IMPACTOS HIDROLÓGICOS DA URBANIZAÇÃO EM PORTO ALEGRE

André Luiz Lopes da Silveira[1]

Resumo - A quantificação do impacto da urbanização sobre os escoamentos urbanos é essencial para a previsão das alterações hidrológicas quantitativas e de qualidade da água decorrentes do crescimento das cidades. Para cidades brasileiras as informações sobre o assunto são raras, mas os dados disponíveis em Porto Alegre permitem estimativas de impactos quantitativos que podem ser úteis a outras cidades do país. A análise efetuada para Porto Alegre permitiu estabelecer curvas empíricas de evolução do coeficiente de escoamento global e do coeficiente de escoamento superficial com as taxas de urbanização.

Abstract - An evaluation of urban effects on runoff is essential to predict quantitative and qualitative alterations on stream flows caused by city growing. Hydrological data of Brazilian cities is scarce, but Porto Alegre has some stream flow data that can provide an evaluation of urbanization impacts on the runoff quantity, an useful information to other cities. An analysis of this data allowed to define empirical curves of the evolution of both total runoff coefficient and the stormwater runoff coefficient against percentage of area urbanized.

Palavras-chave – Coeficiente de escoamento, urbanização, impacto ambiental

[1] *Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH/UFRGS*
Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970 Porto Alegre/RS, Cx Postal 15029, Tel : (051) 3166623, Fax : (051) 3166565, e-mail : silveira@if.ufrgs.br

INTRODUÇÃO

O acesso a informações sobre o impacto da urbanização nos escoamentos de arroios de cidades brasileiras é muitas vezes dificultada porque os estudos existentes, além de raros, geralmente têm objetivos específicos visando solução de problemas, sem se preocupar com uma análise mais global e simples do problema, que muitas vezes prescinde de um processamento ou modelagem complexa dos dados.

Neste artigo apresenta-se de forma simples uma quantificação do impacto da urbanização sobre coeficientes de escoamento em Porto Alegre, como subsídio a comparações com a situação de outras cidades brasileiras. Os resultados são inéditos mas os dados básicos provêm do acervo coletado pela instrumentação da bacia do arroio Dilúvio em fins da década de 70 e início dos anos 80, no âmbito do denominado Projeto Dilúvio (Alvarez e Sanchez, 1979).

Os impactos abordados correspondem àqueles observados sobre o coeficiente global de escoamento de arroios urbanos assim como sobre o coeficiente de escoamento superficial de eventos isolados nestes mesmos arroios. O presente artigo não vai além de uma análise da evolução quantitativa dos escoamentos com a urbanização, mas a utilidade do conhecimento dessa evolução pode transcender o mero impacto hidrológico quantitativo, pois cargas de poluentes e sedimentos podem ser associadas a diferentes taxas de urbanização.

Este artigo desenvolve-se em três itens básicos, o primeiro descreve a instrumentação realizada no Projeto Dilúvio, para que se possa avaliar o trabalho desenvolvido e a qualidade dos dados, o segundo aborda o impacto no coeficiente de escoamento global, e o terceiro trata do impacto no coeficiente de escoamento de eventos isolados.

DADOS HIDROLÓGICOS URBANOS DA BACIA DO DILÚVIO

Comparada a outras grandes cidades brasileiras, Porto Alegre é relativamente privilegiada porque dispõe de dados hidrológicos na sua principal bacia urbanizada, a bacia do arroio Dilúvio, incluindo vários afluentes com graus de urbanização distintos. A bacia do Dilúvio, com 80 km2 chegou a ser monitorada por 11 linígrafos e 14 pluviógrafos no período básico de 1978 a 1982, quando a urbanização na bacia atingia cerca de 50%.

A rede linigráfica, com aparelhos de bóia e registro em papel, que foi operada com grande esforço na época, é identificada na Tabela 1, onde pode-se verificar o período de funcionamento de cada linígrafo. A localização dos 11 linígrafos é indicada na Figura 1, revelando a boa cobertura espacial. A autonomia semanal dos aparelhos, por outro lado, conduziu a uma resolução temporal de 30 minutos, o que não foi ideal para algumas bacias, dada a rapidez dos eventos de cheia de áreas urbanizadas. Os dados de nível d'água dos postos da Tabela 1 foram digitalizados para o estudo de Silveira (1996), mas nem todos os períodos de todos os postos tiveram ainda uma consistência que permitisse o estabelecimento de séries contínuas isentas de erros. Evidentemente, houve diversas lacunas por panes ou contratempos diversos, mas a maioria delas poderia ser preenchida

por técnicas simples. Os relatórios oficiais do Projeto Dilúvio de Alvarez e Sanchez (1979) e de Simões Lopes e Sanchez (1986) não se preocuparam com essas lacunas porque utilizaram dados parciais referentes apenas a eventos isolados de cheias. De qualquer forma, com os dados disponíveis, as séries de níveis d'água, registradas basicamente entre 1978 e 1982, formam um acervo suficiente para uma avaliação do impacto da urbanização em uma parte representativa de Porto Alegre.

Tabela 1 – Rede de Linígrafos do Projeto Dilúvio (localização na Figura 1)

Posto	Nome do posto	Arroio	A(km^2)	Linígrafo	Autonomia	Período
H1	Av. Borges	Dilúvio	80,9	Hidrologia S/A	semanal	jan 78 – mai 80
H2	Ipiranga (CPRM)	Dilúvio	57,0	vários	semanal	desde 1972 (*)
H3	PUC	Dilúvio	50,4	Hidrologia S/A	semanal	jan 78 – dez 81
H4	Agronomia	Dilúvio	31,5	A-OTT	semanal	jan 78 – nov 83
H5	Saint-Hilaire	Dilúvio	5,9	Hidrologia S/A	semanal	mai 78 – set 82
H6	Bela Vista	São Vicente	2,6	Hidrologia S/A	semanal	jan 78 – fev 84
H7	Cascata I	Cascata	4,2	Hidrologia S/A	semanal	fev 78 – jun 80
H8	Cascata II	Cascata	7,6	Hidrologia S/A	semanal	mar 78 – mar 81
H9	PUC Moinho	Moinho	4,7	A-OTT	semanal	jan 78 – abr 80
H10	Beco Carvalho	B. Carvalho	3,4	Hidrologia S/A	semanal	abr 78 – nov 79
H11	Casa de Portugal	Agronomia	6,5	A-OTT	semanal	dez 77 – nov 79

(*) Digitalização cobre apenas período de 1978-1982

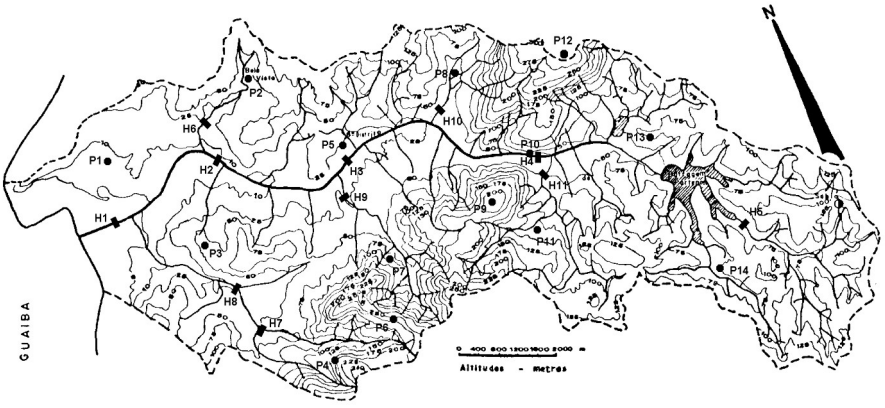


Figura 1 Localização da rede de monitoramento hidrológico do Projeto Dilúvio

As séries de nível d'água só têm utilidade, evidentemente, se puderem ser transformadas em séries de vazões. Neste sentido, foi realizado também no Projeto Dilúvio, um grande trabalho de campo para obtenção de curvas-chave nos locais dos linígrafos. A Tabela 2 sintetiza as medições de vazão realizadas e indica a representatividade das curvas-chave que puderam ser estabelecidas.

A Tabela 2 mostra que foram estabelecidas 8 curvas-chave. Para o posto H1 próximo da foz no lago Guaíba as medições de vazão foram infrutíferas pois a seiche do

lago desestabilizava a relação cota-descarga. No posto H3 não foram realizadas medições de vazão porque houve uma ponderação na época de que a curva-chave do posto H2 (posto ainda operado pela ANEEL) lhe serviria já que a seção canalizada era a mesma. Para o posto H7 também não foi estabelecida curva-chave, pois poucas medições foram realizadas já que o posto H8 foi escolhido como posto chave do arroio Cascata.

Tabela 2 – Síntese das medições de vazão e curvas-chave do Projeto Dilúvio

Posto	Nome	Medições de vazão H(cm) Q(m^3/s)			Curva-Chave H(cm) Q(m^3/s)		
		Número	Hmáx	Qmáx	Hmín	Hmáx (Q)	H_{limite} (Q) (***)
H1	Av. Borges	20	158	31,8	-	-	-
H2	Ipiranga (CPRM)	61(*)	62	15,5	10	100 (43,0)	160 (111,0)
H3	PUC	-	-	-	-	-	-
H4	Agronomia	41	68	2,1	20	110 (7,0)	180 (28,0)
H5	Saint-Hilaire	47	74	0,46	10	90 (0,5)	90 (0,5)
H6	Bela Vista	34	93	4,4	10	140 (11,2)	155 (14,0)
H7	Cascata I	15	145	0,47	-	-	-
H8	Cascata II	119	98	5,3	10	210 (18,5)	170 (13,0)
H9	PUC Moinho (**)	75	40	0,95	20	190 (31,5)	220 (42,6)
H10	Beco Carvalho	36	55	1,1	20	100 (3,0)	125 (5,2)
H11	Casa de Portugal	35	59	1,6	10	80 (3,2)	100 (5,6)

(*) 15 realizadas pelo IPH

(**) A curva–chave de H9 corresponde à última alteração das três estabelecidas

(***) H_{limite} : limite hidráulico de extrapolação sem extravasamento

Das 8 curvas-chave estabelecidas, uma (a do posto H9, no arroio Moinho) revelou-se instável por problemas de fundo móvel. De uma maneira geral, entretanto, as curvas-chave do Projeto Dilúvio são consistentes. Seu maior problema são os ramos de extrapolação, mas a maior parte das cheias registradas está compreendida nas gamas de variação das medições de vazão.

As características das bacias monitoradas estão na Tabela 3 apresentada por Silveira (1996) :

Tabela 3 - Características das sub-bacias com dados

		Sub-bacias nas seções dos linígrafos(*)									
Classe (1972/73)	Código	H1	H2	H4	H2-H4	H5	H6	H8	H9	H10	H11
área edificada	A1(%)	11,0	6,7	1,8	12,2	0,6	31,6	11,3	5,7	10,7	0,7
área coberta de arbustos	A2(%)	14,8	14,9	14,4	15,5	8,0	14,1	22,8	10,9	17,3	11,4
área com grama	A3(%)	24,4	26,7	27,7	25,5	41,5	7,7	20,8	36,7	22,2	21,1
solo nu	A4(%)	12,6	11,4	9,2	13,8	0,3	13,2	12,5	11,1	12,0	9,1
área coberta com bosque	A5(%)	21,8	27,0	35,3	17,7	45,4	8,4	19,6	22,8	26,9	48,1
ruas em terra	A6(%)	3,4	3,7	3,1	4,4	2,5	4,0	2,0	3,7	3,0	1,9
área cultivada	A7(%)	4,0	4,3	5,5	2,9	0,2	1,4	4,8	3,9	2,6	7,4
superfície de água	A8(%)	2,0	1,7	2,8	0,5	1,4	0,7	0,0	0,7	0,2	0,1
ruas pavimentadas	A9(%)	6,0	3,7	0,3	7,5	0,0	18,8	6,0	4,5	5,1	0,2
área impermeável	A1+A9	16,2	9,8	1,9	19,7	0,4	50,4	16,4	10,2	15,6	0,9
Área da Bacia (km^2)		80,9	57,0	31,5	25,5	5,87	2,57	7,62	4,68	3,43	6,54
Declividade Média da Bacia (%)		6,4	7,0	6,0	8,2	4,6	4,1	11,2	13,5	11,0	8,5
Área urbana c/rede pluvial 1982 (%)		35,2	20,6	1,4	44,4	0,0	88,7	32,9	8,3	21,3	0,0
Área urbana s/rede pluvial 1982 (%)		12,8	15,4	13,6	17,6	6,5	0,0	18,6	35,7	16,9	3,5
Área não urbana 1982 (%)		52,0	64,0	85,1	37,9	93,5	11,3	48,4	56,0	61,8	96,5

(*) H2-H4 é a bacia intermediária entre estes dois postos

Há diferentes estágios de urbanização nas sub-bacias. Os dados de ocupação nas diversas classes (1972-1973) foram processados a partir dos dados das fotos aéreas contidos em Alvarez e Sanchez (1979). A ocupação urbana de 1982 foi estimada de cartas 1:2000 e as declividades foram calculadas a partir das curvas de nível digitalizadas provenientes de uma carta 1:50000 (Silveira, 1996).

O acervo de dados do Projeto Dilúvio completa-se com as informações coletadas da rede pluviográfica, cuja identificação é apresentada na Tabela 4 e a localização dos 14 pluviógrafos é indicada na Figura 1. A maioria dos aparelhos tinha autonomia semanal, o que significa uma resolução temporal de 30 minutos, compatível com a dos linígrafos, mas que não foi ideal para algumas bacias, conforme afirmado anteriormente. Os dados de lâminas precipitadas a cada 30 minutos dos postos da Tabela 4 foram digitalizados em modo texto, a partir das interpretações manuais feitas na época e registradas em planilhas de papel. Os dados foram digitalizados e consistidos por Silveira (1996), e abrange cerca de 80% da precipitação medida em cada posto, pois as chuvas mais fracas foram descartadas.

Tabela 4 - Rede de Pluviógrafos do Projeto Dilúvio (localização na Figura 1)

Posto	Nome	Pluviógrafo	Número	Captação	Sistema	Autonomia	Período
P1	Parque da Redenção	Hidrocean (*)	-		-	diário	set 77 – set 82
P2	Bela Vista	Jules Richard	-	400 cm^2	sifão	semanal	dez 77 - dez 83
P3	CEPA-3 (CEEE)	Jules Richard	117.815	400 cm^2	sifão	semanal	out 77 – set 82
P4	Glória (Alpes Suíços)	Hidrocean				diário	mai 78 – mar 82
P5	8º Distrito (INMET)	IH PLG 4	-	200 cm^2	peso	diário	desde ago 74
P6	Microondas	Jules Richard	117.834	400 cm^2	sifão	semanal	mai 78 – nov 82
P7	Volta da Cobra	Hidrocean (*)	-			diário	ago 77 – set 82
P8	Beco do Carvalho	Jules Richard	117.828	400 cm^2	sifão	semanal	dez 78 - nov 82
P9	Morro da Tuca	Jules Richard	111.151	400 cm^2	sifão	semanal	fev 78 - fev 84
P10	Agronomia	IH PLG 4 (**)	4 - 551	200 cm^2	peso	diário	jun 79 – out 82
P11	Beco do David	Jules Richard	117.854	400 cm^2	sifão	semanal	set 77 – fev 84
P12	Morro Santana	Jules Richard	117.824	400 cm^2	sifão	semanal	abr 79 – set 81
P13	IPH-DEPRC	Alpina	-		sifão	semanal	1964 – 1983
P14	Saint Hilaire	Hidrocean (*)	-				dez 77 - out 83

(*) Jules Richard antes de julho 78

(2) IH PLG 7S (semanal) jun 80 - mar 81 e Jules Richard após

IMPACTO NO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO GLOBAL

Definindo-se o coeficiente de escoamento global de uma bacia como a razão entre a lâmina precipitada anual e a lâmina d'água equivalente ao volume escoado anual na bacia (escoamento de base mais escoamento superficial), consegue-se, com os dados da bacia do Dilúvio, caracterizados no item anterior, chegar aos valores da Tabela 5. Os valores apresentados de 1978 a 1981 referem-se a anos completos sem problemas de consistência ou de preenchimento de falhas. Seria possível preencher algumas lacunas da Tabela 5 (ver Tabela 1), mas uma consistência completa ainda não foi feita para recuperar a informação correta de vários registros (um problema comum é a presença de saltos ou tendências por erros de operação ou panes diversas).

Os coeficientes de escoamento C globais médios foram obtidos dividindo-se as lâminas escoadas médias por bacia pela correspondente lâmina precipitada no posto do 8º Distrito do INMET (P5 da Tabela 4), único com as séries completas. Expressos em porcentagem, os coeficientes C resultantes, representam uma amostra precária, é certo, pois há somente cinco valores, mas sua evolução com as taxas de urbanização e de impermeabilização revelam uma tendência coerente com o efeito esperado da urbanização nos escoamentos, conforme ilustra a Figura 2.

Tabela 5 - Lâminas escoadas (mm) e coeficientes de escoamento globais (%)

Posto	Cód.	1978	1978	1979	1980	1981	C (%)	AURB (%)	AIMP (%)
Ipiranga (CPRM)	H2			590	645		49	36	9,8
Agronomia	H4	205	205	257	270	128	18	15	1,9
Saint-Hilaire	H5				232	384	25	7	0,4
Bela Vista	H6			757	817	560	57	89	50,4
Cascata II	H8			612	680		51	52	16,4

C = coeficiente de escoamento global médio
AURB = porcentagem urbanizada da bacia (1982) conforme Silveira (1996)
AIMP = porcentagem impermeabilizada da bacia a partir das informações de Alvarez e Sanchez (1979)

Apesar da falta de significância estatística, devido ao número reduzido de pontos, ajustaram-se algumas funções expressando o coeficiente global de escoamento C em função da taxa de urbanização AURB e da taxa de impermeabilização AIMP. Optou-se por curvas para sintetizar o comportamento não linear sugerido pelos pontos amostrais. Esta não linearidade revela que o coeficiente de escoamento evolui rapidamente até uma taxa de impermeabilização de 20% (equivalente a uma urbanização de 50%), com C atingindo um valor entre 45 e 50%. A partir deste estágio, se a urbanização avança sobre toda a bacia, C encaminha-se mais lentamente para um valor de pouco mais de 60%. Isto significa que o potencial de aumento de escoamento com a urbanização é de 6 a 7 vezes, mas já atinge 4 a 5 vezes com uma urbanização de 50% (admitindo-se um C mínimo de 10%, representando uma condição natural). Note-se que podemos avaliar a evolução de C indiferentemente com a taxa de urbanização ou com a taxa de impermeabilização porque a relação entre elas segue uma tendência consistente (também não linear), conforme evidencia a Figura 2. A vantagem de usar AURB é a maior facilidade de sua medição. Além disso, como AURB foi estimado para 1982 e as AIMP são do início dos anos 70, é bem provável que haja uma subestimação destas últimas no período correspondente aos dados hidrológicos.

A variação de C com a urbanização, considerando-se os valores quantitativos obtidos, indica haver uma alteração significativa do balanço hídrico nas bacias urbanizadas. À medida que a urbanização avança há menos perdas anuais por evapotranspiração e maiores parcelas do escoamento passam a circular na rede pluvial e nos arroios diminuindo a recarga dos aqüíferos, passando a haver menos escoamento de base. Se C evolui de 10 para 60% com a urbanização, as perdas (basicamente por evapotranspiração) reduzem-se em cerca de 55%.

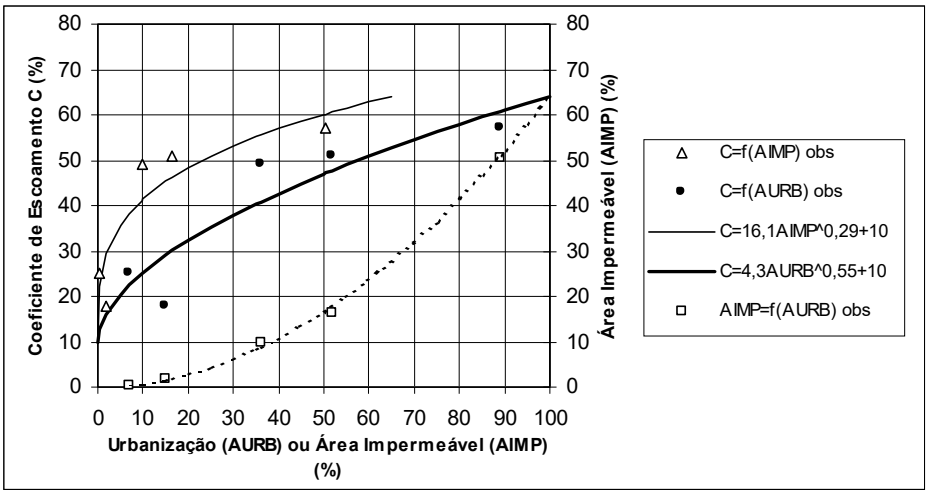


Figura 2 – Variação do coeficiente de escoamento global com a urbanização

IMPACTO NO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Analisando-se exclusivamente as parcelas de escoamento superficial dos eventos isolados de cheia selecionados por Silveira (1996), é possível avaliar o impacto da urbanização em outro tipo de coeficiente de escoamento, o coeficiente de escoamento superficial, com a seguinte expressão :

$$P_n = C_r \left(P_b - P_i \right) / 100 \qquad (1)$$

onde C_r é o coeficiente de escoamento superficial (%), P_n e P_b, respectivamente, as chuvas efetivas e brutas dos eventos e P_i é a lâmina equivalente ao volume de perdas por detenção nas superfícies impermeáveis.

O ajuste desta expressão aos eventos de cada bacia permite avaliar o quanto C_r se aproxima de AIMP (taxa de áreas impermeáveis). A hipótese subjascente é de que numa bacia urbanizada vale : a) C_r = AIMP; b) que as superfícies permeáveis não geram escoamento superficial (escoamento rápido) e ; c) que P_i reflete efetivamente somente as perdas nas superfícies impermeáveis. A medida que C_r excede significativamente AIMP ou P_i toma valores elevados torna-se evidente a contribuição das áreas suburbanas e das áreas permeáveis da mancha urbana nos escoamentos rápidos.

A Tabela 6 mostra os resultados dos ajustes da expressão acima aos eventos de quatro sub-bacias do Dilúvio.

Tabela 6 – Coeficientes de escoamento superficial

Bacia	Posto Flu	Posto Plu	AIMP (%)	AURB (%)	n	Cr (%)	Pi (mm)	r^2
São Vicente	H6	P2	50,4	89	20	58	1,39	0,971
Cascata	H8	P3/P4	16,4	52	14	15	4,04	0,935
Ipiranga-Agronomia	H2-H4	todos	19,7	62	67	38	2,95	0,944
Beco Carvalho	H10	P8	15,6	38	15	16	2,67	0,902

Os ajustes revelam uma tendência de C_r seguir AIMP, indicando ser improvável a rejeição da hipótese acima aventada (C_r=AIMP) em termos médios. Entretanto, a Tabela 6 não mostra, verificaram-se coeficientes de variação entre 20 e 40% para Cr, o que não permite negar que há efetivamente contribuição de superfícies permeáveis em muitos eventos de cheia nestas bacias. Observe-se que dificilmente P_i > 2 mm em superfícies impermeabilizadas.

Com os quatro pares (C_r , AURB) da Tabela 6 mais os dois pontos extremos de coordenadas (C_r=0, AURB=0) e (C_r=64, AURB=100) é possível ajustar uma curva e avaliar sua aderência à curva de AIMP função de AURB, apresentada na Figura 2. O resultado é apresentado na Figura 3. A exemplo dos ajustes anteriores, deve ser ressaltado que a curva obtida de C_r função das taxas de urbanização (AURB) não tem significância estatística (é uma curva empírica), mas apresenta um comportamento aceitável fisicamente. Primeiro, no comparativo das curvas de C_r e C (note-se que repetiu-se na Figura 3 a curva de C da Figura 2), ficou respeitada a lógica de que o coeficiente de escoamento global C deve superar o coeficiente de escoamento superficial de eventos isolados C_r , pois o primeiro incorpora o escoamento de base. Além disso, à medida que a urbanização aumenta as curvas reproduzem o fenômeno esperado de que C_r se aproxima de C, justamente porque a parcela relativa do escoamento de base diminui.

Na Figura 3 reproduziu-se também a curva de AIMP função de AURB da Figura 2, para fazer um cotejo com a curva de Cr. Mesmo considerando-se todas as incertezas envolvendo o ajuste de ambas as curvas, não se pode deixar de notar que há um deslocamento vertical perceptível para cima da curva de C_r em relação à de AIMP. O interessante é que há uma explicação plausível dessa diferença que permitiria manter a hipótese de que C_r=AIMP. Basta lembrarmos de que os pontos que deram origem à curva AIMP função de AURB correspondem a valores de impermeabilização de por volta de 1970 e as taxas de urbanização são de 1982. É de se esperar, portanto, que os valores de impermeabilização estejam subestimados frente aos de urbanização. Os valores contemporâneos de AIMP e AURB poderiam fazer a curva de AIMP subir aproximando-a da curva de C_r. Isto poderia ser facilmente verificado se dispuséssemos de valores de impermeabilização para 1982. Mas, com os dados disponíveis, se tivéssemos que definir uma lei de variação das taxas de áreas impermeáveis com a urbanização, a sugestão seria aplicar a equação de C_r da Figura 3 e fazer AIMP=Cr.

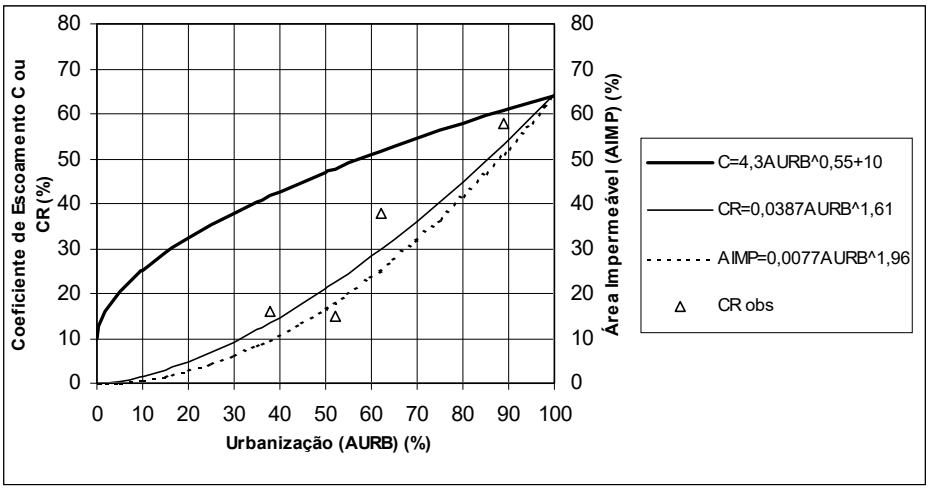


Figura 3 – Variação do coeficiente de escoamento superficial C_r com a urbanização

CONCLUSÃO

O acervo de dados hidrológicos da bacia do arroio Dilúvio em Porto Alegre, ainda não totalmente explorados, foram utilizados para uma avaliação do impacto da urbanização sobre coeficientes de escoamento.

Foram estabelecidas as seguintes curvas empíricas de evolução de coeficientes de escoamento com o aumento das taxas de urbanização (gráficos na Figura 3):

Coeficiente de escoamento global

$$C = 4{,}3\,AURB^{0{,}55} + 10$$

C é o coeficiente de escoamento global (parcela da chuva anual que vira escoamento) e AURB é a taxa de urbanização da bacia, ambos em %.

Coeficiente de escoamento superficial

$$C_r = 0{,}0387\,AURB^{1{,}61}$$

C_r é o coeficiente de escoamento superficial (parcela da chuva que vira escoamento superficial em um evento isolado) e AURB é a taxa de urbanização da bacia, ambos em %.

AURB corresponde à mancha urbana, descontada das grandes áreas verdes internas. Se a taxa de áreas impermeáveis AIMP estiver disponível, pode-se calcular C conforme expressão na Figura 2. E para estimar C_r basta igualá-lo a AIMP.

As equações acima são empíricas e o reduzido número de pontos nos quais se baseiam não permitem sua validação estatística nem uma avaliação da incerteza dos seus resultados. Entretanto, ambas reproduzem o comportamento físico esperado do impacto da urbanização, ou seja o crescimento de ambos coeficientes com a urbanização, mas com $C_r < C$, havendo uma convergência nas altas taxas de urbanização. A diferença entre os coeficientes de escoamento poderia ser interpretada como a contribuição do escoamento de base, que diminui, em termos relativos, com o aumento da urbanização. Note-se que $C_r=C=64\%$ para uma urbanização total da bacia.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, C., SANCHEZ, J. (1979) Estudos hidrológicos da urbanização da bacia do Arroio Dilúvio : relatório final. Porto Alegre : Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, 196 p.

SILVEIRA, A. L. L. (1996), Contribution à l'étude hydrologique d'un bassin semi-urbanisé dans le Brésil subtropical, bassin de l'Arroio Dilúvio à Porto Alegre, Thèse , 240 p., Académie de Montpellier, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc.

SIMÕES LOPES, M., SANCHEZ, J. (1986) Avaliação do impacto hidrológico causado pela urbanização de uma bacia. In : UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. *Pesquisa em recursos hídricos* : relatório final. Porto Alegre, 1986. 2 v.