

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA URBANIZAÇÃO SOBRE O FUNCIONAMENTO HIDRODINÂMICO DE SUPERFÍCIE NA PAISAGEM

NAKAMURA, E. T. ¹

¹ - Laboratório de Pedologia, Departamento de Geografia, FFLCH-USP
Av. Prof. Lineu Prestes, 338 – Cidade Universitária, SP CEP: 05508-900
Telefone/ Fax: (011) 3091-3794, e-mail: laboped@edu.usp.br

MANFREDINI, S. ²

² - Laboratório de Pedologia, Departamento de Geografia, FFLCH-USP
Av. Prof. Lineu Prestes, 338 – Cidade Universitária, SP CEP: 05508-900
Telefone/ Fax: (011) 3091-3794, e-mail: laboped@edu.usp.br

RESUMO

A urbanização ocorrida em São Paulo no século XX, resultou em problemas ambientais que persistem e se intensificam com o tempo, como as enchentes, escorregamento de encostas, poluição da água e do ar. A bacia do Rio Aricanduva se constitui num dos exemplos mais contundentes de como as políticas públicas, sem o devido embasamento técnico calcado no conhecimento efetivo do funcionamento da paisagem natural, podem induzir um processo de urbanização em desequilíbrio crescente. Alvo de sucessivas intervenções nas últimas décadas, a região próxima a sua desembocadura, permanece como um dos pontos mais críticos de inundação do Município, sendo um dos principais responsáveis pelo aporte de sedimentos na calha do Rio Tietê. Como área de estudo, foi selecionada a sub-bacia do Córrego Taboão, que deságua no Rio Aricanduva dentro da mancha de inundação recorrente, cuja urbanização se deu através de loteamento regulares, submetidos portanto, à aprovação do poder público. Através de mapeamentos cartográficos e temáticos em grandes escalas (1:5000 e 1:15000) e de verificações em campo, procurou-se atingir um grau de detalhamento que possibilitasse a análise integrada dos elementos naturais e antrópicos que condicionam o comportamento hidrodinâmico da paisagem. Quanto ao uso e ocupação do solo, verificou-se que as áreas verdes, correspondendo a apenas 5,8% da área total da bacia, estão concentradas próximas às margens dos rios, ou nos equipamentos públicos. A maior parte da bacia (57,3%) é ocupada por loteamentos residenciais de médio a baixo padrão, alta impermeabilização e arruamentos predominantemente orientados vertente abaixo. Estes núcleos habitacionais se distribuem por toda a bacia, de forma indiscriminada quanto à declividade e a forma das vertentes, concorrendo para que setores convexos e retilíneos das vertentes passem a apresentar comportamento hidrodinâmico semelhante aos setores côncavos (concentradores). As intervenções mitigadoras que estão sendo implementadas: canalização do curso do Córrego Taboão, construção de um “piscinão”, remoção de favelas e implantação de parque linear em suas margens, não exercerão qualquer efeito sobre a formação e intensificação de enxurradas. Por outro lado, os critérios relacionados à drenagem urbana, incorporados à legislação mais recente: Lei nº 11.228/92 do Código de Obras e Lei nº 13.276/02 (Lei das piscininhas), não se aplicam a estes loteamentos.

Palavras-chave: paisagem urbana, planejamento urbano, escoamento superficial, drenagem urbana

INTRODUÇÃO

Quando se observa hoje, a região metropolitana de São Paulo, com 18 milhões de habitantes, cerca de 20% dos quais morando em favelas, seus mais de 400 pontos de inundação, com áreas de risco de deslizamento, suas águas superficiais totalmente poluídas, lençol freático rebaixado e contaminado, déficit de água potável per capita, onde se tem sobrevivido a invernos com níveis críticos de poluição e de umidade relativa do ar, pode-se concluir que o equilíbrio entre os objetivos e os meios com que o conjunto da

sociedade construiu esse espaço, não contou com o suporte técnico-científico adequado, que assegurasse sua sustentabilidade a longo prazo.

O planejamento, administração, legislação e fiscalização, necessários ao ordenamento da apropriação do espaço durante o processo de urbanização, requerem um conhecimento das relações funcionais dos diferentes elementos da paisagem natural.

Infelizmente estas informações quase nunca estão disponíveis em escalas adequadas, ou em forma compreensível aos agentes responsáveis pela definição e gestão de políticas públicas no município de São Paulo. Na falta ou dificuldade de acesso a essas informações, os planejadores acabam se valendo de critérios técnicos importados de outras regiões ou definidos pelo custo financeiro das intervenções necessárias, o que é mais freqüente, para atender demandas especulativas, que acabam resultando em um custo ambiental e conseqüentemente social inestimável.

A desarticulação entre os poderes Executivo, Legislativo e Judiciário, mas acima de tudo as dos diferentes órgãos do Executivo, favorecem a manutenção dessa situação, coibindo o poder de planejamento e fiscalização da gestão municipal. Essa desarticulação permite, por exemplo, que o Código de Obras não contemple nenhuma restrição quanto a cortes e aterros, no que concerne ao risco de desestabilização de vertentes, interferências no nível do lençol freático, aporte de sedimentos nas calhas dos rios e a intensificação das enxurradas.

As diferentes formas de ocupação interferem no escoamento superficial, principalmente, através da impermeabilização do solo por edificações e pavimentação de ruas. Essa impermeabilização causa um aumento do excedente de água em superfície e conseqüente intensificação do escoamento, em alguns casos, da ordem de 300 a 400 % (FCTH, 1999).

A ausência de critérios técnicos adequados na aprovação de novos loteamentos tem propiciado forte impacto na dinâmica das cheias. Não existem critérios quanto à orientação das ruas ou conectividade entre as áreas permeáveis e impermeáveis, de forma a assegurar a dissipação de energia da água que escoam superficialmente. Verifica-se, tanto em bairros de alto padrão quanto naqueles implantados pela COHAB, que a orientação do arruamento, vertente abaixo, com ruas transversais confluindo para esses eixos, acaba tendo um efeito sobre a formação e intensificação de enxurradas, mais expressivo que a própria impermeabilização pelo asfalto.

Concorre para a manutenção até os dias de hoje, desse processo de ocupação “irracional”, a falta de conhecimentos, em escala adequada, sobre as interrelações dos

elementos físicos que definam a dinâmica da paisagem natural do sítio que foi sendo apropriado durante o processo de expansão da mancha urbana.

A bacia do Rio Aricanduva se constitui num dos exemplos mais contundentes de como as políticas públicas, sem o devido embasamento técnico calcado no conhecimento efetivo do funcionamento da paisagem natural, podem induzir um processo de urbanização em desequilíbrio crescente. Alvo de sucessivas intervenções nas últimas décadas, a região próxima a sua desembocadura, permanece como um dos pontos mais críticos de inundação do Município, sendo um dos principais responsáveis pelo aporte de sedimentos na calha do Rio Tietê.

Como área de estudo foi selecionada a sub-bacia do Córrego Taboão, que deságua no Rio Aricanduva dentro da mancha de inundação recorrente. Sua ocupação se deu através de loteamentos regulares, submetidos portanto, à aprovação do poder público e que no entanto, se caracterizam por elevado índice de impermeabilização do solo.

Através da utilização de escalas grandes nos mapeamentos cartográficos e temáticos (entre 1: 5.000 e 1: 15.000), procurou-se atingir um grau de detalhamento que possibilitasse a identificação das feições condicionantes dos processos de escoamento superficial dentro da bacia do Córrego Taboão e que permitisse avaliar o impacto da urbanização sobre a dinâmica hídrica de superfície na área de estudo, fatores importantes para a dinâmica das cheias no Rio Aricanduva.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Córrego Taboão (Figura 1) localiza-se nos distritos do Aricanduva, Sapopemba e Vila Formosa, Zona Leste do Município de São Paulo (SP). Situa-se no médio vale e na margem esquerda do Rio Aricanduva, sendo um de seus principais afluentes. Com uma área de drenagem de 5,38 km², a Bacia do Córrego Taboão caracteriza-se por planícies, terraços e colinas suaves, pertencentes ao nível intermediário principal dos terraços fluviais e colinas paulistanas do embasamento sedimentar do Terciário (AB'SABER, 1957), entre as altitudes de 800m (topo) e 735m (foz).

Formações do pré-cambriano, compostas principalmente de xistos, são encontradas na parte oeste da bacia, no médio vale do Córrego Taboão, em um de seus principais afluentes, a altitudes de 820m. No conjunto do relevo da bacia do Córrego Taboão, a margem direita do córrego possui apenas canais pluviais que abastecem o córrego superficialmente, enquanto que na margem esquerda encontram-se os principais afluentes, como o Córrego Ipiranguinha.



Figura 1: Localização da área de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva, município de São Paulo.

Como unidade climática, a bacia do Córrego Taboão pertence predominantemente ao *Mesoclima dos Terraços, colinas e patamares do Tamanduateí e Aricanduva*, conforme a classificação de Tarifa e Armani (2001), caracterizando-se por forte aquecimento diurno nos terraços e patamares com baixa dispersão dos poluentes. O período de chuva mais intenso vai de dezembro a fevereiro, quando a média mensal acumulada ultrapassa 190mm. Os meses mais secos são Julho e Agosto, com precipitação mensal acumulada inferior a 50 mm. A chuva média acumulada no ano é de cerca de 1.400 mm.

O processo de urbanização desta região, que teve seu início impulsionado pela construção da Avenida Sapopemba, na década de 20, foi intensificado a partir das obras de

canalização e implantação da avenida de fundo de vale ao longo do rio Aricanduva, verificadas nas décadas de 60 a 70

Grande parte da ocupação, que na década de 80 já estava consolidada, é caracterizada por residências horizontais de médio a baixo padrão nas partes do médio para o alto vale da Bacia do Córrego Taboão, e residências horizontais de médio a alto padrão na parte do baixo vale da bacia. A partir da década de 80, as margens do córrego Taboão foram rapidamente ocupadas por construções irregulares. O distrito do Aricanduva, que está na parte do baixo vale do Córrego Taboão, concentra a maior parte das indústrias, armazéns e comércios, que integram o principal eixo comercial da Bacia do Rio Aricanduva.

METODOLOGIA

Cavalheiro (1995), analisando as alterações ambientais devidas ao processo de urbanização, coloca que “é na paisagem alterada que se deve ir buscar, estudar, analisar e prognosticar as degradações e impactos ambientais”, de maneira que contribua com o ordenamento do solo urbano e na sua relação com o suporte do ecossistema das áreas urbanas.

A partir de mapeamentos morfológicos e morfométricos de vertentes e da caracterização dos padrões de ocupação, buscou-se identificar e analisar as relações entre diferentes elementos determinantes do escoamento superficial, que interagem para a intensificação de enxurradas e conseqüentes inundações.

O mapeamento de morfologia de vertente, realizado a partir da fotointerpretação e da análise de carta topográfica, foi importante para identificar a dinâmica física de cada setor do relevo.

A partir da identificação das formas dos setores das vertentes, foi utilizada a proposta de Colângelo (1996) para identificar os principais *Domínios Hidrodinâmicos* da paisagem, considerando os setores convexos como responsáveis pela dispersão e os setores côncavos pela concentração dos fluxos hídricos superficiais. Os setores retilíneos são considerados pelo autor, como de transição entre os outros dois domínios.

Para os estudos morfométricos do relevo, utilizamos o mapeamento clinográfico, realizado a partir do *MNT* (modelo numérico do terreno) da área de estudo. Na definição das classes de declividade, levou-se em conta as restrições quanto aos diferentes usos e ocupações previstos pela legislação vigente. Assim sendo, considerou-se os limites de classe : < 2% (topos planos e planícies aluviais), 5% (limite para uso industrial), 30%

(limite máximo para ocupação urbana sem restrições), >47% (limite para derrubada de florestas).

O mapeamento do uso e ocupação do solo, realizado a partir de fotografias aéreas de escala 1: 5.000, teve como classes principais *praças e áreas verdes; indústrias/ armazéns; grandes edificações comerciais; residenciais/ comerciais (1 a 2 pavimentos); construções verticalizadas; equipamentos urbanos; vias pavimentadas; solo exposto*. Para caracterizar as áreas residenciais/ comerciais, foram mapeados os padrões dos tamanhos dos lotes, utilizando-se das classes 125 m², 250 m²; 250 – 500 m²; 500 – 1000 m² e > 1000 m².

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise quantitativa da carta de declividade evidenciou predominância das classes de declive de 5 – 12 % e 12 – 30 %, totalizando 72 % da área da bacia. As declividades < 5%, que caracterizam setores mais planos do relevo, totalizam 21% , enquanto as declividades > 30 %, representam 7 % da área total da bacia.

A caracterização do uso e ocupação do solo em função da declividade, discriminada na Tabela 1, evidencia a falta de critérios técnicos que permitissem minimizar o impacto da impermeabilização sobre a dinâmica superficial da água, o que inclui assegurar taxas de evapotranspiração adequadas ao conforto ambiental.

Os absolutamente insuficientes 5,8 % de área verde estão concentrados próximos às margens dos rios, quando a topografia e o risco de inundação se mostraram limitantes até mesmo para ocupações irregulares, ou nos terrenos dos equipamentos públicos.

Os núcleos habitacionais com lotes de 125 m², como se pode verificar na Figura 2, são completamente desprovidos de áreas verdes que compensassem à total impermeabilização intrínseca a reduzida dimensão dos lotes.

O mesmo se verifica quanto aos lotes com 250 m², com relação aos quais se soma a ausência de critérios para a aprovação das plantas que assegurassem a não impermeabilização total dos terrenos.

Tabela 1 - Discriminação do uso do solo em função da declividade das vertentes e da área total da Bacia.

Uso\ Declividade %	<2%	2-5%	5-12%	12-30%	30-47%	> 47%	% área total da Bacia
Áreas verdes	3,7	3,4	3,7	7,6	12,4	18,0	5,8
Indústrias	7,7	9,6	2,8	1,8	0,6	-	3,5
Comércio	2,9	2,7	1,3	-	-	-	1,2
Residencial 1 e 2 pavimentos	54,0	49,8	57,2	60,9	58,7	48,5	57,3
Residencial verticalizada	1,4	1,3	2,3	2,9	1,1	0,5	2,2
Favelas	1,1	2,0	1,1	3,0	9,4	7,3	2,4
Vias Pavimentadas	23,8	24,0	27,0	18,7	11,2	12,4	22,2

% da área total ocupada por cada classe de declive



Figura 2: Padrão dos loteamentos na área de estudo.

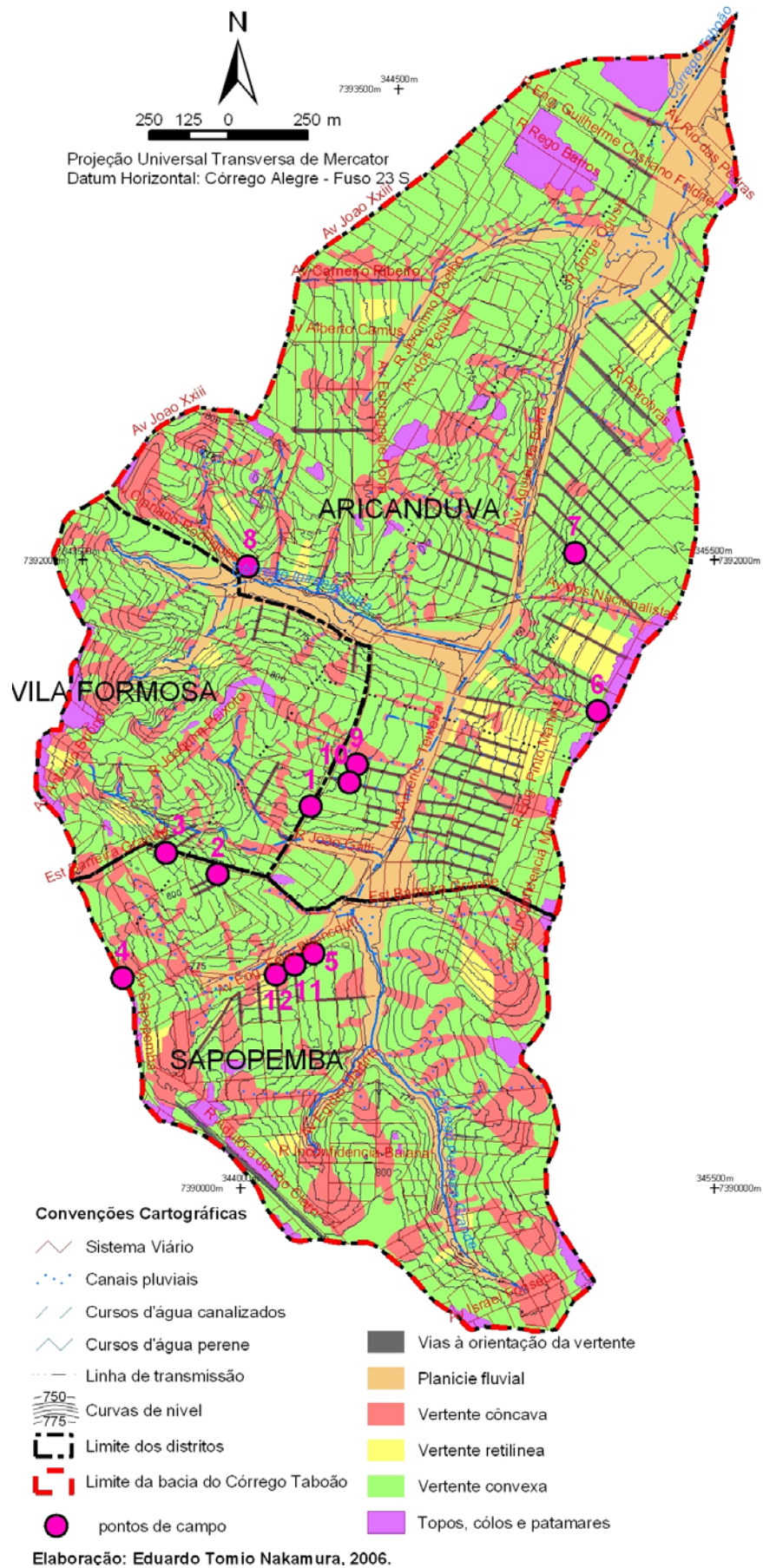


Figura 3: Morfologia de vertentes e localização dos pontos com indícios de enxurradas na área de estudo.

O processo atual de reordenamento da ocupação é representado por um lado pela verticalização, que já corresponde a 2,2% de área e por outro, pelas intervenções mitigadoras: canalização do curso do Córrego Taboão, construção de um tanque de retenção (piscinão), remoção das favelas e implantação de parque linear em suas margens.

Pode-se prever que o efeito mitigador destas intervenções venha a se restringir à mancha de inundação recorrente da várzea do rio Aricanduva. Os problemas relacionados à formação e intensificação das enxurradas (Figuras 4 e 5), como invasão das casas pelas águas, comprometimento da circulação, desgaste da pavimentação, desestabilização de vertentes e produção de sedimentos, deverão persistir uma vez que a região não dispõe de sistema de drenagem de água pluvial implantado.



Figura 4: Ponto 9. Asfalto deteriorado, com trincas, devido a intensidade do escoamento superficial. Eduardo T. Nakamura, Fev/2006.



Figura 5: Ponto 6. O conjunto formado pelos elementos urbanos, edificações, calçadas em aclive e vias pavimentadas, formam verdadeiras calhas para a concentração águas pluviais. Eduardo T. Nakamura, Jan/2006.

O processo de verticalização se inicia já sob efeito da legislação mais recente. A Lei municipal nº 11.228/92 do Código de Obras, que determina um mínimo de 15% de área não impermeabilizada do terreno para as novas edificações e a Lei municipal nº 13.276/02, conhecida como “lei das piscininhas”, que torna obrigatória a construção de reservatórios para captação de água pluvial em terrenos com área impermeabilizada maior do que 500m².

A aplicação da “lei das piscininhas” teria, no atual, pouco efeito sobre a formação de enxurradas. A área ocupada por terrenos nestas condições corresponde a 18% da área total da bacia. Entretanto, o dimensionamento dos respectivos reservatórios, segundo os cálculos estabelecidos pela própria lei, para um episódio de chuva acumulada de 60 mm/h, resultaria na capacidade de armazenamento de apenas 3,38% da chuva excedente.

Por outro lado, a Lei nº 11228/92, determina que 15% da área seja mantida permeável, indiscriminadamente quanto ao tamanho dos lotes, declividade ou forma da vertente, o que também restringe sua eficácia.

A distribuição dos setores de vertentes quanto às suas formas, representada na Figura 3, permite que se verifique que os setores convexos, do domínio hidrodinâmico de dispersão, ocupam 63% da área total de bacia. Os setores concentradores de fluxo hídrico, incluindo vertentes côncavas, planícies fluviais e ruas pavimentadas com orientação concordante com o sentido da vertente, ocupam 30% da área, enquanto as vertentes retilíneas ocupam 3% e os topos, colos e patamares de interflúvios, 4%.

A análise conjunta das Figuras 2 e 3 permitem avaliar o impacto da urbanização sobre a dinâmica superficial da água nesta bacia. A ocupação e conseqüente impermeabilização dos topos fazem com que eles deixem de se comportar como zonas de absorção, induzindo a formação de excedentes hídricos, já a partir deles, o que concorre para aumentar o volume e a energia cinética das enxurradas. Núcleos com lotes menores do que 250m², com 100% da área impermeabilizada e arruamento predominantemente com orientação concordante com o sentido da vertente, ocupam 36% da área total da bacia e concorrem para que setores convexos e retilíneos de vertente passem a apresentar um comportamento hidrodinâmico semelhante ao de setores côncavos (concentradores). Finalmente, a ocupação e impermeabilização das planícies fluviais, 96,7% de sua área, impedem que ela exerça sua função como amortecedora dos fluxos superficiais.

As verificações em campo (Figuras 3, 4 e 5) confirmaram as hipóteses sobre a intensidade do escoamento superficial concentrado, devido à impermeabilização do solo e ao padrão de ocupação, à declividade e às concentrações de águas pluviais nos setores de

vertente côncavas, nas planícies fluviais e nas vias concordantes com o sentido da vertente, apresentando indícios de enxurradas, como os asfaltos das vias deterioradas e ao aclave das calçadas implantadas para a proteção das edificações.

CONCLUSÕES

A análise integrada dos elementos da paisagem que contribuem para a intensificação do escoamento superficial, como formas de vertentes, declividades e impermeabilização do solo, podem contribuir para a identificação dos setores críticos e na definição das intervenções necessárias para se minimizar o escoamento superficial, concorrer com a diminuição da vazão de pico e conseqüentemente reduzir os riscos de ocorrência de enchentes.

Apesar das leis municipais incorporarem, para o licenciamento de edificações, critérios relacionados a drenagem urbana, como os 15% de área livre no lote instruídos pelo Código de Obras (Lei municipal nº 11.228/92) e os reservatórios de captação de água de chuva para lotes com áreas impermeáveis > 500 m², previstos pela Lei municipal nº 13.276/02, verifica-se que para os padrões de ocupação na área de estudo, sua implementação seria pouco eficaz no que concerne ao controle da formação de enxurradas. É inviável pretender-se 15% de área não impermeabilizada em se tratando de lotes de médio a baixo padrão (< 250m²), e mesmo que elas fossem implementadas, teriam pouco efeito sobre a formação de enxurradas, uma vez que não estariam conectadas com as verdadeiras calhas concentradoras de fluxo representadas pelas ruas pavimentadas com orientação concordante com o sentido da vertente.

Por outro lado, o dimensionamento dos tanques para captação de água pluvial, para terrenos que tenham mais de 500 m² de área impermeabilizada, segundo os critérios previstos na própria lei, proporia uma capacidade de retenção de apenas 3,38% da chuva excedente, considerando um episódio de precipitação de 60 mm/h.

A reorientação de uso, representada pelo processo de verticalização, mesmo sob efeito dessa legislação mais recente, pode concorrer para agravar o quadro atual, uma vez que o Código de Obras, em desrespeito à legislação federal, não dispõem sobre as necessárias restrições quanto a ocupação dos topos, de áreas com declividade superior a 30% e de várzeas. Nenhuma restrição é feita também quanto a cortes e aterros em função da declividade e da forma da vertente, o que poderá concorrer para a desestabilização das mesmas e conseqüente produção de sedimentos.

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. São Paulo: FFCL-USP, 1957. p.343. Tese de doutoramento.

CAVALHEIRO, F. Urbanização e alterações ambientais. In: TAUK, S.M. (Org.) **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2 ed. São Paulo: UNESP, 1995. p.114-124

COLÂNGELO, A. C. O modelo de Feições Mínimas, ou das Unidades Elementares de Relevo: Um Suporte Cartográfico para Mapeamentos Geocológicos. **Revista do Departamento de Geografia, FFLCH-USP**, São Paulo, n.10, p.29-40, 1996.

FCTH – Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica. **Diretrizes Básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo, 1999. Disponível em: < <http://www.fcth.br/public/cursos/canaismares/md.pdf> >. Acesso em 20/12/2005.

TARIFA, José R.; AZEVEDO, Tarik, R. **Os climas na cidade de São Paulo : teoria e prática**. São Paulo : Universidade de São Paulo, 2001.