O PLANEJAMENTO URBANO-AMBIENTAL: ENCHENTES

Jose Roberto Moreira Ribeiro Gonçalves

Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental (UFRRJ)

Professor do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)- Rio de Janeiro, RJ, Brasil

joserobertoverde@gmail.com

Samantha da Silva Galdino França

Graduando em Engenharia Civil

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)- Rio de Janeiro, RJ, Brasil

galdinosamantha@outlook.com

Gabriela de Brito Vitoria

Graduando em Engenharia Civil

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)- Rio de Janeiro, RJ, Brasil

gabijhoninho@hotmail.com

Glauber Fonseca da Silva

Graduando em Engenharia Civil

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM)- Rio de Janeiro, RJ, Brasil

fsglauber@gmail.com

RESUMO

A produção do espaço urbano corroborou para alteração de forma expressiva das características climáticas locais. O que é ratificado por diversos estudos que admitem o fato de

que, nas cidades, convive-se com o que se determinou de clima urbano. O artigo aborda o que vem ocorrendo em algumas metrópoles brasileiras – as enchentes. A relevância desse estudo está em propor uma abordagem bibliográfica sobre o crescimento rápido das cidades brasileiras mostrando como a rápida expansão das áreas urbanas, a falta de planejamento político e a falta de conscientização da população pode afetar causar sérios problemas ambientais. Esse estudo propõe a apresentação de uma variedade de perspectiva da drenagem e do controle de enchentes. A ideia é apresentar questões que possam minimizar os riscos para a população que essas enchentes vem causando.

Palavras-chave: Espaço Urbano. Metrópoles brasileiras. Enchentes. Planejamento Político.

THE URBAN-ENVIRONMENTAL PLANNING: FLOODS

ABSTRACT

The production of the urban space corroborated for an expressive change of the local climatic characteristics. This is confirmed by several studies that acknowledge the fact that, in cities, one lives with what is determined by the urban climate. The article discusses what has been happening in some Brazilian metropolises - the floods. The relevance of this study is to propose a bibliographical approach on the rapid growth of Brazilian cities, showing how the rapid expansion of urban areas, the lack of political planning and the lack of public awareness can affect serious environmental problems. This study proposes the presentation of a variety of perspective of drainage and flood control, the idea is to present questions that can minimize the risks to the population that these floods has been causing.

Keywords: Urban Space. Brazilian Metropolis. Floods. Political Planning

1 INTRODUÇÃO

Segundo Tucci (2012), com o desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabiliza-

ção do solo através de diversas variáveis, como: mantas impermeabilizadoras, telhados e calçadas, com isso, o volume de água que escoava vagarosamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização e impermeabilização, passa a escoar nos canais urbanos, exigindo maior capacidade de escoamento das redes de drenagem.

Tendo em vista o aumento da ocupação dos centros urbanos pela população, os sistemas de drenagem, especialmente de macrodrenagem, tendem a se tornar escassos por causa das modificações do ciclo hidrológico e da intensa impermeabilização do solo, cujas consequências são o crescimento dos eventos de inundação urbana em recorrência de casos e magnitude com prejuízos materiais, patrimoniais e humanos para a sociedade (SILVA, 2016). Dessa forma, as aplicações de novas soluções para drenagem estão sendo paulatinamente incorporadas nos sistemas existentes, visando à harmonização no controle do volume escoado através da delonga dos escoamentos, retenção em reservatórios e melhoria das condições da infiltração, que tem como vereda o armazenamento subterrâneo ou a descarga do aquífero nos lagos, rios e oceanos (SILVA, 2016).

A metodologia de elaboração deste tema é de revisão de literatura, baseando-se em referências bibliográficas pesquisadas em livros, artigos de revistas, sites e documentos confiáveis pertinentes a temática em questão. O objetivo geral desse estudo é apresentar propostas de aspectos de drenagem e prevenção de enchentes urbanas com pavimentos permeáveis, exemplificando por meio de um estudo de caso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O espaço urbano

A produção do espaço urbano corroborou para alteração de forma expressiva das características climáticas locais. O que é ratificado por diversos estudos que admitem o fato de que, nas cidades, convive-se com o que se determinou de clima urbano. Poluição do ar, ilha de calor, inundações no espaço urbano, e outras formas, assumem destaque, refletindo peculiaridades do clima da cidade (ARAÚJO et al, 2016).

A urbanização desordenada vem gerando graves problemas ambientais e vem alterando o ciclo hidrológico. A Intensa concentração da população em áreas urbanas a partir da segunda metade do século XX, manifesta-se como um fenômeno mundial significativo (ARAÚJO et al, 2016).

A transformação de uma economia rural em urbana leva em consideração o desenvolvimento das dimensões social e econômica. A urbanização é um processo de desenvolvimento econômico e social resultado a transformação de uma economia rural para uma economia de serviços concentrada em áreas urbanas (TUCCI, 2010, p. 114).

O crescimento desordenado da população urbanizada geraram impactos hidrológicos aos quais foram descritos por Tucci (2010) da seguinte forma:

- Aumento das vazões máximas (em até 7 vezes), por se tratar do aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e da impermeabilidade das superfícies.
- Aumento da produção de sedimentos, devido à falta de proteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos;
- Contaminação da água devido à lavagem das ruas, ligações clandestinas de esgoto cloacal, despejo de materiais sólidos em locais indevidos.
- Implantação de infraestrutura desorganizada, tais como: (a) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; (b) redução de seção de escoamento por aterros de pontes e para construção em geral; (c) deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixões e sedimentos; (d) projetos e obras de drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem para jusante, drenagem sem esgotamento, entre outros.

A fim de minimizar os impactos, a expansão urbana deve ser realizada de forma planejada, levando-se em conta todos os aspectos negativos descritos. Outras formas de minimizar os problemas foram introduzidos nos últimos 30 anos, como as denominadas medidas compensatórias. O estudo detalhado das características e parâmetros físicos, tais como o relevo, usos, ocupação e tipo do solo, por exemplo, são necessários para a

utilização e manuseios dos recursos envolvidos com as bacias urbanas, com o intuito de tomar conhecimento e mensurar os elementos que interferem na dinâmica dos cursos hídricos (TORRES, 2012). A drenagem urbana convencional faz a coleta das águas das precipitações através de instalações hidráulicas para jusante, não abrangendo o ponto de vista do ciclo hidrológico, assim apenas resolvendo problema hidráulico imediato. O ciclo hidrológico pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Ciclo Hidrológico Natural

Fonte: (EVANS, 2016)

Com o aumento de desastres provocados por chuvas intensas como inundações, enchente e deslizamentos de terra surgiu necessidade de busca por uma nova técnica que respeitasse os princípios do ciclo hidrológico, promovendo sua manutenção, no tempo, no espaço e em relação à qualidade da água, sendo este o princípio da drenagem sustentável (DIAS, 2008). A drenagem urbana sustentável vem sendo utilizada a fim de diminuir os impactos ambientais ocasionados pelo processo de urbanização, porem geralmente tem custo mais elevado de instalação e manutenção (RIBEIRO e ROOKE, 2010)

A consciência ambiental vem mudando e evoluindo as práticas construtivas frente aos desafios do século XXI. Em um passado não tão distante, manifestava-se uma co-moção ou consciência ecológica apenas diante de acidentes ecológicos de grandes mag-

nitudes. Porém, os tempos mudaram e o homem percebeu a necessidade de harmonizar os interesses comerciais com o respeito à natureza, provendo soluções que conciliem o interesse financeiro com as necessidades da nossa geração sem causar risco nem malefícios para as gerações futuras (DIAS, 2008).

Segundo Primavesi et al (2007), através da expansão territorial, sem uma devida legislação e uma fiscalização que afiancem o disciplinamento acomodado do uso e ocupação do solo, problemas de alagamentos e inundações serão uma constante realidade. Com isso, em detrimento dos graves problemas ambientais travados com o desenvolvimento socioeconômico dos municípios, a consciência ambiental de se conseguir a gestão das águas urbanas de forma unificada avançou nos discursos políticos e técnicos nacionais, com a entrada do novo milênio, por meio de introdução e absorção de novos paradigmas relacionados às águas urbanas e notadamente, o manejo das águas pluviais urbanas.

A proteção do meio ambiente é um dos setores do Direito Internacional que, nos últimos anos, tem alcançado o maior desenvolvimento. Antunes (2008) destaca que a proteção ambiental tem sido um dos setores do Direito Internacional que mais tem se desenvolvido e influenciado o Direito interno de diversas nações. Naquilo que concerne à proteção das águas pelo Direito Internacional, pelo menos duas grandes divisões podem ser estabelecidas, a saber: a proteção do meio marinho; e a proteção das águas continentais, nelas incluídas as áreas úmidas e alagadas.

2.2 Pavimentos Permeáveis

O pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas, arquitetada sobre a superfície final de terraplanagem, designada técnica e economicamente a resistir aos esforços procedentes do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários grandes melhoria nas condições de rolamento, bem como conforto, segurança e economia (BERNUCCI et al., 2006). Os pavimentos flexíveis são aqueles que são cobertos com materiais betuminosos ou asfálticos estes são chamados “flexíveis”, uma vez que a estrutura do pavimento “flete” devido às cargas do tráfego. Uma estrutura de pavimento flexível é

composta comumente de várias camadas de materiais que podem acomodar esta flexão da estrutura (TAVARES, 2013).

A pavimentação flexível intertravada é uma fantástica alternativa tanto sob o aspecto técnico, como econômico, já que é uma alternativa intermediária entre os pavimentos rígidos e flexíveis, incluindo vantagens de ambos, e descartando as desvantagens de cada um destes. Por isso tem se ressaltado em virtude de sua resistência mecânica e facilidade de execução e manutenção (CAVALCANTI et al, 2012).

Sob o enfoque inteiramente técnico, o pavimento intertravado apresenta como função a de possibilitar a distribuição de cargas concentradas, protegendo ainda o subleito, fazendo com que sua capacidade de suporte não seja extrapolada, seja o subleito resultante de corte ou aterro (GOLDINHO, 2009).

O Pavimento flexível cuja estrutura é formada por meio de uma camada de base (ou base e sub-base), além de uma camada de revestimento estabelecida por peças de concreto sobrepostas em uma camada de assentamento e completadas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção (ABNT NBR 15953/2011) Os pavimentos intertravados tem a seção transversal típica mostrada na Figura 2 com abaulamentos ou caimentos e dispositivos de drenagem.

Figura 2 - Estrutura típica de um pavimento intertravado

Fonte: (GODINHO, 2009)

Para auxiliar na recuperação da capacidade de infiltração do solo, o pavimento intertravado de concreto permeável constitui uma alternativa muito viável. Esse tipo de material apresenta pequenas bolsas de ar que, tendem a diminuir a quantidade total de matéria-prima, consente que a água chegue até o solo (GOLDINHO, 2009). Como já ressaltado, a estrutura do pavimento flexível é formada por uma camada de base (ou base e subbase), além de uma camada de revestimento (SILVA, 2014).

Marchioni e Silva (2011) dizem que, o agregado de assentamento e de rejuntamento deve ter uma granulometria que resulte em um adequado teor de vazios, assim existira um coeficiente de permeabilidade apropriado para o pavimento. É preciso perceber que o coeficiente de permeabilidade está diretamente ligado ao teor dos finos. A tabela 1 apresenta sucintamente as classes granulométricas.

Tabela 1 - Características dos agregados para assentamento e rejuntamento

Distribuição granulométrica – porcentagem retida		
Peneira com abertura de malha	Camada de assentamento	Material de rejunte
12,5mm	0	
9,5mm	0 a 15	0
4,75mm	70 a 90	0 a 15
2,36mm	90 a 100	60 a 90
1,16mm	95 a 100	90 a 100
0,300mm		95 a 100

Fonte: (SILVA, 2011)

No rejuntamento que irá preencher os vazios entre as peças, deve ser deixado um espaço sem preenchimento de aproximadamente de 10 mm em relação ao topo da peça com a finalidade de impedir a formação de uma lâmina de água no pavimento e também a retirada do material de rejuntamento (MARCHIONI e SILVA, 2011). Em áreas urbanas com alta concentração de ocupação, as superfícies determinadas ao sistema viário e às áreas de estacionamento preenchem espaços significativos, e pode chegar a 30% da área da bacia de drenagem. Segundo Tucci (2012), a utilização de pavimentos

permeáveis colabora para a diminuição do escoamento superficial e otimização do sistema de drenagem, urbanas ajudando a evitar problemas de enchentes.

2.3 Estudo de caso

O estudo foi realizado em uma praça na cidade do Rio de Janeiro. O estudo é bibliográfico do tipo exploratório-descritivo, com natureza e qualitativa. Para alcançar os objetivos propostos neste estudo foram desenvolvidos os seguintes procedimentos metodológicos, pesquisa de documentos (artigos científicos, livros e documentos legais), registro técnico e fotográfico de pavimentação permeável.

2.3.1 Processo executivo

Alguns itens devem ser checados inicialmente para garantir a viabilidade da instalação do pavimento permeável.

As áreas de contribuição não podem exceder em cinco vezes a área do pavimento e recomenda-se, no mínimo, 30 m de distância entre córregos, reservatórios de água e pântanos. Recomenda-se uma declividade do pavimento de no máximo 5%, Figura 3, caso contrário a velocidade do escoamento superficial reduz a sua infiltração. (MARCHIONI e SILVA, 2011).

A NBR 9781:1987 versa sobre as principais características dos blocos e ainda descreve sobre a entrega dos blocos no canteiro de obra e pallets, recomenda-se ainda proteção de faixas de aço ou plástico, de modo a permitir o uso de empilhadeira ou guindaste (Figura 4).

Tabela 2 - Vantagens e precauções do uso de pavimentos permeáveis

Vantagens	Precauções
Melhoria na segurança e conforto pois há redução na formação de poças de água e consequente melhoria da aderência;	No caso dos pavimentos de infiltração pode haver possível poluição do lençol freático;
No caso de pavimentos de infiltração, observam-se ganhos ambientais, com a possibilidade de recarga de reservas subterrâneas;	Este tipo de pavimento está sujeito à colmatção.
No caso de pavimentos porosos, ocorre a melhoria da qualidade das águas por ação de filtração no corpo do pavimento;	No caso de adoção de blocos porosos, recomenda-se que o rejunte não seja utilizado.
Destacam-se benefícios financeiros, associados à redução das dimensões do sistema de drenagem de jusante.	

Fonte: (Adaptado Tucci, 2012)

A NBR 9781:1987 versa sobre as principais características dos blocos e ainda descreve sobre a entrega dos blocos no canteiro de obra e pallets, recomenda-se ainda proteção de faixas de aço ou plástico, de modo a permitir o uso de empilhadeira ou guindaste (Figura 4).

Figura 3 - Procedimento de construção

Fonte: (GODINHO, 2009)

Figura 4 - Compactação

Fonte:(Autor,2019)

Parte de compactação do solo, através de rolo compressor compactador de placas, pois para uma obra de grande porte, é o maquinário mais utilizado (Figura 5).

Figura 5 - Contenção Lateral

Fonte: (Autor,2019)

Segundo NBR 15953:2011 recomenda que o material de assentamento seja espalhado, com quantidade ideal atendo as especificações do projeto. Deve ser executadas as mestras paralelas a contenção principal, sendo niveladas com espessura da camada de assentamento, deve-se ainda respeitar o caimento, utilizando régua metálica (Figura 6).

Figura 6 - Areia sarrafeada

Fonte: (Autor,2019)

Depois de completar todo o processo de compactação final, é realizada uma vistoria no local, por um engenheiro qualificado da empresa contratada, à fim de identificar problemas ou mesmo situações que estejam em conformidade com o projeto inicial. (Figura 7).

Figura 7 - Finalização do processo

Fonte: (Autor,2019)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para controlar a questão da impermeabilização das superfícies nos grandes centros urbanos é corriqueiro as prefeituras determinarem que uma parcela do terreno seja conservada livre de pavimentação, comumente variando entre 15% a 30% do terreno. Contudo nem sempre é possível acatar este requisito. Uma forma de atender o que preconiza a legislação da cidade e ao mesmo tempo conservar a área útil do terreno é por meio da utilização dos pavimentos permeáveis, pois eles contribuem nas áreas urbanas livres de pavimentação, em relação à crescente impermeabilização das cidades (MARCHIONI e SILVA, 2011). A questão da permeabilidade é importante, uma vez que o pavimento intertravado flexível irá contribuir significativamente para drenagem da água. Como afirmam Marchioni e Silva (2011), parte significativa das ações para tornar mínimo problemas com drenagem urbana inicialmente conduzem as águas das chuvas para jusante. Contudo, o pavimento intertravado de concreto poderá colaborar para uma maior infiltração da água da chuva. Tal pressuposto decorre dos espaços livres entre os blocos do pavimento intertravado, permitindo que a água passe e ainda através da execução

das camadas de base, que consentem que a água se infiltre. Estes mesmos autores ainda descrevem que sempre existirá um potencial de permeabilidade através das juntas dos pavimentos, e também atendimento da distribuição granulométrica aconselhada, permite alcançar o coeficiente de permeabilidade dos agregados em uma proporção de $3,5 \times 10^{-3}$ m/s, o que garante um perfeito funcionamento do sistema (MARCHIONI e SILVA, 2011).

Em resposta ao objetivo levantado no estudo, ou seja, apresentar aspectos de drenagem e prevenção de enchentes urbanas com pavimentos permeáveis foi possível constatar que: Em linhas gerais, o uso do pavimento flexível intertravado metodologia construtiva que oferece comodidade em todo processo executivo, está sendo indicado para pavimentações de diversas obras, como alternativa de drenagem e prevenção de enchente urbana, em decorrência de sua característica física. Dando ênfase que a eficácia deste processo está correlacionada à manutenção do pavimento, garantindo assim uma permeabilidade esperada, de modo que a manutenção possa ser feita com equipamentos que aspirem à sujeira que existe entre os poros que evitam o entupimento pelas sujeiras. No entanto, existem restrições do uso de pavimentos permeáveis e a sua instalação em locais de veículos pesados, uma vez que ao conceder umidade na base e sub-base do pavimento causam uma redução na sua capacidade de sustentação de carga. Como o estudo de caso foi feito em uma praça pública apenas com tráfego de humanos, não houve impedimento algum de implantar essa modalidade de pavimentação no que diz respeito à sobrecarga na superfície do local pavimentado.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Alana Ramos; BELCHIOR Germana Parente Neiva; VIEGAS, THAIS Emília de Sousa. **Os impactos das mudanças climáticas no Nordeste brasileiro**. Fundação Sintaf de Ensino, Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Cultural. São Paulo: Instituto o Direito por um Planeta Verde, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **PR 01: pavimentos intertravados** – Preparo da Fundação, 2010.

_____. **Pavimentos intertravados-confinamentos.** Disponível em: <http://www.abcp.org.br/downloads/arquivos_pdf/praticas_intertravados/pr2_intertravados.pdf>. Acesso: 12 de abril de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207:** Terminologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **NBR 9780:** Peças de concreto para pavimentação - determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 9781:** Peças de concreto para pavimentação. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 12307:** Regularização subleito, Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAVIMENTAÇÃO. **Informativo técnico sobre avaliação da resistência a derrapagem através de aparelhagem portátil.** Boletim Técnico n.18. Rio de Janeiro, 1999.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Gorgetti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros.** Rio de Janeiro: Gráfica Minister, 2007.

CANHOLI, A.P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARDOSO NETO, A. **Introdução a Drenagem Urbana.** Santa Catarina: UFSC, 2004.

CASTRO, S.L. **Sistema de Drenagem Não-Convencionais.** São Paulo: UAM, 2004.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental: Princípios e práticas**. 6ª. edição. São Paulo: Gaia, 2008.

GODINHO, Dalter Pacheco. **Pavimento intertravado: uma reflexão na ótica da durabilidade e sustentabilidade**, 2009. Disponível em: www.bibliotecadigital.ufmg.br. Acesso: 06 de abril de 2016.

MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

MÜLLER, Rodrigo Menegaz. **Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos Intertravados de Blocos de Concreto**. Rio de Janeiro, 2005. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Disponível em: www.poc.ufrj.br/teses/mestrado. Acesso: 06 de junho de 2019.

MARCHIONI, Mariana & SILVA, Cláudio Oliveira. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. **Abastecimento de água**. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB. Disponível em: < www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abstagua.docx >. Acesso em: junho de 2019.

MELO, Hugo de Oliveira; BRITO, Jairo Paulo de; ALVES, Marcio de Souza. **Conceitos básicos sobre dimensionamento de Reservatórios de detenção**. São Paulo. 2001. Disponível em: < <http://engenharia.anhembi.br/tcc-10/civil-12.pdf> >. Acesso: junho de 2019.

SILVA, Luciano Castro da. **Sistemas de drenagem urbana Não-convencionais**. Disponível em: < <http://engenharia.anhembi.br/tcc-04/civil-20.pdf> >. Acesso: junho de 2019.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF:CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

_____. **Inundações Urbanas**. Disponível em: <<http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/>>. Acesso: junho de 2019.