



Análise dos espaços de circulação e permanência de pedestres (ECP) em relação ao escoamento superficial das águas pluviais: Estudo de caso de uma área residencial localizada em São José do Rio Preto/SP.

Analysis of spaces circulation and permanence of pedestrians (ECP) in relation to runoff of rainwater: study case of a residential area located in Sao Jose do Rio Preto / SP.

Análisis de la circulación y permanencia de los espacios de peatones (ECP) en relación a la escorrentía del agua de lluvia: estudio de caso de una zona residencial ubicada en Sao Jose do Rio Preto / SP.

Geovana Geloni Parra

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, UFSCar, Brasil
geovanaparra@terra.com.br

Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

Professor Doutor, UFSCAR, Brasil.
bernardo@ufscar.br

**RESUMO**

A alta impermeabilização do solo urbano tem contribuído cada vez mais para a ocorrência de enchentes, em alguns casos a área impermeabilizada destinada aos pedestres pode ser significativa. O objetivo deste trabalho foi quantificar e diagnosticar a contribuição para o escoamento superficial dos Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres (ECP) localizados em uma área residencial de São José do Rio Preto/SP. O bairro residencial escolhido possui técnica compensatória de drenagem urbana e atende especificações de "calçadas verdes". Após análise do projeto e caracterização dos pavimentos foram calculados os valores teóricos do escoamento superficial, e determinados três cenários de estudo, o Real, o Favorável, onde o escoamento é direcionado para as faixas gramadas e o Desfavorável, onde todos os ECPs estão impermeabilizados. Os resultados mostraram que o cenário Real dos ECPs contribuem igualmente ao cenário Desfavorável, totalmente impermeabilizado, o que indica que a população não tem seguido a legislação específica.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem urbana, Espaços de Circulação e Permanência de Pedestres (ECP), pavimentação, impermeabilização, escoamento superficial.

ABSTRACT

The high waterproofing of urban soil has contributed increasingly to flooding occurrence, in some cases the waterproofing area intended to pedestrians can be significant. The goal of this research was quantify and diagnose the contribution to runoff of the Spaces of Circulation and Permanence Pedestrians (ECP) located in a residential area in São José do Rio Preto/SP. The neighborhood chosen compensatory technique of urban drainage and meets specifications of "green sidewalks." After project and characterization analysis pavement were calculated the theorist values runoff, and certain studies three scenarios, real, favorable, the runoff is directed to the grassy tracks and scenario Unfavorable, where all the ECPs are waterproofing. The results showed that real scenario of ECPs contribute equally the unfavorable scenario, all waterproofing, that indicates the population it has not followed the specific legislation.

KEYWORDS: Urban drainage, Spaces of Circulation and Permanence Pedestrians (ECP), pavement, waterproofing, runoff.

RESUMEN

La alta impermeabilización de suelo urbano cada vez más ha contribuido a la aparición de inundación, en algunos casos la zona de impermeabilización destinado a los peatones puede ser significativo. El objetivo de este trabajo fue cuantificar y diagnosticar la contribución a la escorrentía de los espacios de circulación y peatones de permanencia (ECP), ubicado en una zona residencial en São José do Rio Preto / SP. La técnica elegida alrededores compensatorio de drenaje urbano y cumple con las especificaciones de "aceras verdes". Después de proyectos y análisis de caracterización de pavimento se calcularon los valores de la segunda vuelta teórico, y ciertos estudios de tres escenarios, bienes, favorable, la escorrentía se dirige a las pistas de hierba y escenario desfavorable, en el que todos los ECPs se impermeabilización. Los resultados mostraron que escenario real de ECPs contribuyen igualmente el escenario desfavorable, todo impermeabilización, que indica la población a la que no ha seguido la legislación específica.

PALABRAS-CLAVE: Drenaje urbano, espacios de circulación y peatones de permanencia (ECP), pavimento, impermeabilización, la escorrentía.



INTRODUÇÃO

O alto crescimento urbano e as altas taxas de impermeabilização do solo contribuem para a ocorrência de inundações na malha urbana. A pavimentação do solo contribui de maneira significativa para o escoamento superficial.

O sistema de drenagem convencional, empregado comumente nas cidades, objetiva escoar o mais rápido possível a água da chuva, deslocando-a a jusante. Isso traz vários problemas como erosão do solo, riscos a edificações e a infraestrutura urbana, a saúde e a população.

Porém, técnicas alternativas às técnicas convencionais vêm sendo empregadas no planejamento urbano, com o objetivo de procurar amenizar os danos causados por modelos clássicos de infraestrutura e de urbanização. A finalidade é procurar atingir um nível de planejamento urbano mais sustentável, proporcionando um modelo de urbanização que se aproxima a condições de pré-ocupação, ou seja ao meio natural.

Nas cidades grande parte do espaço impermeabilizado é destinado a circulação de pessoas e de veículos que são as calçadas e vias, o que corresponde a cerca de 20% da área urbana de uma cidade. A impermeabilização causada pelas vias destinadas a veículos já vem sendo frequentemente estudada nos meios científicos, porém o estudo sobre escoamento superficial causado pelas vias de pedestres ainda é escasso.

Neste contexto é objetivo deste trabalho quantificar e diagnosticar as áreas pavimentadas destinadas a espaços de circulação e permanência de pedestres (ECPD) de um bairro da cidade de São José de Rio Preto, de modo a analisar os tipos de pavimentos encontrados, as condições de manutenção, seu estado de conservação, e sua contribuição potencial para o escoamento superficial. A cidade apresenta uma grande expansão urbana, e sofre desde a década de 70 com as inundações urbanas, sendo que os primeiros registros de enchentes nos córregos Canela e Borá foram por volta da década de 20. O bairro escolhido apresenta características de urbanização mais sustentável em relação a outros bairros de urbanização mais antiga e convencional e segue a legislação de uso e ocupação do solo municipal.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pesquisas realizadas vem encontrando resultados referentes a funcionalidade hidrológica da pavimentação, como taxas de escoamento entre diferentes tipos de pavimentos. Muitos desses estudos são realizados em modelos experimentais com chuvas simuladas e não em meios naturais e escala real.

Resultados encontrados por Araújo et al.(2000), mostram que, em simulação de chuva, nos pavimentos permeáveis praticamente não ocorreu escoamento superficial, não apenas mantendo as condições de pré-ocupação do solo mas também podendo reduzir a zero a taxa de escoamento. Araújo et al.(2000), utilizou uma chuva de projeto de duração de 10 minutos

com intensidade de 111,9mm/h, e obteve o coeficiente de escoamento de solo compactado igual a 0,66, pavimento impermeável (concreto) igual a 0,95, pavimento semipermeável (blocos de concreto igual a 0,78 e paralelepípedos igual a 0,6) e pavimento permeável (blocos de concreto vazado) igual a 0,03.

Um estudo realizado por Moura (2005), teve como objetivo comparar e quantificar a eficiência de superfícies permeáveis. O trabalho apresenta o comportamento de 4 tipos de superfícies permeáveis: grama, chão batido, blocos maciços e blocos vazados. Foi utilizado para experiência uma área de 1m² para cada tipo de superfície, onde foram feitas simulações de chuva para avaliar o comportamento do escoamento e da infiltração em cada uma delas, como apresentado na Tabela 1:

Tabela 1: Tabela da Média dos dados da taxa média de infiltração encontrados no estudo experimental realizado por Moura (2005)

Tipo de Superfície	Solo gramado	Chão batido	Bloco maciço s/ compactação	Bloco maciço c/ compactação	Bloco vazado s/ compactação	Bloco vazado c/ compactação
Média da Taxa de Infiltração	103,5	51	59	24,5	93	53
Média do Coeficiente de Escoamento	0,21	0,57	0,63	0,72	0,2	0,51

Fonte: Moura (2005)

Já a pesquisa realizada por Bruno et al.(2013) também avalia experimentalmente as seguintes estruturas: solo gramado, solo exposto, blocos de concreto maciço, blocos de concreto vazado e piso de concreto convencional, com simulação de chuva. Para uma intensidade de precipitação de 79mm/h o solo gramado apresentou infiltração total, o solo exposto 29,15mm/h, os blocos de concreto maciço 78,07mm/h e o concreto convencional 3,11mm/h. A manutenção dos pisos permeáveis é muito importante visto que quando a estrutura colmata, ela para de infiltrar, aumentando a taxa de escoamento superficial. Barbosa e Moura(2014), analisaram a vida útil da permeabilidade dos pavimentos permeáveis para 15 anos, pois estas estruturas estão sujeitas a colmatação ao longo do tempo de uso. Os ensaios foram realizados com base na norma ASTM C1701, com teste em pavimentos permeáveis de 40% de área livre, em 13 locais da cidade de Belo Horizonte/MG, sendo estacionamentos e postos de combustíveis. Os resultados encontrados mostram que quanto mais novo o pavimento maior a taxa de infiltração e que com o passar dos anos esta taxa de infiltração se estabiliza, tornando-se constante.

Wang et al. (2010) encontraram resultados que avaliam a aplicação de pavimentos permeáveis em calçadas quanto aos benefícios térmicos e de redução do escoamento de água de chuva.

Com esses exemplos e com as normas que devem ser seguidas, é possível integrar a acessibilidade e execução dos ECPP, com as vantagens hidrológicas da utilização de

pavimentos permeáveis ou drenantes, ou ainda assim o desenho dos ECPP integrados a áreas verdes, que facilitam a infiltração das águas de chuva.

Também foram verificados os dados obtidos em catálogos técnicos de fabricantes, e feito uma média de permeabilidade, a partir dos índices encontrados conforme a Tabela 2:

Tabela 2: Tabela de Características de pisos drenantes a partir da informação de fornecedores

Tipo de Superfície		Pavimento poroso/drenante			
Fornecedor	1-modelo1	1-modelo 2	1-modelo 3	2	
Espessura (cm)	8				
Permeabilidade(mm/h)	6357	13821	5107	15786	
Dimensões(cm)	20x10x8	20x20x8	40x40x8	50x50x8	
Tráfego	Pedestres/bicicletas/acesso de veículos/motocicletas			Pedestres/veículos de passeio/caminhões leves	

Fonte: Fornecedores diversos

Parra e Teixeira (2015), verificaram que os fornecedores utilizam diversas técnicas para o cálculo da permeabilidade dos pisos, entre elas o ensaio do permeâmetro e do de anéis de infiltrômetro. Estes ensaios são realizados em laboratório e não consideram o solo como exutório.

DESCRIÇÃO DO ECPP DE ESTUDO

O ECPP escolhido é o bairro Jardim Indianapolis, localizado em São José do Rio Preto/SP. São José do Rio Preto, localizada no noroeste do Estado de São Paulo, segundo o Censo 2010 possui 408.258 habitantes, e uma área 431,96km². A taxa de densidade demográfica é de 946,53 habitantes/km², sendo que na área urbana esta densidade é de 3.211,17hab/km², pois a área urbana do município é de 120,54km². A pesquisa do IBGE (Censo 2010) estima que em 2014 a população tenha alcançado 438.354 habitantes.

A cidade apresentou grande crescimento urbano nos últimos anos e sofre com gravíssimos problemas de enchentes, no ano de 2010 foram mapeados 10 principais pontos de inundações segundo Parra et al. (2011).

A escolha de um bairro como objeto de estudo, se deve ao fato de este seguir a legislação de parcelamento e uso e ocupação do solo municipal, mostrando assim resultados que se aproximam da maioria das cidades brasileiras.

A escolha deste bairro aconteceu a partir da seleção de loteamentos abertos implantados após a Legislação Municipal 10.822/2010 de 17 de novembro de 2010, que dispõe sobre o Programa



de Recuperação e Preservação da Permeabilidade do Solo, além do embelezamento do espaço no município de São José do Rio Preto, com a implantação das “Calçadas Verdes”, e a Lei Municipal 10.290 de 24 de dezembro de 2008, que cria no município o Programa de Gestão das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Preto e da outras providências. Esta lei determina que todas as edificações a serem construídas com área maior que 100m² devem possuir dispositivo de retenção ou detenção de águas pluviais, e todo novo empreendimento que importe em parcelamento do solo urbano ou incorporação imobiliária deverá prever na sua implantação o limite de vazão máxima específica. Sendo que toda construção a ser construída em um novo empreendimento que atenda a esta lei, está desobrigada de construir o dispositivo individual de retenção ou detenção de águas pluviais.

O alvará de construção do loteamento é datado do ano de 2008, e já atendendo a legislação 10.290/2008, a autorização para a construção de edificações ocorreu em 2010, portanto grande parte das construções existentes no local são obrigadas a atender a Lei 10.822/2010.

Diagnóstico físico do espaço

O projeto do loteamento previu a coleta das águas pluviais em sistema de drenagem convencional, direcionando para bacia de detenção localizada no ponto mais baixo da área. Na Figura 1 está implantada a bacia de detenção de águas de chuva e a divisão dos lotes.

Foi realizado um levantamento fotográfico no local para verificar as condições dos ECPP existentes, os tipos de pisos, e quais deles atendiam a Lei 10.822/2010, e a partir destes dados uma Tabela descritiva (Tabela 3) foi produzida, nela estão descritos os aspectos construtivos e de manutenção dos ECPPs.

Tabela 3: Tabela síntese descrição do ECPP Bairro

Descrição ECPP Bairro				
LOCAL	A	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional com faixa gramada; • Utilização como estacionamento. 	I	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento convencional; • Canteiro central da via sem calçada para pedestres;
	B	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional. 	J	<ul style="list-style-type: none"> • Espaço não edificado com vegetação alta, cercado, e sem pavimentação.
	C	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional; • Manutenção inadequada; • Crescimento de vegetação entre rachaduras do pavimento; • Bloqueio do passeio por meio de materiais de construção. 	L	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional com faixa gramada; • Pisos desnivelados.
	D	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional com faixa gramada; • Espaço bem arborizado; 	M	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional com faixa gramada.
	E	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional e de cerâmica com e sem faixa gramada. 	N	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional e de cerâmica com e sem faixa gramada.
	F	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional com faixa gramada. 	O	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento em cerâmica, • Jardim ao invés de faixa gramada.
	G	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional e cerâmica. 	P	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional com faixa gramada.
	H	<ul style="list-style-type: none"> • Espaço sem calçamento para pedestres; • Lixo acumulado na sarjeta; • Vegetação alta. 	Q	<ul style="list-style-type: none"> • Calçamento de concreto convencional e de cerâmica com e sem faixa gramada.

Fonte: Autores (2015)

Após a caracterização do ECPP Bairro, foi demarcada a área (sub-bacia) na Figura 1 com maior números de calçadas verdes existentes no bairro, e realizada a tipologia de pavimentação.

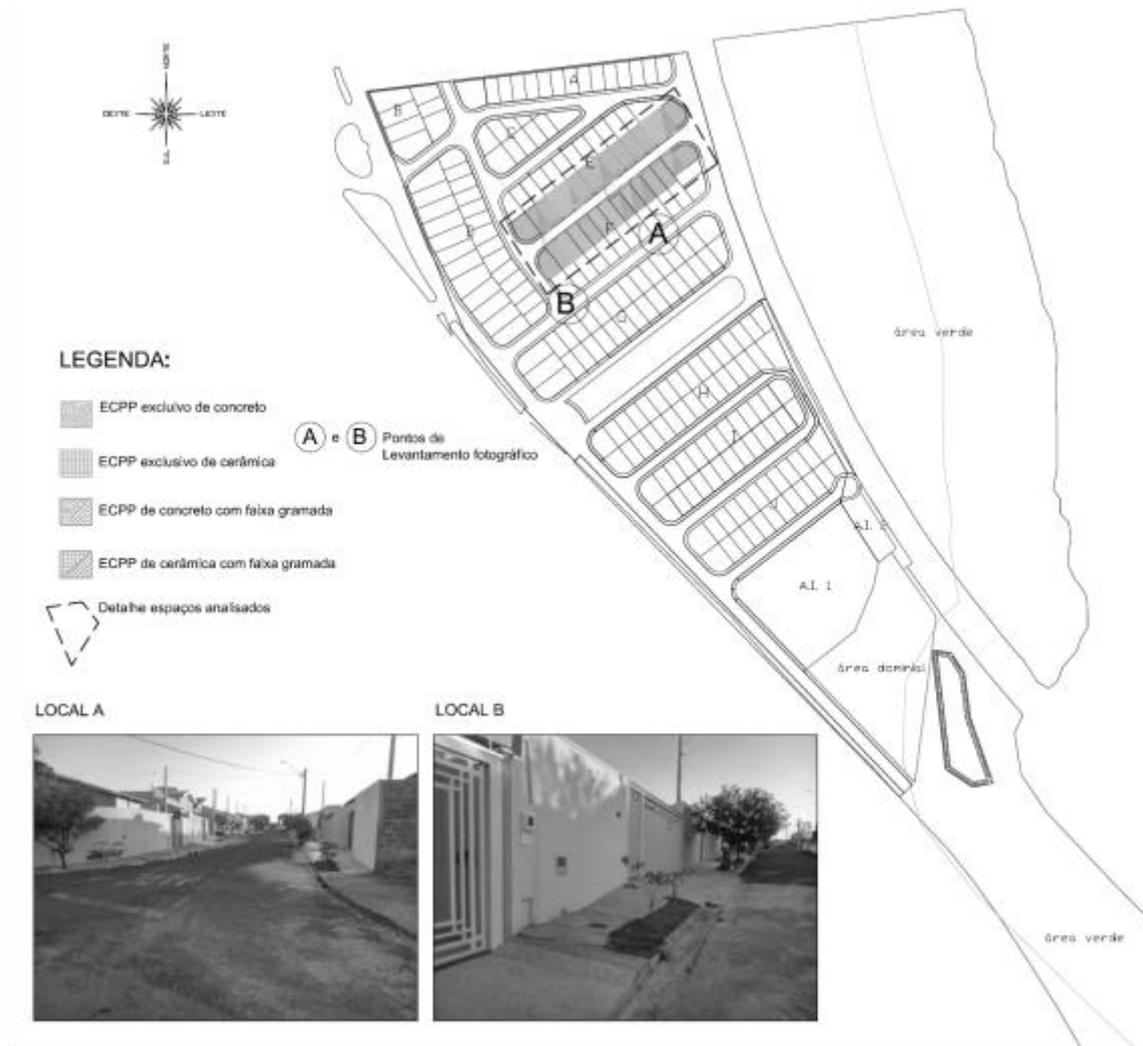


Figura 1: Delimitação da área de estudo e tipologias de pavimentos

Fonte: Autores (2015)

Comportamento hidrológico do espaço

A microbacia de estudo foi submetida a três cenários apresentados em tabelas, cenário real (Tabela 4), cenário favorável (Tabela 5) e cenário desfavorável (Tabela 6). O cenário favorável aplica o concreto convencional em todas as calçadas, porém escoando a água de chuva proveniente dele para as faixas gramadas consideradas existentes em todos os ECPPs, e as faixas gramadas por sua vez absorvendo esta água de chuva. E no cenário desfavorável são considerados todos os ECPPs de concreto convencional, porém com escoamento da água de chuva diretamente conectado à rede de drenagem convencional. Os cálculos foram realizados utilizando os coeficientes de escoamento encontrados na bibliografia e nos catálogos técnicos, e assim obtidas as áreas de contribuição do escoamento superficial.

Tabela 1 - Cenário real microbacia ECPP bairro

CARACTERÍSTICAS BAIRO	ECPP	m ²	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m ²)	Escoamento Superficial
Área Microbacia		8.721,74	100,0%		7.348	84,2%
Lotes Densamente ocupados		3.475,29	39,8%	0,95	3.302	37,9%
Lotes não ocupados		2.309,87	26,5%	0,60	1.386	15,9%
Áreas Verdes dentro do Lote		135,42	1,6%	0,21	28	0,3%
Área Asfaltada		1936	22,2%	0,95	1.839	21,1%
Área ECPP Cerâmica		261,5	3%	0,90	235,35	3%
Área ECPP Concreto		582,06	7%	0,95	552,957	6%
Faixa Gramada		21,6	0%	0,21	4,536	0%

Fonte: Autora (2015)

A Tabela 4 mostra os resultados do cenário real da microbacia do ECPP Bairro, a microbacia de área de 8.721,74m², tem uma área de contribuição para o escoamento superficial de 7.348m², sendo proveniente cerca de 9% dos ECPPs cerâmica e concreto.

O cenário favorável indicado na Tabela 5, contribui com 4.752m² para o escoamento superficial, desta área somente 2% é de contribuição dos ECPPs.

Tabela 2 - Cenário favorável

CARACTERÍSTICAS ECPP	m ²	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m ²)	Escoamento Superficial
Área Microbacia	8.721,74	100,0%		4.752	54,5%
Lotes Ocupados	5.032,49	57,7%	0,50	2.516	28,9%
Áreas Verdes dentro do Lote	888,08	10,2%	0,21	186	2,1%
Área Asfaltada	1936	22,2%	0,95	1.839	21,1%
Área ECPP	865,16	10%	0,21	181,6836	2%
Total Faixa Gramada	133,36	2%	0,21	28,0056	0%

Fonte: Autora (2015)

A Tabela 6 mostra os resultados da aplicação de um cenário desfavorável. Neste cenário a área de contribuição para o escoamento superficial é de 8.412m², e desta área 11% é proveniente dos ECPP.

Tabela 3 - Cenário desfavorável

CARACTERÍSTICAS ECPP	m ²	%	Coefficiente de escoamento	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m ²)	Escoamento Superficial
Área Microbacia	8.721,74	100,0%		8.412	96,5%
Lotes Ocupados	5.920,58	67,9%	0,95	5.625	64,5%
Área Asfaltada	1.936	22,2%	0,95	1.839	21,1%
Área ECPP	998,52	11%	0,95	948,594	11%

Fonte: Autora (2015)

Na Tabela 7, são apresentados a síntese dos cenários do ECPP Bairro, no cenário real os ECPPs correspondem a cerca de 9% da contribuição para o escoamento superficial, cenário muito próximo ao cenário desfavorável em que o ECPP contribui em 11% para o escoamento superficial, onde os ECPPs são considerados 100% impermeabilizados por concreto convencional. No cenário favorável, o escoamento da água de chuva direcionado para as faixas gramadas, considerando que todas as edificações atendem a este critério, os ECPPs contribuem apenas em 2% para o escoamento superficial.

Tabela 4 - Síntese dos cenários

CARACTERÍSTICAS DO ECPP	m ²	%	Cenário Real		Cenário Favorável		Cenário Desfavorável	
			Área de Contribuição para o escoamento superficial (m ²)	Escoamento Superficial	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m ²)	Escoamento Superficial	Área de Contribuição para o escoamento superficial (m ²)	Escoamento Superficial
Área de Estudo	8.722	100%	7.348	84%	4.752	54%	8.412	96%
Área de Lotes ocupados	3.475	40%	3.302	38%	2.516	29%	5.625	64%
Área Lotes não ocupados	2.310	26%	1.386	16%	-	-	-	-
Áreas Verdes dentro do Lote	135	2%	28	0%	186	2%	-	-
Área Asfaltada	1.936	22%	1.839	21%	1.839	21%	1.839	21%
Área ECPP	844	10%	788	9%	182	2%	949	11%
Faixa Gramada	22	0%	5	0%	28	0%		

Fonte: Autora(2015)

CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu chegar-se a algumas conclusões que serão descritas a seguir.

As comparações feitas a partir de diferentes cenários permitiram identificar as reduções de escoamento que poderiam ser obtidas projetando-se os ECPPs de modo a direcionar o escoamento das águas pluviais para as faixas gramadas.

Para alcançar o cenário favorável, como já existe legislação específica que obrigue a execução das faixas gramadas, chamadas “Calçadas Verdes”, seria necessário uma maior fiscalização do poder público, tanto na implantação dos ECPPs, quanto posteriormente, pois em muitos casos as faixas gramadas foram concretadas após a obtenção do “Habite-se”. Além disto, também é necessário garantir que o escoamento seja direcionado para o locais gramados, sem a colocação de guias que sirvam de obstáculos.

De modo geral, conclui-se que, para que um ECPP seja considerado hidrologicamente funcional, não é necessário que o mesmo seja permeável. Soluções projetuais que permitam um encaminhamento adequado do escoamento superficial podem ser obtidas mesmo com a impermeabilização, podem ser executados ECPPs de concreto convencional que direcionem o escoamento superficial para faixas gramadas, jardins de chuva ou canaletas.

Além de facilitar a execução dos ECPPs, por não precisar implantar pavimentos permeáveis que exigem alguns cuidados e recomendações extras, a execução das faixas gramadas por exemplo auxiliam no embelezamento paisagístico, no enraizamento das árvores e da melhoria da qualidade da temperatura ambiente, como visto na bibliografia.

Diretrizes para a utilização de pisos hidrologicamente funcionais seriam mais adequadas para o planejamento das cidades como meio de reduzir os impactos causados pela drenagem convencional. Estes pisos podem ajudar a reduzir a ocorrência de enchentes e quando realizadas as manutenções se apresentam como bom caminho para pedestres. As prefeituras poderiam investir em propostas para áreas de expansão das cidades, reduzindo gastos com drenagem convencional e não sobrecarregando os sistemas já existentes.

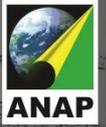
REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 5, nº 3, 46-54p. jul/set, 2000.

BARBOSA, R. S.; MOURA, P. M. (2014). **Análise da Permeabilidade de Pavimento Intertravado Vazado**. In Anais do X Encontro Nacional de Águas Urbanas, São Paulo, Set. 2014

BRASTON PISOS PERSONALIZADOS: Disponível em: <www.braston.com.br> Acesso em: 15/02/2015;

BRUNO, L. O.; AMORIM, R. S. S.; SILVEIRA A. **Estudo da redução do escoamento superficial direto em superfícies permeáveis**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 18, nº 2, 237-247p. abr/jun, 2013.



COUPE, S.J., et al. **New developments in permeable pavement design to improve water quantity and quality.** Novatech, 2013.

JUNIOR, L. L. C.; BARBASSA, A. P. **Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas.** Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 11, nº 1, 46-54p. jan/mar, 2006.