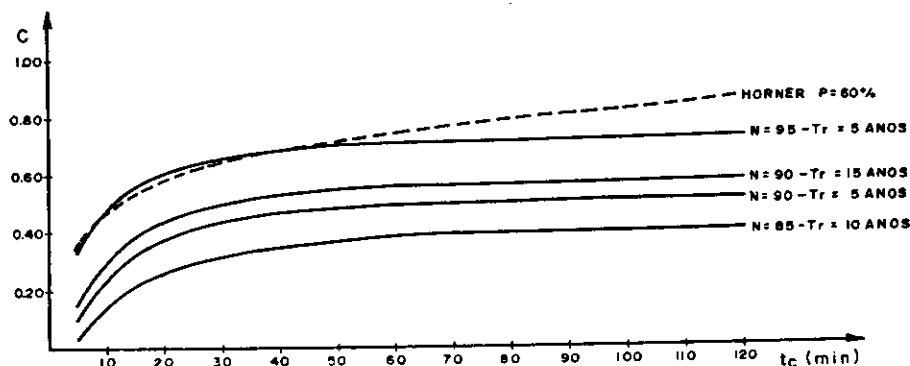


Fig. 1 — Coeficiente de deflúvio C, em função de t_c , N e T_r

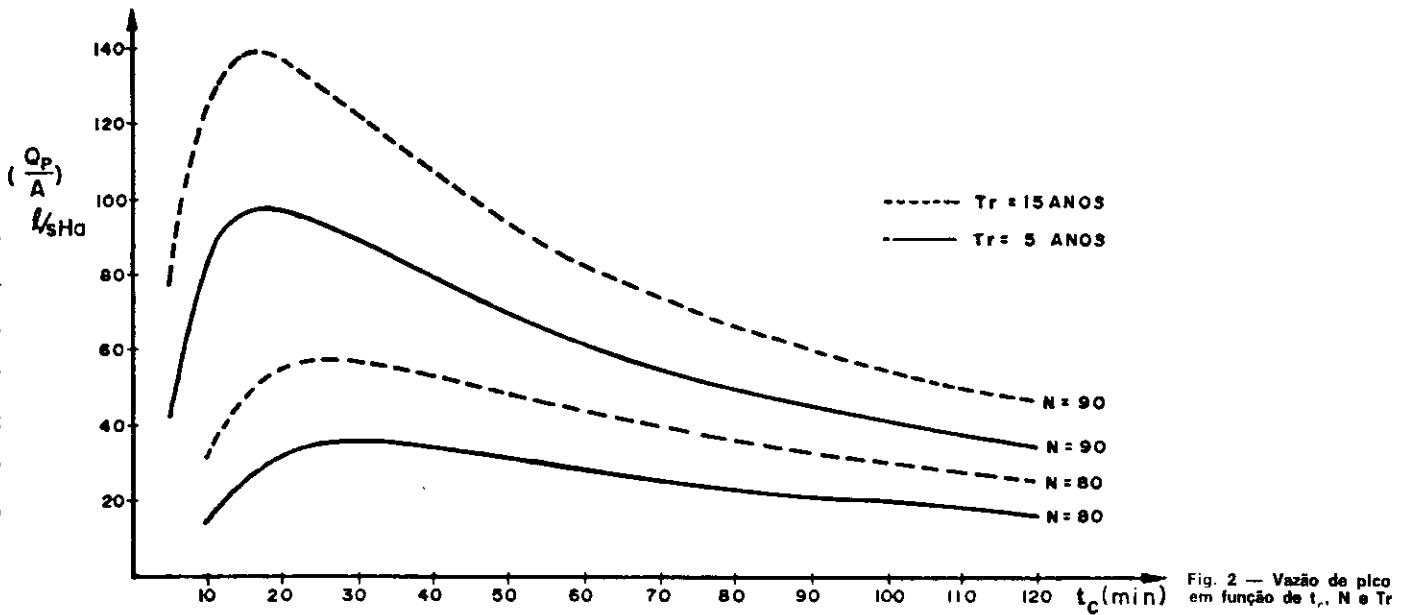


Fig. 2 — Vazão de pico em função de t_c , N e Tr

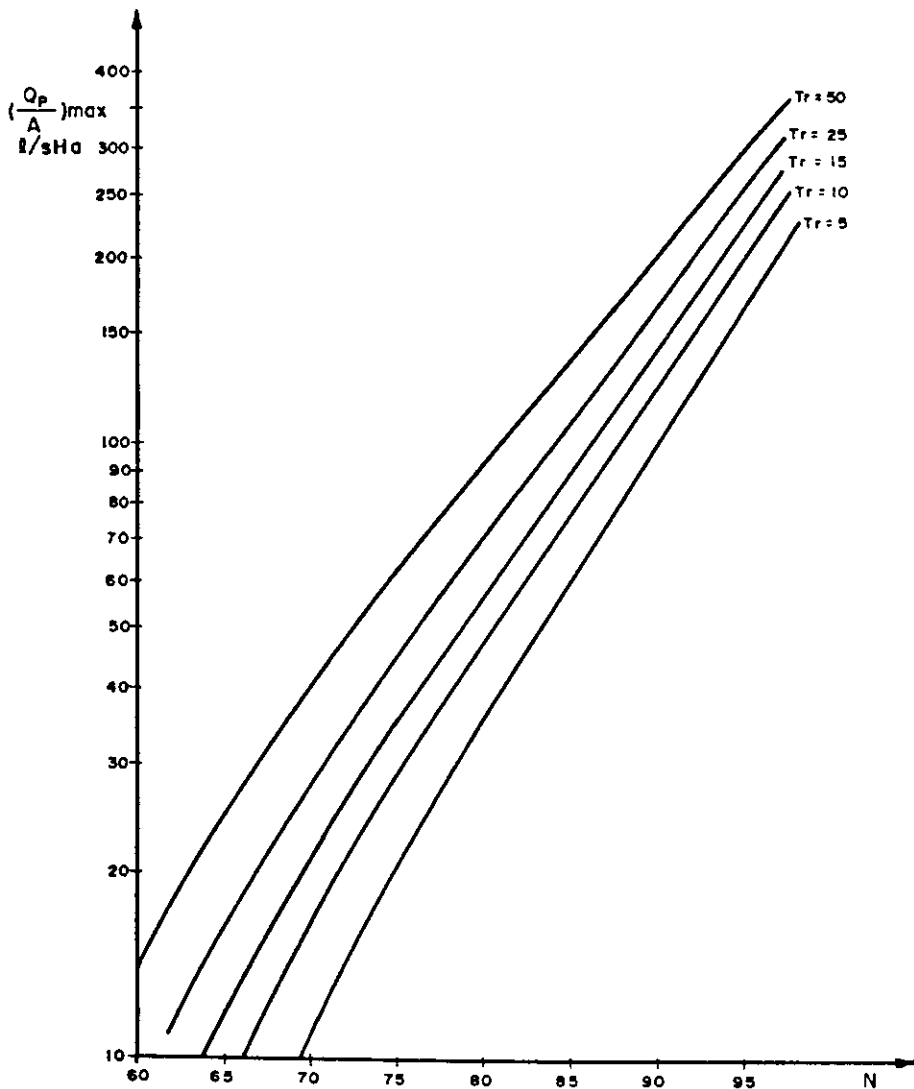


Fig. 3 — Vazões de pico máximas, em função de N e Tr

S. C. S. Com isso, consegue-se uma especificação mais detalhada da natureza e características dos terrenos da bacia, determina-se o valor do coeficiente C em função destas caracteris-

ticas e também do tempo de concentração e do período de retorno, o que é melhor do que escolher um valor determinado de C nas tabelas usuais. A simplicidade e facilidade de uso do

Método Racional são preservadas e ampliadas com o uso das curvas da Figura (3), para cálculos rápidos e preliminares.

Embora as curvas se refiram à cidade de Limeira, curvas semelhantes podem ser obtidas para outras localidades, desde que se disponha de uma equação intensidade frequência e duração.

6 Bibliografia

1. CHOW, V. T. 1962 — "Hydrologic Determination of Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins" — University of Illinois Bulletin n.º 462.
2. JOHNSON, D. A. and MACDOWS, M. E. 1980 - "Urban Peak Runoff Prediction Using Rational Formula Compled with S.C.S. Curve Number" — Internation Symposium on Urban Storm Runoff, University of Kentucky, pages 313-319.
3. ROSSMILLER, R. L. 1980 — "The Rational Formula Revisited" — Internation Symposium on Urban Storm Runoff, University of Kentucky, pages 1-12.
4. SETZER, J. e PORTO, R. L. L. 1979 — "Tentativa de Avaliação do Escoamento Superficial de Acordo com o Solo e o seu Recobrimento Vegetal nas Condições do Estado de São Paulo" — Boletim Técnico DAE, São Paulo, vol. 2, n.º 2, maio/agosto 1979, págs. 82-135.
5. U. S. SOIL CONSERVATION SERVICE 1975 — "Urban Hydrology for Small Wathes heds "Technical Release" n.º 55 — Washington — DC.
6. VIEIRA, D. B. e MEDEIROS, E. M. 1980 — "Estudo das Máximas Intensidades de Chuva para a Região de Limeira", V Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem.
7. VIESSMAN, W. JR., KNAPP, J. W., LEWIS, G. L. and HARBAUGH, T. E. 1978 - "Introduction to Hydrology, Harper & Row, Publishers, New York.
8. WILKEN, P. S. 1978 — "Engenharia de Drenagem Superficial" — Cetesb — São Paulo.