

Determinação das Áreas de Inundação da bacia do Córrego das Flores, Bauru - SP (Brasil)

Determination of Flood Areas in the Stream of Flores basin, Bauru - SP (Brazil)

Determinación de áreas inundables en la cuenca corriente de Flores, Bauru - SP (Brasil)

Richard Takeo Takehara

Arquiteto e Urbanista,
Especialista em Projeto e
Gestão de Infraestrutura
richardtakehara@hotmail.com

Erich Kellner

Professor Associado
UFSCar_PPGEU, Brasil.
erich.kellner@ufscar.br

RESUMO

O modelo de ocupação urbana desenvolvido nas bacias hidrográficas, em especial pela ocupação dos fundos de vale, traz algumas consequências severas ao próprio modelo urbano. Com a impermeabilização do solo ocorre a diminuição da infiltração das águas de chuva, diminui o tempo de concentração da bacia, ocasiona o aumento do escoamento superficial direto e provoca a rápida elevação dos níveis de água que escoam pelo talvegue, resultado, muitas vezes, no transbordamento das águas para fora do canal de drenagem ou leito principal dos corpos d'água ocasionando os alagamentos das áreas ribeirinhas ou leito secundário. Na impossibilidade de alteração do desenho urbano estabelecido, o conhecimento das áreas afetadas por eventos de chuva, permite ao gestor urbano traçar planos para mitigar os riscos aos quais as pessoas são expostas na ocorrência desses eventos extremos. O objetivo deste trabalho foi o de construir mapas de áreas de alagamento ao longo da Avenida Nações Unidas localizada na cidade de Bauru (SP), a partir da análise da capacidade de escoamento do canal que forma o talvegue da bacia do Córrego das Flores. Foram determinadas as vazões excedentes, as alturas de elevação e as áreas de alagamento a partir dos cálculos hidráulicos e hidrológicos tendo como referência normas projetuais e legislações normativas. Os Resultados mostraram que mesmo chuvas de recorrências mais frequentes (TR=2 anos) são capazes de causar inundações e oferecer riscos a população, sendo agravadas em eventos de maior intensidade.

PALAVRAS-CHAVE: Alagamento. Prevenção de Risco. Drenagem urbana.

ABSTRACT

The urban occupation model developed in river basins, in particular by the occupation of valley bottoms, brings some severe consequences to the urban model itself. With the waterproofing of the soil, there is a decrease in the infiltration of rainwater, decreases the time of concentration of the basin, causes an increase in the direct runoff and causes a rapid increase in the water levels that flow through the thalweg, a result, many times, in the overflow of water out of the drainage channel or main bed of the water bodies, causing flooding of the riverside areas or secondary bed. In the impossibility of changing the established urban design, knowledge of the areas affected by rain events, allows the urban manager to draw up plans to mitigate the risks to which people are exposed in the occurrence of these extreme events. The objective of this work was to build maps of flooding areas along Avenida Nações Unidas located in the city of Bauru (SP), from the analysis of the flow capacity of the channel that forms the thalweg of the Córrego das Flores basin. Excess flow rates, elevation heights and flooding areas were determined from hydraulic and hydrological calculations using design norms and normative legislation as a reference. The Results showed that even more frequent recurrence rains (TR = 2 years) are capable of causing flooding and offer risks to the population, being aggravated in events of greater intensity.

KEYWORDS: Flooding. Risk Prevention. Urban drainage

RESUMEM

El modelo de ocupación urbana desarrollado en las cuencas hidrográficas, especialmente por la ocupación de los fondos de los valles, trae algunas consecuencias severas al propio modelo urbano. Con la impermeabilización del suelo se produce una disminución en la infiltración de

Data da Submissão:
01junho2021

agua de lluvia, disminuye el tiempo de concentración de la cuenca, provoca un aumento de la escorrentía directa y provoca un rápido aumento de los niveles de agua que drenan por el desagüe, resultado, muchas veces, en el desborde de agua fuera del canal de drenaje o lecho principal de los cuerpos de agua, provocando la inundación de las zonas ribereñas o lecho secundario. Ante la imposibilidad de cambiar el diseño urbano establecido, el conocimiento de las áreas afectadas por eventos de lluvia, permite al gestor urbanístico elaborar planes para mitigar los riesgos a los que están expuestas las personas en la ocurrencia de estos eventos extremos. El objetivo de este trabajo fue construir mapas de áreas inundables a lo largo de la Avenida Nações Unidas ubicada en la ciudad de Bauru (SP), a partir del análisis de la capacidad de flujo del canal que forma el desagüe de la cuenca Córrego das Flores. Los caudales excesivos, las alturas de elevación y las áreas de inundación se determinaron a partir de cálculos hidráulicos e hidrológicos utilizando las normas de diseño y la legislación normativa como referencia. Los Resultados mostraron que lluvias recurrentes aún más frecuentes (TR = 2 años) son capaces de provocar inundaciones y ofrecer riesgos a la población, agravándose en eventos de mayor intensidad.

PALABRAS CLAVE: Inundaciones. Prevención de riesgos. Drenaje urbano

1. INTRODUÇÃO

Considerando que uma grande parte da urbanização foi concebida sem um controle adequado e a segurança às intempéries naturais algumas vezes negligenciadas ou subestimadas por diversos motivos, problemas decorrentes a desastres naturais estão se tornando cada vez mais frequentes à medida que uma cidade cresce.

As enchentes são fenômenos inerentes a urbanização na proximidade de corpos d'água, ocupação esta realizada de maneira a atender as necessidades dos indivíduos por esse recurso ou pela área ali disponível (BENÉVOLO, 2009), colocando os rios e os indivíduos em convívio mútuo. Acontece que essa convivência se tornou um risco ao longo da evolução da ocupação humana, conforme retratado por Santos (1992, p.4).

"a história do homem sobre a Terra é a história de uma ruptura progressiva entre o homem e o entorno. Esse processo se acelera quando, praticamente ao mesmo tempo, o homem se descobre como indivíduo e inicia a mecanização do Planeta, armando-se de novos instrumentos para tentar dominá-lo".

A ocupação urbana da cidade de Bauru, localizada no interior do estado de São Paulo, não foge à regra.

A ocupação das terras nas proximidades de corpos d'água inicialmente por plantações de café, posteriormente pelas linhas férreas e o surgimento do modal rodoviário impulsionaram o desenvolvimento de diversos eixos viários ao longo das margens dos rios (Ghirardello 2008).

Tal desenvolvimento levou a canalização do principal rio da cidade o Rio Bauru através de um canal aberto e seu afluente chamado Córrego das Flores está atualmente sob a principal via arterial do município, a Avenida Nações Unidas.

Atualmente essa avenida serve como importante via arterial, que surgiu com a necessidade de conectar as grandes áreas urbanizadas em suas margens e que, ao se consolidar como eixo viário, concentrou em sua extensão diversas atividades comerciais e de lazer.

No entanto, a solução utilizada para viabilizar os deslocamentos, canalizou o Córrego das Flores, enterrando-o logo abaixo da via.

Ao longo do tempo, essa proposta propiciou o surgimento de inundações cada vez mais severas e com custos financeiros cada vez mais elevados para a sua solução, conforme apontado por Bauru (2008).

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi a criação de mapas de alagamento da bacia do Córrego das Flores no município de Bauru/SP, para diferentes períodos de retorno.

3. METODO DE ANÁLISE

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo refere-se à bacia do Córrego das Flores localizado no centro do perímetro urbano do município de Bauru SP, pertencente à bacia do Rio Bauru juntamente com as sub-bacias dos córregos Vargem Limpa, Barreirinho, Grama, Sobrado e Água da Ressaca.

A bacia do Córrego das Flores, apresentada na Figura 1, estende-se na direção SE-NO, possui área de 4,715km², perímetro de 10,742km e comprimento do talvegue de 3,934km.

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Córrego das Flores (Bauru, SP – Brasil)



Fonte: Google Earth (2019) adaptado pelos autores.

3.2. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E MORFOLÓGICA DA SUB-BACIA DO CÓRREGO DAS FLORES

A partir da delimitação da bacia do Córrego das Flores, utilizou-se do software AutoCadMap® para

confeção das plantas gráficas referentes a distribuição das elevações e declividades.

Com as dimensões referentes ao comprimento principal do talvegue e a declividade média da sub-bacia, estimou-se o tempo de concentração

(t_c) que é conceitualmente definido como o tempo que leva para que toda a área da bacia contribua com a vazão no ponto de estudo (exutório), conforme proposto pelo DAEE (2006) e representado pela Equação (01), a qual é conhecida por Fórmula de Kirpich.

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (01)$$

Onde t_c é tempo de concentração (min), L é o comprimento do talvegue (km) e Δh é o desnível geométrico entre o ponto mais distante da bacia e o exutório (m).

Segundo Villela e Mattos (1975), existe uma estreita relação entre as características físicas de uma bacia hidrográfica e seu regime hidrológico. Essa relação pode ser matematicamente traduzida pelos fatores de forma (K_f) e de compacidade (K_c), conforme apresentados nas Equações (02) e (03).

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (02)$$

Onde A é a área da bacia (km^2); L o comprimento do talvegue (km) e K_f é o fator de forma (adimensional).

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (03)$$

Onde A é a área da bacia (km^2); P é o perímetro da bacia (km) e K_c é o fator de compacidade da bacia

(adimensional).

3.3. CARACTERIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO DAS FLORES

A partir da planta de ocupação urbana da bacia, foram identificados, divididos e categorizados os tipos de ocupação e uso do solo, a fim de estimar o coeficiente de deflúvio da bacia.

Assim, considerando cada área característica e seus respectivos coeficientes de deflúvio, estimou-se o coeficiente de deflúvio equivalente, conforme a Equação (04) e que foi aplicado a toda a bacia.

$$C_{eq} = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i} \quad (04)$$

Onde C_{eq} é o coeficiente de deflúvio da bacia (adimensional); C_i é o coeficiente de deflúvio (adimensional) relativo à área A_i (km^2).

Os coeficientes de deflúvio para as áreas específicas foram determinados a partir dos dados propostos por Tucci (1993, p.543). Para este estudo não foi considerada a variação do coeficiente de deflúvio em função do período de retorno.

3.4. APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO I-D-F PARA O MUNICÍPIO DE BAURU (SP)

Para a determinação da intensidade de chuva, empregou-se Equação (05) proposta por DAEE (2018) para o município de Bauru (SP).

$$i = \left(35,4487 \cdot (t + 20)^{-0,8894} + 5,9664 \cdot (t + 20)^{-0,7749} \cdot \left[-0,4772 - 0,901 \cdot \ln \left(\ln \left(\frac{TR}{TR - 1} \right) \right) \right] \right) \quad (05)$$

Onde i é a intensidade da precipitação (mm/min), t é o tempo de precipitação (min) e TR é o período de retorno (anos).

3.5. DETERMINAÇÃO DAS SEÇÕES CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO CÓRREGO DAS FLORES

A partir das características do arruamento e do sistema de micro drenagem existente e, foram determinadas as oito seções ao longo do talvegue da bacia do Córrego das Flores, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2: Determinação dos pontos de estudo na bacia do Córrego das Flores



Fonte: adaptado pelos autores a partir do Google Earth.

Os pontos de estudo considerados neste estudo foram as vias transversais ao talvegue, a saber: (1) Rua Eduardo Vergueiro de Lorena; (2) Rua Albino Tambara; (3) Rua Ver. Joaquim da Silva Martha; (4) Rua Aviador Gomes Ribeiro; (5) Rua Constituição; (6) Av. Rodrigues Alves; (7) Rua Marcondes Salgado; (8) Ferrovias.

3.6. CÁLCULO DAS VAZÕES E DETERMINAÇÃO DAS ALTURAS D'ÁGUA

Para o cálculo das vazões decorrentes do escoamento superficial direto

adotou-se o Método Racional, conforme apresentado pela Equação (06), conforme proposto por Tucci (1993).

$$Q = 0,2778 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (06)$$

Onde Q é a vazão gerada pelo escoamento superficial direto (m^3/s); C é o Coeficiente de escoamento superficial ou de deflúvio (adimensional); i é a intensidade de precipitação (mm/h); A é a área de drenagem da bacia (km^2); 0,2778 é o fator de conversão entre as variáveis dependentes e a variável independente.

Indicado como método principal para calcular a vazão de cheia (Q) pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 2006) para áreas menores que 2 km², embora alguns autores consideram que possa ser utilizados em áreas de até 5 km², já que acima desse valor a vazões de pico são superestimadas. (GENOVEZ 1991).

Para cada sub-bacia formada pelas seções características foi aplicado o coeficiente de deflúvio considerado único para toda a bacia, e as intensidade de precipitação foram determinadas considerando-se os períodos de retorno adotados (TR=2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos), tendo como tempo de precipitação o período de retorno obtido para a bacia do Córrego das Flores.

A vazão excedente (Q_E) foi calculada conforme Equação (07).

$$Q_{Ez} = \sum_1^z Q_i - \sum_1^z Q_T \quad (07)$$

Onde Q_E é a vazão excedente (m³/s) na seção z ; Q_i é a vazão gerada pelo escoamento superficial direto referente a seção i (m³/s); Q_T é a capacidade de vazão do talvegue sem causar o transbordamento obtido para a seção i (m³/s).

Determinada a vazão excedente (Q_{Ez}) para cada uma das seções analisadas e, considerando que a calha secundária possa ser considerada um retângulo, com comprimento L e altura h , determinou-se a altura da lâmina líquida pela Equação (08).

$$\frac{n \cdot Q_{Ez}}{\sqrt{I}} = (L \cdot h) \cdot (2 \cdot h + L)^{2/3} \quad (08)$$

Onde n é o coeficiente de rugosidade de Mannig; Q_{Ez} é a vazão excedente (m³/s); I é a declividade do trecho a montante da seção z (m/m); L é a largura transversal da seção z (m); h é a altura de água (m) na seção z , acima da cota máxima de transbordamento.

Para efeito de cálculo foi considerado $n=0,030$, característico para canais irregulares, com pedregulhos e vegetação, conforme Tucci (1993).

Assim, para cada seção z analisada foi determinada a cota máxima de elevação da água, para cada um dos períodos de retornos considerados) e lançadas no software AutoCad Map[®] para a confecção dos mapas.

4. RESULTADOS

O coeficiente de forma da bacia do Córrego das Flores obtido foi de 0,30, enquanto o coeficiente de compacidade foi de 1,39, conforme determinado pelas Equações (02) e (03).

Segundo Vilella e Mattos (1973), o coeficiente de compacidade superior a 1,0 e o coeficiente de forma, tendendo a valor menor que um, indicam bacia de forma alongada, de maneira que, morfologicamente pouco contribui como fator significativo para ocorrência de enchentes. Nesse caso, ao se observar a ocorrência de eventos reais de enchentes, como a mostrada na Figura 3, é possível inferir que o uso e a ocupação do solo na bacia possam ser significativamente responsáveis pelas ocorrências.

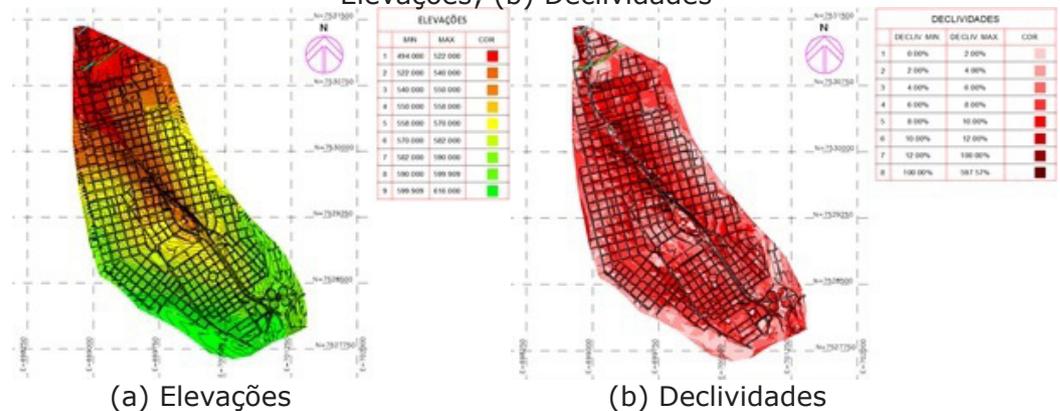
Figura 3: Alagamento no cruzamento da Av. Nações Unidas com AV. Rodrigues Alves – Seção (6) - (30/01/2020)



Fonte: MORAES, Tisa; BRUNELLI, Francisco; GARCIA, Ana Beatriz (2020). Crédito da imagem: Samantha Ciuffa

Com o auxílio da ferramenta declividades da bacia do Córrego das Flores, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4: Características morfológicas da bacia do Córrego das Flores: (a) Elevações; (b) Declividades



Fonte: os autores.

Ao observar a Figura 4 percebe-se que a declividade média de toda a bacia é de 6,0%, sendo que, ao longo do leito do córrego a declividade varia de 2,0% a 3,0%.

O comprimento total do talvegue foi de 3,934 km enquanto o desnível observado foi de 113,00m. Dessa maneira, ao aplicar a Equação (01) para o cálculo estimativo do tempo de concentração da bacia, obteve-se

44,92 min.

A partir da determinação das áreas, das tipologias de uso e ocupação do solo observados na bacia do córrego das Flores, conforme apresentado na Figura 3 e

Figura 5: Identificação dos usos e tipos de ocupação do solo na bacia do Córrego das Flores



Fonte: os autores

O coeficiente de deflúvio equivalente para a bacia do córrego das Flores foi de 0,77, sendo que para efeito de cálculo foi considerado 0,80, aplicado a toda a bacia.

As intensidades de chuva foram

da determinação dos coeficientes de deflúvio considerados para cada uma das áreas, conforme apresentado na Tabela 1, determinou-se o coeficiente de deflúvio equivalente, conforme Equação (04).

Tabela 1: Áreas características em função do uso e tipo de ocupação do solo e os coeficientes de deflúvios (C) considerados

Descrição	Área (km ²)	C _i (adm.)	C _i · A _i (km ²)
Área Verde	0,15	0,25	0,0375
Industrial	0,10	0,90	0,0900
Universidade	0,16	0,60	0,0960
Residencial	2,60	0,75	1,9500
Área Mista	0,60	0,85	0,5100
Comércio e Serviço	0,33	0,75	0,2475
Cemitério	0,05	0,90	0,0450
Viário Principal	0,60	1,00	0,6000
Aeroporto	0,15	0,40	0,0600
Σ	4,74	—	3,6360

obtidas para os períodos de retorno estabelecidos e, considerando-se o tempo de concentração de cada uma das sub-bacias do Córrego das Flores formada pelas seções características, estando os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Intensidades de chuva (mm/h) calculadas para cada sub-bacia em função do tempo de concentração e do período de retorno (TR) considerado

Seção	Área (m ²)	Compr. do Talvegue (m)	Desnível do trecho (m)	T _c (min)	Período de Retorno – TR (anos)					
					2	5	10	25	50	100
					Intensidade de chuva (mm/h)					
1	501.645,09	710,00	35,03	10,00	99,505	125,709	143,058	164,978	181,240	197,382
2	991.517,86	671,00	22,01	10,94	96,812	122,399	139,341	160,746	176,625	192,388
3	1.091.187,28	686,00	16,01	12,68	92,178	116,700	132,936	153,450	168,668	183,774
4	362.774,28	231,00	6,87	10,00	99,505	125,709	143,058	164,978	181,240	197,382
5	608.102,56	540,00	13,22	10,35	98,467	124,433	141,625	163,347	179,462	195,458
6	359.967,82	377,00	6,23	10,00	99,505	125,709	143,058	164,978	181,240	197,382
7	242.322,85	497,00	10,89	10,14	99,100	125,212	142,500	164,343	180,548	196,632
8	558.087,96	222,00	2,74	10,00	99,505	125,709	143,058	164,978	181,240	197,382
Σ	4.715.605,70	3.934,00	113,00	44,92	49,9	64,3	73,9	85,9	94,8	103,7

Fonte: os autores

Na sequência foram estabelecidos escoamento superficial direto para a capacidade de escoamento do talvegue sem a ocorrência de transbordamento, assim como foram calculadas as vazões geradas pelo

escoamento superficial direto para cada uma das sub-bacias e em função do período de retorno (TR) considerado, estanho os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Capacidades de escoamento do talvegue e vazões geradas pelo escoamento superficial direto em função do período de retorno (TR) considerado

Seção	Capacidade de escoamento no talvegue sem transbordamento para a seção (m ³ /s)	Vazão gerada pelo escoamento superficial direto em função do período de retorno – TR (m ³ /s)					
		Período de Retorno – TR (anos)					
		2	5	10	25	50	100
1	2,896	11,092	14,014	15,948	18,391	20,204	22,003
2	5,791	21,331	26,969	30,702	35,418	38,917	42,390
3	7,535	22,352	28,298	32,235	37,209	40,900	44,563
4	9,516	8,022	10,134	11,533	13,300	14,611	15,912
5	14,131	13,306	16,815	19,138	22,074	24,251	26,413
6	21,196	7,960	10,056	11,444	13,197	14,498	15,789
7	15,120	5,337	6,743	7,674	8,850	9,722	10,589
8	0,868	12,341	15,590	17,742	20,461	22,477	24,479
Σ	77,053	101,741	128,619	146,416	168,9	185,58	202,138

Fonte: os autores

A partir da seção de montante, foram determinadas as vazões transbordadas pela diferença das vazões geradas pelo escoamento superficial direto e da capacidade

acumulada de escoamento no talvegue, estando os resultados apresentados na Tabela 4 em função do período de retorno considerado.

Tabela 4: Determinação da vazão excedente a calha principal do talvegue em função do período de retorno (TR) adotado

Seção	Capacidade acumulada de escoamento pelo talvegue sem o transbordamento (m³/s)	Vazão excedente a capacidade de escoamento pelo talvegue em função do período de retorno – TR (m³/s)					
		Período de Retorno – TR (anos)					
		2	5	10	25	50	100
1	2,896	8,196	11,118	13,052	15,495	17,308	19,107
2	8,687	26,632	35,192	40,859	48,018	53,33	58,602
3	16,222	47,24	61,746	71,35	83,483	92,486	101,421
4	25,733	53,281	69,899	80,902	94,802	105,116	115,352
5	39,869	61,972	82,099	95,425	112,261	124,752	137,15
6	61,065	62,867	85,09	99,804	118,393	132,185	145,874
7	76,185	74,28	97,909	113,554	133,319	147,983	162,539
8	77,053	100,873	127,751	145,548	168,032	184,712	201,270

Fonte: os autores

Considerando o coeficiente de rugosidade de Manning igual 0,030, a largura da seção transversal de cada uma das seções analisadas, as declividades (I) dos trechos a montante das seções consideradas e as vazões excedentes apresentadas na Tabela 4, aplicou-se a Equação (08) e calculou-se as alturas d'água acima das cotas máximas de transbordamento, estando os resultados apresentados na Tabela 5.

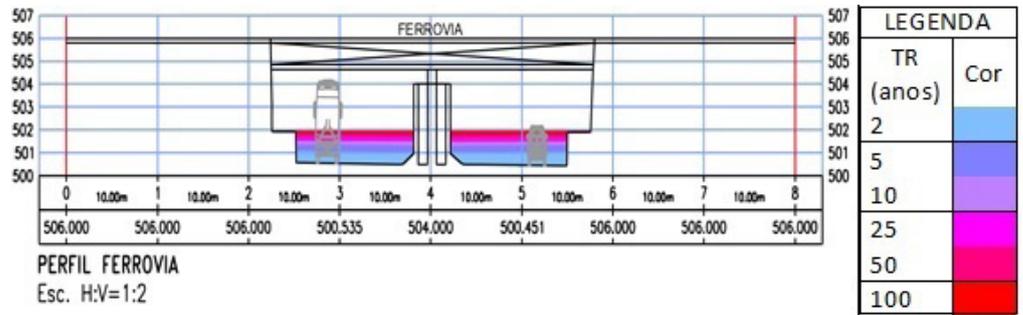
Tabela 5: Altura d'água nas seções analisada em função do período de retorno (TR) considerado

Seção	Largura da seção transversal (m)	Declividade média a montante da seção (m/m)	Altura d'água excedente a cota máxima de transbordamento do canal principal em função do período de retorno – TR (m)					
			Período de Retorno – TR (anos)					
			2	5	10	25	50	100
1	25,00	0,049	0,155	0,186	0,205	0,227	0,243	0,258
2	20,00	0,033	0,383	0,462	0,509	0,566	0,606	0,645
3	60,00	0,023	0,290	0,351	0,389	0,432	0,463	0,492
4	25,00	0,030	0,450	0,564	0,632	0,712	0,768	0,821
5	51,00	0,024	0,304	0,397	0,451	0,514	0,558	0,599
6	32,00	0,017	0,346	0,521	0,618	0,729	0,804	0,875
7	41,00	0,022	0,195	0,362	0,449	0,545	0,609	0,670
8	20,00	0,012	0,528	0,831	0,996	1,187	1,319	1,443

Fonte: os autores

A Figura 6 ilustra, para a seção 8, as estimativas para os níveis d'água acima da cota de transbordamento. O mesmo procedimento foi adotado para as demais seções para a confecção do mapa de alagamento.

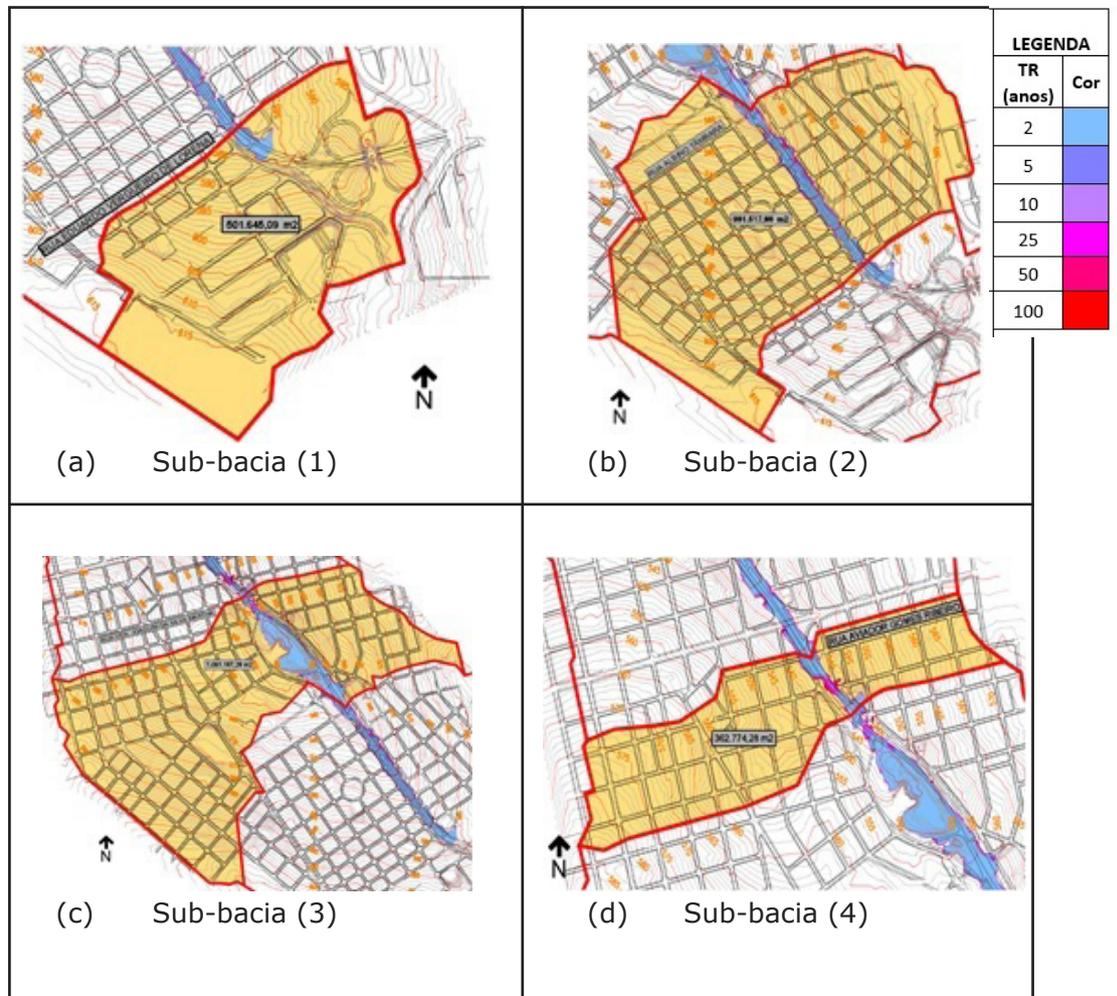
Figura 6: Perfil transversal da seção 8 com as indicações dos níveis d' água em função do Período de Retorno (TR)

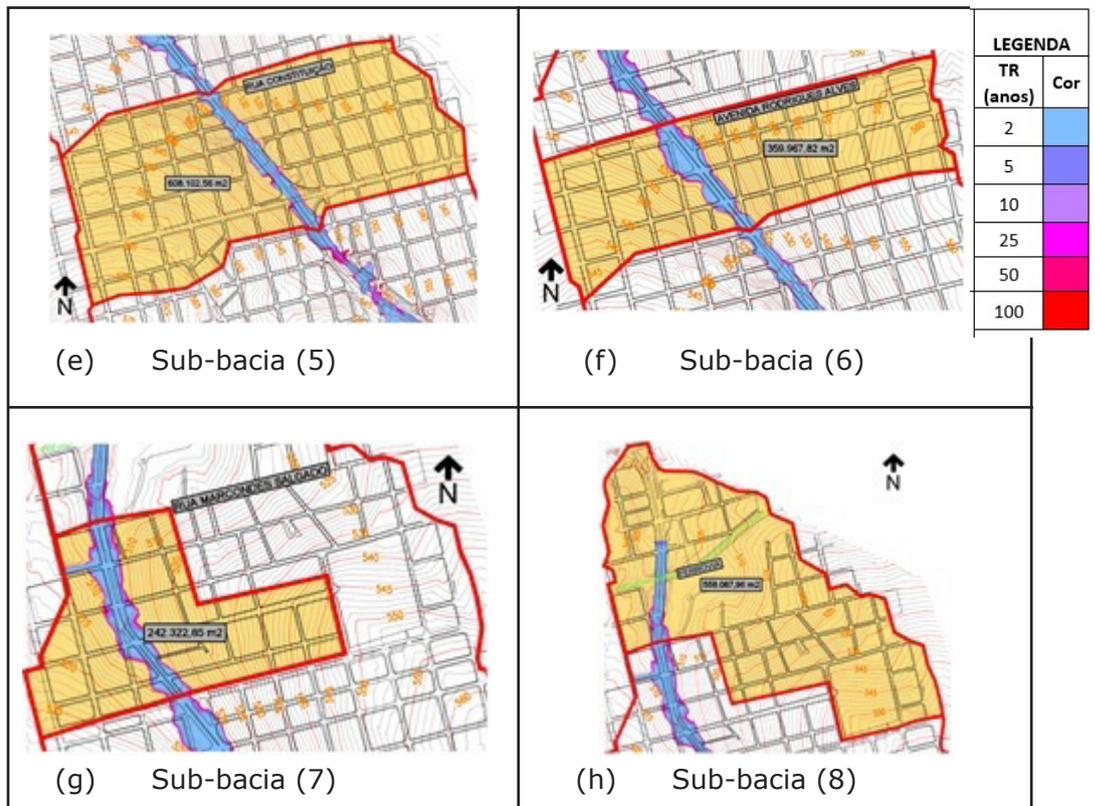


Fonte: os autores

A Figura 7 ilustra os trechos de seccionamento da bacia do Córrego das Flores com as áreas de inundação obtidas para os períodos de retorno considerados.

Figura 7: Áreas de inundação em relação às seções analisadas

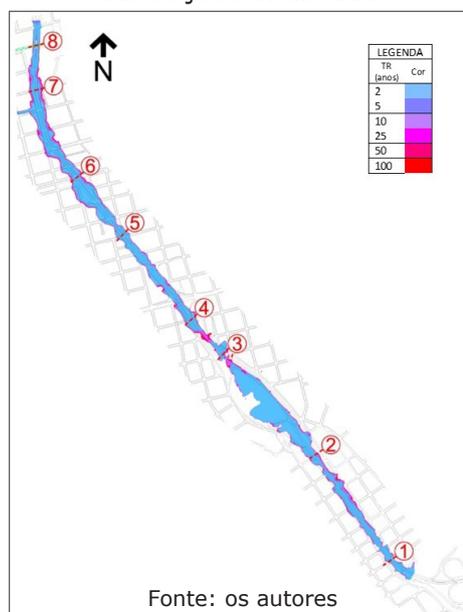




Fonte: os autores

A Figura 8 ilustra a mancha de inundação na bacia do Córrego das Flores, provocada pelo transbordamento do córrego.

Figura 8: Mapa de alagamento da bacia do Córrego das Flores e indicação das seções analisadas



Fonte: os autores

Ao analisar as seções características apresentadas na Figura 7 ou mesmo o mapa de alagamento da bacia do Córrego das Flores apresentado na Figura 8 que, para eventos pluviométricos com período de retorno (TR) de 2 anos já ocorrem trechos de alagamento, provocando a ocupação de parte da Avenida Nações Unidas, desde o acesso pela Rodovia Mal. Rondon até a região ortogonal a linha férrea.

Em termos de área superficial de alagamento, pode-se perceber que não há grande diferença entre precipitações com período de retorno (TR) de 2 ou 100 anos, conforme pode ser observado na **Figura 8**. No entanto, ao se verificar as alturas das lâminas líquidas formadas a partir do transbordamento do córrego das Flores, conforme apresentado na **Tabela 5**, percebe-se que os valores podem variar de 0,15m na seção (1) até 1,44m na seção (8).

Dependendo do posicionamento da massa pluviométrica em relação à bacia as vazões escoadas superficialmente e, conseqüentemente as alturas d'água formadas podem ser menores daquelas aqui apresentadas.

De maneira geral o mapa da mancha de alagamento desenvolvido permite inferir a insuficiente capacidade de escoamento do canal existente, como pode ser verificado com os resultados apresentados na **Tabela 3**, ao se comparar a capacidade hidráulica de escoamento existente e as vazões superficiais diretas estimadas. Vale mencionar que essa incapacidade do escoamento das águas é observada desde o início do córrego das Flores, próximo a seção (1).

5. RESULTADOS

A bacia Córrego das Flores possui coeficiente de forma de 0,30 e coeficiente de compacidade de 1,39, não apresentando características naturais de inundação.

Os efeitos de alagamento observados podem, provavelmente, serem decorrentes da ação antrópica decorrente do tipo de uso e ocupação do solo.

Foram desenvolvidos mapas com as manchas de inundação provocadas por eventos extremos com período de retorno (TR) de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Eventos extremos com período de retorno de 2 anos podem comprometer vários trechos de toda a bacia do córrego das Flores, dependendo da região de ocorrência das chuvas.

As plantas de inundação são ferramentas que auxiliam as autoridades públicas administrativas a tomarem decisões quanto as áreas de isolamento e determinação de possíveis rotas de fuga.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao evento 1º Simpósio Brasileiro Cidades + Resilientes.

REFERÊNCIAS

BAURU (2008). *LEI 5631 de 22 de agosto de 2008*. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Bauru, Bauru-SP, p 9283/06.

BENEVOLO, Leonardo, *História da Cidade*. 4. São Paulo – SP. Ed. Perspectiva. 2009.

- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA. *Precipitações intensas no estado de São Paulo*, Governo do Estado de São Paulo-SP, maio de 2018. 246p.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA, DAEE, *Hidrologia e Hidráulica: Conceitos Básicos e Metodologias. Capítulo 1 Hidrologia Vazão de enchente*. 2ª edição. 2006. Disponível em <https://www.dae.sp.gov.br> Acessado em: 15/06/2020
- GENOVEZ, A.M. *Avaliação dos métodos de estimação das vazões de enchente para pequenas bacias rurais do estado de São Paulo*. 1991. 245f. Tese (Livre docente em Engenharia), Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).1991.
- GHIRARDELLO, Nilson. Primórdios da formação de Bauru. In: FONTES, M.; GHIRARDELLO, N. (org.) *Olhares sobre Bauru*. São Paulo: Unesp; Faac, 2008.
- MORAES, Tisa; BRUNELLI, Francisco; GARCIA, Ana Beatriz. *Chuva arrasta carros e alerta continua até domingo*. JcNet, Bauru, 20 de jan. de 2020. Crédito da Imagem: Samantha Ciuffa. Disponível em: <<https://www.jcnet.com.br/noticias/geral/2020/01/712556-nacoes-unidas-vira-rio-com-chuva-moderada.html>>. Acesso em: 15 de jun. de 2020.
- SANTOS, M. (1992). "1992: a redescoberta da natureza". In: *Estudos Avançados*, São Paulo, Edusp, nº14, V.6, jan.-abr., pp.95-106.
- TUCCI, Carlos E. M. (org). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1993. 943p.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw Hill, 1975. 250p