

Avaliação da Viabilidade do Emprego de Pavimentos Permeáveis no Município de São Paulo – Mooca

Evaluation of the Viability of Using Permeable Pavements in the Municipality of São Paulo – Mooca

Felipe Rodrigues dos Santos (1); Mikaella Carvalho Nascimento Pereira da Silva (2); Sabrina Couto da Silva (3); Sidnei Oliveira Ferreira Souza (4); Caroline Pessôa Sales (5)

(1) *Graduando em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, felipe.rodrigues1996@hotmail.com*

(2) *Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, mikaa.cnn16@gmail.com*

(3) *Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, coutosabrina40@gmail.com*

(4) *Graduando em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, sosouza.v6@gmail.com*

(5) *Professora Ma. Caroline Pessôa Sales, Departamento de Engenharia, Universidade Anhembi Morumbi, caroline.sales@animaeducacao.com.br*

Resumo

A proposta deste artigo é apresentar três possíveis medidas para a mitigação de enchentes na região da Mooca – São Paulo, para as quais foram estudados materiais técnicos e financeiros para a comparação das soluções: utilização de asfalto permeável, construção de um “piscinão” e utilização de cobertura vegetal. Para que se chegasse em uma análise mais plausível, foi estudado o piscinão de Guamiranga, que foi implementado em 2017 com o intuito de diminuição de inundações e enchentes entre as regiões da Vila Prudente e Mooca.

Buscou-se seguir caminhos não-convencionais para a solução do problema, considerando à construção do recente reservatório de drenagem, portanto, primeiro se fez necessário realizar um levantamento sobre as enchentes dos últimos anos para evidenciar a viabilidade de implementação das soluções supracitadas. Também procurou-se discorrer sobre os problemas de ocupação irregular em função da expansão urbana, a qual impediu que houvesse maiores implementações de cobertura vegetal, além de aumentar a impermeabilização do solo, sendo então, uma das fontes de disfunção de permeabilidade no solo.

Palavras-Chave: mitigação, enchentes, asfalto permeável, cobertura vegetal e piscinão.

Abstract

The purpose of this article is to present three possible measures for flood mitigation in the Mooca region – Sao Paulo. Technical and financial materials were analyzed in the intend to compare the solutions, which include the use of permeable asphalt, the construction of a retention pond, and the implementation of vegetative cover. To ensure a more plausible analysis, the existence of the Guamiranga retention pond, implemented in 2017 with the objective was reducing floods and inundations between the Vila Prudente and Mooca regions, served as a basis for reference.

Unconventional approaches were sought to address the problem, taking into consideration the recent construction of the drainage reservoir. Therefore, it was necessary first conduct a survey of floods in recent years to establish the feasibility of implementing the aforementioned solutions. For instance, the article presents the issues of irregular occupation due to irregular urban expansion, which prevented the implementation of extensive vegetative cover and led to increased soil impermeability, thus causing soil permeability dysfunction.

Keywords: mitigation, floods, permeable asphalt, vegetative cover, retention pond.

Introdução

O crescimento da população urbana e da urbanização ao longo das últimas décadas no Brasil e no mundo gerou problemas relacionados à infra-estrutura urbana. [...] Diretamente ligada à urbanização, está a impermeabilização do solo urbano, presente nas vias pavimentadas, nos estacionamentos e em telhados, esta causa a diminuição da infiltração de água no solo e da evapotranspiração. [...]. (PINTO, 2011, p. 7)

A partir do aumento urbano gerou-se a necessidade de se utilizar de impermeabilizações que aumentam o escoamento superficial. Desta forma os interceptores finais das águas não suportam a vazão e causam as inundações. A problemática das inundações foi o foco deste estudo de caso, onde se ponderou a necessidade da avaliação da viabilidade do emprego de pavimentos permeáveis no município de São Paulo, comparando-os com o uso de cobertura vegetal e os piscinões, além de apresentar as características mecânicas do asfalto permeável, com análise no índice de vazios, permeabilidade, resistência a tração por compressão diametral e desgaste por abrasão. A análise consistiu em investigar quais dos métodos irão atender as características do município, a fim de mitigar as inundações; visto que o tema se trata sobre comparação do asfalto convencional e asfalto permeável, foi analisado a viabilidade do uso do asfalto permeável para como uma forma de mitigação de desastre naturais, onde o escoamento superficial do asfalto convencional colabora para inundações.

O escoamento superficial da água de chuva pode acarretar enchentes urbanas e aumento da contaminação dos corpos d'água, eventos que estão se intensificando, principalmente no Centro urbano do estado de São Paulo, (CHANDRAPPA; BILIGIRI, 2016; JIANG et al. 2015). Como estratégia para redução das enchentes urbanas, podem ser utilizados pavimentos permeáveis, que permitem a infiltração do escoamento superficial (CHANDRAPPA; BILIGIRI, 2016), além da possível utilização de cobertura vegetal, onde beneficia não somente o solo, mas a melhoria da qualidade da água, e amenização climática como na filtragem do ar, regulação microclimática, redução de ruídos, tratamento de esgoto, drenagem de águas, redução de temperatura e contenções de enchente (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999; PAIVA; GOLÇALVES, 2009; MATOS; QUEIROZ, 2009).

Um dos meios convencionais para a minimização de cheias é a utilização da construção dos reservatórios de drenagem, de acordo com Suderhsa (2002), a necessidade de adotar controles de enchentes através a implementação de determinadas diretrizes, como a incrementação de vazão em determinados locais, não transferindo-as para as áreas jusantes e avaliações de impactos no âmbito da bacia hidrográfica. Suderhsa (2002), prolonga-se afirmando que o asfalto permeável pode ser utilizado em vias de pequeno tráfego, evitando a utilização em grandes vias ou locais que receberão grandes cargas, devido a sua incapacidade na resistência, que é influenciada pela sua característica principal, a permeabilidade; logo, Suderhsa (2002) afirma que o asfalto permeável se tornou um dos principais dispositivos para a solução na mitigação de inundações, pois o mesmo com a sua capacidade de infiltração e drenagem, iriam permitir um menor escoamento, não sobrecarregando o sistema de escoamento pluvial já implementado.

Sendo assim, realizar-se-á um estudo comparativo entre o uso do asfalto permeável e as construções de piscinões, de tal forma a avaliar possíveis soluções para enchentes e problemas de

drenagem no distrito Mooca – SP, no que tange sobre vias urbanas, bem como, entender a viabilidade de implantação deste sistema para a sociedade.

O crescimento urbano no estado de São Paulo é um fator determinante para a economia do país, tendo em vista o seu desenvolvimento social. As áreas de concentração tiveram os seus pavimentos impermeabilizados, para que houvesse um melhor escoamento superficial. O intuito inicial da impermeabilização seria evitar vazões máximas, contudo, após a expansão urbana, esse sistema gerou sobrecarga nos escoamentos, afetando as áreas a jusantes, sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar os resultados da impermeabilização do solo, mostrando índices de enchentes e alagamentos em um dos principais distritos de São Paulo: a Mooca, além de realizar um estudo para a minimização das ocorrências climáticas, através da implementação do asfalto permeável ou piscinões, com o intuito de observar se haverá viabilidade na construção de piscinões como sistema de drenagem ou o uso de asfalto permeável.

Revisão Bibliográfica

A região metropolitana de São Paulo vem sofrendo, ao longo de décadas, com os problemas das enchentes causadas pelas precipitações. Atribui-se a isso o fato do aumento média das chuvas ao longo dos anos, mas há ainda um fator que pode ser considerado mais relevante para o caso, que é o fato da urbanização caótica bem como a falta de implementação de políticas públicas eficientes para solucionar o problema (FILHO, 2006).

A construção de edifícios residenciais, industriais, casas e a pavimentação das ruas nas grandes cidades, tem sido feita utilizando material impermeável e têm levado em consideração o fator mobilidade e conforto em detrimento dos cuidados com a ecologia e a drenagem eficiente. O fator impermeabilidade do solo tem aumentado os transtornos nos centros urbanos pois o aumento do escoamento superficial das chuvas se tornou um vetor de problemas no que se refere ao aumento de alagamentos (HOLTZ, 2011)

Na cidade de São Paulo, as enchentes e inundações podem causar prejuízos ambientais, econômicos e sociais, além de prejuízos financeiros significativos aos comércios, indústrias e ao poder público (HADDAD, 2014). Acarretados pela impermeabilização do solo, que se dá através da urbanização descontrolada, as construções de edifícios colaboram com a redução da infiltração da água e o aumento do volume superficial., sendo necessário a apresentação de soluções que beneficiam os sistemas de escoamento.

Santos e Haddad (2014), observaram que os avanços urbanos na cidade, expandiram sem o devido acompanhamento da criação de uma infraestrutura adequada. Analisando o estudo realizado por Santos e Haddad (2014), sobre a influência das mudanças climáticas, foi notório o aumento na frequência de alagamentos e inundações. Tendo em vista estes problemas, é necessário analisar e realizar soluções para com este problema, além das soluções já existentes, como as redes de galerias que deveriam possuir capacidade para atuar de forma independente com sua devida capacidade de vazão.

A implementação de tecnologias para pavimentos, como o asfalto permeável, se tornou um dos materiais que permitem o controle de inundações, pois tem como principal característica a permeabilidade e drenagem da água, além de beneficiar o meio ambiente através da recarga do lençol freático e possibilitando o seu uso como reservatório, reaproveitando as águas pluviais através de sua drenagem (ACIOLI, 2005). Para a implementação do sistema de revestimento permeável, é necessário adotar controles de enchentes, de acordo com Suderhsa (2002). Esses controles podem ser classificados como estruturais - o que reduz o risco de enchentes através da implementação de modelos que possibilitam a melhora no escoamento; e classificações não estruturais – refere-se as ações vivenciam com as enchentes, ou através de implementações de diretrizes que minimizam ou revertam o problema.

O asfalto permeável, também conhecido como asfalto poroso, tem como característica a sua porosidade, que se dá pelo seu processo construtivo. A granulometria é o impacto inicial, onde sabe-se que é o parâmetro que irá definir se o asfalto será permeável ou convencional. Ela influencia em seu índice da vazios, que determinara se o asfalto será considerado permeável e aceitável de acordo com a norma ETS-03/2012 – Pavimentos permeáveis com revestimento de asfalto poroso. Sendo assim, entende-se que para uma maior permeabilidade, será maior o volume de vazios, diminuindo a

resistência a tração e aumentando o desgaste por abrasão, justificando a recomendação de utilização para a sua aplicação unicamente em tráfegos leves.

Através de análises financeiras, devido inicialmente ao seu processo construtivo, escolha de agregados e ligantes, que se variam de acordo com as situações de projetos requeridas. O asfalto permeável se trata de um investimento inicial alto, e seus resultados poderão ser perceptíveis a longo prazo, através da diminuição de obras de drenagem, contudo, inicialmente sua implementação poderá acarretar uma melhora social, devido a diminuição de impactos que as inundações causariam. Tendo em vista que o mesmo pode ser utilizado somente em vias de tráfego leve e estacionamento, a sua utilização deverá consequentemente em baixa escala.

Existe diversos sistemas e tecnologias que visam a mitigação das enchentes, onde os métodos mais convencionais são os canais, galerias de águas pluviais e os reservatórios de drenagem. As galerias de águas pluviais, são tubulações que captam, drenam e transportam as águas da chuva, levando-as aos rios, córregos e canais. Os piscinões são infraestruturas que amortecem os picos de cheias em locais que não há possibilidade de ampliação da seção hidráulica para melhorar o condicionamento do escoamento dos canais.

Na década de 90, o Departamento de águas e energia elétrica – DAEE, elaborou o estudo que analisa os reservatórios de drenagem como uma estrutura que mitiga as enchentes, e em 1998, o Governo do estado de São Paulo, criou o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, a qual indicou os locais para a implementação dos piscinões, com o mesmo objetivo da DAEE.

Os reservatórios de drenagem podem ser classificados de acordo com seu local de inserção, o que acaba acarretando o seu custo final. Contudo, o conceito geral é o mesmo, onde têm a função de regularizar a vazão de descarga num valor desejado, mas diferentemente dos reservatórios de retenção, retêm uma lâmina permanente de água, normalmente com uso integrado, podendo compor ao mesmo tempo um cenário paisagístico junto a parques e eventualmente com espaços para recreação e lazer (GIUDICE, 2019).

Os aspectos construtivos dos piscinões, são implantados através do barramento de córregos ou canal, por meio de escavação do solo, que para garantir uma segurança do barramento, é disposto de um vertedor – estrutura hidráulica que controla a vazão de condutos livres e o escoamento; em certos casos, se faz necessário complementar com uma estrutura de dissipação a jusante, para evitar descargas do vertedor, sendo evidente a necessidade de dispor de grades de retenção no canal de aproximação, para proteger as seções hidráulicas de distritos que possam obstruir o sistema.

Sendo assim, para a implementação dos piscinões, pode-se classificá-lo de duas maneiras, as quais seu critério principal de escolha, normalmente tem como um dos parâmetros principais, definido pelo local de implantação da infraestrutura. A primeira classificação, é referida pelo método “In-line” (Em linha), onde sua escavação é feita junto ao talvegue (fundo do vale ou rio), fazendo com que a seção do canal seja ampliada; os reservatórios em linha possuem controle de vazões, sendo assim, uma quantidade do volume é reservada por um determinado período e retornam os volumes ao leito de jusante, funcionando por gravidade. A segunda classificação, é decorrente ao método “Off-line” (Lateral, também conhecido como paralelo), diferentemente do primeiro método, ele é escavado fora do leito / calha do rio, ou seja, ele recebe as águas que excedem desses canais; o retorno do volume pode ser ocasionado por gravidade ou bombeamento, contudo, as descargas que

retornam ao leito do canal são através de programações pré-estabelecidas ou por sistema de válvulas de pressão.

Pelo fato de o reservatório lateral reter somente as águas que excedem os volumes de cheia, sendo estabelecidos pela vazão de limite máxima em comparação a descarga da canalização, ele poderá ser considerado um dos mais eficientes.

É possível utilizar, também, da cobertura vegetal como um dos métodos para a redução e minimização de enchentes, a qual é necessário visar que a ocupação humana também alterou as funções da cobertura vegetal, de modo que vem se tornando mais escassa e pobre em diversidade nas áreas centrais, e mais abundante, natural e diversa nas áreas periféricas (PAIVA; GOLÇALVES, 2002).

A diversidade de espécies vegetais varia de acordo com o seu uso e função no lugar em que está localizada. Para uma melhor análise, foi retirado do Google Earth Pro imagens de satélite da estação de metrô Bresser – Mooca, próximo a Universidade Anhembi Morumbi, onde é possível analisar a escassez de cobertura vegetal, tendo em vista que é entendida como “o conjunto de plantas que reveste a superfície de um espaço geográfico” (COUTINHO, 2016, p. 18), localizada em um ambiente urbano.

A cobertura vegetal natural se trata de todas as vegetações encontradas no ambiente urbano, que cresce espontaneamente influenciada por processos bióticos e abióticos locais. Já a cobertura vegetal antropizada é desenvolvida pelo homem e composta por indivíduos isolados ou em grupos, que crescem naturalmente.

Sendo assim, para a implementação da cobertura vegetal em ambientes urbanos, é necessário realizar uma análise de tipos de vegetação apropriada para a cada área determinada, também é importante visar a análise de disponibilidade e funcionalidade da cobertura vegetal como redução e minimização de enchentes.

Pavimento Permeável

Para a implementação do Asfalto permeável, é necessário tomar conhecimento das características mecânicas para que se possa definir a devida utilização da tecnologia. Para isso utilizam-se de ensaios laboratoriais como: índice de vazios, permeabilidade, abrasão por desgaste e resistência a tração.

Os ensaios determinarão a eficiência do projeto para a mitigação das enchentes, contudo, se faz necessário avaliar questões de viabilidade, custo e benefício, além das questões de tempo de execução e durabilidade. Sendo assim, a durabilidade será disposta através da análise dos resultados dos ensaios realizados em laboratórios obtidos de um artigo científico publicado pela revista da Universidade do Vale do Rio Verde (KEYLLA et al, 2018), a qual demonstram que quanto maior a permeabilidade desejada, maior será o volume de vazios, contendo um parâmetro em função do índice de vazios, contudo, quanto maior esse valor, menor será a resistência a tração por compressão, gerando um desgaste por abrasão maior, isso sendo comparado ao pavimento convencional. Para a permeabilidade ser atingida, é necessário que o material tenha um alto volume de vazios, para que obtenha a porosidade desejada, contudo, o índice de vazios não deve causar grandes influências ao ponto de reduzir a resistência a tração, para que o material não se torne

inutilizável, e não tenha um desgaste por abrasão elevado, concluindo que quanto maior a permeabilidade, menor a sua resistência, comprovando assim, que para o uso do Asfalto permeável, o mesmo deverá seguir as indicações de implementação em vias curtas ou que não receberão grandes cargas, para assim ter uma maior durabilidade.

Uma dissertação de mestrado, realizada por Maria Cristina Santana Pereira, na Escola Politécnica em 2014, demonstrou uma análise de valores comparativos entre asfalto permeável e asfalto convencional. A pesquisa de valores foi realizada para pavimentos de tráfego leve e médio, tendo em vista que os locais já estão pavimentados, ou seja, estão preparados para uma recapeação, sendo necessário calcular o custo da implantação do reservatório de retenção com o custo do pavimento permeável. O levantamento foi realizado em parceria com a empresa Usicity, e os resultados são apresentados conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Preço do pavimento permeável por m²

Discriminação	Composição de custo	Espessura da camada (m)	Unidade	Valor (R\$)	Valor por unidade (R\$)	Valor Total (R\$) Maio/2014
CPA - CAMADA POROSA DE ATRITO IMPRIMADURA LIGANTE	ECOFLEX PAV B	0,04	0,04	-	695,8	27,83
	PEDRA BRITADA NÚMERO 1	0,02		0,03	-	-
	PEDRA BRITADA NÚMERO 3	0,02			-	-
BASE BETUMINOSA	PEDRISCO LIMPO	0,01	0,05	15,18	-	-
	EMULSÃO ASFÁLTICA, TIPO RR-2C	0,01			-	-
BGS - FAIXA DRENANTE		0,25	0,25	37,79	-	-
GEOMEMBRANA DE 1MM DE ESPESURA DE PEAD		-	1	13,2	-	-
CAMINHÃO IRRIGADEIRA - 6000 L - BASCULANTE C/CABINE		-	0,0325	3,29	-	-
TRANSPORTE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	CAMINHÃO BASCULANTE - 4 M3	-	0,0325	0,01	-	-
					Total	RS 97,61

Fonte: SIURB

Reservatórios de Drenagem

Os piscinões começaram a serem implementados em 1990 no estado de São Paulo, como um dos principais métodos para a drenagem de águas, a qual foi marcada pela proposição de solução como alternativa em drenagem urbana finalizando com o Plano diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê.

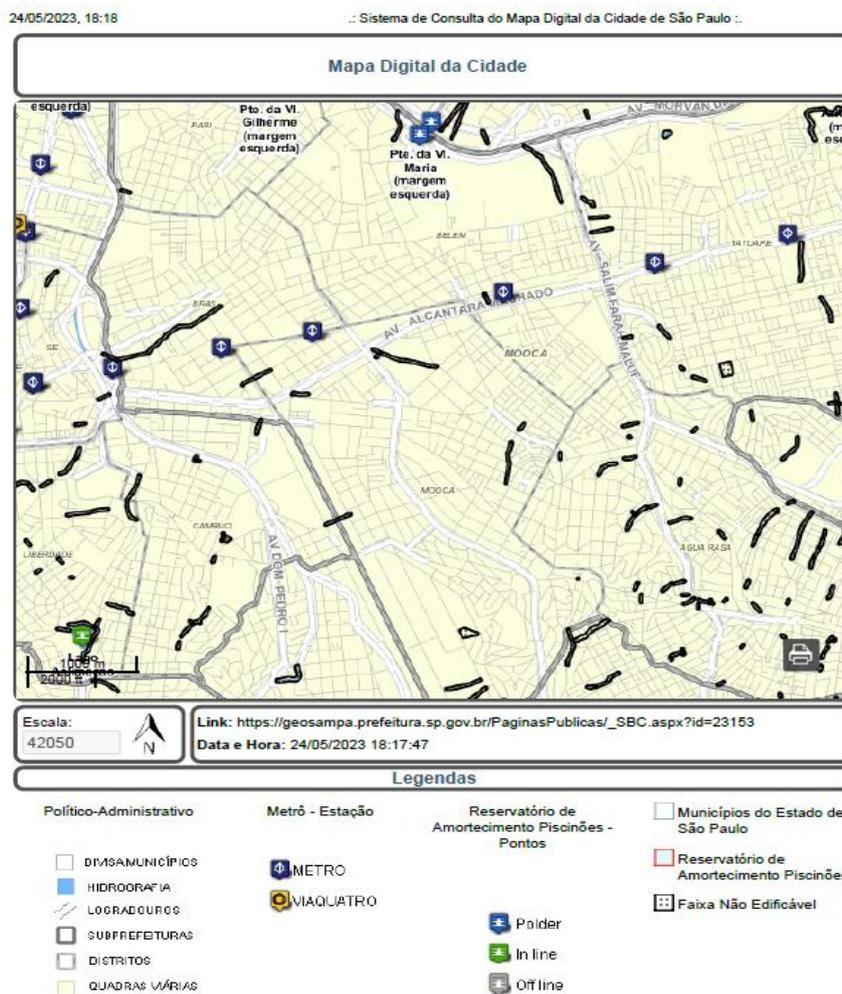
A implantação dos reservatórios de drenagem é uma medida de cunho corretivo devido ao alto índice de urbanização, a qual impermeabilizou excessivamente o solo e ocupou as várzeas. Contudo, por mais que seja uma solução e apresente diversas vantagens, tais como a capacidade de ser considerado um caráter de multifuncionalidade por haver possibilidade de implementação de áreas verdes e de recreação, facilidade de limpeza, redução de poluição e a possibilidade de ser construído longe de uma jusante, os piscinões possuem desvantagens como a desapropriação da área, o que aumenta consideravelmente o seu custo e a possibilidade de falha na operação devido ao serviço de bombeamento, não podendo ficar sem manutenções e limpeza, sendo assim, é necessário realizar

uma análise de vazão e viabilidade de implementação no local, para determinar a profundidade de escavação necessária que atenuaria a problemática.

Em uma pesquisa realizada pelo corpo docente da Escola Superior de Gestão e Contas Públicas - TCMSP, foi comparado os dois sistemas de reservatórios de drenagem; o “em linha” e o “lateral”, a qual o primeiro fica implementado no nível do canal, locado na principal linha do terreno, tendo um sistema por gravidade, já o reservatório “lateral” atua é operado paralelamente ao canal de macrodrenagem e seu sistema, normalmente, é por bombeamento, podendo ser economizado na escavação, que se atingir a profundidade do fundo do talvegue, poderá operar por gravidade.

Foi realizado uma pesquisa através do site Geosampa, a qual mostraria os reservatórios de abastecimento, separados como “lateral” e “em linha”, contudo, através de pesquisas realizadas, é possível observar no mapa 2, que não há implementações de sistemas de drenagem no distrito Mooca. Contudo, através de uma segunda pesquisa, pode-se observar faixas não edificáveis, as quais poderiam estar dispostas de um reservatório de drenagem.

Figura 2 – Mapa de piscinões Mooca



Fonte: Geosampa, 2023

A implementação de um reservatório de drenagem tem o custo de acordo com a desapropriação do local a qual deve ser construído, tornando improvável uma análise financeira para realização de comparações, contudo, o piscinão Guamaranga – o maior de São Paulo, contem capacidade de acumular 850 mil m³ de águas das chuvas, localizado na zona leste da capital, foi entregue em 2017, após o início de sua construção em 2012, para que houvesse uma minimização de inundações na Vila Prudente e Mooca; seu custo chegou a R\$ 160 milhões, e foi construído pelo DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica, sendo mantido e operado pelos municípios.

Figura 3 – Maior piscinão da cidade de São Paulo, localizado na Vila Independência



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2023).

Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal refere-se à presença e extensão das plantas em uma determinada área. Ela descreve a quantidade e o tipo de vegetação que cobre o solo, incluindo árvores, arbustos, gramíneas e outras plantas. Em áreas urbanas, a cobertura vegetal é frequentemente implantada como parte do planejamento e do design urbano. Parques, áreas verdes, jardins verticais, telhados verdes e outras estruturas são criadas para aumentar a presença de plantas e trazer os benefícios associados. Além disso, é um dos métodos considerado e muito usado para ajudar a reduzir o impacto do desenvolvimento humano, melhorar a qualidade de vida, fornecer espaços de recreação e contribuir para a mitigação de problemas como ilhas de calor e enchentes.

Finnoti (2009) diz que “o processo de impermeabilização reduz drasticamente a infiltração e a interceptação; além disso, as superfícies impermeabilizadas como pavimentos, calçadas e telhados escoam rapidamente a área precipitada para as redes de drenagem urbana, que concentram esses valores nos rios principais.”

Considerando o pensamento, levanta-se as principais vias de atuação da cobertura vegetal, como:

- **Redução do escoamento superficial:** A presença de vegetação ajuda a diminuir o escoamento superficial da água da chuva. As plantas interceptam parte da chuva, permitindo que ela evapore gradualmente e reduzindo a quantidade de água que atinge as superfícies impermeáveis, como estradas e calçadas. Isso resulta em uma redução do volume de água que flui para os sistemas de drenagem, minimizando o risco de enchentes.

- Aumento da infiltração da água no solo: A cobertura vegetal melhora a capacidade de infiltração do solo, permitindo que a água da chuva seja absorvida de forma mais eficiente. As raízes das plantas ajudam a abrir caminhos no solo, aumentando a taxa de infiltração. Isso ajuda a recarregar os lençóis freáticos, mantendo um equilíbrio hidrológico saudável e reduzindo o escoamento superficial.
- Armazenamento temporário de água: A vegetação atua como um reservatório temporário de água durante chuvas intensas. As plantas absorvem e armazenam a água da chuva em suas raízes, troncos e folhas. Esse armazenamento temporário ajuda a retardar o fluxo de água e reduzir a carga sobre os sistemas de drenagem. Consequentemente, os picos de vazão são amenizados e o risco de enchentes é mitigado.

Este método tem se mostrado eficaz na mitigação de enchentes, desde que implementada corretamente e considere os fatores do projeto, planejamento adequado, estrutura, manutenções regulares, e em conjunto com outras medidas de gerenciamento de águas pluviais, conhecidas como medidas-não estruturais.

O controle de enchente e gerenciamento do excesso de água é separado em dois conceitos: Gerenciamento das áreas de enchente e Gerenciamento da água pluvial urbana. As medidas não-estruturais visam a melhor convivência da população, e maior envolvimento da comunidade, com as enchentes e suas causas, sendo então medidas de caráter preventivo e educacional. Essas medidas se concentram em práticas de gestão e planejamento que visam reduzir o escoamento superficial e melhorar a gestão das águas pluviais, sendo divididas em: Construções à prova de enchentes; Regulamento do uso da terra; Previsão; Seguro de enchente; alerta de inundação.

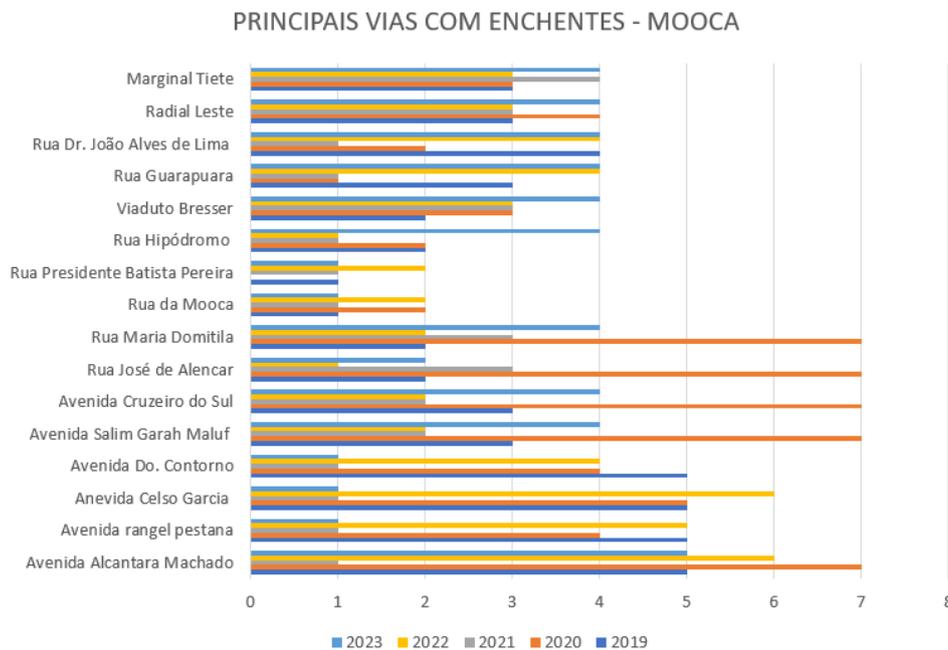
Foi realizado uma pesquisa através do Geosampa, a qual foi possível analisar a cobertura vegetal localizado na região Mooca, possibilitando um demonstrativo através de um mapa (mapa 2). A pesquisa aponta que a região está disposta de cobertura arbórea, arbóreo-arbustiva/arborescentes e de herbáceo-arbustiva, ou seja, são constituídas de plantas de porte rasteiro e arbustos, além de árvores de médio porte. Para uma cobertura vegetal influenciar na mitigação de enchentes, é necessário que haja uma área maior de cobertura vegetal.

Figura 4 – Mapa de cobertura vegetal da Mooca

um fluxo maior das águas pluviais, cujas são direcionadas aos corpos hídricos, receptores do escoamento superficial, que se dá por meio das bocas de lobo, canalizações, galerias e sarjetas das ruas.

Para verificação da viabilidade do uso do asfalto permeável, é necessário realizar uma comparação com o pavimento já existente, neste caso, o pavimento convencional, onde 17,2 mil km das vias são pavimentadas, e, existem cerca de 65 mil logradouros registrados na cidade de São Paulo, de acordo com a Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SMSO), dados de 2018. Todavia, o estudo foi realizado para a implementação de um sistema de drenagem para a região da Bresser – Mooca – São Paulo, SP, próximo da Universidade Anhembi Morumbi. Para o CGESP – (Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas) as principais vias que são pontos de enchentes na cidade de São Paulo, no bairro Mooca, são: Avenida Alcantara Machado, Avenida Rangel Pestana, Avenida Celso Garcia, Rua Jose de Alencar, Rua Maria Domitila, Rua da Mooca, Rua Presidente Batista Pereira, Rua Hipódromo, Viaduto Bresser, Rua Guarapuava e Rua Dr. Joao Alves de Lima. A pesquisa foi feita em uma análise junto ao site da CGESP, onde foi selecionado uma semana de cada mês do ano, durante o período de 2019 a 2023, realizando uma média dos valores considerados transitáveis e intransitáveis, a qual o índice se baseia como transitável aqueles que são \leq (inferiores ou iguais a) 4 e intransitável os que são \geq (maiores ou iguais a) 5, onde os números apresentam o nível de dificuldade.

Figura 1 – Demonstrativo quantitativo de enchentes na região da Mooca entre 2019 e 2023



Resultados e Discussões

Diante da problemática apresentada no artigo, para as quais foram estudadas as soluções de utilização dos piscinões, cobertura vegetal e pavimento permeável, foi possível identificar que devido à alta urbanização da região da Mooca - SP, existe efetivamente pouco espaço para a implementação de reservatórios de drenagem, conforme destacado no mapa do Geosampa, apresentado na Figura 2.

O segundo material apresentado foi a Cobertura vegetal, a qual é apresentada em forma de parques e quadras, para que haja uma permeabilidade no solo e a drenagem seja realizada.

A solução utilizando-se da implantação da cobertura vegetal material apresenta características suficientes para ser eficiente para ser implementado em conjunto a um segundo elemento que contenha o mesmo objetivo, pois, as coberturas vegetais que estão dispostas na área Mooca se resumem a arvores e arbustos, cujos não são eficientes para soluções de drenagem e permeabilidade. A melhoria da cobertura vegetal pode ser inserida próximo as estações, as quais normalmente utilizam de piso intertravado, sendo assim, o espaço disposto coberto de vegetações influenciaria positivamente no momento da drenagem e permeabilidade.

Por fim, o pavimento permeável promoverá a drenagem no solo através da granulometria do material. O uso desta tecnologia nas vias citadas neste artigo, através da Figura 1, seria a solução mais plausível, correlacionando o preço entre pavimento permeável e a construção de um novo reservatório de drenagem para atender a região, conforme abaixo:

Conforme informação da Secretaria Especial de Comunicação de São Paulo, o piscinão de Guamiranga construído em 2017, recebeu em torno de R\$ 160 milhões de investimentos totais. Para realizar um comparativo em relação ao pavimento permeável, podemos adotar a Avenida Alcantara Machado, que possui extensão total de 4.800 metros. Considerando uma plataforma total média com 8 faixas de rolamento (4 no sentido bairro e 4 no sentido centro). Posto que cada faixa de tráfego possui 3,5 metros de largura, conforme Instrução de Projeto IP-DE-F00-001_A, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER-SP), obtemos uma área total de 134.400,00 m². Considerando o preço médio de 97,61 m², obtemos um valor total de R\$ 13.118.784,00.

Tabela 2 – Comparativo Pavimento Permeável X Piscinão Guamiranga

Comparativo Pavimento Permeável x Piscinão

ITEM	QTD	UN	R\$ UNITÁRIO	R\$ TOTAL
Piscinão Guamiranga	1,00	UN	R\$ 160.000.000,00	R\$ 160.000.000,00
Avenida Alcantara Machado	134.400,00	M ²	R\$ 97,61 m ²	R\$ 13.118.784,00
CUSTO PAVIMENTO PERMEAVEL EM RELAÇÃO AO PISCINÃO				8%

Fonte: Autoral, 2023

Destaca-se que as obras de recapeamento em geral ocorrem no período noturno, levando menos tempo que a construção de um reservatório de drenagem e também gerando menos impacto urbano.

Conclusões

Os piscinões são medidas comuns adotadas para a minimização das enchentes nas cidades, contudo, é válido ressaltar que por mais que a construção seja o método convencional, a implementação de novas tecnologias são viáveis, tendo em vista a necessidade de aceleração do escoamento, pois o principal problema que está acarretando as enchentes são as sobrecargas nos sistemas de drenagem como os canais e bueiros, que além de necessitar de manutenções, não estão sendo suficientes, tendo em vista a existência de um reservatório de drenagem localizado em Guamiranga. Sendo assim,

pode ser uma alternativa mais eficiente a implementação de sistemas de abatimento de vazões de pico, desde que o corpo receptor tenha condições para assimilar esse incremento de vazão.

Contudo, para que haja a implementação do sistema de pavimento permeável, é necessário a integração das atividades de fiscalização e manutenção, à cargo do poder público, de modo que os sistemas sejam eficientes e atendam às necessidades.

Por fim, considera-se que o conjunto de fatores do problema de enchentes em centros urbanos é uma matriz de problemas correlacionados, portanto, para contribuição no desenvolvimento de pesquisas futuras sugerem-se os seguintes direcionamentos:

- 1- Custo do pavimento permeável em relação ao custo do pavimento impermeável e a taxa da vazão de percolação para os reservatórios;
- 2- Análise da contribuição de água percolada em relação a hipsometria da região.

Referências

- ABRIL, Marta Juliana. **Piscinões – O Projeto de Retenção de Água Pluvial na Região Metropolitana de São Paulo**. Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2017.
- ACIOLI, Laura. **Estudo Experimental de Pavimentos Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial na Fonte**. UNFRGS, Porto Alegre. 2005.
- AZEVEDO, Rodrigo Pires; BRANDINI, Bruna Carrilho; LEVY, Wilson Braga da Silva Neto; GOLIN, Rafael Galvão. **Asfalto Convencional ou Permeável? Viabilidade técnica na prevenção de enchentes**. UNINOVE, ENANPUR, Natal. 2019.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. Cap. 6, pg. 216-225.
- BATISTA, José Anderson do Nascimento; BOLDRIN, Juliana Andressa. **Avaliação do Desempenho Hidráulico de um sistema de Drenagem de águas pluviais urbanas**. UNICAMP, Campinas. Abril, 2018.
- BENINI, Sandra Medina. **Infraestrutura Verde como Prática Sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: Estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. UNESP, São Paulo. 2015.
- BOLUND, P.; HUNHAMMAR, 2. **Ecosystem services in Urban Area. Ecological economics**. 1999.
- COUTINHO, L. M. **Biomass Brasileiros**. Oficina de textos, São Paulo. 2016.
- DNER. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem**, São Paulo. 2023.
- FILHO, Ailton Pinto Alves. **A Percepção do Caos Urbano, as Enchentes e as suas Repercussões nas Políticas Públicas da Região Metropolitana de São Paulo**. Universidade de São Paulo – USP. 2006.
- GEOSAMPA. **Sistema de Consulta do Mapa Digital da Cidade de São Paulo**. São Paulos, 2023.
- GIUDICE, Sílvio Luiz. **Reservatórios de detenção – Piscinões**. Escola Superior de Gestão e Contas Públicas -TCMSP, São Paulo, 2019.

- HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E. **Economic impacts of natural disasters in megacities: the case of floods in São Paulo, Brazil.** Habitat International, 2014.
- HOLTZ, Fabiano da Costa. **Uso do Concreto Permeável na Drenagem Urbana: Análise da Viabilidade Técnica e do Impacto Ambiental.** UNFRGS, Porto Alegre. 2011.
- KEYLLA, Lilian Berto; GODOI, Renan; CORSO, Marla; RICARDO, Judson; CRISTIANA, Luciana Soto Herek Rezende. **Análise da Relação entre a Permeabilidade e as características Mecânicas do Revestimento Asfáltico Permeável.** UVRV, Maringá, PR. 2018
- MACIEL, Gabriel; MOLISANI, Henrique; ZARATINO, Rafael. **A influência da impermeabilização nos sistemas de drenagem urbana.** UNIFAAT, São Paulo, SP. 2021.
- MINAKI, M.; AMORIM, M. C. C. T.; MARTIN, E. S. **Ensaios Teóricos-metodológico sobre áreas verdes aplicadas a um estudo de caso: diagnósticos dos referenciais terminológicos e a realidade in loco.** Revista Formação. 2006.
- MATOS, E.; QUEIROZ, L. P. **Árvores para cidade.** Ministério Público, Salvador. Bahia. 2009.
- MONTEIRO, A. C. Neves. **Concreto Poroso: Dosagem e Desempenho.** Universidade de Goiás – Escola de Engenharia Civil. Goiânia, 2010.
- NAKAMURA, Juliana. **Piscinões são alternativas eficazes para controle de enchentes urbanas.** 2023.
- OSEKI, Haroldo Yudi Tada. **Pavimento permeável: conceito, viabilidade e execução desta tecnologia construtiva.** UNESP, Guaratinguetá. 2017.
- PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Florestas Urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida.** Viçosa: Aprenda Fácil. 2002.
- PEREIRA, Maria Cristina Santana. **Relação de Eficiência e Custos dos Reservatórios de Detenção e Pavimento Permeável na Bacia Hidrográfica do rio Pirajuçara.** USP, São Paulo. 2014.
- PINTO, Liliane Lopes Costa Alves. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano.** Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2011.
- Primeira via de Praia Grande com Pavimentação drenante é entregue.** Município Praia Grande, Praia Grande, SP. Setembro, 2018.
- RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos. **Avaliação da Eficiência dos Pavimentos permeáveis na Redução de Escoamento Superficial.** Porto Alegre, Volume 5 n.3. jul./set 2000.
- SETTI, Rafael Fabião. **Gestão de Enchentes: Medidas não Convencionais em Drenagem Urbana.** Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói. 2016.
- SIURB. **Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB) normaliza utilização de Asfalto permeável para evitar enchentes.** Cidade de São Paulo Comunicações, São Paulo, SP. Maio, 2012.
- Secretaria Especial de Comunicação.** Cidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2017.

SUDERHSA, C. H. D. B. Manual de drenagem urbana-Região metropolitana de Curitiba -PR. Suderhsa – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Não publicado. 2002.