

Modelagem Hidrológica: Aplicação em Área Urbanizada de Porto Alegre, Brasil

Abreu, M.P.^{*1}, Oleques Jr., J.A.O.¹, Panazzolo, A.P.¹ and Teixeira, C.¹

¹ STE – Serviços Técnicos de Engenharia, R. Saldanha da Gama, 225, 92310-630, Canoas, RS, Brasil

Abstract

The study presented here shows the hydrologic modeling as part of an extensive study in an area with disorderly occupation in the city of Porto Alegre, Brazil. The city government is studying the reduction of Perennial Protected Area (APP) from 30 m to 15 m in streams of an area named Vila Mato Sampaio, densely populated. In this context, hydrologic modeling of rivers and streams is one of the most important procedures to define the affected areas in case of extreme events. The streams involved (Riacho Doce, Arroio Vila Pinto and Arroio Mem de Sá and its tributaries) were hydrologically modeled for flood events with return periods of 10, 25, 50 and 100 years (considering the current use and land occupation). As a result of that was obtained the flooded area. Thus, we used HEC-RAS software, fed with topographic data and calculated flows using Rational Method (small basins), and the project rain was calculated using IDF curves.

Introdução

A prefeitura da cidade de Porto Alegre, através do Departamento de Habitação (DEMHAB), realizou estudos sobre uma região com ocupação desordenada conhecida como Vila Mato Sampaio. Há moradores em áreas de risco de inundação dentro da região de APP (Área de Proteção Permanente), o que a lei não permite. O objetivo da prefeitura é regularizar as áreas ocupadas e remover os moradores que estejam dentro da APP. As leis ambientais locais indicam que a APP deve estar em um intervalo de 30 m das margens dos corpos d'água, mas estudos hidrológicos (incluindo modelagem) podem reduzir esse intervalo para 15 m em alguns trechos. Neste contexto, a modelagem hidrológica dos rios e arroios deste local foi feita para verificar o comportamento hidráulico dos corpos d'água em eventos extremos – procedimento detalhado no próximo item, subsidiando a tomada de decisão da prefeitura acerca do zoneamento da região.

Metodologia

O modelo computacional utilizado é o chamado HEC-RAS (River Analysis System), desenvolvido pelo U.S. Army Corps of Engineers. Este sistema simula um canal onde é possível configurar seções com qualquer geometria, bueiros, pontes, controlar as contribuições laterais e utilizar dispositivos de controle de vazão. A geometria inserida no sistema é proveniente da topografia, incluindo planimetria dos corpos d'água (comprimento de cada trecho e formação dos arroios contribuintes), seções transversais, bueiros e também condições de contorno (declividades a jusante e a montante). A Figura 1 mostra a montagem dos rios (Arroio Vila Pinto e Riacho Doce) no sistema.

Considerando a vazão estacionária, esta é inserida no sistema através das seções transversais (o sistema HEC-RAS não calcula vazões a partir de dados de chuva). As vazões são inseridas em qualquer seção onde se queira, de maneira que a situação mais próxima da realidade é atualizar as vazões em quase todas as seções transversais lançadas. Para cada seção transversal há uma área de contribuição, declividade e comprimento do talvegue. Portanto, para cada seção transversal foi calculado o tempo de concentração pela formulação de Kirpich (PORTO ALEGRE, 2005):

$$tc = 0,01947 \times \frac{L^{0,77}}{I^{0,385}} \quad (1)$$

Onde: tc = tempo de concentração (minutos);

L = comprimento do talvegue ou rede contribuinte (m);

I = declividade média (m/m).

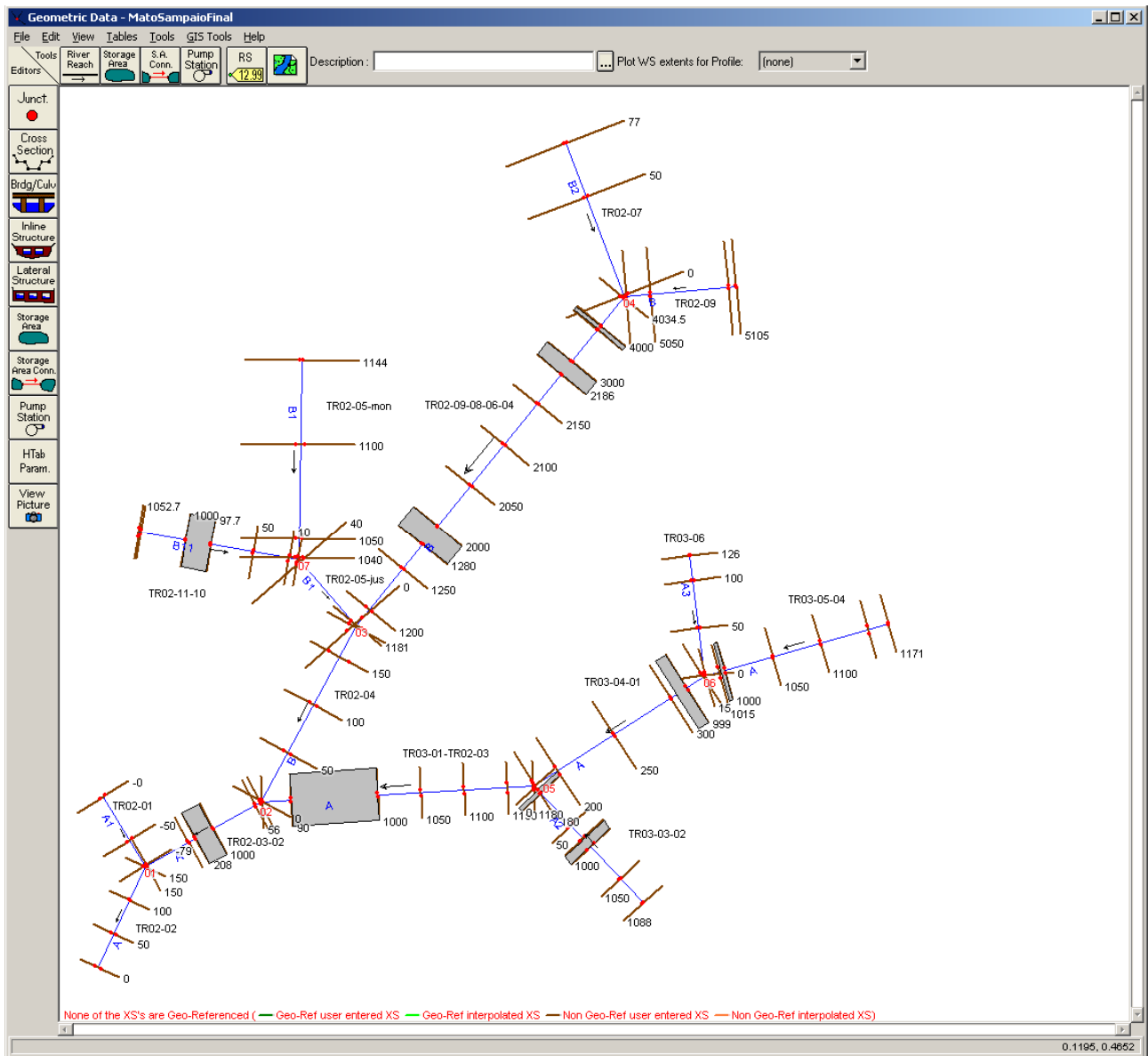


Figura 1: Geometria do Riacho Doce e Vila Arroio Pinto no sistema HEC-RAS.

A chuva utilizada no projeto foi calculada de acordo com as curvas IDF – intensidade, duração e frequência da estação pluviográfica mais próxima, listados em Porto Alegre (2005):

$$i_{\max} = \frac{1297,9 \times TR^{0,171}}{td + 11,6^{0,85}} \quad (2)$$

Onde: i_{\max} = intensidade máxima de chuva (mm/h);

TR = período de retorno (anos) – aplicado 10, 25, 50 e 100 anos;

td = tempo de duração da chuva, que deve ser igual ao tempo de concentração da bacia contribuinte (minutos).

O modelo de transformação de chuva em vazão utilizada foi o conhecido Método Racional, adequado para uso em pequenas áreas, como indica Porto Alegre (2005). A equação do Método Racional utilizada é mostrada a seguir.

$$Q_p = 2,78 \times C \times i_{\max} \times A \quad (3)$$

Onde: Q_p = vazão de projeto (l/s)

i_{\max} = intensidade máxima de chuva (mm/h);

C = coeficiente de escoamento superficial – aplicado 0,85;

A = Área contribuinte (ha).

TRECHO	ESTACA (km+m)	ÁREA CONTR. (ha)	Qp _{acum} (m³/s)			
			TR 10 ANOS	TR 25 ANOS	TR 50 ANOS	TR 100 ANOS
TR 01 - 01	0+313,60	25,79	7,94	9,29	10,46	11,78
	0+200,00	28,57	8,41	9,84	11,08	12,48
	0+100,00	32,40	9,17	10,73	12,08	13,60
	0+000,00	34,39	9,34	10,93	12,30	13,85
TR 03 - 03	0+088,00	3,08	1,58	1,84	2,07	2,34
	0+000,00	4,34	2,11	2,46	2,77	3,12
TR 03 - 02	0+080,00	4,34	2,08	2,43	2,74	3,08
	0+000,00	5,26	2,41	2,82	3,18	3,58
TR 02 - 03	0+060,00	24,59	19,74	23,09	26,00	29,27
	0+050,00	52,45	19,74	23,09	26,00	29,27
	0+000,00	53,50	19,67	23,01	25,90	29,16
TR 02 - 02	0+208,00	54,11	19,70	23,04	25,94	29,21
	0+150,00	54,80	19,70	23,04	25,94	29,21
	0+100,00	64,37	22,41	26,21	29,51	33,23
	0+000,00	67,48	22,54	26,36	29,68	33,41
TR 02 - 07	0+077,40	3,09	1,61	1,88	2,12	2,38
	0+050,00	3,53	1,80	2,11	2,38	2,67
	0+000,00	4,11	2,05	2,40	2,70	3,04
TR 02 - 09	0+105,50	2,64	1,16	1,36	1,53	1,73
	0+100,00	2,71	1,19	1,39	1,56	1,76
	0+050,00	3,04	1,32	1,54	1,73	1,95
	0+000,00	8,76	3,69	4,32	4,86	5,48
TR 02 - 08	0+038,90	8,76	3,64	4,26	4,79	5,39
	0+000,00	8,82	3,79	4,43	4,99	5,61
TR 02 - 06	0+186,80	8,82	3,85	4,50	5,07	5,71
	0+100,00	10,61	4,37	5,11	5,75	6,47
	0+000,00	12,48	4,92	5,76	6,48	7,30
TR 02 - 04	0+281,00	12,80	5,00	5,85	6,59	7,42
	0+200,00	21,95	8,32	9,73	10,96	12,34
	0+100,00	31,88	11,57	13,53	15,24	17,15
	0+000,00	33,63	11,69	13,68	15,40	17,34
TR 03 - 05	0+170,00	3,03	1,51	1,76	1,98	2,23
	0+100,00	4,65	2,22	2,60	2,93	3,29
	0+050,00	5,89	2,73	3,20	3,60	4,05
	0+000,00	8,01	3,61	4,22	4,75	5,35
TR 03 - 06	0+126,00	1,12	0,56	0,65	0,73	0,82
	0+100,00	1,36	0,67	0,78	0,88	0,99
	0+000,00	2,14	0,98	1,15	1,29	1,46
TR 03 - 04	0+029,00	8,01	3,59	4,20	4,73	5,33
	0+000,00	10,16	4,48	5,24	5,90	6,64
TR 03 - 01	0+300,00	10,16	4,49	5,25	5,91	6,65
	0+200,00	11,64	4,89	5,72	6,44	7,25
	0+100,00	18,60	7,42	8,68	9,78	11,01
	0+000,00	20,71	7,91	9,25	10,42	11,73
TR 02 - 01	0+000,00	2,91	1,24	1,45	1,63	1,83
	0+079,37	4,53	2,03	2,37	2,67	3,01
TR 02 - 10	0+097,69	2,75	1,21	1,42	1,60	1,80
	0+000,00	3,23	1,57	1,84	2,07	2,33
TR 02 - 11	0+052,73	1,61	0,82	0,82	0,95	1,21
	0+000,00	2,29	1,12	1,31	1,47	1,66
TR 02 - 05	0+144,90	3,31	1,51	1,76	1,98	2,23
	0+100,00	3,85	1,74	2,03	2,29	2,58
	0+000,00	7,97	3,45	4,03	4,54	5,11

Observou-se no local que o valor de 0,4 como coeficiente de Manning é adequado. Após a simulação, o software gerou as posições de nível de água nas seções transversais e características de fluxo, tais como regime de fluxo, linha de energia, velocidade e outras características. Uma das seções inseridas no sistema é mostrada abaixo (figura 2).

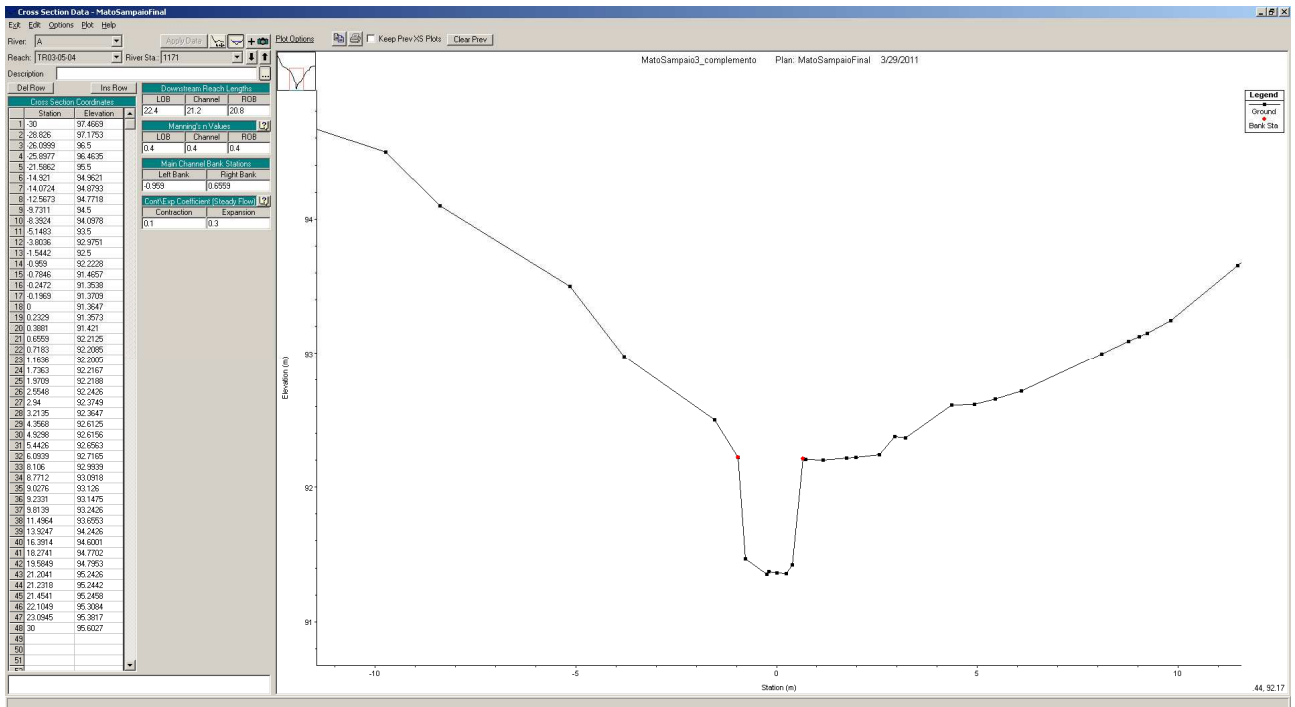


Figura 2: Seção transversal inserida no sistema HEC-RAS.

DISCUSSÃO E RESULTADOS

Os resultados das simulações são exibidos no sistema através da área molhada nas seções transversais. Para ilustrar, a figura 3 contém o mesmo conteúdo da seção transversal da figura 2, mas com a superfície da água após a simulação.

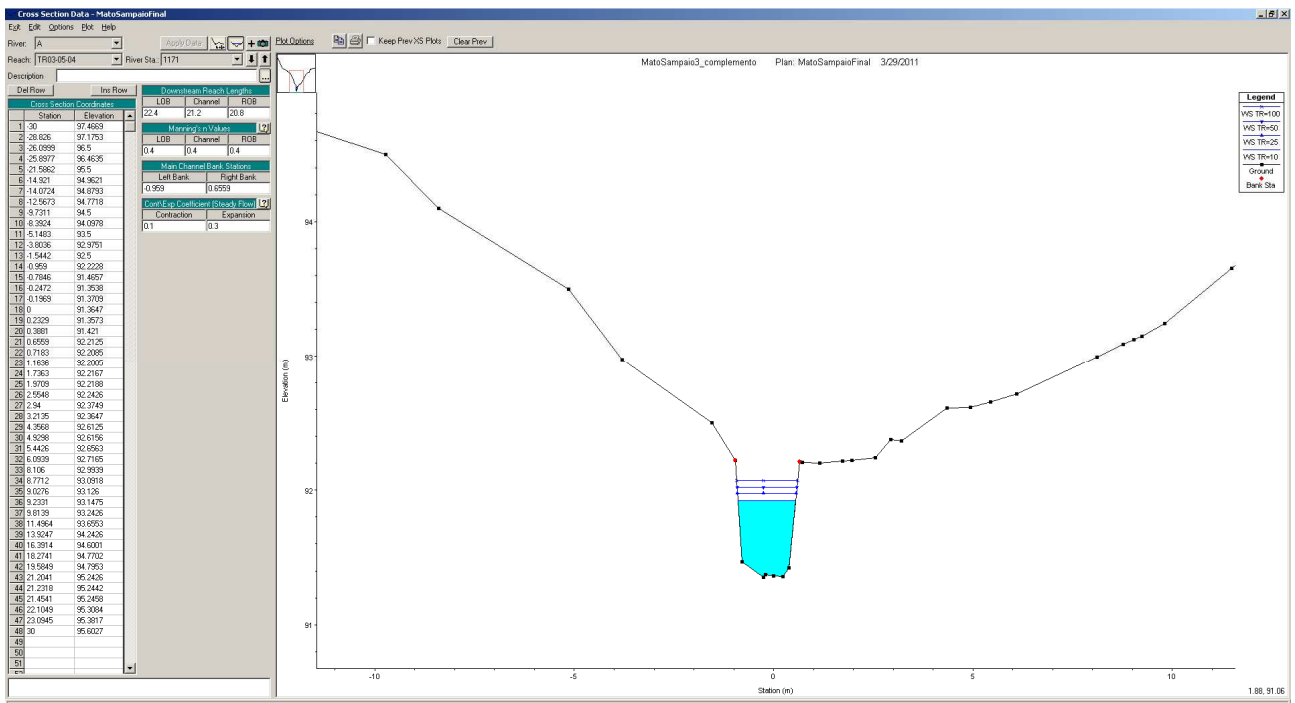


Figura 3: Seção transversal após a simulação, com a superfície da água

Para confirmar os resultados, uma equipe fez uma pesquisa de campo com os moradores pesquisando os níveis d'água em períodos recentes. Para confirmar também a simulação dos bueiros, suas capacidades foram calculadas com outro software. Com os resultados da simulação foi possível desenhar a área alagada em planta, e posteriormente os técnicos podem tomar decisões administrativas acerca dos moradores com base na dinâmica hidrológica do local. A Figura 4 mostra a área alagada e rios (azul) e as linhas distantes 30 m e 15 m - APP (verde).



Figura 4: Plano com alcance simulado, áreas de conservação e áreas de inundação.

CONCLUSÕES

Os resultados mostram que a área inundada para os períodos de retornos considerados não são muito diferentes entre si, mas o comportamento hidráulico do rio é variado ao longo de sua trajetória, e esta variabilidade pode alterar as decisões governamentais sobre as áreas afetadas. É importante a confirmação dos resultados com uma visita a campo, assim como devem ser aplicados nos modelos somente dados consolidados.

As ferramentas computacionais podem simular muitos cenários, mas devem ser alimentados corretamente; um profissional técnico sempre deve avaliar os resultados com olhar crítico e não confiar cegamente nos resultados de sistemas computacionais.

REFERÊNCIAS

PORTO ALEGRE. Prefeitura de Porto Alegre. Departamento de Esgotos Pluviais. **Caderno de Encargos**. Porto Alegre, 2005.

BRUNNER, G. W. **HEC-RAS**: River Analysis System User's Manual. Davis, CA: HEC/US ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2008.