

# GESTÃO DAS ÁGUAS URBANAS: o relevo como unidade de análise para o zoneamento urbano

*Camila Barbosa<sup>1</sup>; Pompeu Figueiredo de Carvalho<sup>2</sup> & Cenira Maria Lupinacci Cunha<sup>3</sup>*

**RESUMO** --- O presente artigo visa integrar planejamento urbano e análise ambiental, considerando a vertente como unidade espacial. Propõe-se um zoneamento através do qual as diretrizes de uso e ocupação do solo propiciem uma minimização das alterações hidrológicas considerando suas características geomorfológicas e pedológicas naturais. A urbanização altera de maneira significativa o ciclo hidrológico em função da alta impermeabilização. Esta alteração favorece o escoamento superficial, a concentração de enxurradas, a ocorrência de ondas de cheias e aumenta o potencial erosivo. As áreas mais suscetíveis a estes efeitos adversos são ocupadas pela população de menor poder aquisitivo, ou seja, os impactos ambientais atingem diferencialmente as classes sociais. A proposta baseia-se no modelo hipotético de nove seções de vertente com diferentes características de declividade, direção e intensidade do movimento de detritos, solo e água.

**ABSTRACT** --- This paper propose urban zoning guidelines considering pedologic and geomorphologic features along a slope from the watershed to the river valley as an essential condition to promote effective sustainable development. Urban development modifies hydrologic cycle mainly due to high degree of impermeable pavement and building, thus, increasing run off, erosion processes, landslides, floods and others. The areas more susceptible to those impacts are occupied by low income dwellers, making worse their precarious conditions of living. The study uses the theoretical nine sections slope model which allows the differentiating of water and land dynamics.

**Palavras-chave:** Impacto ambiental, escoamento superficial, planejamento urbano sustentável

---

<sup>1</sup> Mestranda em Geografia pela UNESP. Av. 24A nº 1515, 13506-900 Rio Claro-SP. Email: barbosa\_unesp@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Professor Livre Docente da Universidade da UNESP. Av. 24A nº 1515, 13506-900 Rio Claro-SP. Email: pompeufc@rc.unesp.br

<sup>3</sup> Professora Assistente da UNESP. Av. 24A nº 1515, 13506-900 Rio Claro-SP. Email: cenira@rc.unesp.br

## 1 - INTRODUÇÃO

Para satisfazer suas necessidades, o homem exerce, através do trabalho, ações sobre a natureza, que resultam em modificações do ambiente natural. A urbanização, neste sentido, é o resultado da mais acentuada forma de ação do homem sobre a natureza.

O modo de apropriação da natureza determina a existência dos impactos ambientais indesejáveis que são desequilíbrios no sistema biofísico que ao mesmo tempo em que são desencadeados pela forma de organização da sociedade, orientam sua organização espacial. Coelho (2000) define impacto ambiental como:

(...)o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações (...) no ambiente. Diz respeito à evolução conjunta das condições sociais e ecológicas estimulada pelos impulsos das relações entre forças externas e internas à unidade espacial e ecológica, histórica ou socialmente determinada. É relação entre sociedade e natureza que se transforma diferencialmente e dinamicamente. (Coelho, 2000 p. 24-25).

Os impactos ambientais são escritos no tempo e incidem diferencialmente, alterando as estruturas de classes sociais e reestruturando o espaço. (Coelho, 2000). A estruturação interna do espaço urbano se dá sob o domínio de forças que representam os interesses de consumo (condições de vida) das camadas de mais alta renda. A apropriação diferencial do espaço urbano enquanto produto do trabalho se dá através do conflito de classes em torno das vantagens e desvantagens do espaço. (Villaça, 2001)

As vantagens e desvantagens do espaço nos remetem à questão da vulnerabilidade ambiental, ou seja, as desigualdades sociais são reforçadas também pelo acesso desigual ao ambiente bom e saudável. As áreas de maior fragilidade ambiental, muitas vezes sem infra-estrutura nenhuma, como as margens dos cursos d'água e vertentes íngremes, são destinadas a população de menor poder aquisitivo, enquanto a população de classe alta, podendo pagar por áreas melhores e mais seguras, controlam o uso do solo urbano.

Quando o planejamento urbano, entre seus vários objetivos, visa coibir as disparidades sócio-espaciais é imprescindível que se considere o fato de que as características do ambiente físico condicionam a espacialização destas disparidades. Desta forma, utilizando-se de instrumentos como o zoneamento urbano, o Estado contribui para que as regras de exploração dos recursos naturais e/ou do uso do solo urbano, que são condicionadas pela obtenção de lucro sejam reavaliadas e reorientadas.

Estas diretrizes estão demarcadas pelo conceito de “desenvolvimento urbano sustentável”, que tem sido muito discutido em vários países nas últimas décadas. Na Conferência das Nações Unidas sobre os Assentamentos Humanos – HABITAT II, em Istambul-1996, em que foi aprovada a Agenda HABITAT, o conceito de sustentabilidade ganhou considerações a respeito de suas

aplicações no espaço urbano. A partir deste momento, perdeu força a noção de que as cidades são necessariamente espaços insustentáveis, que não podem produzir o que consomem e não podem eliminar adequadamente o que rejeitam. A urbanização passa a ser considerada um fato irreversível, mas administrável, e a cidade deixar de ser um espaço ambientalmente insustentável, para transformar-se progressivamente em um espaço social e ambiental com grande potencial de soluções criativas (Dutra *et al.*, 2004).

A idéia de sustentabilidade baseia-se na busca de uma relação entre sistemas econômicos e ecológicos orientada pelos requisitos de que a vida humana possa evoluir, as culturas possam se desenvolver, e de que os efeitos das atividades humanas permaneçam dentro dos limites que impeçam a destruição da diversidade e da complexidade do contexto ambiental. (Salamoni & Gerardi, 2001). Os trabalhos pioneiros no projeto urbano com base ecológica (e que muito se identificam com a temática da sustentabilidade urbana) foram escritos a cerca de trinta anos por Ian L. McHarg (1992/1969) e por Michael Hough (1984), *Design with nature* e *City form and natural process: towards a new urban vernacular* respectivamente. McHarg (1992) contribui para que os estudos ecológicos e o planejamento urbano fossem considerados juntamente, modificando a idéia primária de que o local para os estudos ecológicos eram santuários em que o homem era excluído e as cidades eram lugares onde a natureza poderia ser destruída.

## **2 - OS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NO SISTEMA HIDROLÓGICO**

Um dos impactos mais expressivos da urbanização é a alteração do ciclo hidrológico. A urbanização cria um novo ambiente hidrológico: a retirada da vegetação acompanhada da impermeabilização repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, favorecendo o escoamento superficial, a concentração de enxurradas e a ocorrência de ondas de cheias. O aumento da velocidade e volume de água que carreada para os cursos aumenta também o potencial erosivo. Além disso, a redução do abastecimento do lençol freático acarreta a desperenização de cursos d'água.

A tabela 1 demonstra como a urbanização altera consideravelmente as taxas de infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial.

Tabela 1 - Impacto da Urbanização convencional no ciclo hidrológico

<i>Estágio de desenvolvimento</i>	<i>Evapotranspiração</i>	<i>Escoamento superficial</i>	<i>Infiltração superficial</i>	<i>Infiltração em profundidade</i>
<i>Não urbanizado</i>	40%	10%	25%	25%
<i>Urbanização baixa</i>	38%	20%	21%	21%
<i>Urbanização moderada</i>	35%	30%	20%	15%
<i>Urbanização densa</i>	30%	55%	10%	5%

Org.: Barbosa, C e Carvalho, P. F. (adaptado de MARYLAND, 1999)

Conforme apresentado na tabela 1 a alteração na produção do escoamento superficial é uma das mais acentuadas no processo de urbanização e de grande relevância no planejamento de países de clima tropical, como o Brasil.

A perspectiva da sustentabilidade confere à drenagem urbana uma nova forma de direcionamento das ações, baseada no reconhecimento da complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade. Tal postura exige que drenagem e controle de cheias em áreas urbanas sejam reconceitualizadas em termos técnicos e gerenciais. (Pompêo, 2000)

A política de controle dos impactos quantitativos na drenagem se baseia no conceito de escoar a água precipitada o mais rápido possível tendo como consequência imediata o aumento das inundações a jusante dos projetos de canalização. Na medida em que a precipitação ocorre, e a água não é infiltrada, este aumento de volume, da ordem de seis vezes, escoar pelos condutos. Para transportar todo esse volume, é necessário ampliar a capacidade de condutos e canais ao longo de todo o seu trajeto dentro da cidade até um local onde o seu efeito de ampliação não atinja a população. Os custos destes projetos são insustentáveis, podendo chegar a ser dez vezes maior do que o custo de amortecer o pico dos hidrogramas e diminuir a vazão máxima para jusante através de uma detenção. (Tucci, 2003)

O relatório do Workshop Drenagem Urbana no Brasil, realizado em Goiânia em maio de 2003 aponta que diversas estratégias são necessárias para solucionar os problemas de drenagem. Sob a ótica do desenvolvimento sustentável, o objetivo do sistema de drenagem urbano é assemelhar-se ao ciclo hidrológico natural. As estratégias de drenagem urbana sustentável incluem as ações estruturais, que consistem dos componentes físicos ou de engenharia como parte integrante da infra-

estrutura, e as ações não estruturais, que incluem todas as formas de atividades que envolvem as práticas de gerenciamento e mudanças de comportamento. (Parkinson *et al.*, 2003).

Dentre as estratégias estruturais estão os dispositivos de drenagem urbana sustentável, que visam retardar o tempo e diminuir o volume de água que escoam superficialmente. A Tabela 2 demonstra as funções desses equipamentos como medidas de controle do impacto da urbanização no ciclo hidrológico.

Tabela 2 – Funções Hidrológicas dos equipamentos de drenagem urbana de baixo impacto

Função Hidrológica	Práticas de Gestão Integradas						
	Bioretenção	Poço de infiltração	Zona de transição	Valas gramada	Tanque de retenção	Cisterna	Trincheira de infiltração
Interceptação	E	A	E	M	A	A	A
Armazenamento em depressão	E	A	E	E	A	A	M
Infiltração	E	E	M	M	A	A	E
Recarga de água subterrânea	E	E	M	M	A	A	E
Volume de Escoamento superficial	E	E	M	M	B	M	E
Pico de descarga	M	B	B	M	M	M	M
Frequência do Escoamento Superficial	E	M	M	M	M	M	M
Qualidade da água	E	E	E	B	B	B	E
Fluxo de base	E	E	E	M	M	A	B
Qualidade do curso d'água	E	E	E	N	A	B	E

E = Elevado M = Moderado B = Baixo A = Ausente

Org.: Barbosa, C. e Carvalho, P. F. (adaptado de MARYLAND, 1999:4-6)

A eficácia destes dispositivos está atrelada às características naturais (climáticas, topográficas, pedológicas, hidrológicas) da área a serem implantadas.

## 2.1 - A relevância da Geomorfologia para o gerenciamento do escoamento urbano.

A análise geomorfológica tem dado grande contribuição ao planejamento. Casseti (1991), discorrendo sobre a importância da análise geomorfológica neste contexto, afirma que o relevo, como componente desse estrato geográfico no qual vive o homem, constitui-se em suporte das interações naturais e sociais e:

*[...] ao mesmo tempo em que o relevo terrestre refere-se a um componente da natureza, constitui-se em um recurso natural, o que reveste de interesse geográfico, e portanto, de preocupação ambiental, uma vez que jamais*

*poderá deixar de ser tratado sob o prisma antropocêntrico.* (Casseti, 1991 p. 35)

Desta forma, é de grande relevância que o planejamento urbano esteja associado à análise geomorfológica para a mitigação do impacto ambiental, tendo como premissa o fato de que a topografia é um dos elementos importantes na orientação do processo de ocupação das áreas urbanas.

Dentro da análise geomorfológica ganha relevância a vertente, como elemento dominante do relevo onde *se materializam as relações* das forças produtivas, onde ficam impregnadas as transformações que compõem a paisagem. (Casseti, 1991).

Num sentido geral, a vertente seria um todo dinamicamente ligado aos processos pluviais, e num sentido específico, seria caracterizada por processos denudacionais. Portanto a vertente *latu sensu*, incorpora o curso d'água, nível de base responsável pelo grau de participação dos efeitos areolares da vertente *stricto sensu*. Enquanto a vertente *stricto sensu* encontra-se limitada pelas relações morfodinâmicas areolares. Atualmente a vertente incorpora o homem, que através do processo de apropriação e transformação da vertente interfere na sua evolução e a torna sensível na escala de tempo histórica, ao intensificar os processos exógenos. (Casseti, 1991)

Oliveira (1997) afirma que a vertente é um sistema aberto e que seu *estado de equilíbrio* é deliberado pela relação sistêmica entre as variáveis que viabilizam o desenvolvimento do manto de alteração intempérica, com relevância ao *input* fundamental ao processo de pedogeneização, isto é a água. Logo, qualquer alteração no processo de infiltração resulta no desencadeamento de processos plúvio erosivos representando um “estado de desequilíbrio”. A autora aponta que as alterações no processo de infiltração:

*(...) respondem pela intensificação dos efeitos denudacionais, comandados pela ação morfogenética sobre fatores preexistentes como a natureza da rocha, a geometria da vertente e/ou o solo.*

*Considerando tais fatores, o ajustamento do sistema [...] às alterações efetuadas na dinâmica pluvial, pode conduzir por um lado ao desenvolvimento de fenômenos que caracterizam a instabilidade de encostas (rastejamento, solifluxão, ravinamento, vossorocamento), por outro, influencia direta e indiretamente no realinhamento do leito fluvial (em função do assoreamento), na capacidade de abrasão e acumulação do rio, na torrencialidade de vazão, nas enchentes (por ocasião da impermeabilização do solo).*

*Neste contexto, portanto, as noções de “equilíbrio e desequilíbrio” observadas no decorrer do processo evolutivo das vertentes (considerando aqui a perspectiva histórico-social), estão pautadas fundamentalmente nas possíveis alterações do comportamento hidrodinâmico das mesmas,*

*intensificando-se quando submetidas à intervenção(...).* (Oliveira, 1997 p. 19)

Tanto a inclinação da vertente como as características do solo influenciam na determinação da quantidade de chuvas que infiltram ou que excedem para escoar na superfície do terreno. Considerando que a viagem da água sobre a superfície é mais rápida, tornando-se cada vez mais lenta em profundidade, pode-se dizer que os solos determinam o volume do escoamento da chuva, a sua distribuição temporal e as descargas-máximas, tanto em superfície como em subsuperfície. (Coelho Netto, 2001).

Palmieri & Larach (2000) apontam o aspecto do relevo local na determinação das características hídricas do solo:

Nas partes altas e relativamente planas, os solos apresentam boa drenagem interna, nas encostas com declives mais acentuados apresentam drenagem boa ou excessiva, porém são mais secos, enquanto que nas partes inferiores das vertentes e nas áreas de várzeas e/ou depressões há predominância de água na massa do solo durante o ano. Esta predominância de água resulta em solos imperfeitamente drenados ou mal drenados, dependendo se o lençol freático está próximo à superfície ou não, respectivamente. (Palmieri & Larach, 2000 p. 76)

O volume de água que deixa de infiltrar na vertente tem relação direta com o desencadeamento de processos erosivos. Neste contexto, Guerra (2001) afirma que nos estudos de erodibilidade em vertentes, a declividade das encostas deve ser levada em conta em conjunto com as características da superfície do solo e a quantidade de runoff. O fluxo resulta da intensidade da chuva ser maior que a capacidade de infiltração do solo e é distribuído da seguinte maneira na encosta:

(...) o topo da encosta é uma zona sem fluxo, que forma uma área sem erosão; a uma distancia crítica do topo, ocorre um acúmulo suficiente de água, onde o fluxo começa; um pouco mais abaixo, na encosta, a profundidade do fluxo aumenta, e ele se torna canalizado, formando ravinas. (Guerra, 2001 p.170)

Portanto um dos mais simples caminhos para analisar o solo e a paisagem é assumi-los como um corpo bidimensional, através da análise de perfis transversais, visto que o comportamento da água nas vertentes, como já mencionado, é orientado pela morfologia da vertente e pelas características do solo. (Gerrard,1995)

A análise prévia das características físicas das áreas urbanas permite orientar o processo de ocupação embasado na idéia de “baixo impacto ambiental” ou “drenagem urbana sustentável”. E,

neste sentido, o conhecimento do comportamento da água nas vertentes revela-se indispensável para uma ocupação sustentável com mínima alteração do ciclo hidrológico natural.

Desta forma propôs-se neste trabalho um modelo simplificado de urbanização para uma vertente em que as diretrizes de uso e ocupação do solo foram determinadas de acordo com as suas características hidrológicas naturais em cada seção, otimizando o uso de dispositivos e equipamentos de drenagem urbana sustentável.

### 3 - ZONEAMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO NO SISTEMA HIDROLÓGICO.

Dalrymple, Blong e Conacher (1968 apud Christofolletti, 1980) propuseram um modelo de perfil de vertente simplificado segmentada em nove seções de acordo com suas características de declividade, direção e intensidade do movimento de detritos, solo e água, conforme figura 1.

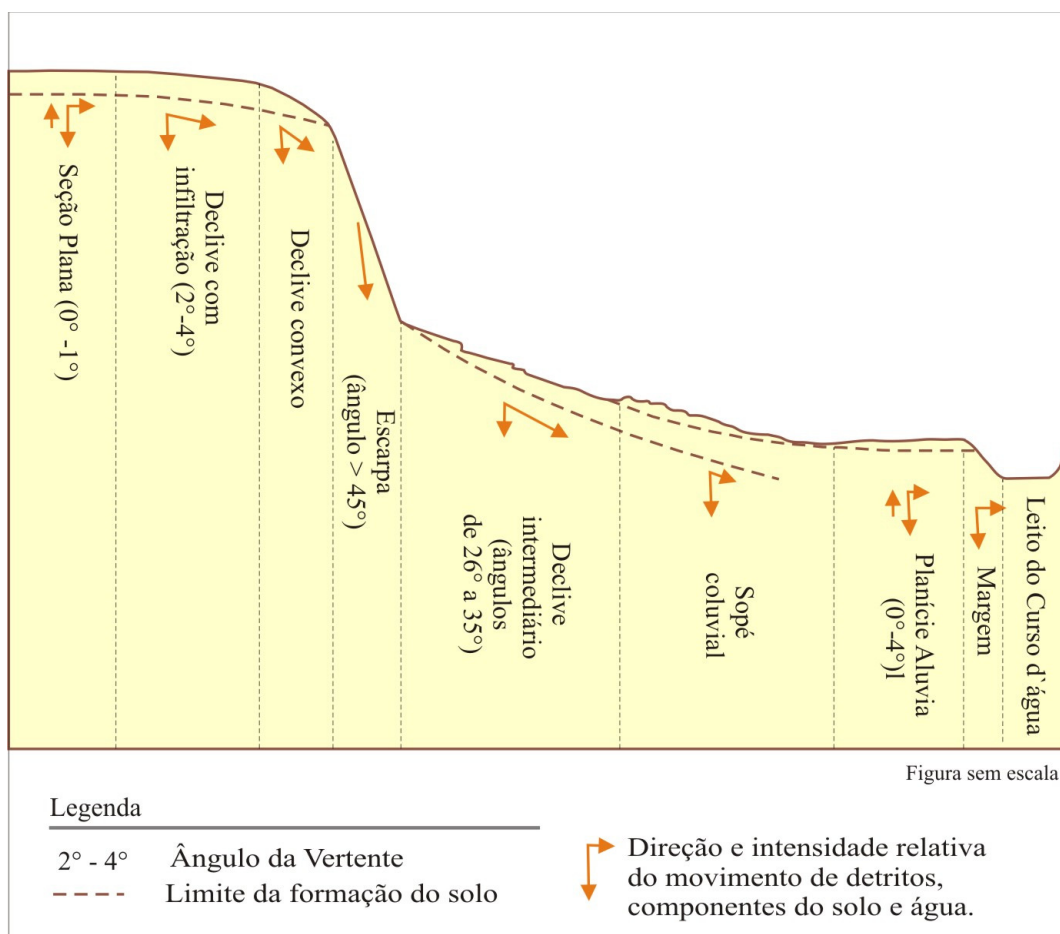


Figura 1 – Modelo hipotético de vertente (fonte: Adaptado de Christofolletti, 1980)



As nove unidades propostas no modelo permitem a integração entre pedologia e geomorfologia. (Gerrard, 1995). Ressaltando esta integração Carvalho e Barbosa (2007) apontam a vertente como importante unidade de análise para o desenvolvimento urbano sustentável.

Desta forma, tomando por base tal modelo, foi proposto um zoneamento considerando as características geomorfológicas e pedológicas para cada seção da vertente, conforme apresentado na “tabela 3”. As seções “margem e o leito do curso d’ água” foram agrupados, apresentando, portanto oito seções com diferentes diretrizes de uso do solo.

Tabela 3: Diretrizes de uso e ocupação baseado na segmentação da vertente (*latu sensu*).

Seções	Características	Diretrizes de uso do solo			
		Permitido	Controlado	Compensação	
Topo	Seção plana (0° – 1°)	Solo bem desenvolvido com boa drenagem, ótima infiltração, produção de escoamento incipiente, acúmulo de água superficial em micro-depressões.	Avenida Principal com canteiro verde central.	Ciclovias e calçadas de pedestres com pavimentação permeável.	Obrigatoriedade de uso de dispositivos de infiltração de águas pluviais como calçamento permeável, trincheiras de infiltração e tanques de retenção no lote.
	Declive com infiltração (2°-4°)	Movimento lateral da água subsuperficial, ótima infiltração, baixa produção de escoamento.	Uso misto do solo. Alta Taxa de Ocupação (TO) do solo e alto Coeficiente de Aproveitamento (CA).	Aumento da TO máxima permitida mediante compensação.	
Vertente	declive convexo	Boa infiltração e média produção de escoamento; Rastejamento.	Uso predominantemente residencial com média TO. Nos lotes voltados para a avenida de serviços locais (topo da vertente): possibilidade de edifícios altos com média TO e alto CA.	Uso comercial e industrial desde que sujeitos a padrões de incomodidade e poluição compatíveis com o uso residencial.	Obrigatoriedade na implantação de dispositivos de infiltração e retenção; lote mínimo de tamanho grande e alto CA para viabilizar uma menor TO.  Paralelo a seção subjacente deve ser implantada área livre vegetada, funcionando como faixa de segurança.
	Escarpa (ângulo mínimo de 45°)	Desmoronamento, deslizamento, intemperismo químico e mecânico, baixa infiltração	Seção não urbanizável, conforme legislação ambiental		

	declive intermediário de transporte(ângulos entre 26°-35°)	Transporte de material pelos movimentos coletivos do solo , formação de terracetes, grande volume de escoamento superficial recebido das seções a montante.	Uso residencial e multiresidencial com área do lote de tamanho médio, TO média e baixo CA.	Zona de serviços e comércio com maior TO dos lotes mediante compensação.	Incentivo a adoção de dispositivos de infiltração e área vegetada no lote e aumento do tamanho do lote mínimo, média TO e baixo CA.  Paralelo a seção anterior deve ser implantada área livre vegetada, funcionando como faixa de segurança..
	Sopé coluvial	Reposição de material pelos movimentos coletivos e escoamento superficial. Setores mais baixos sujeitos a ocupação excepcional das águas fluviais	Área institucional, equipamentos comunitários e espaços públicos abertos. Área de lazer/recreação com Baixíssima T.O. e alto C.A. e arborização	Uso residencial desde que observada a compensação.	Grandes lotes e alto C.A. para viabilizar a baixa T.O. Incentivo a arborização quando uso residencial.
	Limite entre vertente e Vale	Área de Preservação Permanente.	Projetos de replantio de vegetação.	Área pública de lazer.	Compensação e normatização especificadas pela Legislação (Resolução CONAMA 360/06).
Vale Fluvial	planície aluvial (0°-4°)	Lençol freático pouco profundo, ocupação sazonal pelas águas fluviais.	Área protegida pela Legislação Ambiental (leito maior).		
	Leito do curso d'água	Transporte de material para jusante pela ação da água superficial.		Transposição de estradas e equipamentos públicos de serviços, esgoto, drenagem, água, gasodutos, rede elétrica e outros.	Reflorestamento (previsto por Lei).

De forma geral as diretrizes de uso e ocupação do solo propostas prevêm queda na Taxa de Ocupação e aumento do Coeficiente de Aproveitamento e do tamanho do lote no sentido topo – fundo de vale.

A alta densidade de ocupação proposta na seção do topo se justifica pelo fato do volume de escoamento a ser administrado ser somente o produzido nesta própria seção. Neste sentido a obrigatoriedade de adoção de dispositivos de drenagem sustentável e de baixo custo deve propiciar que os efeitos da alta ocupação não comprometam as demais seções a jusante na vertente (fato comum nos modelos de urbanização tradicional) e viabilizem a manutenção do lençol freático.

No setor de declive com infiltração o incentivo a verticalização se dá mediante a permissão de um maior CA ocasionando alta densidade residencial e uma menor taxa de ocupação do solo em

relação à seção subjacente de forma a propiciar um incremento na área livre permeável, que associado a obrigatoriedade da adoção de dispositivos de drenagem sustentável contribui para a diminuição do volume de escoamento produzido na área.

Na área de transição para a seção a jusante (escarpa) deve ser alocada uma área livre (pública ou privada) com alta densidade vegetacional, que funcionará como zona de segurança, diminuindo a velocidade e o volume do fluxo superficial convergindo para este setor e conseqüentemente minimizando os efeitos erosivos característicos destas áreas, além de prevenir o risco decorrente de uma ocupação consolidada.

O declive intermediário recebe grande volume de água e material da escarpa configurando-se como um setor de relativa atenção, assim como na vertente convexa, paralela a escarpa deve haver uma área livre vegetada, que funcionará como uma barreira para os detritos e possibilitará infiltração de volume da água escoada de montante, minimizará os processos erosivos característicos desta área e funcionará como faixa de segurança entre a escarpa e a área ocupada por habitações. A ocupação deste setor deve prever lotes grandes que viabilizem alto CA e baixa TO propiciando áreas permeáveis no lote, além de incentivos fiscais para implantação de dispositivos de drenagem urbana sustentável e áreas vegetadas no lote. A baixa densidade habitacional caracterizará um menor fluxo de automóveis privilegiando a adoção de calçamento permeável no arruamento.

O sopé coluvional marca o fim da dinâmica de vertente e o início da dinâmica fluvial. Este setor, via de regra, é comandado pelos processos de vertente, porém nas áreas urbanas, decorrente das alterações no sistema hidrológico, um maior volume de escoamento superficial atinge o leito do rio em um menor tempo provocando um alargamento da lâmina d'água podendo eventualmente ser ocupado pelas águas fluviais. Desta forma a baixa densidade permite prevenir os prejuízos materiais e humanos por enchentes neste setor. No caso de ocupação residencial propõe-se a ocupação por edifícios de elevado gabarito para viabilizar uma baixíssima TO. A baixa densidade de ocupação do solo proposta para este setor, a observação de lote mínimos grandes e a proximidade com a Área de Preservação Permanente e a planície aluvial devem conferir a este valorização paisagística e imobiliária. Desta forma, as margens dos cursos d'água passam de setores desvalorizados, densamente ocupados pela população de baixa renda para um setor valorizado destinado aos equipamentos de uso público disponíveis igualmente a toda população e eventualmente ocupados por residências de alto padrão.

Este modelo se adotado nas vertentes nas duas margens de um curso d'água caracterizará o fundo de vale como uma grande área verde urbana, que além de seu papel na gestão do risco relacionado a enchentes urbanas e processos erosivos funcionará como centro de vivência entre

bairros vizinhos. A alocação dos prédios públicos na baixa vertente permite dinamizar esta relação e propiciar um fortalecimento das comunidades.

O modelo pode privilegiar uma segregação sócio-espacial inversa a que ocorre atualmente, uma vez que os menores lotes, acessíveis a população de menor renda, se localizarão no topo da vertente, área de baixo risco em caso de ocupação e os maiores lotes se localizarão na baixa vertente.

Com relação ao sistema de transporte do topo ao fundo de vale as vias obedecem, grosso modo, a seguinte hierarquia: Via principal, via secundária, vias coletoras e vias locais acompanhando a diminuição da densidade residencial que ocorre no mesmo sentido. Este modelo, compondo um mosaico de toda uma bacia hidrográfica favorecerá o sistema de transporte, uma vez que as principais vias localizam-se nos interflúvios, tendo maior densidade residencial e populacional nas suas proximidades.

#### **4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A proposta aqui apresentada é uma tentativa de conciliar padrões urbanos de uso e ocupação do solo com a análise ambiental. Mesmo a verticalização, que tradicionalmente não é vista como solução aos problemas ambientais por propiciar densificação populacional, alterações microclimáticas e sobrecarga na infra-estrutura urbana, torna-se importante no controle da impermeabilização excessiva do espaço urbano se não for permitida de maneira indiscriminada e com a preocupação de que à área edificada verticalmente corresponda uma área não edificada horizontalmente. Portanto a relação direta entre tamanho do lote, Coeficiente de Aproveitamento e Taxa de Ocupação com base nas características hidrológicas naturais pode privilegiar uma urbanização condizente com as aptidões físicas do terreno minimizando os impactos desta.

Tendo em vista que o modelo de vertente apresentado não pode ser aplicado a qualquer cenário considera-se relevante que as diretrizes de urbanização pautem-se no conhecimento das características geomorfológicas, pedológicas da vertente a ser zoneada, bem como nos aspectos climáticos do cenário em que esta se insere.

Embora o modelo de zoneamento proposto não seja capaz de acabar com a estruturação de classes, este pode contribuir para que as classes socioeconômicas menos favorecidas, que geralmente mais sofrem por habitar áreas mais suscetíveis aos transtornos ambientais disponham de um ambiente mais saudável e seguro. Ou seja, possibilita que a distribuição espacial das populações mais carentes não esteja vinculada às áreas degradadas, fato agravante de sua condição de vida.

## 5- BIBLIOGRAFIA

CARVALHO, P. F. de; e BARBOSA, C. Land-use guidelines towards sustainable urban development –Brazil. In: 2<sup>nd</sup> *International Congress on Environmental Planning and Management*, 2007, Anais...Berlin (1 CD), pp. 613-616

CASSETI, V. (1991) *Ambiente e apropriação do relevo*. Contexto, São Paulo, 147 p.

COELHO, M. C. N. (2001) Impactos ambientais em Áreas urbanas – Teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B da. *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 19-45

COELHO NETTO, A. L. (2001) Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. in: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B da (Orgs). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos* - 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 93-148

CHRISTOFOLETTI, A. (1980) São Paulo: Edgard Blucher, 2<sup>a</sup> Edição, 188p.

GERRARD, John. (1995). *Soil geomorphology: an integration of pedology and geomorphology*. London, Chapman & Hall, 269 p.

GUERRA, A. J. T. (2001) Processos Erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B da (Orgs). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos* - 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 149-210

McHARG, Ian (1992) *Design with nature*. New York:John Wiley & Sons, 197 p.

MARYLAND (Prince Georges County) (1999). *Low-impact development design strategies: an integrated design approach*. Largo, Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division, 150 p.

HOUGH, Michael. (1984) *City form and natural process: towards a new urban vernacular*. London & Sidney, Croom Helm Ltd, 281 p.

OLIVEIRA, A. B. (1997) *A análise Geomorfológica e Sócio-econômica como Instrumento de Ação no Planejamento Urbano*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e ciências exatas, UNESP, Rio Claro. 204 p.

PALMIERI, F. e LARACH, J. O. I. (2000) Pedologia e geomorfologia. In: *Geomorfologia e meio ambiente*. GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. (Orgs) -3<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 59-122

PARKINSON, J.; MILOGRANA, J.; CAMPOS, L. C. e CAMPOS, R. (2003). *Relatório do Workshop – Drenagem urbana sustentável no Brasil*. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 24p.

PÔMPEO, C. A. (2000) Drenagem urbana sustentável. In: *Revista Brasileira de Recursos Hídricos / Associação Brasileira de Recursos Hídricos*, volume 5, no. 1, Porto Alegre, RS, pp. 15-23

SALAMONI, G. GERARDI, L. H. (2001) O.princípios sobre Ecodesenvolvimento e Agricultura Familiar. In: GERARD, L. H O. MENDES, I. A. *Teria, técnica, espaço e atividades: temas de geografia contemporânea*. Ageteo, Rio Claro. pp. 73-96

TUCCI, Carlos E. M.(2003) *Drenagem urbana*. Ciência e Cultura, São Paulo: v. 55, n. 4, out./dez. pp.36-37.

VILLAÇA, F. (2001) *Espaço Intra-urbano no Brasil*. Estúdio Nobel, Fapesp. São Paulo, 373 p.