

Histórico da Expansão Urbana e Incidência de Inundações: O Caso da Bacia do Gregório, São Carlos - SP

Heloisa Ceccato Mendes, Eduardo Mario Mendiando

Núcleo Integrado de Bacias Hidrográficas - Depto de Hidráulica e Saneamento – EESC/USP

heloisacm@yahoo.com.br, emm@sc.usp.br

Recebido: 07/10/04 – revisado: 04/08/05 – aceito: 16/11/06

RESUMO

Com o objetivo de promover a reflexão sobre os impactos ambientais ocasionados pela urbanização, avalia-se a relação entre expansão urbana e histórico de ocorrência de inundações e alagamentos em uma cidade média brasileira: São Carlos – SP. O levantamento de notícias históricas de jornal tem como objetivo resgatar informações sobre transformações físico-territoriais e ocorrência de inundações e alagamentos em uma bacia urbana sem sistematização de dados históricos. Os métodos utilizados relacionam dados sobre evolução da urbanização, população e de ocorrência de inundações e alagamentos na Bacia do Gregório, especificamente no período de 1940 a 2004. Os resultados demonstram que a urbanização da bacia teve influência no aumento da frequência de inundações e alagamentos, bem como no aumento da magnitude de seus impactos. Tais resultados indicam que a inclusão do histórico da ocupação territorial é um elemento crucial no processo de tomada de decisões para o planejamento territorial futuro. A abordagem histórica da drenagem urbana fornece subsídios para a implementação de políticas públicas que objetivem a recuperação ambiental e a redução dos impactos gerados por inundações e alagamentos.

Palavras-chave: planejamento urbano, impactos ambientais, águas urbanas, histórico de inundações, bacias urbanas.

INTRODUÇÃO

Entre 1985 e 1999, as inundações foram responsáveis por 53% das mortes causadas por catástrofes naturais no mundo, o correspondente a cerca de 302.084 mortes. No mesmo período, os prejuízos causados por inundações corresponderam a 29% dos prejuízos causados por catástrofes naturais, o equivalente a US\$ 275 bilhões (Berz, 2000).

A América Latina foi a terceira região do mundo com maior número de inundações entre 1973 e 2002, com registro de 240 eventos, o equivalente a 11,8% do total de inundações ocorridas no mundo nesse período (International Strategy For Disaster Reduction; United Nations, 2003).

Segundo Tucci (2003), quase a totalidade das cidades da América do Sul não apresenta em seus planos diretores restrições que impeçam efetivamente o loteamento de áreas com risco de inundação, o que contribui para a exposição da população aos riscos das inundações urbanas.

De acordo com as Diretrizes Estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCT/CGE, 2002), as

inundações no Brasil causam prejuízos anuais provavelmente superiores a US\$ 1 bilhão.

Entre janeiro e março de 2004, as inundações atingiram 1.224 municípios brasileiros, destruindo 17.510 casas, danificando 95.523 casas e atingindo 376.987 pessoas (FGTS...2004).

Trabalhos relacionando o processo histórico de expansão urbana com a ocorrência de inundações (Baptista *et al.*, 1998; Rebelatto, 1991; Antonio, 1993; Santos, 2002) demonstram que o processo de urbanização ocorrido em Belo Horizonte - MG, São Carlos - SP, Bauru - SP e Santo André - SP, respectivamente, tiveram como consequência o agravamento dos impactos de inundações urbanas.

Tais dados demonstram a necessidade de implementação de medidas mitigadoras dos impactos gerados por inundações e de reflexão sobre o modelo de ocupação territorial que tem sido adotado nas cidades brasileiras. A realização de levantamentos históricos que relacionem o processo de expansão urbana com a incidência de inundações visa ao fornecimento de dados que subsidiem tal processo.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo resgatar e discutir o processo histórico de expansão urbana e sua relação com a incidência de inundações em uma bacia sem dados históricos sistematizados. Como referência, é tomada uma bacia hidrográfica brasileira: a Bacia do Gregório, em São Carlos – SP, onde se situa um dos principais pontos de inundação da cidade de São Carlos, a área do Mercado Municipal.

O processo de expansão da cidade de São Carlos é analisado com especial atenção à ocupação de fundos de vale urbanos e aumento da impermeabilização do solo na Bacia do Gregório. A partir da recuperação histórica de notícias de jornal, objetiva-se relacionar ocorrência de inundações e alagamentos com estágios de urbanização da bacia, fornecendo subsídios para implementação de medidas mitigadoras e para elaboração de cenários de planejamento futuro.

METODOLOGIA

Os resultados foram obtidos em três etapas. A primeira delas se deu junto à Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano de São Carlos –SMH DU, no período em que a autora fez parte da equipe de elaboração do Plano Diretor de São Carlos (PMSC, 2004), de 2001 a 2004. No período entre 2001 e 2002, aproximadamente, foram realizados os levantamentos de dados que subsidiaram a proposta do Plano Diretor, atualmente em análise na Câmara Municipal. A elaboração do Mapa de Expansão Urbana de São Carlos de 1940 a 2002 (Amador, 1990; Bissinoto, 1988, PMSC/SMH DU, 2001) fez parte desse processo e constitui a primeira etapa de elaboração deste trabalho. As seqüências históricas de áreas loteadas, calculadas na segunda e terceira etapa, foram obtidas a partir do Mapa de Expansão Urbana, em formato dwg, disponibilizado pela SMH DU.

A segunda etapa consistiu no cálculo das áreas loteadas em São Carlos para cada período. Foram traçadas poligonais indicando os limites da ocupação urbana nos anos 1950, 1970, 1980, 1990, 2000 e 2002. Com o cálculo das áreas das poligonais, foram obtidos os valores relativos à área total loteada para cada um dos referidos anos.

Na terceira etapa, a indicação dos limites da Bacia do Gregório foi sobreposta ao mapa, possibi-

tando a aplicação do mesmo procedimento para a área da bacia.

As áreas totais loteadas em 1960, para a cidade de São Carlos e para a Bacia do Gregório, foram estimadas em função da tendência indicada pelos valores obtidos.

A partir da obtenção desses dados, foram calculadas taxas relacionando o crescimento de áreas loteadas com o crescimento da população urbana, visando à compreensão do processo de expansão urbana de São Carlos e de ocupação da Bacia do Gregório.

Realizou-se também, junto à empresa FotoArte e à Fundação Pró-Memória de São Carlos, o levantamento de fotos antigas que demonstrassem as transformações territoriais ocorridas na área próxima ao Mercado Municipal, desde o início de sua ocupação urbana até a atualidade. Algumas dessas fotos foram selecionadas e reproduzidas na atualidade, possibilitando comparações entre as ocupações estabelecidas em diferentes períodos para a mesma área.

O levantamento de notícias de jornal sobre o tema das inundações na área de estudo foi realizado para o período de 1940 a 2004. Para nortear a busca das notícias, foram utilizados dados monitorados do SIGHR – Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos de São Paulo e da EMBRAPA – Empresa Brasileira de AgroPecuária. Foram selecionadas as datas em que ocorreu Precipitação Diária a partir de 70 mm, valor definido por uma análise considerando três aspectos: tempo de concentração da bacia; relações entre durações de precipitação e experiência da Defesa Civil de São Carlos.

Complementarmente aos dados de Precipitação Diária, foram utilizadas como fonte de informação indicação de datas obtidas com recuperação de história oral e em trabalhos previamente desenvolvidos sobre o tema (Rebelatto, 1991). A recuperação da história oral se deu por meio da realização de consultas ao Sr. José João, que trabalhou como fotógrafo para jornais antigos de São Carlos e atualmente é proprietário da empresa FotoArte, que conta com um importante arquivo de fotos antigas da cidade. Nessas consultas foram indicados, de maneira aproximada, os anos de 1947, 1956, 1957, 1970, 1973 e 1993, por volta de janeiro e fevereiro, como base para a busca de notícias.

A busca pelas notícias foi realizada tendo como referência as datas obtidas em que a precipitação diária, de acordo com as estações do SIGRH, foram maiores ou iguais a 70 mm. As notícias foram procuradas 10 (dez) dias antes e depois das datas utilizadas para guiar a busca das notícias.

Complementarmente, buscou-se notícias de jornal para os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro dos 06 (seis) anos indicados em consultas ao Sr. José João e também para as datas indicadas por Rebelatto (1991).

Todas as notícias encontradas foram fotografadas com câmera digital, de modo a gerar um banco de dados gráfico do qual podem ser extraídas informações relevantes sobre a evolução histórica das inundações na área de estudo.

As notícias de jornal encontradas foram organizadas em quatro categorias, de acordo com o seu conteúdo: a) Evento específico de Inundação ou Alagamento na Bacia do Gregório, b) Intervenções e Obras relacionadas à drenagem na Bacia do Gregório, c) Inundações e alagamentos em demais pontos da cidade de São Carlos, d) Notícias gerais sobre o tema.

As notícias encontradas foram lidas e analisadas em busca dos seguintes dados: a) Data da Chuva, b) Nível atingido (especificando se mencionado da notícia ou aferido por observação de foto), c) Danos causados, d) Duração da Chuva, e) Tempo de Permanência, f) Área Inundada.

O detalhamento do material utilizado como fonte de pesquisa para realização do trabalho se encontra em Mendes (2005).

A BACIA DE ESTUDO

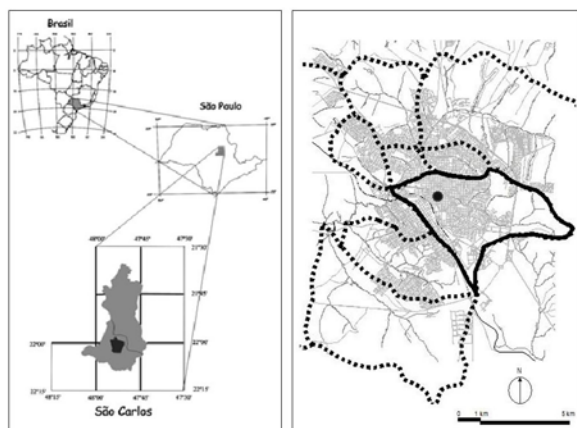


Figura 1 - Localização do município de São Carlos, com destaque para a área urbana, e da Bacia do Gregório, com destaque para a região do Mercado Municipal.

O município de São Carlos se localiza no centro do Estado de São Paulo (Figura 1). A população total do município, em 2000, era de 192.923

habitantes, sendo que a população urbana era de 183.369 habitantes, ou seja, 95% do total (IBGE, 2000).

As inundações ocorrem rapidamente na Bacia do Gregório (Figura 2), de 15 a 30 minutos, atingindo cotas de 50 cm a 150 cm. (Righetto et al, 2003). As inundações mais freqüentes afetam a mais de 40 estabelecimentos comerciais, com perdas estimadas de até R\$ 500.000 por inundação (Projeto FINEP, 2002).



Figura 2 - Inundação na Bacia do Gregório em 30 de janeiro de 2004. À direita, Mercado Municipal inundado. Vista para jusante. Fonte: Projeto FINEP, 2002

A Bacia do Gregório é uma bacia sem registros de dados históricos sistematizados (Sivapalan *et al*, 2003), com extensão de 18,9 km², perímetro de 22,4 km, desnível máximo de 166 m e 60 % de área urbanizada (Esteves, 2003).

RESULTADOS

Expansão Urbana e Ocupação de Fundos de Vale em São Carlos

O pensamento amplamente difundido no Brasil, baseado na adaptação da hidrografia ao sistema de mobilidade urbana, fez com que vários rios urbanos sofressem intervenções drásticas de retificação de seus meandros. Em São Carlos, esse pensamento teve aplicação com a construção das avenidas marginais aos córregos Tijuco Preto, Monjolinho e Gregório, sendo a construção desta última datada de 1974.

A análise do processo de expansão urbana de São Carlos (Figura 3) indica que os fundos de vale dos Córregos do Tijuco Preto e Monjolinho foram ocupados intensamente no período de 1950 a 1970, enquanto o Córrego do Gregório já apresen-

tava ocupação urbana representativa de suas margens em 1940.

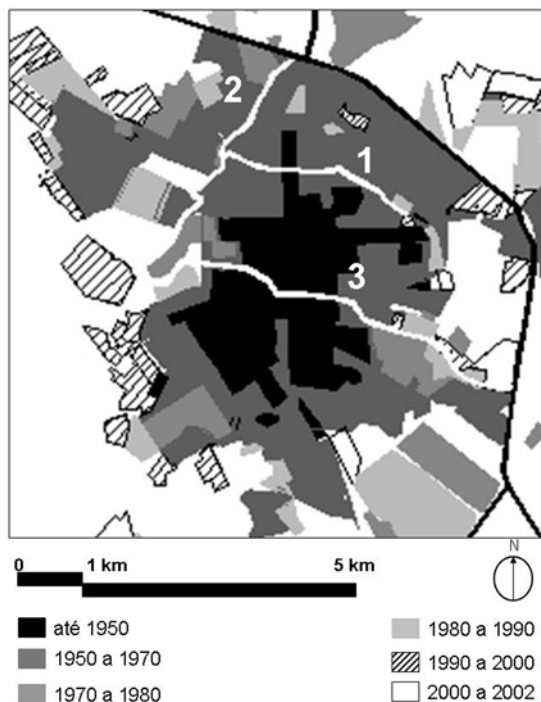


Figura 3 - Detalhe de avaliação da Expansão Urbana de São Carlos e ocupação de margens de córregos urbanos 1: Tijuco Preto, 2: Monjolinho, 3: Gregório. Fonte: adaptado de PMSC/SMH DU, 2002

Os resultados obtidos indicam que, entre 1940 e 2002, a área loteada de São Carlos aumentou aproximadamente em 8 vezes, passando de 4,4 km² para 36,9 km². No mesmo período, a população urbana passou de 25.746 para 191.465 habitantes (IBGE). Nesses 62 anos a área loteada aumentou em 32,5 km², e a população urbana aumentou em 165.719 habitantes. Portanto, concluímos que, entre 1940 e 2002, a área urbana loteada de São Carlos aumentou em aproximadamente 3,2 m² por habitante, por ano (3,2 m²/ hab x ano).

Histórico da Ocupação Urbana da Bacia do Gregório

A ocupação urbana da Bacia do Gregório se deu a partir do centro da cidade em direção ao leste, no sentido de montante para jusante (Figura 4). A Rodovia Washington Luiz constituiu uma barreira para a ocupação urbana, impedindo que tal processo alcançasse a região de nascentes da bacia.



Figura 4 - Resultado da avaliação do processo de Ocupação Urbana da Sub-Bacia do Gregório

A Figura 5 demonstra a evolução da taxa de urbanização de São Carlos e da Bacia do Gregório.

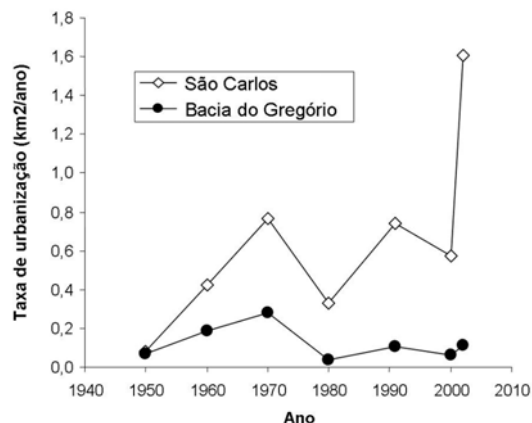


Figura 4 - Taxa de Urbanização (km2/ano) em São Carlos e na Bacia do Gregório

Nota-se que até aproximadamente 1980 as taxas da cidade e da bacia de estudo seguiram processos semelhantes: acréscimo de 1950 a 1970 e decréscimo de 1970 a 1980. A partir de 1990 os processos começaram a se diferenciar: a taxa de urbanização da bacia de estudo praticamente se estabilizou, enquanto a taxa da cidade aumentou, pois a expansão urbana passou a se dar com maior representatividade fora da bacia do Gregório.

A evolução entre 1950 e 2002 da taxa de urbanização (km2/ano) da Bacia do Gregório (Figura 5) pode ser dividida em três estágios.

O primeiro estágio, de 1950 a 1970, foi caracterizado por intenso aumento, atingindo o maior valor entre 1950 e 2000. Portanto, foi no primeiro

estágio em que se deu o processo de urbanização mais rápido e intenso da bacia. No segundo estágio, de 1970 a 1980, a bacia foi urbanizada com velocidade menor do que a do primeiro estágio, pois a taxa de urbanização sofreu diminuição representativa. O terceiro estágio, de 1980 a 2002, apresenta uma estabilização da tendência de urbanização da bacia.

De acordo com registros históricos as retificações mais representativas do Córrego do Gregório ocorreram na década de 1970 (A FOLHA, 1972), exatamente no momento em que a taxa de urbanização começou a diminuir. Esse fato vem reforçar a hipótese de que a intensa urbanização da bacia, de 1950 a 1970, gerou grandes impactos no seu sistema de escoamento. Para solucionar o problema, a solução adotada foi a canalização do Córrego do Gregório. Tal solução foi baseada na herança do conceito higienista, bastante presente no início do Século XX no Brasil, e que preconizava a eliminação sistemática de águas paradas ou empoçadas nas cidades como medida de saúde pública (Silveira, 1998). A partir de então, as medidas mitigadoras dos impactos de inundações aplicadas na Bacia do Gregório se caracterizaram predominantemente pela aplicação de medidas estruturais intensivas, orientadas pelo conceito higienista.

O conceito higienista é indicado por Silveira (1998) como o princípio adotado pela primeira etapa de desenvolvimento da Hidrologia Urbana no Brasil. Em 1970, momento em que foram realizadas as canalizações mais expressivas do Córrego do Gregório, o desenvolvimento da Hidrologia Urbana no Brasil passava, de acordo com o referido autor, pela etapa de Racionalização e Normatização. O autor ressalta que essa etapa não se desenvolveu de forma ideal no Brasil, pois foi caracterizada pela importação direta de métodos sem estudos de validação local, prejudicando o estabelecimento de normas nacionais e de planejamento, que poderia ter alertado para o impacto de certas práticas em um país de intensa urbanização.

Histórico da região do Mercado Municipal

O processo de urbanização da Bacia do Gregório promoveu transformações bastante representativas em algumas de suas regiões, das quais destacaremos a região do Mercado Municipal, por se tratar de um dos principais pontos de inundação da cidade.

A praça onde se localizou o primeiro Mercado Municipal de São Carlos, limitada pelas vias Avenida São Carlos, Rua Jesuíno de Arruda, Rua

Episcopal e Rua Geminiano Costa, foi inaugurada na década de 1910. Embora o Mercado Municipal já se localizasse nessa região, a ocupação estabelecida nesse momento era bastante diferente da atual. O primeiro Mercado Municipal de São Carlos localizava-se à margem esquerda do Córrego do Gregório, sendo composto por dois edifícios: um destinado ao comércio de carnes, mais próximo da Avenida São Carlos, e outro para o comércio de frutas e verduras, mais próximo da Rua Episcopal.

A inauguração da praça do Mercado Municipal foi seguida por uma série de modificações na região. Com a inauguração da Praça dos Voluntários e da Piscina Municipal, em 1934, essa região passou a ser composta por uma sequência de três praças. Em 1968 foi inaugurado o novo Mercado Municipal, localizado à margem direita do Córrego do Gregório (Figura 6).

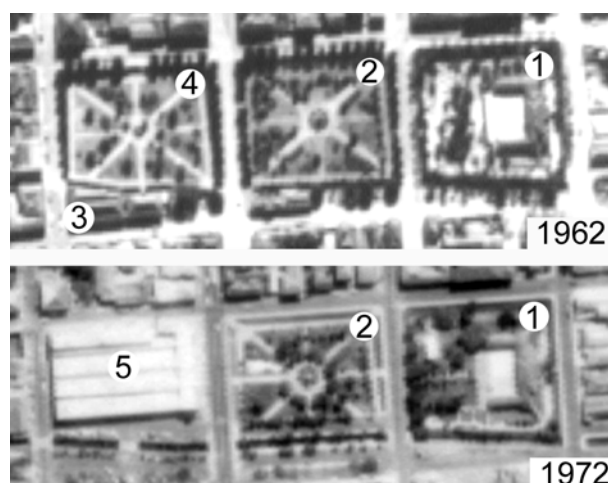


Figura 6 - Piscina Municipal, Praça dos Voluntários e Mercado Municipal em 1962 e 1972 1: Piscina Municipal, 2: Praça dos Voluntários, 3: Mercado antigo, 4: Praça onde o Mercado Municipal atual foi implantado, 5: Mercado Municipal. Fonte das Fotos: Casa da Agricultura de São Carlos. Obs: dimensões das quadras são de aproximadamente 100 m x 100 m.

O fato do Mercado Municipal ter sido implantado em uma área que antes dava lugar a uma das três praças, que buscavam conferir ao fundo de vale um uso recreativo, indica que a intenção paisagística foi colocada em segundo plano a partir desse momento. A partir de então, as intenções que guiaram as intervenções no fundo do vale do Gregório foram se afastando de conceitos paisagísticos, buscando exclusivamente a solução dos problemas de inundações com base nos conceitos higienistas, além

de promover a impermeabilização das áreas de várzea.

Os registros históricos indicam que a região do Mercado Municipal sofria impactos causados por inundações já na década de 1930 (Figura 7).



Figura 7 - Detalhe de notícia de jornal sobre inundação na Bacia do Gregório, em 1932.
Fonte: adaptado de CHUVA...1932

A Figura 8 demonstra os danos à pavimentação de paralelepípedos da Rua Geminiano Costa, ocasionados por uma inundação em 1940.



Figura 8 - Pavimento de paralelepípedo da Rua Geminiano Costa destruído por inundação em 1940.
Fonte: FotoArte.



Figura 9 - Realização de limpeza do corredor que separava os dois edifícios do Mercado Municipal antigo, após inundação em 1947.
Fonte: Foto Arte.

A Figura 9 retrata a realização de limpeza do corredor que separava os dois edifícios do Mercado Municipal, após uma inundação em 1947.

Análise dos Dados das Notícias de Jornal

A Tabela 1 indica o número de notícias encontradas, de acordo com o assunto.

Tabela 1 - Número de notícias encontradas, classificadas de acordo com seu conteúdo

Tipo de notícia	No. de notícias encontradas
Evento específico de Inundação ou Alagamento na Bacia do Gregório	64
Intervenções e Obras relacionadas à drenagem na Bacia do Gregório	38
Inundações e alagamentos em demais pontos da cidade de São Carlos	18
Notícias gerais sobre o tema	29
TOTAL	149

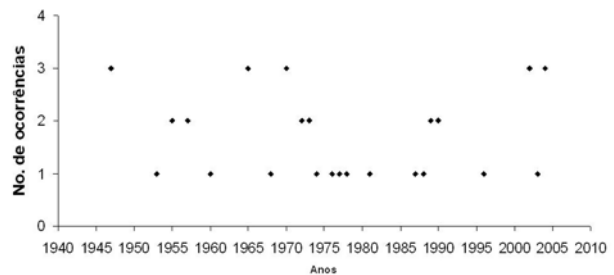


Figura 10 - Número de ocorrências nos anos em que foram encontrados registros de eventos entre 1940 e 2004

A Figura 10 indica que as ocorrências variaram de 1 (um) a 3 (três) eventos nos anos em que foram encontrados registros de inundações ou alagamentos (1947, 1953, 1955, 1957, 1960, 1965, 1968, 1970, 1972, 1973, 1974, 1976, 1977, 1978, 1981, 1987, 1988, 1989, 1990, 1996, 2002, 2003, 2004). Nota-se que foram encontrados (três) registros de eventos já em 1947, quando a urbanização da bacia ainda era pouco representativa (Figura 5), o que reforça a suscetibilidade da área à ocorrência de inundações e alagamentos, característica que não foi considerada na ocupação urbana da bacia.

Com base nos dados históricos de 1940 a 2004, estimou-se que o tempo de retorno médio de

ocorrência de eventos de inundação ou alagamento na Bacia do Gregório é de 0,65 eventos/ano com desvio padrão de 0,84. As notícias encontradas para os anos de 1932 e 2005 não foram consideradas nesse cálculo, pois são complementares ao período da pesquisa.

Relações entre Urbanização e Ocorrência de Inundações e Alagamentos

Os dados obtidos sobre ocorrência de eventos entre 1940 e 2004 foram relacionados ao histórico de urbanização da bacia (Figura 5). Os resultados indicam que o número acumulado de ocorrências aumentou com a urbanização da bacia (Figura 11), sendo que ocorreram processos diferentes em cada um dos estágios.

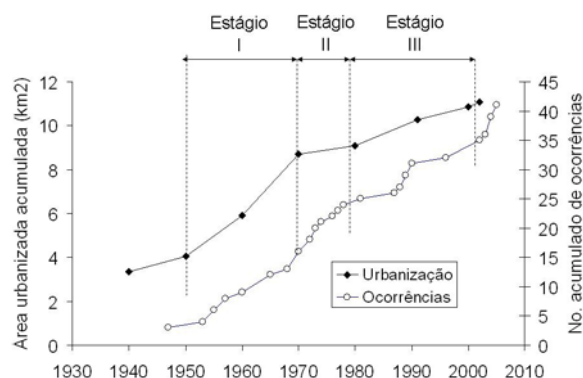


Figura 11 - Relação entre Área Urbanizada Acumulada e Número Acumulado de Ocorrências de inundações e alagamentos, com indicação de estágios de desenvolvimento urbano da bacia.

As áreas urbanizadas acumuladas e o número acumulado de ocorrências aumentaram de maneira semelhante durante o Estágio I. Nos Estágios II e III nota-se uma tendência de aproximação da extremidade das duas curvas, ou seja, o número de ocorrências acumulado continua aumentando, enquanto a urbanização já não aumenta com a mesma velocidade. Destaca-se particularmente o Estágio II, em que as duas curvas indicam processos bastante diferentes, ou seja, o número acumulado de ocorrências continuou aumentando, embora a urbanização não tenha sido tão intensa nesse período.

A Figura 12 compara três aspectos de cada um dos estágios de urbanização da bacia: 1) Evolução da Taxa de urbanização (km^2 / ano , Figura 5), 2) Número acumulado de ocorrências, 3) Média de ocorrência dos períodos (No. de ocorrências / ano).

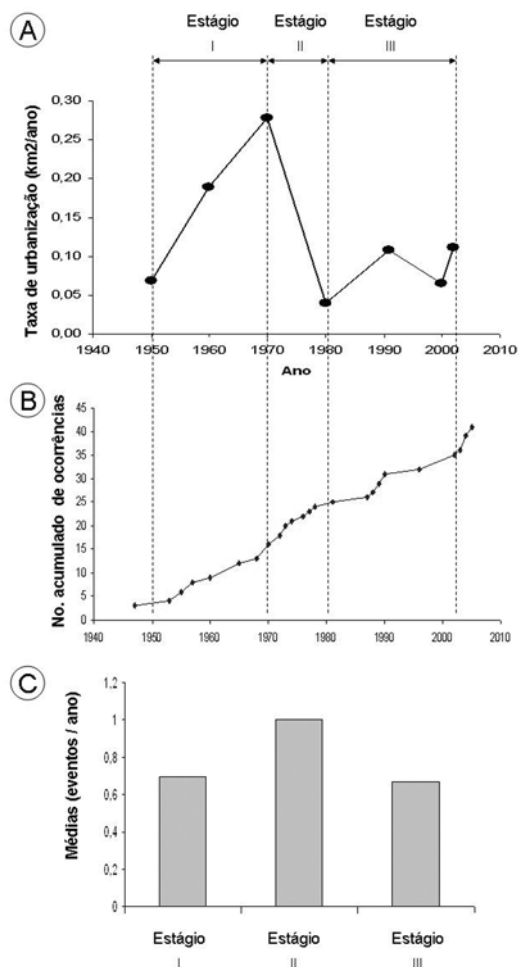


Figura 12 – Comparação entre 1) Evolução da Taxa de Urbanização (km^2 / ano), 2) Número de Eventos ocorridos classificados por anos, e 3) Média de ocorrência dos períodos (no. de ocorrências / ano) para cada um dos estágios de urbanização da Bacia do Gregório.

Estágio I:

No Estágio I verificou-se o maior acréscimo da taxa de urbanização, ou seja, foi nesse período em que ocorreu a ocupação urbana mais representativa da bacia. Como consequência, nota-se também um aumento no número acumulado de eventos.

Estágio II:

Analisando o Gráfico B da Figura 12, observa-se um aumento do número acumulado de ocorrência dos eventos no Estágio II. Tal aumento se refletiu na média de eventos por ano, indicada no Gráfico C como a maior entre os três estágios. Porém, o Gráfico A demonstra que taxa de urbanização sofreu decréscimo considerável nesse período,

ou seja, o Estágio II foi o que apresentou maior ocorrência de eventos, porém, foi nele em que a urbanização sofreu a maior desaceleração entre 1940 e 2004. Tal fato indica que os impactos de inundações e alagamentos entre 1970 e 1980 foram conseqüência, em grande parte, da urbanização intensa ocorrida no estágio anterior.

As obras de canalização do córrego do Gregório foram realizadas no Estágio II, provavelmente em função dos crescentes impactos de eventos ocorridos na bacia.

Estágio III:

O Gráfico C demonstra que ocorreu redução da média (eventos/ano) no Estágio III, para valor semelhante ao apresentado no Estágio I, em que a urbanização ainda não era tão consolidada. Tal fato pode ser explicado por dois aspectos do estágio anterior (estágio II, de 1970 a 1980):

a) Implementação de medidas mitigadoras dos impactos de inundações na bacia:

Foi na década de 1970 que se deu a retificação mais significativa do Córrego do Gregório, o que aumentou a velocidade de escoamento das águas pluviais, contribuindo para a diminuição da média de ocorrências para o período seguinte. Nesse período, nota-se na bacia a aplicação dos conceitos vinculados ao conceito higienista (Canholi, 2005 e Silveira, 1998).

b) Desaceleração da urbanização

O Estágio II apresentou um decréscimo na taxa de urbanização, o que indica que a impermeabilização da bacia nesse período foi menos determinante na geração de impactos no escoamento do que a ocorrida nos demais períodos.

Embora a Figura 12 indique que a média de ocorrência do período III (de 1980 a 2002) foi próxima à do Estágio I, é importante atentar para o fato de que a população atualmente está mais sujeita aos impactos das inundações e alagamentos atualmente do que nos primórdios da urbanização dos fundos de vale, pois a ocupação das áreas de várzeas é mais consolidada atualmente.

CONCLUSÕES

A análise das notícias indicou que os dados sobre duração dos eventos e tempo de permanência das inundações ou alagamentos não costumam ser abordados com frequência nos jornais, ou são abor-

dados de maneira pouco precisa. Os dados sobre níveis máximos atingidos foram abordados com frequência maior nas notícias. Ainda assim, foi possível obter indicação de níveis máximos atingidos somente em 25% das notícias analisadas. Esses fatos reforçam a necessidade de manutenção de monitoramento hidrológico da bacia para obtenção de tais dados.

Os impactos ocasionados por inundações na região do Mercado Municipal foram agravados pela ocupação urbana na Bacia do Gregório e pela falta de ordenamento territorial nas áreas ribeirinhas. Os registros históricos indicam que a região já se apresentava como área sujeita à inundações desde os primórdios da expansão urbana de São Carlos, na década de 1930. No entanto, as taxas de ocupação urbana e a ocupação de várzeas mostram um processo de expansão que não considerou tal suscetibilidade da área.

A avaliação da urbanização da bacia entre 1940 e 2004 demonstra que a evolução ocorrida entre 1950 e 1970 foi responsável em grande parte pelos impactos de inundações, já que a partir de 1970 o aumento no número acumulado de ocorrências foi se acentuando, mesmo com a diminuição da taxa de urbanização verificada a partir de 1970.

A regulação insuficiente nos últimos 60 anos possibilitou a ocupação intensa das áreas de várzea, principalmente pela implantação de avenidas marginais e aumento indiscriminado da impermeabilização do solo. Na década de 1970 (Estágio II), os impactos das inundações ganharam maior representatividade, como decorrência da intensa urbanização ocorrida no período anterior, entre 1950 e 1970. Buscando mitigar os impactos ocasionados pelo intenso escoamento superficial gerado pela urbanização da bacia, foram realizadas sucessivas canalizações do Córrego do Gregório, sendo as mais representativas realizadas na década de 1970.

A recuperação do histórico da bacia demonstra que as medidas mitigadoras dos impactos de inundações aplicadas se caracterizaram predominantemente pela aplicação do conceito higienista, por meio da implementação de medidas estruturais intensivas, de caráter pontual e paliativo. Os conceitos de reservação e de prevenção, assim como a aplicação de medidas não estruturais, não tiveram pouca expressão no histórico do gerenciamento das águas urbanas da bacia.

As medidas aplicadas foram localizadas exclusivamente nos fundos de vale, não considerando a área da bacia como um todo como espaço de atuação para mitigação dos impactos de inundações e alagamentos. As medidas aplicadas na escala do lote,

por exemplo, não tiveram nenhuma aplicação no histórico de implementação de medidas mitigadoras na bacia, o que gera uma falta de tradição que pode dificultar as primeiras abordagens sobre o tema. Tal aspecto deve ser considerado no desenvolvimento de propostas futuras.

Algumas intervenções paisagísticas visando à criação de áreas de lazer nos fundos de vale tiveram representação na bacia somente nos primórdios de sua urbanização, na década de 1930, e mais recentemente, a partir de 2000. A maior parte das intervenções nos fundos de vale de São Carlos teve como objetivo exclusivamente mitigar os impactos de inundações e alagamentos, por meio de canalizações, e resolver possíveis problemas de mobilidade urbana, com a construção de avenidas marginais aos córregos.

O fato de que intervenções recentes tenham sido guiadas por intenções paisagísticas indica o fortalecimento de uma nova abordagem da drenagem que deve ser progressivamente incorporada na gestão urbana. Tal abordagem se caracteriza pela associação da drenagem às demais questões urbanas, tais como criação de espaços públicos de lazer, implementação de infra-estrutura para mobilidade de pedestres e ciclistas, promoção de usos alternativos das infra-estruturas de drenagem em períodos de seca, entre outros.

RECOMENDAÇÕES

A perspectiva histórica indica a necessidade de implementação de medidas mitigadoras complementares às já realizadas. É necessário promover a incorporação de uma nova abordagem da drenagem urbana nas tomadas de decisões para o planejamento futuro, baseada nas seguintes diretrizes gerais:

- Adoção de postura preventiva, e não somente paliativa em relação a impactos já existentes;
- Priorização de medidas que promovam a retenção das águas pluviais, e não somente o aumento da velocidade de escoamento de águas pluviais por meio da canalização dos córregos urbanos;
- Consideração do processo histórico no desenvolvimento de futuras obras de drenagem, adotando-se valores de tempo de re-

torno de inundações baseados em dados históricos para a elaboração dos projetos.

Recomenda-se a adoção de medidas não estruturais associadas a medidas estruturais na bacia:

Medidas não estruturais:

- Aplicação do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), instrumento estabelecido pelo Decreto Federal 4297/2002, para urbanizações futuras;
- Impedimento de ocupação urbana em áreas de várzea para empreendimentos futuros, com base na Lei Federal 4771/65;
- Implantação de Sistema de Alerta Antecipado de Inundações, em especial em bacias experimentais com curtos tempos de concentração;
- Continuação da sistematização de monitoramentos hidrológicos na sub-bacia experimental do Gregório (a partir de Projeto FINEP, 2002) de modo a fornecer um banco de dados consistido para a CT-Águas Urbanas da ABRH;
- Elaboração de legislação complementar sobre as Áreas de Especial Interesse Ambiental em área urbana, estabelecidas pelo Plano Diretor de São Carlos, de modo a incentivar a utilização das áreas de fundo de vale como parques e espaços de lazer, promovendo um uso que garanta a não ocupação de áreas com risco de inundação e possibilite a manutenção das áreas verdes, garantindo a permeabilidade do solo e possibilitando melhor qualidade de vida à população;
- Avaliação das possibilidades de implementação de IPTU ecológico na bacia como um todo, de modo a incentivar a retenção de águas pluviais nos lotes.

Medidas Estruturais:

- Implementação de medidas estruturais extensivas de retenção de águas pluviais na bacia, como trincheiras de infiltração e dispositivos de reuso de água na escala do lote domiciliar como uma das medidas mitigadoras dos impactos de inundações a jusante;
- Implementação de medidas estruturais intensivas de retenção de águas pluviais na bacia, associadas a espaços de lazer, como

por exemplo implantação de reservatórios que, com manutenção eficiente, podem ser utilizados para práticas esportivas e de lazer em períodos de ausência de chuvas.

Recomendações para futuros estudos:

- Aplicação do método de utilização dos dados monitorados pelo SIGRH, disponíveis para todo o estado de São Paulo, para recuperação de histórico de inundações em demais cidades paulistas, já que os produtos desse trabalho podem subsidiar tomadas de decisão para o planejamento futuro;
- Realização de levantamento histórico complementar em futuros estudos, utilizando níveis de referência de Precipitações Diárias inferiores a 70 mm, já que há indicação de eventos de inundação ocorridos na região do Mercado Municipal em datas em que a PDiária foi menor do que esse valor.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio de: FINEP-CT-HIDRO/ EESC-USP/DAEE-SP 01.02.0096.00; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil - CNPq, que consolidou o Grupo de Pesquisa "*Experimento Piloto de Gerenciamento Integrado de Bacias Urbanas para o Plano Diretor de São Carlos*" e disponibiliza bolsa de produtividade em pesquisa; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa de mestrado concedida; à empresa FotoArte, em especial ao Sr. José João pelo auxílio na busca de fotos históricas; à fundação Pró-Memória de São Carlos; aos pesquisadores do NIBH (www.shs.eesc.usp.br/laboratorios/hidraulica), a Isaac Soto e Tatiana Silva pelo auxílio recebido durante a etapa de levantamento das notícias de jornais, na qual atuaram como estagiários; ao suporte recebido por Pedro Caballero, da Defesa Civil da PMSC. Os resultados do projeto FINEP estão disponíveis em www.planodiretorbus.hpgvip.com.br.

REFERÊNCIAS

- A FOLHA. (1972). *Drenagem do Gregório: projeto já está nas mãos do interventor*. São Carlos, 23 abr. 1972, p 1.
- AMADOR, Itamar Moraes. (1990) *As Manifestações Sociais e Econômicas conjugadas com as condições físico-ambientais determinam a paisagem urbana: Estudo de Caso São Carlos – SP*.
- ANTÔNIO, Maurício de Agostinho. (1993). *Enchentes em Bauru - SP: efeito da urbanização*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 10. , 1993, Gramado-RS. Anais. Porto Alegre: ABRH, v. 2, p. 99-108.
- BAPTISTA, Márcio *et al.* (1998) Aspectos de Evolução da Urbanização e dos Problemas de Inundações em Belo Horizonte. In: BRAGA, B.; Tucci, C.; Tozzi, M. (org.) *Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH.
- BERZ, Gerhard. (2000) *Flood Disasters: Lessons form the Past – Worries for the Future*. In: F. Toensmann e M. Koch (eds.) *River Flood Defence*. Kassel: Herkules Verlag, V2. p. F1-F10
- CHUVA diluviana. (1932). *Correio de São Carlos*, São Carlos, 26 fev 1932.
- BISINOTTO, D. A. (1988) Evolução urbana de São Carlos. *Relatório Iniciação Científica*. São Carlos: Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos – USP.
- ESTEVES, Rafael Lucio. (2003). *Inventário de Bacias Urbanas: Córrego do Gregório*. Disponível em <http://www.baciaescola.hpg.com.br> . Acesso em: 05 de abril de 2003.
- FGTS atende só 6% das vítimas das cheias. (2004). *Folha de São Paulo*, São Paulo, 10 mai. 2004. Ribeirão, Caderno C, p. 3.
- FIPAI/PMSC (2003) - Fundação para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial/Prefeitura Municipal de São Carlos. *Protijucu - Projeto de Recuperação Ambiental das Várzeas do Alto Tijucu Preto visando o Plano Diretor na sua Bacia Hidrográfica*. Contr. Adm. N° 019/2003. Rel. Técn.. NIBH-SHS/EESC/USP
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000), *Cidades: Resultados do Universo - Censo 2000*. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>, Acessado em outubro de 2003.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censos Demográficos 1940, 1980 e 2000*. Brasília: DF
- INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION; UNITED NATIONS. (2003) *Living with Risk: Turning the tide on disasters towards sustainable development - World Disaster Reduction Campaign*. Geneva.
- MCT/CGE – Ministério de Ciência e Tecnologia / Centro de Estudos e Gestão Estratégica. (2002) *Diretrizes estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*. Brasília,

2002. Disponível em <http://www.ana.gov.br>, capturado em 11/08/2004.
- MENDES, Heloisa Ceccato. (2005) *Urbanização e Impactos Ambientais: Histórico de Inundações e Alagamentos na Bacia do Gregório, São Carlos – SP*. São Carlos: EESC-USP, 149 p. Dissertação de Mestrado.
- PMSC – Prefeitura Municipal de São Carlos (2004). *Plano Diretor de São Carlos I: Diagnóstico da Cidade*, Proc. 2146.03, PL 215, Câmara Municipal de São Carlos, www.camarasaocarlos.sp.gov.br
- PMSC/SMH DU – Prefeitura Municipal de São Carlos / Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano (2001). *Fichas de aprovação de loteamentos em São Carlos*. São Carlos. Arquivos da SMH DU.
- PMSC/SMH DU – Prefeitura Municipal de São Carlos / Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano (2002). *Conferência da Cidade*. Disponível em <http://www.saocarlos.sp.gov.br> Acesso em: 04 de setembro de 2003.
- Projeto FINEP/CT-HIDRO/EESC-USP/DAEE/SP – CNPq - 01.02.0086.00. (2002) *Experimento piloto de gerenciamento integrado de bacias urbanas para o Plano Diretor de São Carlos, SP*. (www.busplano.diretor.hpg.ig.com.br)
- REBELATTO, D. A. N. (1991) *A influência do processo de ocupação do solo na Bacia do Rio Gregório em São Carlos (SP) sobre a incidência de enchentes nas áreas próximas ao Mercado Municipal*. São Carlos: EESC-USP, 149 p. Dissertação de Mestrado
- RIGHETO, J. M., BARROS, R. M., MENDIONDO, E. M. (2003) *Avaliação da seguridade e percepção pública sobre riscos de enchentes em várzeas urbanizadas: O caso do micro-centro da cidade de São Carlos – SP*. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, ABRH: Anais-CD-Rom
- SANTOS, Magda Carmo dos (2002). *Águas Revoltas: história das enchentes em Santo André*. Santo André: Semasa / PMSA, 106 p.
- SEADE (2004) – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Informações dos municípios paulistas*. Disponível em <http://www.seade.sp.gov.br>, Acessado: Jun./2004.
- SILVEIRA, André Luiz Lopes da. (1998) *Hidrologia Urbana no Brasil*. In: BRAGA, B.; Tucci, C.; Tozzi, M. (org.) *Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- SIVAPALAN, M.; TAKEUCHI, K.; FRANKS, S.; GUPTA, V.; KARAMBIRI, H.; LAKHSMI, V.; LIANG, X.; MCDONNELL, J.; MENDIONDO, E. M.; O'CONNELL, P. E.; OKI, T.; POMEROY, J.; SCHERTZER, D.; UHLENBROOK, S.; ZEHE, E. (2003) *IAHS Decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003-2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences* *Hydrological Sciences Journal*, Wallingford, UK, v. 48, n. 6, p. 857-880.
- TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (org). (2003) *Inundações urbanas na América do Sul*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 471 p.

History of Urban Development and Impacts of Inundations: the Case of Gregorio Basin, São Carlos-SP, Brazil

ABSTRACT

In order to promote reflections on environmental impacts caused by urban occupation, the historical process of urban development and flood events is outlined at the scale of a medium-sized Brazilian city (São Carlos – SP). Historical documentation retrieving past information is included to show territorial changes related to the increased inundation frequency in flood-prone areas. The methodology consists of relating data on the evolution of urbanized area, population and occurrence of flood events in Gregorio basin, specifically during the period between 1940 and 2002. Results show that basin urbanization influenced the increased frequency of flood events and their increased impacts. The results also show that including historical occupation is an asset in decision-making for future planning. Historical elements support public policies looking forward to either river recovery or flood mitigating devices.

Key-words: historical urban development; inundation impacts; Brazilian urban basin.