



# CAPÍTULO 10

## ÁREA MÍNIMA PERMEÁVEL DE SOLO EM LOTEAMENTO SUSTENTÁVEL

DOI: [dx.doi.org/10.18616/pgtur10](https://dx.doi.org/10.18616/pgtur10) | **SUMÁRIO**

Samuel João da Silveira  
Fernanda Simoni Schuch  
Francisco Henrique de Oliveira  
Markus Hasenack  
Cesar Rogério Cabral

### INTRODUÇÃO

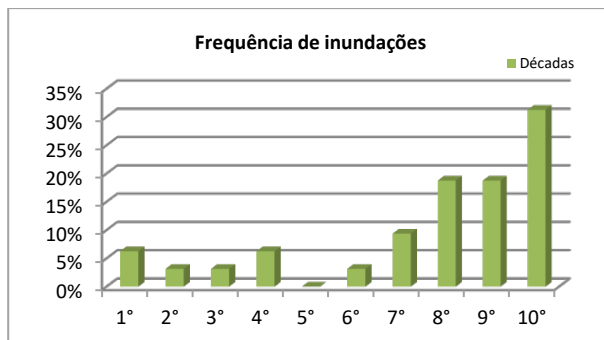
A dinâmica de ocupação do território naturalmente desencadeia impacto no meio urbano e ganha visibilidade nos estudos acadêmicos sob a forma de efeito estufa, degradação do solo, inundações e redução de áreas férteis, entre outros elementos.

Dentre esses efeitos, ressalta-se, principalmente, a perda do potencial produtivo de áreas férteis no meio urbano e, por consequência, potencializam-se os problemas de gestão das águas pluviais em função da impermeabilização da terra. A relevância do potencial produtivo em áreas férteis urbanas apresenta-se latente na pesquisa desenvolvida por Su et al. (2010), a qual mostra que, entre os anos de 1994 e 2003, o litoral oriental da China perdeu cerca de 11% de área usada para o cultivo de arroz em detrimento da urbanização.

O efeito da impermeabilização na área urbana verificado na pesquisa de Su também é realidade na maioria das cidades brasileiras. Esse fato potencializa os efeitos das inundações, uma vez que a cada ano tornam-se mais frequentes.

Corroborando com a condição do efeito da impermeabilização de áreas urbanas as pesquisas de Perry (2000), na qual são relatadas as 32 mais significativas inundações ocorridas nos Estados Unidos ao longo do século XX. Dividindo-se esse período de observação em iguais intervalos de 10 anos e verificando-se as frequências das ocorrências em cada período, chega-se ao resultado apresentado no Gráfico 1.

**Gráfico 1** – Frequência de inundações nos estados unidos no século XX



**Fonte:** desenvolvido pelos autores.

Com base no Gráfico 1, pode-se concluir que a frequência das ocorrências de inundações nos Estados Unidos vem aumentando significativamente ao longo das últimas décadas. Essa característica não é exclusiva dos EUA; Lee e Kim (2012) relatam que comportamento similar vem ocorrendo na Coreia do Sul, e Tominaga (2009) reforça que esse aumento de inundações pode ser observado em outros países e de modo bem definido para o Brasil.

A bibliografia científica atual, como a GFDRR (2010), reforça o frequente aumento nas ocorrências de inundações, por meio das pesquisas apresentadas pelos autores: Livingston e McCarron (1992); Environmental Protection Agency, (1993); Bigarella et al. (1994); Arnold e Gibbons (1996); Center for Watershed Protection (2000); Whitford et al. (2001); Tucci (2008); Hora e Gomes (2009); e Lee e Kim (2012); entre outros. Esses autores enfatizam que o motivo principal do aumento da ocorrência das inundações se pauta na reação do meio ambiente aos efeitos da ação antrópica. Destaque deve ser dado às alterações dos cursos de drenagem natural provocadas pela urbanização, os quais podem causar diversos impactos ou alterações no comportamento hidrológico, sendo os principais responsáveis por esses efeitos:

- a. impermeabilização dos solos;
- b. artificialização dos cursos de água;
- c. construção de obstáculos ao escoamento;
- c. ocupação da várzea;
- d. ineficiente planejamento territorial na ocupação urbana, em que não se concatenam os dados pertinentes a parcela territorial/lote com a área construída.

Dentre esses efeitos, este artigo aborda efetivamente o estudo do impacto da impermeabilização dos solos, o qual, segundo Lee e Kim (2012), é significativamente alterado com o desenvolvimento urbano.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo apresentar uma proposta de exigência técnica, por parte da prefeitura municipal, de uma área permeável mínima de solo que deverá ser deixada em cada lote de loteamentos sustentáveis. Para tanto, apresentará uma revisão de literatura sobre o impacto da impermeabilização dos solos no meio ambiente (observando o ciclo hidrológico), definirá loteamento sustentável (LS) em sintonia com o comportamento local do ciclo hidrológico e discorrerá sobre o método Delphi.

## IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS

Em áreas urbanizadas, observa-se claramente a ocorrência acumulativa de impermeabilização do solo, seja na pavimentação das ruas, seja nas construções de calçadas e residências (CENTER FOR WATERSHED PROTECTION, 2000). Seu efeito é visível e ocorre naturalmente após o processo de urbanização, tornando necessário, portanto, que áreas verdes, de percolação e retenção das águas superficiais sejam planejadas adequadamente prévias ao estabelecimento de um Loteamento Sustentável (LS).

Segundo pesquisa realizada por D'Almeida Junior e Manzoli Junior (2004), em um loteamento com 168.080,74 m<sup>2</sup> de área, no município de São Paulo (Brasil), o percentual de impermeabilização do loteamento em um intervalo de aproximadamente três anos chegou em 58,61% da área. E esse número tende a aumentar com a consolidação do loteamento, a partir da implantação de áreas de lazer e áreas institucionais, bem como da construção de edificações de uso comercial e residencial ainda por iniciar. A Tabela 1 apresenta a relação das áreas de solo impermeabilizadas para esse caso.

**Tabela 1** – Nível de áreas impermeabilizadas do loteamento com três anos

Descrição das áreas	Áreas (m <sup>2</sup> )	Área impermeável (m <sup>2</sup> )	% impermeável	% impermeável total
Lotes institucionais/lazer	43.167,61	503	1,17%	0,30%
Ruas e calçadas	43.562,56	35.136,53	80,66%	20,90%
Lotes residenciais/comerciais	81.350,57	62.870,31	77,28%	37,40%
<b>Total</b>	<b>168.080,74</b>	<b>98.509,84</b>		<b>58,61%</b>

**Fonte:** Adaptada de D'Almeida Júnior e Manzoli Júnior (2004).

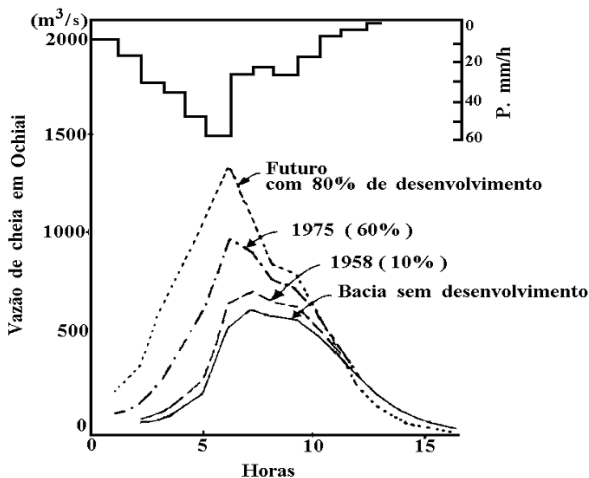
Os resultados apresentados por Alvarez et al. (2010) vão ao encontro da pesquisa supracitada e relata o efeito da urbanização para o bairro Santa Cecília, localizado na zona leste do município de Piracicaba, São Paulo. Esses autores apresentaram dados do tipo de cobertura de solo para os anos de 2001 e 2003 do bairro citado e pode-se observar que nesse intervalo a área de solo impermeável passou de 42,87% para 59,33%. O efeito não foi maior porque na área considerada há um rio que limita uma área de preservação permanente.

Uma vez que um loteamento possui grandes áreas de solo impermeável em função do desenvolvimento da urbanização, uma das consequências direta é o aumento da vazão de escoamento de água pluvial (LEOPOLD, 1968; LIVINGSTON; MCCARRON, 1992). Leopold (1968) analisou o efeito da urbanização sobre a vazão média de inundação numa área de uma milha quadrada, tendo como base o aumento da percentagem de

área impermeável e de condutos pluviais. A partir da caracterização deste cenário, obteve-se como resultado que o aumento da vazão máxima de uma bacia urbanizada pode chegar a até seis vezes a vazão máxima para uma mesma área antes da urbanização.

A consequência da urbanização também foi analisada por Yoshimoto e Suetsugi (1990), os quais divulgaram os resultados da variação do tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, em função de um aumento da área de solo impermeável como consequência de um processo de urbanização numa bacia hidrográfica nas proximidades de Tóquio (Japão) ao longo dos anos de desenvolvimento. Um dos resultados dessa pesquisa foi a constatação de que, com o passar dos anos, a proporção de área urbanizada aumentou significativamente, passando-se de 10% em 1958 e chegando-se a 75% em 1985, conforme ilustrado na Figura 1. Consequentemente, a área de solo impermeabilizada também teve o seu aumento nas mesmas proporções e, portanto, ocorreu uma redução do tempo de concentração da bacia hidrográfica, o que contribuiu diretamente para o aumento das inundações (LEOPOLD, 1968).

**Figura 1 – Vazão de cheia na ponte de Ochiai**



**Fonte:** Adaptada de Yoshimoto e Suetsugi (1990).

Com o desenvolvimento da urbanização, além de as vazões das cheias serem maiores, o tempo para que ocorra a vazão máxima se reduz ao longo dos anos. Sendo assim, o escoamento se processa em grande velocidade, ocasionando dificuldades no lançamento das águas e, conseqüentemente, provocando continuamente processos de erosões e inundações (HARVEY; MORRIS, 2004; SAUER, 2007).

Por fim, verifica-se que o constante aumento das áreas impermeabilizadas traz consigo graves conseqüências para a sociedade. Já se provou que as alterações provocadas pela ação antrópica no meio ambiente alteram o ciclo hidrológico e trazem problemas para o desenvolvimento social, econômico e ambiental de toda área afetada. Inundações e erosões podem desencadear problemas de saúde pelo contato com água e solo contaminados, perda de vidas humanas, danos materiais, desvalorização de imóveis, e outros tantos, como se pode constatar nos noticiários veiculados na mídia brasileira e mundial. Visando, então, uma melhoria na interação homem-meio ambiente, busca-se aplicar um novo conceito para o ordenamento territorial a partir da execução de loteamentos sustentáveis (LS).

## LOTEAMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável em zonas urbanas é atingido quando se consegue atingir o desenvolvimento dos setores ambientais, sociais e econômicos (COMISSÃO EUROPEIA, 1996). Sendo assim, para se desenvolver um loteamento sustentável, precisasse atender esses três setores da sustentabilidade. Ou seja, é necessário um crescimento econômico, contudo sem afetar o meio ambiente e garantindo ganhos sociais para a comunidade.

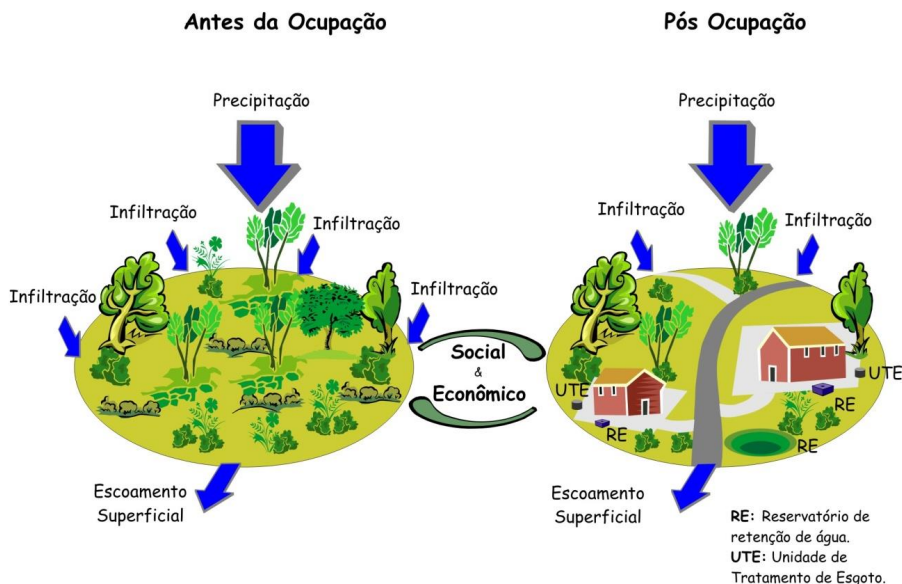
Com base nesses pilares da sustentabilidade, Silveira e Oliveira (2014, p. 04014003-3) apresentaram uma definição de loteamento sustentável, conforme segue:

[...] é aquele projetado não somente para visar lucro ao empreendedor, mas que principalmente atende ao interesse social, oferecendo uma área segura para construção de edificações, preservando o meio ambiente e tratando os seus resíduos, bem como não interferindo no fluxo natural da água. Pode-se também definir o loteamento sustentável como “todo loteamento que, após definido o seu perímetro e analisada a dinâmica interna, pré e pós ação antrópica, o gradiente de energia continua inalterado”. Considerando-se a água como uma fonte de energia, esta definição pode ser expressa, em outras palavras, da seguinte forma: analisando-se a base ambiental, mais especificamente o ciclo hidrológico, a quantidade de água que entra e sai da área do LS permanece inalterada quando comparada com a pré-ocupação, ou seja, não se aumenta o escoamento superficial transportando-se a água para fora do seu perímetro. A diferença causada pelo aumento do escoamento superficial, provocado pela impermeabilização de áreas com a ocupação, fica retida dentro do perímetro do loteamento com o auxílio de retentores, valas de infiltração, entre outros.



A Figura 2 ilustra essa definição:

**Figura 2 – Loteamento sustentável antes e pós-ocupação**



**Fonte:** Silveira e Oliveira (2014).

Analisando-se a Figura 2, pode-se observar, por meio das dimensões iguais em ambas as figuras, que o escoamento superficial antes e depois da ocupação permanece inalterado. Para que isso ocorra após a implantação do loteamento, pode-se adotar a construção de reservatórios que retenham parte da água da soma de uma ou mais parcelas contribuintes; uso de valas ou poços de infiltração ou qualquer dispositivo que diminua o escoamento superficial. Além disso, o loteamento sustentável também deve contar com dispositivo próprio para compensar as áreas impermeabilizadas com a construção das ruas e calçadas. Essas sugestões têm como base as recomendações apresentadas pela Comissão Europeia (1996), US-EPA (1999), Fontes e Barbassa (2003), Tucci (2005) e Urban

Drainage and Flood Control District (2010), entre outras, as quais vêm sendo usadas em diversas Cidades como Porto Alegre (Rio Grande do Sul, Brasil) e Denver (Colorado, EUA).

Além da necessidade de um sistema de retenção de água, é importante que se tenha um gerenciamento das áreas impermeabilizadas de cada unidade territorial. De forma que cada acréscimo de área impermeabilizada de solo, tenha-se uma compensação proporcional ao aumento dessa impermeabilização. Para tanto, deverá ter a realização de um controle de áreas de solo impermeabilizadas, sendo sugerido que se apliquem os princípios norteadores do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), de modo que possa quantificar e gerenciar eficientemente o território (parcelas) do loteamento sustentável.

## MÉTODO DELPHI

O método Delphi foi desenvolvido pela Research and Development (RAND) Corporation na década de 1950 para fazer previsões sobre problemas complexos na área militar (DALKEY; HELMER, 1963). Ultimamente, o método Delphi é usado não somente para fazer previsões, mas para obter respostas de problemas de diversas áreas, inclusive na construção civil. Resumidamente, pode-se descrever o método Delphi como uma série de questionários aplicados sequencialmente (em rodadas) com especialistas, sendo as rodadas intercaladas com um respectivo feedback, visando-se à convergência das opiniões dos participantes (LINSTONE; TUROFF, 2002).

Segundo Rowe e Wright (1999), as principais características do método Delphi são:

- a. anonimato: garantido pelo envio dos questionários sem a identificação dos participantes. Com isso, eliminam-se as pressões sociais indevidas que normalmente encontram-se em

discussões de mesa redonda, como a persuasão pelo especialista de maior prestígio (ONO; WEDEMEYER, 1994);

b. iteração: processo sequencial de questionários intercalados com feedback. Com a iteração do questionário, os indivíduos têm a oportunidade de mudar suas opiniões e seus julgamentos sem receio dos demais especialistas (ROWE; WRIGHT, 1999);

c. feedback: retorno do questionário aos especialistas com o resumo das respostas do grupo. Com isso, permite-se que os participantes revisem suas respostas e, se acharem necessário, alterem-nas, sendo apresentada opção para serem expostas as razões da mudança (JOLSON; ROSSOW, 1971);

d. agregação das respostas: uso do conjunto das respostas que ficam próximas da média, ou seja, convergência das respostas.

O procedimento do método Delphi pode ser resumido da seguinte forma:

O processo tem início com a definição do tema de pesquisa na qual se pretende usar o método Delphi. O passo seguinte é definir o nível de experiência que se deseja dos especialistas participantes.

Depois, selecionam-se os participantes. Conforme recomendam Rowe e Wright (1999), essa seleção deve ser feita de forma criteriosa para que se tenha um resultado satisfatório. Para tanto, nesta pesquisa adotou-se o método desenvolvido por Zapata (1995).

A próxima etapa do procedimento do método Delphi é a elaboração do questionário. Esse deve ser estruturado de forma a seguir os princípios do método, com perguntas pertinentes ao tema, para se obter uma primeira estimativa sobre o valor dos elementos desejados (ZAPATA, 1995). O questionário deve ser estruturado com cada item de modo isolado, pois a relação entre uma característica e outra será construída pela aplicação do modelo (MOURA, 2007). Além disso, nesse questionário podem ser adicionadas informações para dar subsídios aos especialistas nas suas respostas.

Definidas as perguntas, realiza-se um pré-teste com o questionário para verificar a sua aplicabilidade. Caso necessário, após essa avaliação reformula-se o questionário.

O passo seguinte é o envio do formulário aos participantes. Para tanto, deve-se garantir o anonimato. Com o retorno das respostas, o resultado dessa primeira enquête é analisado, a partir da média, moda, desvio-padrão das respostas obtidas.

Concluída a primeira análise do questionário Delphi, os resultados com os dados estatísticos de cada resposta são enviados ao grupo de especialistas, bem como os comentários realizados pelos participantes e pelo mediador. Na segunda rodada, os especialistas podem alterar suas respostas, porém é solicitado que informem os motivos das mudanças. Esse procedimento é conhecido como feedback controlado (ROWE; WRIGHT, 1999).

Após o retorno dos formulários com as respostas da segunda rodada, analisa-se a maximização da convergência das respostas. Caso se tenha chegado a essa maximização, realizam-se as análises finais e envia-se um relatório com os resultados para os participantes. Caso contrário, aplica-se uma nova rodada.

Para se verificar se atingiu a maximização da convergência das respostas, segundo Linstone e Turoff (2002), não há regras definitivas, embora a segunda rodada normalmente traga a convergência de opinião. Para tanto, nesta pesquisa considerou-se a convergência de opiniões quando o coeficiente de variação foi menor que 30%, conforme adotado por Cardoso et al. (2005). Williams e Webb (1994) reforçam essa escolha, relatando que importantes pesquisas usaram também esse valor.

Devido à variação maximização da convergência das respostas, têm surgido, nos últimos anos, estudos sobre “Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation”, que buscam uma abordagem sistemática para a análise de sensibilidade e incerteza nas técnicas de Análise de Decisão Multicritério (MCDA), podendo-se citar a pesquisa apresentada por Feizizadeh (2013).

## MÉTODO DA PESQUISA

No contexto apresentado, a pesquisa se pautou, primeiramente, em um levantamento das exigências técnicas de áreas permeáveis mínimas de solo a ser deixadas nos lotes para que seja autorizada a construção em cidades brasileiras (Antônio Carlos/SC, Biguaçu/SC, Criciúma/SC, Curitiba/PR, Ribeirão Preto/SP, São José/SC, São José dos Campos/SP e São Paulo/SP), bem como em outros países (Lisboa e Sintra/Portugal; Kitchener, Québec e Vancouver/Canadá e Liverpool/Inglaterra).

Na sequência, definiu-se a área mínima permeável de solo para LS por meio do método Delphi com a participação de dezoito especialistas. Esses últimos foram selecionados com o método de seleção multicritério-multiatributo de Zapata (1995) e pré-selecionados através do levantamento realizado na base de dados da Plataforma Lattes<sup>4</sup>. Para se chegar à maximização do consenso entre os especialistas, foram necessárias três rodadas do método Delphi.

A fim de verificar o impacto da exigência da área permeável mínima definida com o método Delphi na taxa de ocupação de solo, pesquisou-se em diversas cidades – Córdoba (Argentina); Antônio Carlos, Biguaçu, Florianópolis, Palhoça, São José, São Paulo (Brasil); Vancouver (Canadá) e Sintra (Portugal) – os seus respectivos limites (taxa de ocupação e impermeabilização). Com isso, foram elaborados seis possíveis cenários com a ocupação máxima do terreno para diferentes limites de taxa de ocupação. Verificaram-se nessas simulações as respectivas áreas permeáveis resultantes, sendo que elas foram comparadas com o valor proposto de área permeável mínima de solo para LS.

Por fim, foram analisadas as referências pesquisadas para verificar o impacto da necessidade de deixar a área mínima permeável de solo proposto no ciclo hidrológico local.

4 É um sistema integrado de bases de dados de currículos, de grupos de pesquisa e de instituições em um único sistema de informações do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (<http://lattes.cnpq.br/>).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme apresentado na introdução, a impermeabilização de solo apresenta como principais consequências o aumento do volume e da vazão de pico da água pluvial e a maior frequência e gravidade das inundações.

Dessa forma, é importante que seja aplicada ou normatizada uma taxa mínima (um percentual mínimo de área para cada lote) de solo permeável, bem como sejam dadas orientações técnicas aos proprietários/empreendedores quanto à aplicação de recursos/investimentos para reduzir os efeitos da área impermeável. Nesse contexto, a proposição desta pesquisa parte da premissa de que deva ser deixada uma área mínima de infiltração de solo em cada lote e/ou parcela territorial, objetivando permitir a infiltração adequada de água no solo.

Para tanto, realizou-se o método Delphi e questionou-se aos especialistas qual seria a área mínima permeável de solo a ser exigida pela prefeitura em loteamentos que buscam a sustentabilidade. O resultado da aplicação do método pode ser observado na Tabela 2.

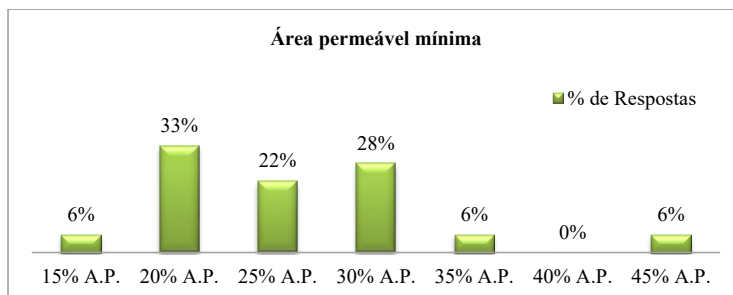
**Tabela 2** – Percentual de área mínima permeável por lote em Is, segundo os especialistas consultados

Espec.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18
%	30	25	20	20	30	35	20	45	20	25	30	25	20	15	20	30	30	25

**Fonte:** desenvolvido pelos autores.

Para facilitar a visualização do resultado, verificou-se o número de respostas iguais e construiu-se o histograma apresentado no Gráfico 2.

**Gráfico 2** – Histograma do percentual de área mínima permeável *em lotes de ls.*



**Legenda:** Área permeável mínima.

Conforme se pode observar no Gráfico 2, 33% dos especialistas concordaram que devem ser exigidos 20% de área permeável da área total de cada lote, 22% dos participantes aceitaram no mínimo 25% e 28% afirmaram que são necessários 30% de área permeável. Assim, tem-se que 83% dos especialistas concordaram que, em LS, deve-se exigir que o proprietário do lote deixe entre 20% e 30% da área total do lote como área permeável.

Levando-se em consideração o que foi citado e que as variáveis são contínuas, será adotado o valor da média, e não o da moda. A média das respostas foi de 25,8% e a moda, de 20%. Porém, adotou-se o valor inteiro de 25% e não 26%. Arredondou-se para 25%, a fim de aproximá-lo mais da sugestão de 61% dos especialistas que indicaram um percentual mínimo de área verde entre 15% e 25%.

O aproveitamento do terreno para a construção é outro ponto importante a ser considerado e que está diretamente vinculado à área mínima de infiltração de solo. Quanto maior a área permeável de solo, menor será a área de construção aproveitável, ou seja, menor será a Taxa de Ocupação Máxima Permitida (TOMP)<sup>5</sup>. É notório que um terreno com maior aproveitamento reduz os custos com a construção, já que

<sup>5</sup> Entende-se taxa de ocupação como sendo a relação da projeção da área construída pela área total do terreno.

se podem construir mais unidades no mesmo terreno. Por isso, pode-se ter uma redução no valor final dos imóveis, o que atende tanto à sustentabilidade econômica, que se caracteriza por um retorno maior por unidade construída, quanto à sustentabilidade social, que diz respeito à possibilidade de se adquirir imóveis com valores finais menores.

Para verificar o aproveitamento ideal do terreno, pesquisou-se a TOMP em diversas cidades brasileiras e no exterior. As taxas foram escolhidas de forma aleatória para que a amostra não fosse tendenciosa. No cálculo da TOMP, não se leva em consideração a área impermeável de calçadas no entorno dos imóveis, de acessos a pedestres ou veículos e de piscinas e similares.

Durante a pesquisa, observou-se que cada cidade possui valores diferentes de taxas de ocupação para áreas comerciais, residenciais uni ou multifamiliares, entre outros tipos de construção. Assim, na condição de análise, a pesquisa levou em consideração a maior TOMP encontrada para as áreas residenciais uni ou multifamiliares. O resultado do levantamento é apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Taxas de ocupação máxima de solo em localidades diversas**

Localidade	Referência	Taxa de ocupação máxima
Município de Córdoba/Argentina	Portaria nº 10.610/2003	70%
Município de Anápolis (GO)/ Brasil	Lei nº 128/2006	70%
Município de Antônio Carlos (SC)/ Brasil	Lei nº 1.294/2010	60%
Município de Biguaçu (SC)/Brasil	Lei nº 12/2009, Anexo V	60%
Município de Curitiba(PR)/Brasil	Lei nº 9.800/2000, Anexos	50%
Município de Dourados (MS)/Brasil	Lei nº 205/2012, Tabela 2	60%
Município de Florianópolis (SC)/Brasil	Lei nº 01/1997	80%
Município de Palhoça (SC)/Brasil	Lei nº 1.896/2004	60%
Município de São José (SC)/ Brasil	Lei nº 3.750/2001	70%
Município de São Paulo (SP)/Brasil	Lei nº 13.885/2004	70%
Município de Vancouver/Canadá	Plano de Zoneamento e Desenvolvimento Municipal	45%



Localidade	Referência	Taxa de ocupação máxima
Município de Cascais/Portugal	Plano Diretor de Cascais	35%
Município de Sintra/Portugal	Plano Diretor de Sintra	50%

**Fonte:** desenvolvido pelos autores.

Por meio da Tabela 3, pode-se observar que as taxas de ocupações dos terrenos iniciam em 35% e atingem o máximo de 80%. Nas situações em que são permitidas ocupações de até 80%, fica inviável a exigência de 25% de área permeável, haja vista que o saldo de área é inferior ao valor mínimo que se quer exigir. Por outro lado, as cidades que permitem a taxa de ocupação máxima do solo de até 50% não teriam problemas quanto à exigência de 25% de área permeável, pois sobraria área suficiente para atendê-la.

Quanto às cidades que permitem entre 50% e 70% de taxa de ocupação, foram realizadas simulações para verificar qual o impacto da exigência de 25% de área permeável das respectivas parcelas. Primeiramente, foram analisadas as limitações geralmente impostas pelas leis municipais, bem como as dimensões mínimas dos terrenos. As limitações consideradas foram o recuo da construção em relação ao limite frontal do terreno e o afastamento lateral. As cidades pesquisadas e os respectivos resultados estão listados na Tabela 4.

**Tabela 4 – Limitações e dimensões mínimas dos terrenos em localidades diversas**

Localidade	Referência	Tipos de lote	AM (m <sup>2</sup> )	TM (m)	RF (m)	RLF (m)
Município de Anápolis (GO)/Brasil	Lei n. 131/2006;	Popular	200	10	3	0
	Lei n. 128/2006	Normal	300	12	3	0
Município de Antônio Carlos (SC)/Brasil	Lei nº 1.294/2010	Popular	360	12	4	1,5
		Normal	540	15	4	1,5/2,5
Município de Biguaçu (SC)/Brasil	Lei n. 12/2009,	Popular	250	10	3	0
	Anexo V	Normal	450	15	4	1,5
Município de Curitiba (PR)/Brasil	Lei n. 9.800/2000, Anexos	Popular	330	11	3	0
		Normal	450	15	5	1,5

# PLANEJAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL

O Papel e os Instrumentos do Planejamento Territorial  
na Interface entre o Urbano e o Rural

Localidade	Referência	Tipos de lote	AM (m <sup>2</sup> )	TM (m)	RF (m)	RLF (m)
Município de Dourados (MS)/Brasil	Lei n. 205/2012, Art. 119	Popular	200	10	4	0
		Normal	300	12	4	0
Município de Florianópolis (SC)/Brasil	Lei n. 2193/85	Popular	360	12	4	0
		Normal	450	15	4	1,5
Município de Palhoça (SC)/Brasil	Lei n. 1.896/2004	Popular	250	10	4	0
		Normal	360	12	4	1,5
Município de Ribeirão Preto (SP)/Brasil	Lei n. 367/2006, Art. 44	Popular	125	5	5	0
		Normal	250	10	5	0
Município de São José (SC)/Brasil	Lei n. 4.978/2010	Popular	200	10	4	0
		Normal	360	12	4	1,5
Município de São José dos Campos (SP)/Brasil	Lei n. 267/2003, Art. 20	Popular	250	10	5	1,5
		Normal	500	15	7	3
Município de São Paulo (SP)/Brasil	Lei n. 13.430/2002, § 1º do Art. 166	Popular	125	5	5	0
		Normal	250	10	5	0
Município de Cascais/Portugal	Plano Diretor Municipal/1997	Popular	250			
		Normal	500			
Município de Kitchener/Canadá	Plano de Zoneamento Municipal	Popular	148	5,5	1,5	
		Normal		15	1,5	1,2
Município de Vancouver/Canadá	Plano de Zoneamento e Desenvolvimento Municipal	Popular	278	7,3	9	
		Normal	334	9,8	9	
Município de Aurora/EUA	Normas Gerais de Desenvolvimento	Popular	343,74	15,24	4,57	1,83
		Normal	557,42	15,24	4,57	1,83

**Legenda:** AM: área mínima; TM: testada mínima; RF: recuo frontal e RLF: recuo lateral/fundo

**Fonte:** desenvolvido pelos autores.

Na Tabela 4, a coluna “Tipos de lote” classifica os lotes em duas categorias: popular e normal. Os lotes populares são aqueles que pos-

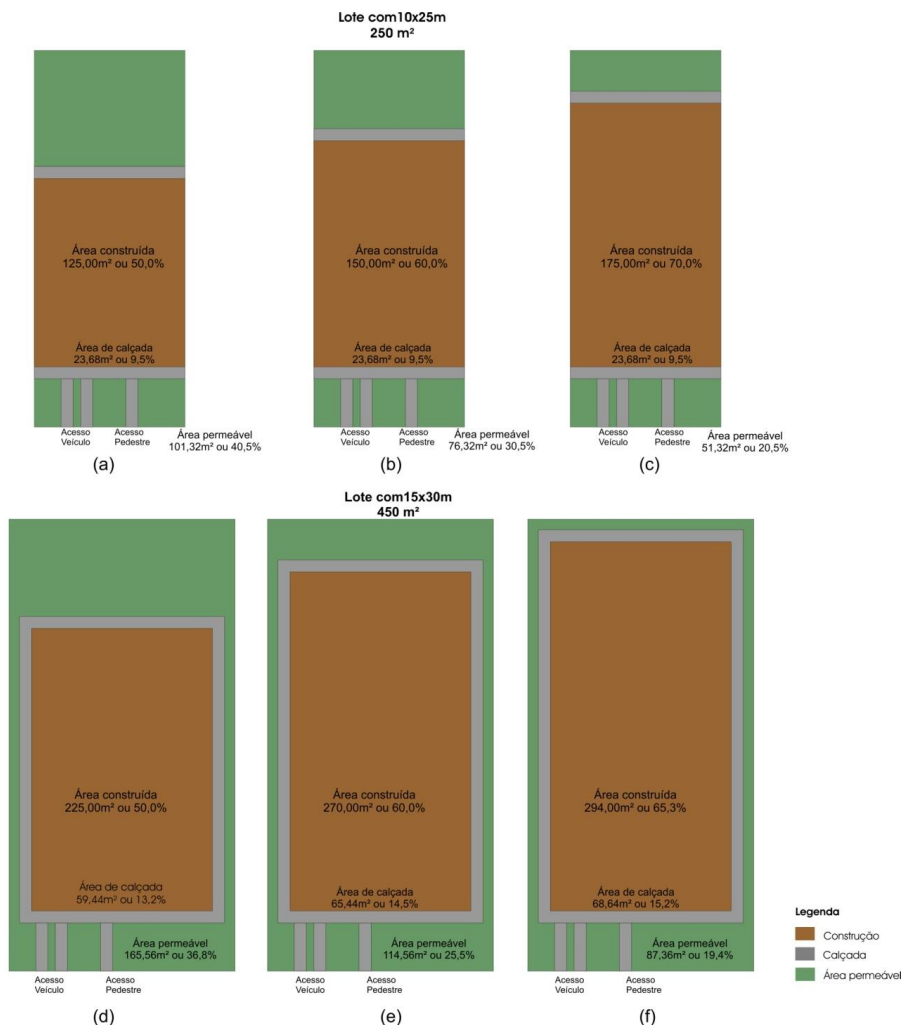
suem as dimensões menores do que o habitualmente adotado no mesmo município e não possuem tantas restrições quanto aos recuos laterais e de fundo para as construções. Esse tipo de lote é voltado ao atendimento das demandas sociais da população com baixo poder aquisitivo. Os lotes identificados como normais são os demais lotes, e foram listadas somente as menores dimensões desses.

Ainda na Tabela 4, pode-se observar que os lotes classificados como populares possuem áreas entre 125 e 360 m<sup>2</sup>, e foi verificada uma frequência maior nos lotes com 250 m<sup>2</sup> de área e testada de 10 m. Já os lotes normais têm áreas de 250 a 557,4 m<sup>2</sup>, e há predominância de lotes com 450 m<sup>2</sup> de área e 15 m de testada.

Para os dois tipos de lote, observou-se maior frequência do recuo frontal de 4 m. Quanto aos recuos lateral e de fundo, pode-se perceber que as administrações municipais não são rigorosas quanto aos lotes populares, permitindo, na maioria dos casos, não deixar recuo lateral. Para os lotes normais, há a exigência de um recuo mínimo de 1,5 m.

As dimensões dos lotes com maior ocorrência/padronização foram usadas em três simulações com taxas de ocupação de 50%, 60% e 70% para cada um dos dois tipos de lotes. Além disso, adotou-se também a construção de calçadas no entorno da construção, bem como de acesso a veículos e pedestres com largura-padrão de 80 cm. Para o cenário da simulação, não foi considerada a construção de outras áreas impermeáveis, como piscinas e áreas de lazer descobertas diversas. Na Figura 3, são observados graficamente os resultados das simulações.

**Figura 3** – Simulações de diversas áreas máximas permitidas



**Fonte:** desenvolvido pelos autores.

Analisando-se a Figura 3, pode-se verificar que, nas situações com taxas de ocupação de até 60% (cenários (a), (b), (d) e (e)), foi possível

atingir os 25% de área permeável. A taxa de área permeável mínima foi de 25,5% e ocorreu com um lote de 15 x 30 m com uma taxa de ocupação de 60% (cenário (e)). A área permeável máxima foi de 40,5% e foi atingida com um lote de 10 x 25 m e uma taxa de ocupação de 50% (cenário (a)).

No cenário (f) (Figura 3), a área construída a que se chegou foi de 294,00 m<sup>2</sup>, a qual corresponde a 65,3% de taxa de ocupação. Essa taxa não alcançou os 70% de ocupação porque se levou em consideração a exigência de recuo no fundo do lote de no mínimo 1,5m.

Logo, conclui-se que, com taxas de ocupação de até 60%, é possível deixar uma área permeável de 25% da área total do lote. A Tabela 5 apresenta o resultado das simulações feitas.

**Tabela 5** – Resultados das simulações da taxa de ocupação e das taxas de área permeável

Itens	Área do lote [m <sup>2</sup> ]					
	250			450		
Taxa de ocupação máxima [%]	50	60	70	50	60	70
Área construída permitida [m <sup>2</sup> ]	125	150	175	225	270	315
Área impermeável [m <sup>2</sup> ]	148,68	173,68	198,68	284,44	335,44	383,64
Área permeável [m <sup>2</sup> ]	101,32	76,32	51,32	165,56	114,56	66,36
Taxa de área permeável [%]	40,5%	30,5%	20,5%	36,8%	25,5%	14,7%
Enquadra-se no conceito de sustentável?	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não

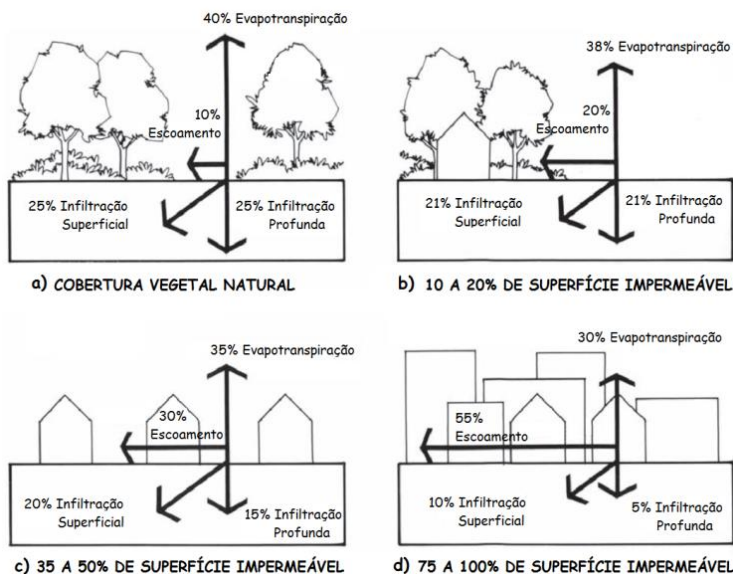
**Fonte:** desenvolvido pelos autores.

Assim, a adoção de uma área permeável mínima de 25% para loteamentos sustentáveis demonstra ser viável, já que não restringe significativamente à taxa de ocupação dos lotes. Caso o planejamento municipal tenha como objetivo implantar loteamentos sustentáveis, somente torna-se necessário adequar-se os locais nos quais são permitidos uma taxa de ocupação acima dos 60%.

Além disso, conforme resultados da pesquisa de Livingston e McCarron (1992) ilustrados na Figura 4, com a adoção de no mínimo 25%

de área permeável evita-se a situação indicada na Figura 4 (d) e chega-se à situação da Figura 4 (c) (levando-se em consideração que todo loteamento tem uma área verde que também é uma área de infiltração), o que tem como consequência a redução de 25% do escoamento superficial, o aumento de 5% da evapotranspiração, um ganho de 10% de infiltração superficial e um incremento de 10% de infiltração profunda.

**Figura 4** – Aumento do escoamento superficial devido à impermeabilização do solo



**Fonte:** Adaptada de Livingston e McCarron (1992).

No contexto da pesquisa de Livingston e McCarron (1992), corroborado pelos resultados obtidos dos cenários das simulações, é fundamental que o mínimo de 25% de área permeável sejam exigidos, por parte da prefeitura municipal, para a implantação de LS quanto ao ciclo hidrológico local.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do presente trabalho, pode-se observar que há um aumento nas frequências das ocorrências de inundações conforme referências bibliográficas como Livingston e Mccarron (1992); Environmental Protection Agency, (1993); Bigarella et al. (1994); Arnold e Gibbons (1996); Center for Watershed Protection (2000); Whitford et al. (2001); Tucci (2008); Hora e Gomes (2009); e Lee e Kim (2012). Além disso, esses autores enfatizam que o principal motivo se pauta na reação do meio ambiente frente ao efeito da ação antrópica, gerada principalmente pela impermeabilização do solo, que, entre outros efeitos, causa o aumento do escoamento superficial na bacia hidrográfica.

Buscando-se mitigar os problemas supracitados, apresentou-se, neste artigo, a definição de loteamento sustentável (LS) e mostrou-se que esse não altera a quantidade de água pluvial a jusante da bacia hidrográfica no qual está inserido.

Com relação ao objetivo principal do trabalho, conclui-se que a Prefeitura deverá exigir dos proprietários de cada parcela dos loteamentos considerados sustentáveis no mínimo deixar 25% da área do lote como área permeável. Essa exigência permitirá uma redução de 25% do escoamento superficial, um ganho de 10% de infiltração superficial e um incremento de 10% de infiltração profunda, quando comparado com um loteamento que permita a impermeabilização de todo o solo.

Além disso, a pesquisa também comprovou que várias cidades pesquisadas em diversos países não teriam de reduzir a taxa de ocupação, podendo manter ou até mesmo aumentar o limite permitido, como é o caso das cidades de Curitiba, no Brasil, Vancouver, no Canadá, e de Cascais e Sintra, em Portugal, as quais possuem uma taxa de ocupação máxima de 50%, 45% e 50%, respectivamente. Comprovou-se isso por meio de simulações com lotes de 450m<sup>2</sup> e outro de 250m<sup>2</sup>, nas quais provou-se que é possível atender à exigência de 25% de área permeável com uma taxa de ocupação de até 60%.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Ivan André; SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da; COUTO, Hilton Thadeu Zarate do; POLIZEL, Jefferson Lordello. Comparação entre videografia e fotografia aérea para diagnóstico da vegetação em ambiente urbano de Piracicaba, SP. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 34, n. 4, p. 691-698, 2010.

ARNOLD, Chester L Jr; GIBBONS, C James. Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator American Planning Association. *Journal of the American Planning Association*, Washington, v. 62, n. 2, 1996. Disponível em <[http://www.esf.edu/cue/documents/Arnold-gibbons\\_ImperviousSurfaceCoverage\\_1996.pdf](http://www.esf.edu/cue/documents/Arnold-gibbons_ImperviousSurfaceCoverage_1996.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2011.

BIGARELLA, João José; BECKER, Rosemari Dora; SANTOS, Gilberto Friedenreich dos. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis, SC: Ed. da UFSC, 1994.

CARDOSO, Luiz Reynaldo de Azevedo et al. Prospeção de futuro e Método Delphi: uma aplicação para a cadeia produtiva da construção habitacional. *Ambiente construído*, Porto Alegre, v. 5, 2005. p. 23-38. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3650/2008>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

CENTER FOR WATERSHED PROTECTION; Maryland Department of the Environment. *Maryland Stormwater Design Manual Volumes I & II*. Maryland/US, 2000. Disponível em: <[http://www.mde.state.md.us/programs/Water/StormwaterManagementProgram/MarylandStormwaterDesignManual/Pages/programs/waterprograms/sedimentandstormwater/stormwater\\_design/index.aspx](http://www.mde.state.md.us/programs/Water/StormwaterManagementProgram/MarylandStormwaterDesignManual/Pages/programs/waterprograms/sedimentandstormwater/stormwater_design/index.aspx)>. Acesso em: 18 mar. 2011.



COMISSÃO EUROPEIA. *Relatório Cidades Europeias Sustentáveis*. Grupo de Peritos Sobre o Ambiente Urbano. Bruxelas, 1996. Disponível em: <[http://www.urbanismo-portugal.com/textos/textosdereferencia/cidades\\_europ\\_sustent.pdf](http://www.urbanismo-portugal.com/textos/textosdereferencia/cidades_europ_sustent.pdf)>. Acesso em: 2 mar. 2011.

DALKEY, Norman; HELMER, Olaf: An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts. *Management Science*, Santa Monica/US, v. 9, n. 3, p. 458-467, 1963.

D'ALMEIDA JUNIOR, Amandio José Cabral; MANZOLI JUNIOR, Wilson: Cadastro Técnico Multifinalitário: Ferramenta para Implantação de Medidas Não Estruturais de Controle da Drenagem Pluvial Urbana. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC 2004. *Anais...* Florianópolis/SC, 2004.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Guidance specifying management measures for sources of nonpoint source pollution in coastal waters*. Washington, DC/EUA, United States Environmental protection Agency. 1993.

FEIZIZADEH, Bakhtiar; JANKOWSKI, Piotr; BLASCHKE, Thomas. A GIS based Spatially-explicit Sensitivity and Uncertainty Analysis Approach for Multi-Criteria Decision Analysis. *Computers & Geosciences*, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2013.11.009>>. Acesso em: 21 dez. 2013.

FONTES, Andréa Regina Martins; BARBASSA, Ademir Paceli: Diagnóstico e prognóstico da ocupação e da impermeabilização urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre/RS, v. 8, n. 2, p. 1337-147, 2003.

GFDRR – Global Facility For Disaster Reduction And Recovery. Integrating disaster risk reduction and climate adaptation into the fight against poverty. *Annual Report 2010*. Washington, USA, 2010.

HARVEY, Michael D.; MORRIS, Chad E. Downstream Effects of Urbanization in Fountain Creek, Colorado. *World Water Congress 2004*, 2004. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/40737\(2004\)423](http://dx.doi.org/10.1061/40737(2004)423)>. Acesso em: 16 nov. 2012.

HORA, Silmara Borges da; GOMES, Ronaldo Lima. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. *Sociedade & natureza* (On-line), Uberlândia, v. 21, n. 2, ago. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-45132009000200005](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132009000200005) &lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 abr. 2012.

JOLSON, Marvin A. e ROSSOW, Gerald L. The Delphi Process in Marketing Decision Making. *Journal of Marketing Research*, New York, v. 8, n. 4, p. 443-448, 1971.

LEE, Chihun; KIM, Yuntae. Development of Construction Standards for the Infiltration Gutter to Reduce Runoff Quantity in South Korea. In: *World Environmental and Water Resources Congress 2012*. Albuquerque, New Mexico, United States: ASCE, 2012. p. 3573-3582.

LEOPOLD, Luna B. *Hydrology for urban land planning* – a guidebook on the hydrologic effects on urban land use. Geological Survey Circular 554. U. S. Department of the Interior. Washington, 1968.

LINSTONE, Harold A.; TUROFF, Murray: *The Delphi method: techniques and applications*, 2002. Disponível em: <<http://is.njit.edu/pubs/delphi-book/delphibook.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2012.

LIVINGSTON, Eric H.; MCCARRON, Ellen. *Stormwater management* – a guide for floridians. Florida Department of Environmental Regulation, Tallahassee, 1992.

MOURA, Ana Clara Mourão: Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. *Anais...* São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007, v. 1, p. 2899-2906.

ONO, Ryota; WEDEMEYER, Dan J., Assessing the validity of the Delphi technique. *Futures*, v. 26, n. 3, p. 289-304, 1994.

PERRY, Charles A.: *Significant floods in the United States During the 20th century* – USGS Measures a Century of floods. U.S. Department of the Interior; U.S. Geological Survey, 2000. Disponível em: <<http://ks.water.usgs.gov/pubs/fact-sheets/fs.024-00.html>>. Acesso em: 21 set. 2011.

ROWE, Gene; WRIGHT, George. The Delphi technique as a forecasting tool: Issues and analysis. *International journal of forecasting*, v. 15, p. 353-375, 1999.

SAUER, Carlos Eduardo. *Análise de aspectos da legislação ambiental relacionado ocupação urbana em áreas de preservação permanente através do uso de ortofotos: O caso do Rio Bacacheri em Curitiba* – PR. 2007. 110 f. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2007.

SILVEIRA, Samuel João da. and HENRIQUE de Oliveira, Francisco. Minimum Permeable Soil Area in a Sustainable Allotment. *Journal Urban Planning Development*, Reston/US, v. 140, p. 04014003-1/04014003-10, 2014.

SU, Shiliang; ZHANG, Qi; ZHANG, Zhonghao; ZHI, Junjun; WU, Jiaping. Rural settlement expansion and paddy soil loss across an ex-urbanizing watershed in eastern coastal China during market transition. *Reg Environ Change*, v. 11, Issue 3, p. 651-662.

TOMINAGA, Lídia Keiko. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela (Orgs.). *Desastres naturais* – conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 16.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Águas urbanas. *Estudos avançados USP*, São Paulo, v. 22, p. 97-112, 2008.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. *Gestão de águas pluviais urbanas*. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

URBAN DRAINAGE AND FLOOD CONTROL DISTRICT: *Urban Storm Drainage Criteria Manual*, Volume 3, Best Management Practices, Colorado/USA, 2010.

US-EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – *Preliminary data summary of urban storm water best management practices*. EPA-821-R-99-012, Washington/US, 1999. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/9100PXC1.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C95thru99%5CTxt%5C00000029%5C9100PXC1.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/>>

r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=-ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL >Acesso em: 21 set. 2011.

WHITFORD, Victoria.; HANDLEY, John; ENNOS, Roland. City form and natural process-indicators for the ecological performance of urban areas. *Landscape Urban Planning*. 2001, p. 91-103.

WILLIAMS, Patricia. L.; WEBB, Christine. The delphi technique: a methodological discussion. *Journal of Advanced Nursing*, v. 19, 1994, p. 180-186.

YOSHIMOTO, Toshihiro; SUETSUGI, Tadashi. Comprehensive Flood Disaster Prevention Measures in Japan. in: DUISBERG SYMPOSIUM, 1988. *Hydrological processes and water management in urban areas*, IAHS, International Association of Hydrological Sciences Publication, n. 198, 1990, p. 175-183.

ZAPATA, Juan Carlos Revollo. *Modelo híbrido para estimativa de parâmetros de referência como suporte à avaliação social de projetos*. 1995. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 1995.