

# **INCORPORAÇÃO DE TÉCNICAS LID (LOW IMPACT DEVELOPMENT) EM EDIFÍCIOS <sup>1</sup>**

Camila Ribeiro Luna – [crluna93@gmail.com](mailto:crluna93@gmail.com)

Erika Braga De França – [erika.bragaf@gmail.com](mailto:erika.bragaf@gmail.com)

Leonardo Ricardo Bonito – [leonardobonito@uol.com.br](mailto:leonardobonito@uol.com.br)

Lorraine Barcelos Dutra – [lorrainebarc@hotmail.com](mailto:lorrainebarc@hotmail.com)

Raissa Manna Rangel – [raissamrangel@hotmail.com](mailto:raissamrangel@hotmail.com)

Rolando Gaal Vadas (Orientador) – [rolando.vadas@mackenzie.br](mailto:rolando.vadas@mackenzie.br)

## **RESUMO**

O trabalho tem por objetivo a incorporação de técnicas Low Impact Development em novos empreendimentos, visando por meio desse sistema, amortecer os impactos causados pela drenagem urbana vigente e compensar os impactos causados pela falta de planejamento urbano e pelo crescimento desordenado da população. A metodologia utilizada no projeto foi executada em um edifício de alto padrão na zona Oeste de São Paulo, objetivando a realização de um comparativo entre os pisos permeáveis disponíveis no mercado; O melhor uso das áreas verdes devido à grande variedade de vegetação, mantendo um plano mais sustentável, com caráter ecológico e, por fim, a divisão das áreas finais em permeáveis e impermeáveis quando comparadas a área inicial do empreendimento. Com as possibilidades analisadas, foram feitos cálculos de infiltração, dimensionamento de um reservatório para reutilização de água, orçamentos e análises de viabilidade econômica. Após a conclusão do estudo, os resultados revelaram que a aplicação do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto em novos empreendimentos é viável, levando em conta custos, tempo de retorno do investimento e complexo de aplicação.

Palavras-chave: Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto. Drenagem Urbana. Pavimento Permeável.

---

<sup>1</sup> Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil, EE, UPM, São Paulo, 2020.

# INCORPORATION OF LID (LOW IMPACT DEVELOPMENT) TECHNIQUES IN BUILDINGS

## ABSTRACT

The project aims to incorporate Low Impact Development techniques in new ventures, aiming through this system, to mitigate the impacts caused by current urban drainage and to compensate for the damage caused by the lack of urban planning and disorderly population growth. The methodology used in the project was carried out in a high-end building in the West zone of São Paulo, aiming a comparison between the permeable pavements available on the market; the best use of green areas due to the great variety of vegetation, maintaining a more sustainable plan with an ecological character; and finally dividing the final areas into permeable and impermeable when compared with the initial area of the project. After all the possibilities being analyzed, permeability calculations, dimensioning of a reservoir for water reuse, budgets and economic feasibility analyzes were made. Upon completion of the study, the results revealed that the application of Low Impact Development in new ventures is feasible, considering return of investment and complex application.

Palavras-chave: Low Impact Development. Urban Drainage. Permeable pavement.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural e limitado mais importante para a manutenção da vida humana. O Brasil possui cerca de 12% de toda água doce que existe no planeta (ANA, 2020) e mesmo sendo uma grande quantidade em comparação a outros países, quase 35 milhões de brasileiros não tem acesso a água potável, 34,38% da água para abastecimento na região Sudeste é perdida antes de chegar no seu destino final e “cerca de 6 mil áreas de aquíferos e águas subterrâneas estão contaminadas no estado de São Paulo” (TRATA BRASIL, 2020).

A Lei 9.433/97 denominada Lei das Águas rege a gestão dos recursos hídricos (águas superficiais e subterrâneas), tarefa árdua considerando crises hídricas que o país sofreu nos últimos anos e o fato de que estes recursos são cada vez mais escassos, isso se deve ao consumo ser superior à reposição natural das águas.

Além disso, outro fator que interfere diretamente é que os principais centros urbanos existentes, em sua maioria, não foram alvos de planejamento urbano, pelo contrário, passaram por crescimento populacional desordenado, o que resultou em medidas de gestão urbana remediadoras, incluindo o sistema convencional de drenagem urbana, que é responsável por captar o escoamento superficial direto e conduzi-lo ao sistema de tratamento, controlando-o sempre à jusante.

Essa solução foi suficiente por um período de tempo mas o crescimento desordenado é diretamente proporcional às ações antrópicas que, nos últimos anos, tem aumentado, resultando em

solos impermeabilizados que aliado a fatores como remoção de vegetação, alterações topográficas e descarte irregular de esgoto e resíduos sólidos, principalmente em período de chuvas, acarretam riscos geológicos como inundações e movimentos de massa, além de outros desequilíbrios ambientais como assoreamento de rios, podendo afetar também o ciclo hidrológico (ZANANDREA, 2016, p. 14).

Diante desse quadro, na década 90, nos Estados Unidos, iniciou-se uma busca por alternativas para mitigar os problemas de drenagem urbana, e assim se iniciam estudos de práticas Low Impact Development (LID), em português, Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto. Em Los Angeles as técnicas de baixo impacto são utilizadas e desenvolvidas desde que surgiram, e nos dias de hoje as tecnologias existentes e o controle hídrico realizado pela cidade é referência, contando com empresas privadas atuando em conjunto com a U.S. Environmental Protection Agency (EPA), em tradução livre Agência de Proteção Ambiental dos E.U.A., e governos locais para desenvolver ferramentas de gestão e melhoria da qualidade da água.

O LID se baseia em replicar um modelo hidrológico idêntico ao natural com o intuito de preservar o escoamento superficial, a capacidade de infiltração, o volume de infiltração, viabilizando o controle e remoção de poluentes, bem como, o controle de picos de vazões, ou seja, preservar o ciclo hidrológico. O LID já foi estudado e aplicado em países como Canadá, Austrália, Coreia e China, em cada lugar, o sistema sofre alterações para devida adaptação ao clima existente. No Brasil, estudos foram realizados no sul e sudeste, comprovando sua aplicabilidade no país.

O Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto é classificado, basicamente, em duas funções: armazenamento e infiltração, para aplicação das mesmas são utilizadas infraestruturas de drenagem, algumas delas são: bioretenção, micro reservatórios, pavimentos permeáveis, preparação do solo, swales (áreas vegetadas), telhado verde e trincheira de infiltração. Neste trabalho serão abordadas as infraestruturas de micro reservatório, pavimentos permeáveis e áreas vegetadas.

A área escolhida para estudo é o edifício de alto padrão FC, localizado na zona oeste de São Paulo. Diante do exposto e da relevância de fatores como sustentabilidade e otimização de recursos, que valorizam o empreendimento, este trabalho procura demonstrar os benefícios de se incorporar técnicas LID, visando atenuar os impactos causados pelos fenômenos naturais e as consequências do atual sistema de drenagem urbana, contribuir para a reposição natural do reservatório subterrâneo, amenizando sua contaminação, além de estimular o ciclo natural da água. Procura-se contribuir com soluções práticas para o meio acadêmico e comercial aplicando a técnica proposta.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

A impermeabilização das superfícies pelo avanço da urbanização impede o armazenamento de água no solo e por conseguinte a recarga dos aquíferos, diminuindo o escoamento da base dos córregos, tendo influência direta no regime de escoamento e na qualidade da água. Geralmente ligada

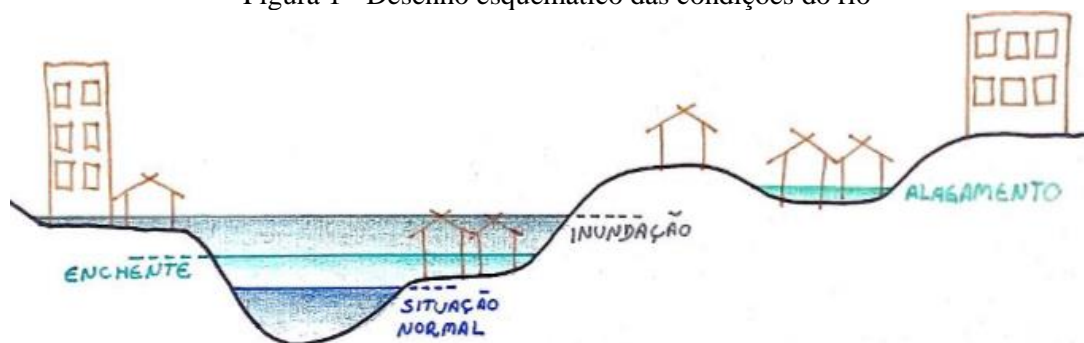
à remoção de vegetação e terraplanagem, a impermeabilização do solo reduz a interceptação das águas de chuva pelas plantas e o armazenamento em pequenas depressões do solo (CANHOLI, 2013).

A água da chuva escorre pelas superfícies e não são retidas, causando um grande aumento no volume de água superficial a ser escoada. Fica evidente também que a velocidade de escoamento chega a níveis acima do normal e o tempo de escoamento é reduzido, causando erosões e crescente aumento na quantidade de sedimentos que são transportados por condutos e canais, reduzindo assim a infiltração.

## 2.1 ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS

É importante entendermos a diferença entre enchentes e alagamentos. A enchente é o processo natural das cheias dos rios, e, no meio urbano, é definida pela elevação do nível da água com as chuvas até atingir a cota máxima do canal, sem extravasar; inundações ocorrem quando há o transbordamento do curso d'água, ocupando a área de várzea (ou planície de inundação); já os alagamentos são um acúmulo de água temporário em alguns locais por problemas no sistema de drenagem (FOLONI, 2018). A Figura 1 ilustra esta definição:

Figura 1 - Desenho esquemático das condições do rio



Fonte: Foloni (2018)

Geralmente, o mau uso das zonas das cidades, principalmente nos espaços localizados as margens de rios, está diretamente relacionado à falta de um plano diretor adequado e ineficiente da administração local. Na pesquisa feita por (FOLONI, 2018), a escolha da cidade a ser analisada foi a cidade de Bauru. E segundo sua pesquisa, devemos levar conta os seguintes pontos:

- análise das condições de infraestrutura relacionadas ao manejo de águas e o impacto das enchentes para população: a relação entre os moradores e os rios urbanos, suas expectativas e necessidades (foloni, 2018);
- investigação do contexto histórico e político de bauru no século xx para entender o avanço da urbanização, as políticas públicas envolvidas na transformação da paisagem, e as consequências desse processo (foloni, 2018);
- reflexão sobre a necessidade do estudo da paisagem local para a implantação de projetos urbanísticos mais sustentáveis; importância da educação ambiental e conscientização da população; incentivo à participação nas políticas públicas (foloni, 2018);

- d) levantamento de propostas para mitigação de enchentes e busca pela sustentabilidade nas cidades, verificando como poderiam beneficiar Bauru (FOLONI, 2018).

## 2.2 DRENAGEM URBANA

Segundo Alan, Rosemeire e Pedro (2017), entende-se por drenagem urbana ou manejo de águas pluviais e fluviais, todo conjunto sistêmico de curso e/ou direcionamento da água, seja ela coletada (pela rede pública), escoada superficialmente (pela precipitação) ou fluída naturalmente (por rios e lagos). A drenagem é parte de um ambiente urbano e faz parte de um processo de planejamento que contemple medidas de curto, médio e longo prazo e pode ser classificada em dois sistemas principais:

- a) **microdrenagem**: Sistema de coleta de água da rede primária urbana, projetado com o objetivo de condicionar águas pluviais dos pavimentos e vias públicas. Constituído por sarjetas, bocas de lobo, canais ou galerias (BARROS; PAULINO; RODRIGUES, 2017);
- b) **macrodrenagem**: Sistema de coleta de água que abrange uma área extensa da malha urbana, que envolve os diferentes sistemas coletores da microdrenagem e compreende a rede de drenagem natural. Constituído por rios, córregos, lagos e galerias de grande porte (BARROS; PAULINO; RODRIGUES, 2017).

Atualmente, o assunto gerenciamento de drenagem urbana no Brasil ainda é escasso, sendo necessária uma análise mais abrangente de gestão e sustentabilidade. Segundo Benini (2015), o resultado dessa ineficiência é o surgimento de uma diversidade de problemas, sobretudo aqueles de natureza socioambiental, tais como: a ocupação de áreas de riscos (Áreas de Preservação Permanente (APPs), áreas com declividades acentuadas e sujeitas a deslizamentos, encostas, etc.), carência de serviços públicos, infraestrutura e mobiliário urbano, ausência/deficiência de saneamento básico, comprometimento do sistema de drenagem, estrangulamento do sistema tráfego, poluição, contaminação de mananciais, deposição irregular de resíduos sólidos, entre outros.

Ao decorrer dos anos as técnicas utilizadas em drenagem urbana, foram se aperfeiçoando e ganhando novos métodos de aplicação e funcionalidade. Segundo Julio Canholi (2013), novos conceitos e técnicas com o objetivo de recuperar, o máximo possível, as condições hidrológicas locais anteriores a ocupação da bacia. Essas técnicas ditas alternativas ou compensatória, buscam através da utilização de diferentes processos físicos e biológicos e da visão multidisciplinar e sistêmica do problema, garantir a diminuição do volume escoado após a urbanização, a manutenção do tempo de concentração da bacia, o controle das velocidades de escoamento, a manutenção da qualidade da água e o uso da água da chuva.

## 2.3 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Pavimento permeável é uma superfície que permite a infiltração das águas providas da chuva devido ao seu alto índice de vazios nos materiais que o compõe.

Os pavimentos permeáveis podem ser considerados elementos de drenagem urbana uma vez que auxiliam no amortecimento de vazões (VIRGILIIS, 2009), podendo reduzir a taxa de escoamento superficial das águas pluviais possibilitando o armazenamento das águas nas camadas inferiores do pavimento e posteriormente a possíveis reservatórios.

Utilizados como técnicas compensatórias de drenagem urbana (PINTO, 2011), os pavimentos permeáveis podem ser aplicados em estacionamentos e vias de tráfego leve, como exemplo condomínios residenciais.

Algumas das vantagens da utilização de pavimentos permeáveis (Ciria, 1996 *apud* Acioli, 2005, p.12):

- a) diminuição dos riscos de inundação devida redução do volume de água nos sistemas de drenagem;
- b) a água proveniente da infiltração pode reabastecer o lençol freático, desde que não comprometa sua qualidade;
- c) podem ser utilizados em empreendimentos onde não haja rede de drenagem;
- d) custos reduzidos em longo prazo em relação a outros sistemas de drenagem.

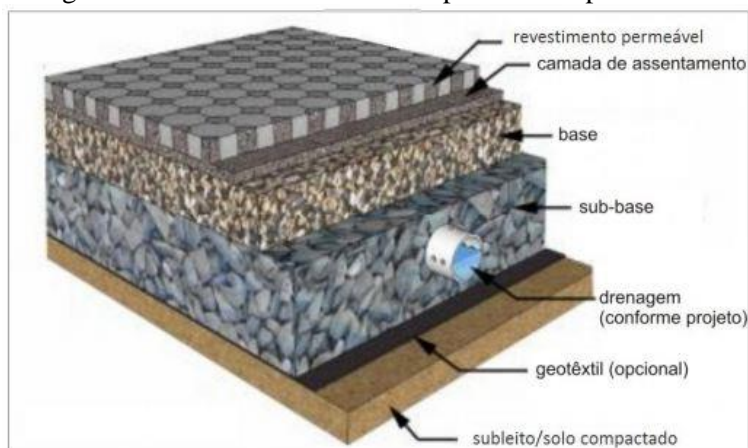
Segundo Virgiliis (2009), os pavimentos permeáveis devem atender aos esforços mecânicos e hidráulicos, onde sua função mecânica se deve a propriedade de suportar os carregamentos provindos do tráfego, podendo este ser de leve a moderado. Já a função hidráulica se dá pela capacidade de infiltração da água através da porosidade dos materiais.

A água da chuva ao infiltrar no pavimento pode ser conduzida para um reservatório e posteriormente para rede de drenagem, ou apenas ser infiltrada pelo solo, e/ou uma combinação das duas formas como citado por Acioli (2005).

### 2.3.1 Estrutura Do Pavimento

A estrutura de um pavimento (Figura 2) é composta pelo revestimento também chamado de camada de rolamento, podendo ser permeável ou impermeável, responsável por receber diretamente as ações do tráfego; base, camada localizada logo abaixo do revestimento responsável por aliviar as tensões do revestimento e distribuí-las para as camadas inferiores; sub-base, camada complementar à base que tem como função prevenir o bombeamento do solo do subleito para a camada de base; e subleito, camada de solo em que será apoiada a estrutura do pavimento.

Figura 2 - Estrutura do sistema de pavimentos permeáveis



Fonte: Oliveira (2018).

Na estrutura do pavimento permeável dependendo das necessidades apresentadas em projeto, podem-se ser instalados tubos de drenagem do tipo dreno na camada de base/sub-base que auxiliem na drenagem da água que fica armazenada na camada reservatório (ACIOLI, 2005).

### 2.3.2 Tipos De Pavimentos Permeáveis

Os pavimentos permeáveis podem ser descritos basicamente por dois tipos citados por Pinto (2011), são eles:

- a) pavimentos permeáveis infiltrantes: permitem que a água da chuva infiltre no pavimento e posteriormente no solo.
- b) pavimentos permeáveis armazenadores: permitem que a água da chuva fique armazenada em um reservatório e posteriormente seja conduzida por um sistema de drenagem.

Dentre os pavimentos permeáveis infiltrantes, podemos classificá-los de acordo com a capacidade de infiltração da água no solo, podendo ser parcial, total ou para controle da qualidade da água. A seguir descreve-se cada uma destas categorias como citadas por Acioli (2005):

- a) sistemas de infiltração parcial: são casos em que o solo do subleito não possui boa taxa de infiltração, sendo assim necessário instalar um sistema de drenagem com tubos vazados, com objetivo de captar a água que ficaria contida na camada reservatório.
- b) sistemas de infiltração total: sistema no qual ocorre a total infiltração da água da chuva no solo, sendo assim necessário dimensionar as camadas do pavimento de modo a armazenar a parcela de água subtraída da parcela que foi infiltrada.
- c) sistema de infiltração para controle da qualidade da água: utilizado para coletar o fluxo inicial da chuva que contém o maior número de poluentes e detritos, não sendo capaz de coletar o volume excessivo de águas, onde esse excesso é transportado para um coletor de água pluvial.

Os pavimentos permeáveis armazenadores se descrevem pela sua capacidade de armazenar água na camada granular do pavimento (PINTO, 2011), também chamada de camada reservatório

(ACIOLI, 2005), podendo esta ser dimensionada de acordo com estudos hidrológicos da região em que se deseja executar o projeto.

### **2.3.3 Tipos De Revestimentos Permeáveis**

Como exemplo, temos três tipos de revestimentos permeáveis, sendo eles o asfalto poroso, concreto poroso, e os blocos de concreto. A seguir descreve-se sucintamente cada um deles.

#### **2.3.3.1 Asfalto Poroso**

O asfalto poroso é uma variação do asfalto convencional, onde se tem a mistura de ligante betuminoso com agregados uniformes (VIRGILIIS, 2009), porém a diferença entre o asfalto convencional se dá pela propriedade de permeabilidade do asfalto poroso.

#### **2.3.3.2 Concreto Poroso**

O Concreto poroso, caracterizado pela ausência de agregados finos, o concreto poroso possui resistência relativamente baixa, sendo aconselhável para vias de tráfego leve, como calçadas e estacionamentos. Devido ao grande volume de vazios, o concreto poroso permite que as águas das chuvas percolem através de sua superfície.

#### **2.3.3.3 Blocos De Concreto**

Capazes de suportar de tráfegos leves a pesados, os blocos de concreto são assentados geralmente por uma base de areia promovendo assim porosidade e permeabilidade ao conjunto como citado por Virgiliis (2009). Os blocos de concreto possuem variações como o bloco de concreto maciço e o bloco de concreto vazado:

- a) blocos de concreto vazado: são blocos que possuem uma abertura em sua estrutura que podem ser preenchidos com solo, agregados ou vegetação (pinto, 2011), permitindo a percolação das águas da chuva por estas aberturas;
- b) blocos de concreto maciço: comumente chamados de blocos intertravados de concreto maciço, possuem alta durabilidade e resistência. são assentados lado a lado sobre uma camada de areia de modo a preencher todo o local destinado ao pavimento, devendo ser travados por uma contenção lateral a fim de resistir aos deslocamentos verticais e horizontais das peças.

Além das águas provindas da chuva, o pavimento permeável poderá ser suscetível às águas de outros locais como telhados ou áreas impermeáveis (ACIOLI, 2005).



## 2.4 RESERVATÓRIOS

Segundo Virgiliis (2009), os reservatórios têm como benefício redução de custos com sistemas de drenagem, redução de problemas de inundação, redução dos efeitos de erosão e aumento significativo na qualidade da água.

O cálculo do volume do reservatório é de suma importância para determinar a capacidade de armazenamento da água que precipita no pavimento.

Tendo em vista a incorporação de técnicas LID, podemos incluir os reservatórios como técnicas condizentes com o nosso projeto, pois permitem o armazenamento temporário das águas da chuva, aliviando a vazão de água que é despejada no sistema de drenagem urbana e podendo vir posteriormente à utilização como água de reuso para fins de jardinagem entre outras utilizações que permitam o uso da água não potável.

As motivações para utilização dessas estruturas são as possibilidades de minimizar interferências nas condições naturais de escoamento, a vantagem econômica sobre os dispositivos clássicos, a utilização para fins recreacionais, a facilidade de incorporação paisagística, a melhoria na qualidade da água, entre outras (NAKAZONE, 2005, p.59).

Existem duas tipologias principais de reservatórios: reservatório de detenção e reservatório de retenção. Os demais são sempre derivações destas duas tipologias.

O reservatório de detenção, também conhecido como bacia de detenção, detention basin, detention pond ou dry pond, fornece um armazenamento temporário com descarga gradual a jusante, sendo projetado para permanecer seco entre eventos chuvosos, podendo nessas ocasiões ser utilizado para outras finalidades, como por exemplo recreação.

O reservatório de retenção, retention basin, retention pond ou wet pond, é projetado para manter uma lâmina de água permanente na parte inferior e promover a infiltração, sendo indicado também para controle da qualidade da água pois implicam num longo tempo de permanência.

Observando a figura 10 (MCCUEN, WALESH E RAWIS, 1983 apud NAKAZONE, 2005) que representa a evolução do uso dos reservatórios de detenção/retenção nota-se que “O Brasil ainda estaria na primeira fase. Entretanto, mesmo sem ter equacionado os problemas da primeira fase, já se caminha para as demais fases por anseios da própria sociedade brasileira.” (NAKAZONE, 2005, p.95).

Nos Estados Unidos, onde já existe uma cultura de participação social nas questões do desenvolvimento urbano e onde o processo de conscientização e educação ambiental são mais arraigados, estruturas alternativas de drenagem urbana, inclusive reservatórios de armazenamento, já são implantados pelos próprios cidadãos, através de iniciativas populares, voluntariamente ou por solicitação aos governantes.

Os reservatórios de retenção podem ser implantados na macrodrenagem, na microdrenagem e em loteamento e lotes.

A adoção de reservatório de retenção na macrodrenagem, de forma geral, é concebida ou deveria ser, pelos planos diretores de macrodrenagem urbana após cuidadosos estudos da bacia hidrográfica, como acontece em São Paulo, onde os problemas de escoamento da drenagem são totalmente interdependentes e complexos (CANHOLI, 2013).

Os piscinões ou reservatórios de retenção são utilizados como medida corretiva, eles possuem alto custo e por serem de grande porte interferem em áreas populosas, vindo a ser necessário desapropriações em sua área de construção (NAKAZONE, 2005, p.98).

Como parte da microdrenagem, seguem em linhas gerais os esclarecimentos prestados para sua adoção nos sistemas de macrodrenagem, exceto pelo seu menor vulto e conseqüentemente, facilidade de implantação.

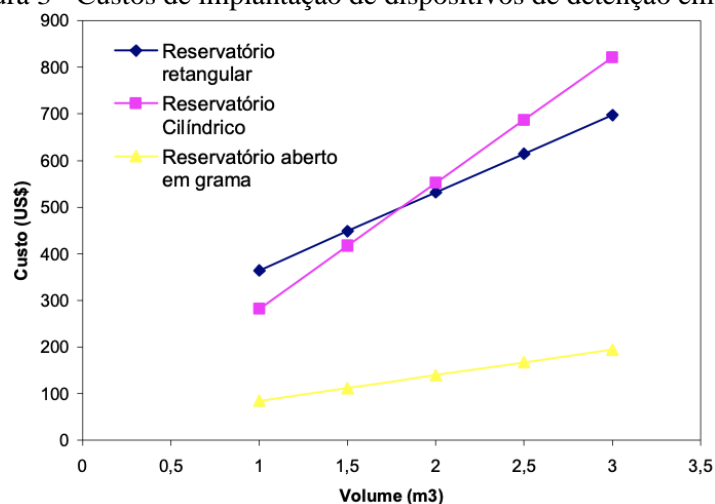
Segundo Cruz e Agra (2001) e Cruz, Araújo e Souza (2003) apud Nakazone (2005, p.99):

Os microreservatórios são estruturas de armazenamento distribuídas, colocadas no interior de lotes urbanos para abater as vazões de pós-ocupação e manter as condições de pré-urbanização, atenuando o pico dos hidrogramas de saída e possibilitando a recuperação da capacidade de amortecimento perdida pela bacia devido à impermeabilização, principalmente pelo controle da vazão de saída. Esses microreservatórios podem ser aplicados em pequenos espaços livres, como praças, jardins e quintais, possuem a vantagem de uma implementação mais simples e rápida e são dimensionados através de metodologias simplificadas.

“Os reservatórios de retenção, principalmente os microreservatórios, podem assumir os mais variados formatos e serem constituídos dos mais diversos materiais [...] motivo de sua popularidade.” (NAKAZONE, 2005, p.102).

“Os custos de implantação dos microreservatórios de retenção no mesmo lote, acima mencionado, com volume de armazenamento entre 2,0 e 2,5 m<sup>3</sup>, 1 m de profundidade e diferentes tipos de estruturas de armazenamento [...]” são observados na Figura 3. (NAKAZONE, 2005, p.120).

Figura 3 - Custos de implantação de dispositivos de detenção em lotes



Fonte: Nakazone (2005, p.120)

Segundo Tassi (2002), estudando o efeito dos microreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana, através da montagem de uma bacia hipotética, chegou às seguintes conclusões:

- níveis de eficiência da bacia para diversas combinações de Tempos de Retorno (TR) e vazões de descarga, variam de 50 a 70%, de acordo com a vazão na saída dos lotes;
- basicamente o mesmo grau de eficiência obtido ao controlar a vazão de pré-urbanização, pode ser alcançada ao fixar em até 3 vezes a vazão de pré-urbanização na saída do lote;
- a possibilidade de aumentar as vazões de saída dos lotes e, conseqüentemente o diâmetro do dispositivo de saída, constitui-se numa vantagem sobre as vazões menores que resultam em diâmetros muito pequenos e possivelmente inviáveis em situações reais;
- o custo da implantação conjunta de microreservatórios e redes de drenagem podem, em alguns casos, ser maior do que o custo de implantação simples de redes, sem microreservatórios;
- vazões de restrição da ordem de 3 a 5 vezes a vazão de pré-urbanização levam a redução da diferença de custos observada no item anterior; havendo capacidade na rede coletora, a alternativa mais adequada parece ser à utilização da vazão de restrição em torno de 3 vezes a vazão de pré-urbanização. (NAKAZONE, 2005, p.121).

### 3 METODOLOGIA

O edifício a ser estudado foi escolhido para análise pois se encontra na Zona Oeste de São Paulo, que recentemente foi a mais afetada pelas chuvas que colocaram a cidade em estado de alerta devido à pontos de alagamentos (UOL, 2020), o que nos induz a concluir que a drenagem urbana da área não está atendendo a demanda.

Visando contribuir para a drenagem urbana da região e do próprio edifício, dentre as técnicas LID analisadas, as que mais se adaptaram ao edifício foram incorporadas no projeto, sendo elas o piso permeável e reservatório de reuso.

Foi efetuado um estudo comparativo entre os pisos permeáveis disponíveis no mercado, para que se possa utilizar o melhor piso levando em conta sua resistência, absorção, estética e preço. Analisou-se as possibilidades de alteração das áreas verdes, entre elas o uso de células de biorretenção e as trincheiras mistas, contudo não foi efetuada mudança alguma, pois constatou-se a sua não necessidade uma vez por ser área verde, a mesma já cumpre com a ideologia do trabalho, além de não precisar comprometer o projeto de paisagismo esteticamente.

Com as opções discutidas e avaliadas, foi levantada a área do projeto inicial e a área alterada, portanto dividindo as áreas finais em permeável e não permeável, o que auxiliou nos cálculos de infiltração que utilizou os dados de precipitação do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Embora tenha sido considerado a utilização do software Storm Water Management Model (SWMM) Modelo de Gestão de Drenagem Urbana que Cambez et al. (2008) analisou a última versão disponível no mercado e o recomenda para universidades e seus estudantes, foram realizados os cálculos de escoamento e infiltração por meio de equações tradicionais por falta de dados necessários para utilização dos softwares visto que o mesmo é especializado em bacias hidrográficas, não atendendo, portanto, a nossa demanda.

Utilizando os resultados obtidos com os procedimentos acima, foi dimensionado um reservatório de retenção, que além de ter a função de retenção de águas pluviais e grande contribuição para enchentes nos períodos de cheia, está sendo utilizado como um reservatório para reutilização de água. Essa água é aproveitada onde não há necessidade de se utilizar água potável, como nas descargas de vasos sanitários, irrigação dos jardins e para limpeza de áreas comuns.

Especificadas todas as diferenças do projeto original para o projeto com a incorporação das técnicas LID, foram feitos orçamentos para que, por fim, ser analisada a viabilidade econômica desta implementação.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Realizando uma análise da área estudada, considerando as técnicas LID disponíveis e as características do empreendimento, optou-se por aplicar os pavimentos permeáveis e reservatórios. Nas áreas verdes existentes manteve-se o original por atenderem a técnica estudada, sendo assim, realizou-se cálculos do escoamento superficial, infiltração, dimensionamento do reservatório e elaborado orçamentos para posterior comparação.

#### 4.1 CÁLCULO DA INFILTRAÇÃO

Para o cálculo da infiltração foi utilizado a Equação de Horton (1939), desenvolvida através de estudos de campo, considerando uma precipitação superior à capacidade de infiltração. Representada pela Equação 1, a mesma retorna o decrescimento da taxa de infiltração em relação ao tempo:

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{(-kt)} \quad (1)$$

em que:

$f$  = taxa de infiltração (igual à capacidade de infiltração) no instante de tempo  $t$ ;

$f_c$  = taxa mínima de infiltração ao longo do tempo, avaliado em um tempo  $t$  suficientemente grande;

$f_0$  = taxa de infiltração inicial em  $t=0$ ;

$k$  = constante de Horton;

$t$  = tempo.

Como não se possui dados hidrológicos suficientes para definir os parâmetros de Horton é necessário estudar as condições de uso e ocupação do solo, para isso, utiliza-se o Método SCS desenvolvido pelo Soil Conservation Service dos EUA. Inicia-se definindo o parâmetro Curve Number (CN), como ilustrado no Quadro 1 para escolher o tipo de solo:

Quadro 1 – Tipos de solo considerados pelo SCS para escolha do CN.

Grupo	Descrição
A	Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%, não havendo rocha nem camadas argilosas, e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5 m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.
B	Solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menor teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas, esse limite pode subir a 20% graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5m, mas é, quase sempre, presente camada mais densificada que a camada superficial.
C	Solos barrentos com teor de argila de 20 a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,2m. No caso de terras roxas, esses dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5m. Nota-se a cerca de 60 cm de profundidade, camada mais densificada que no Grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade.
D	Solos argilosos (30 - 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50 cm de profundidade. Ou solos arenosos como do Grupo B, mas com camada argilosa quase impermeável, ou horizonte de seixos rolados.

Fonte: Adaptado de Porto (1995) apud Paz (2004, p. 57).

Escolhe-se o Grupo D.

Para definir o valor de CN é necessário definir a condição de umidade do solo conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Condições de umidade antecedente do solo considerados pelo SCS para escolha do CN.

Condição	Descrição
I	Solos secos: as chuvas, nos últimos cinco dias, não ultrapassaram 15mm.
II	Situação média na época das cheias: as chuvas, nos últimos cinco dias, totalizaram de 15 a 40mm.

III	Solo úmido (próximo da saturação): as chuvas, nos últimos cinco dias, foram superiores a 40 mm, e as condições meteorológicas foram desfavoráveis a altas taxas de evaporação.
-----	--

Fonte: Adaptado de Porto (1995) apud Paz (2004, p. 57).

Escolhe-se a Condição II. Posto isso, define-se o valor de CN através da Tabela 1, deve-se considerar que esta tabela utiliza valor de CN para condição de umidade II.

Tabela 1 – Número da curva de escoamento para áreas urbanas ( $I_a = 0,25$  e Condição II de umidade antecedente)

Tipo de cobertura e condição hidrológica	Número da curva para os grupo hidrológicos dos solos			
	A	B	C	D
1 – Áreas urbanas desenvolvidas				
1.1. Espaço aberto (gramados, parques, campos de golf, cemitérios, etc):				
- Condição ruim (cobertura com grama < 50%)	68	79	86	89
- Condição média (cobertura com grama 50% a 75%)	49	69	79	84
- Condição boa (cobertura com grama > 75%)	39	61	74	80
1.2. Áreas Impermeáveis:				
- Lotes de estacionamentos pavimentados, telhados, estradas, etc.	98	98	98	98
1.3. Ruas e rodovias:				
- Pavimentadas com calçadas, guias e galeria de drenagem	98	98	98	98
- Pavimentadas com abertura de valas ou fossos para drenos	83	89	92	93
- Pedregulhadas	76	85	89	91
- De terra	72	82	87	89
1.5. Zonas Urbanas:				
Comerciais e escritórios (85% de impermeabilização)	89	92	94	95
Industriais (72% de impermeabilização)	81	88	91	93
Residenciais pela média do tamanho dos lotes:				
- 500 m <sup>2</sup> ou menor (65% de impermeabilização)	77	85	90	92
- 1000 m <sup>2</sup> (38% de impermeabilização)	61	75	83	87
- 1300 m <sup>2</sup> (30% de impermeabilização)	57	72	81	86
- 2000 m <sup>2</sup> (25% de impermeabilização)	54	70	80	85
- 4000 m <sup>2</sup> (20% de impermeabilização)	51	68	79	84
- 8000 m <sup>2</sup> (12% de impermeabilização)	46	65	77	82
2 – Áreas urbanas em desenvolvimento:				
Áreas mudadas recentemente (somente áreas permeáveis, sem vegetação)	77	86	91	94

Fonte: Modificado de Rawls et al. (1996) apud Sartori (2004, p.30).

Escolhe-se o uso do solo “Residenciais pela média do tamanho dos lotes: 8000 m<sup>2</sup> (12% de impermeabilização)” que possui como CN o valor 82.

Possuindo o valor de CN é possível calcular a retenção potencial do solo (S), as perdas iniciais (0,2S) e conseqüentemente a precipitação efetiva ( $P_{ef}$ ). A precipitação total (P) é obtida através das Precipitações Intensas No Estado De São Paulo (SÃO PAULO, SP,2018, p.206), utilizando a equação

intensidade-duração-frequência (IDF) ou equação de precipitações intensas para São Paulo, considerando a duração da chuva de 60 minutos e o período de retorno de 10 anos, a intensidade de chuva, ou a precipitação total corresponde a 63mm/h.

Para a determinação da retenção potencial do solo calcula-se conforme a Equação 2:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = \frac{25400}{82} - 254 \therefore S \cong 56 \quad (2)$$

Considerando que existem perdas iniciais, calcula-se conforme a Equação 3:

$$0,2S = 0,2 \times 56 \therefore 0,2S \cong 12 \quad (3)$$

Se a precipitação total P é 63mm/h então constata-se que P é maior que 0,2S, sendo assim, há precipitação efetiva e a mesma é representada pela Equação 4:

$$P_{ef} = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,8S} = \frac{(63-0,2 \times 56)^2}{63+0,8 \times 56} \therefore P_{ef} \cong 25mm/h \quad (3)$$

Tendo todas as condições definidas e conhecendo os valores de precipitação escolhe-se então os parâmetros de Horton adequados para calcular a taxa de infiltração. Os parâmetros são definidos conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Aplicação da Fórmula de Horton para diferentes tipos de solos

Parâmetros da Fórmula de Horton	Classificação Hidrológica do Solo Segundo o SCS (mm/h)			
	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
taxa de infiltração inicial do solo seco: $f_0$ (mm/h)	250	200	130	80
taxa de infiltração final do solo úmido: $f_c$ (mm/h)	25	13	7	3
Fator de forma-expoente K	2	2	2	2

Fonte: Modificado de Porto (1995) apud Tomaz (2010, p. 4)

Sendo o solo Tipo D, os parâmetros escolhidos são:

$$f_c = 3mm/h;$$

$$f_0 = 80mm/h;$$

$$k = 2.$$

Utilizando  $t = 1$  hora e aplicando os parâmetros na Equação 1, temos:

$$f = 3 + (80 - 3).e^{(-2.1)} \therefore f = 13 mm/h \quad (1)$$

#### 4.2 CÁLCULO DO RESERVATÓRIO

Para captar a água que escoará das áreas de cobertura calcula-se através da Lei N° 13.276, 05 De Janeiro De 2002 denominada “Lei das Piscininhas” o volume de água para armazenar esta água, ela “Torna Obrigatória A Execução De Reservatório Para As Águas Coletadas Por Coberturas E Pavimentos Nos Lotes, Edificados Ou Não, Que Tenham Área Impermeabilizada Superior A 500m².” (SÃO PAULO, SP, 2002).

Tendo em vista que a área de cobertura corresponde a 1.276m<sup>2</sup>, superior a 500m<sup>2</sup>, a capacidade do reservatório será determinada através da Equação 5:

$$V = 0,15 \cdot A_i \cdot IP \cdot t \quad (5)$$

Em que:

$V$  = volume do reservatório (m<sup>3</sup>);

$A_i$  = área impermeabilizada (m<sup>2</sup>);

$IP$  = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h;

$t$  = tempo de duração da chuva igual a um hora.

Sendo:

$A_i = 1276 \text{ m}^2 > 500 \text{ m}^2$ ;

$$V = 0,15 \times 1.276 \times 0,06 \times 1 \therefore V \cong 12 \text{ m}^3 \quad (5)$$

Conforme a Lei Nº 16.402, De 22 De Março De 2016 que “Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE)” através de seu artigo 80, para lotes com área superior a 500m<sup>2</sup> é obrigatório reservar água proveniente das coberturas para fins não potáveis, atentando-se ao que está explícito no artigo as águas captadas não serão utilizadas para consumo humano, lavagem de alimentos ou banho (SÃO PAULO, SP, 2016), assim, o volume do reservatório será calculado através da equação 6:

$$V_{ri} = 16 \cdot A_{ci} \quad (6)$$

Em que:

$V_{ri}$  = volume mínimo de reservação para aproveitamento de águas pluviais provenientes de coberturas impermeáveis, em litros;

$A_{ci}$  = área de cobertura impermeável, em metros quadrados.

Sendo:

$A_{ci} = 1.276 \text{ m}^2$

$$V_{ri} = 16 \times 1.276 \therefore V_{ri} \cong 21.000 \text{ litros} = 21 \text{ m}^3 \quad (6)$$

Dado que a “Lei das Piscininhas” foi revogada pela “Lei de Uso e Parcelamento do Solo”, utilizar-se-á a última para o dimensionamento do reservatório, sendo assim, o volume do reservatório, considerando os volumes comerciais, será de 25.000 litros (ou 25 m<sup>3</sup>).

Escolheu-se para reservação a Cisterna Tronco Cônica Bakof que é produzida em plástico reforçado em fibra de vidro - P.R.F.V., revestida com gel especial, pronta para instalação, e possui pescador com válvula de retenção e freio d'água (BREITHAUPT, 2020).



### 4.3 ORÇAMENTOS

Conforme previsto na metodologia, foram realizados orçamentos para comparação básica de preços entre o projeto original e o final, com a aplicação do piso permeável e a instalação da cisterna utilizada para reuso.

Para a escolha do piso permeável, efetuou-se uma comparação (Tabela 3) entre dois tipos diferentes, um em concreto poroso (Figura 4) e outro resinado (Figura 5), como segue:

Figura 4 - Piso permeável em concreto poroso



Fonte: Telhanorte (2020)

Figura 5 - Piso permeável fulget resinado



Fonte: Granitina (2020)

Tabela 3 – Comparação entre pisos permeáveis

<b>Tipo de Piso</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Material</b>	<b>Resistência à compressão</b>	<b>Permeabilidade</b>	<b>Preço Médio</b>
Piso permeável fulget resinado	Moldado in-loco	Resina	$\leq 30$ Mpa	97%	R\$94,00/m <sup>2</sup>
Piso permeável em concreto poroso	Placas (20x20)	Cimento	$\leq 20$ Mpa	100%	R\$80,00/m <sup>2</sup>

Fonte: Os Autores (2020).

Portanto foi adotado o piso permeável fulget resinado, pois ao ser estudado os pavimentos mais usuais, verificou-se que os mesmos, por serem de cimento podem contaminar a água a ser infiltrada, o que não acontece com o fulget resinado, justamente por ser feito de resina. O piso resinado também apresenta maior durabilidade por ser mais maleável e não trincar com tanta facilidade. Ademais, por ser um empreendimento de alto padrão, o fato de o piso resinado ser moldado in-loco é um adendo pois apenas apresentará juntas aparentes somente no contra-piso, deixando-o esteticamente mais esbelto.

Para as áreas verdes, optou-se por não alterar, visto que a vegetação foi escolhida com cautela por grandes paisagistas e são importantes para a imagem do empreendimento, além de não ter necessidade de transições pelos parâmetros de aplicações de técnicas LID, já que a mesma atende suas condições apenas por serem áreas verdes.

Abaixo seguem os orçamentos, o original (Tabela 4) e após aplicações de técnicas LID (Tabela 5), respectivamente:

Tabela 4 – Orçamento Original

<b>Local</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo Piso Impermeável</b>	<b>Dimensão (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Qtde</b>	<b>Custo Piso Unitário (R\$)</b>	<b>Custo Total Piso (R\$)</b>
Área ao redor das piscinas	777	Deck de mármore travertino levigado	0,04	19425	R\$ 286,11	R\$ 5.557.686,75
Rampas/estacionamento	585	Ladrilho para Rampa Antiderrapante	0,04	14625	R\$ 50,00	R\$ 731.250,00
Área de acesso comum	443	Ceppo de Gres	0,39	1134	R\$ 98,30	R\$ 111.480,06
Total	1805					R\$ 6.400.416,81

Fonte: Os Autores (2020).

Tabela 5 – Orçamento com aplicações de técnicas LID

<b>Local</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo Piso Permeável</b>	<b>Custo Piso/m<sup>2</sup> (R\$)</b>	<b>Custo Total Piso (R\$)</b>
Área ao redor das piscinas	777	Fulget Resinado Master	R\$ 94,00	R\$ 73.038,00
Rampas/estacionamento	585	Fulget Resinado Master	R\$ 94,00	R\$ 54.990,00
Área de acesso comum	443	Fulget Resinado Master	R\$ 94,00	R\$ 41.642,00

Total	R\$ 169.670,00
Cisterna 25.000L	R\$ 26.052,30
Total + Cisterna	R\$ 195.722,30

Fonte: Os Autores (2020).

Os orçamentos constatam que a aplicação das técnicas LID tratadas neste trabalho são viáveis financeiramente, baseando-se no fato de que o piso permeável não possui preço exorbitante, principalmente quando, como é o caso, comparado a pisos usais em empreendimentos de alto padrão. O acréscimo do valor da cisterna para água de reuso é baixo considerando os inúmeros benefícios que a mesma apresenta.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescimento populacional desordenado e o agravamento de enchentes e alagamentos devido à falta de um sistema de drenagem adequado a esta demanda e levando em conta as crises hídricas vividas nos últimos anos, faz-se necessário um maior controle e planejamento dos recursos hídricos.

Buscando alternativas para mitigar os problemas de drenagem urbana e colocar em prática um sistema sustentável que possibilita preservar o ciclo hidrológico, iniciou-se os estudos com as técnicas LID, implementando a utilização de pavimentos permeáveis que possibilitam a infiltração da água precipitada, para que esta retorne ao solo natural permitindo o reabastecimento do lençol freático. Outra presente solução foi a implementação de um reservatório capaz de armazenar a água precipitada que escoar através das superfícies impermeáveis, permitindo assim o seu reuso para atividades que possibilitem a utilização da água não potável em um empreendimento.

Os estudos hidrológicos se mostraram de grande importância para o dimensionamento hidráulico, uma vez que calculada a taxa de infiltração no solo foi possível observar a quantidade de água precipitada que reabastecerá o lençol freático e que outrora escoaria para as redes de drenagem urbana.

Determinada a área impermeabilizada do empreendimento, obteve-se o volume de água escoada podendo assim determinar o volume do reservatório de reuso. Dada sua utilização, o reservatório permite além do reuso da água para fins não potáveis, postergar a chegada da água precipitada à rede de drenagem, aliviando-a e evitando possíveis alagamentos na região.

Com os presentes estudos realizados pode-se verificar a viabilidade das técnicas LID em empreendimentos de alto padrão, uma vez feito o comparativo entre dois tipos de pavimento permeável onde optou-se pelo piso permeável fulget, por ser mais resistente e inibir a contaminação da água infiltrada. Com a sua utilização, 97% da água precipitada no solo da área especificada será

infiltrada e devolvida ao solo, contribuindo assim com o ciclo hidrológico natural.

A utilização do pavimento permeável em locais onde seriam instalados pisos impermeáveis se torna eficiente uma vez que contribui com a sustentabilidade e a otimização de recursos, podendo o empreendimento se destacar com uma técnica conceituada vinda de países de primeiro mundo.

A utilização de um reservatório fez-se viável com o uso de uma cisterna pronta para instalação, podendo esta ser enterrada ou não.

Vale ressaltar a importância das áreas verdes no empreendimento, visto que estas contribuem naturalmente com o ciclo hidrológico. Verificou-se a inviabilidade da alteração destas áreas uma vez que foram projetadas por nomeados paisagistas, e contribuem esteticamente com o padrão do empreendimento.

O estudo da viabilidade econômica no presente trabalho teve como finalidade uma economia de 96,94% no orçamento final. Lembrando-se que, por tratar de um empreendimento de alto padrão, seriam utilizados pisos com padrões mais elevados, no caso do mármore. Já para empreendimentos com padrões mais baixos será necessário um novo estudo de viabilidade junto às técnicas LID.

Neste projeto foi possível identificar uma série de vantagens diante da utilização do LID, tais como a redução do escoamento superficial, evitando assim o risco de alagamentos na região, a recarga do lençol freático, a redução do carregamento de resíduos para o sistema de drenagem, além de vantagens para a imagem da construtora servindo como tendência futura para construções sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

ACIOLI, L. A., **Estudo Experimental de Pavimentos Permeáveis para Controle do Escoamento Superficial na Fonte**, Dissertação de Mestrado, (2005) UFRGS – IPH, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama das águas**: quantidade de água. Brasília, [2020?]. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 28 jun. 2020

BARROS, Alan. PAULINO, Rosemeire. RODRIGUES, Pedro. Dissertação **análise da viabilidade da utilização do concreto permeável na composição sistêmica de drenagem da região da microbacia da lagoa das flores em araçatuba-sp**. 2017.

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** /Sandra Medina Benini – Presidente Prudente: [s.n.], 2015. 220 f; il

BREITHAUPT, Loja Online. **Cisterna em Polietileno Vertical Tronco Cônico 25.000L - Bakof**. 2020. Disponível em: <https://www.breithaupt.com.br/cisterna-tronco-conica-tc-25-000l-bakof.html>. Acesso em: 25 nov. 2020.

CANHOLI, Julio. **Medidas de controle “In Situ” do escoamento superficial em áreas urbanas: Análise de aspectos técnicos e legais.** 2013. Dissertação apresentada á Escola Politécnica da USP para obtenção de título de mestre em Engenharia.

FOLONI, Fernanda. 2018. Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru. 2018. **Rios sobre o asfalto: conhecendo as paisagens para entender as enchentes.** BAURU.

GRANITINA. **Piso Fulget Drenante.** 2020. Disponível em: <https://granitina.com.br/piso-fulget-drenante>. Acesso em: 25 nov. 2020.

HORTON, R.E. **Analysis of runoff-plot experiments with varying infiltration capacity.** Transactions American Geophysical Union, v.20, p. 693- 711, 1939. Disponível em: [http://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AGU/31ea296c-2c70-4dad-92ef-c4681bc6a288/UploadedImages/Horton-1939-Analysis-of-runoff-plot-experiments-with-varying-infiltration-capacity-Eos\\_Transactions\\_American\\_Geophysical\\_Union.pdf](http://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AGU/31ea296c-2c70-4dad-92ef-c4681bc6a288/UploadedImages/Horton-1939-Analysis-of-runoff-plot-experiments-with-varying-infiltration-capacity-Eos_Transactions_American_Geophysical_Union.pdf). Acesso em: 24 set. 2020.

NAKAZONE, LUCIA MIDORI. **Implantacao de reservatorios de detencao em conjuntos habitacionais:** A experiência da CDHU. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-13042006-210759/publico/ImplantacaoReservatoriosDetencao.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.

OLIVEIRA, L.F.G.S., **Dimensionamento e análise de desempenho hidráulico de estacionamentos com drenagem convencional e pavimento permeável, apoiado por modelagem computacional.** Projeto de Graduação, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

PAZ, Adriano Rolim da. **Hidrologia Aplicada.** Rio Grande do Sul: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2004. 138 p.

PINTO, L. L. C. A., **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano.** Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2011.

SARTORI, Aderson. **Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos.** 2004. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SÃO PAULO (SP). DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS. **Precipitações Intensas no Estado de São Paulo-Convênio DAEE-USP/por/Francisco Martinez Júnior/e/Nelson Luiz Goi Magni.** São Paulo: DAEE/CTH, 2018.

SÃO PAULO (SP). Câmara Municipal. **Lei n. 13.276, 05 de janeiro de 2002:** Torna Obrigatória A Execução De Reservatório Para As Águas Coletadas Por Coberturas E Pavimentos Nos Lotes, Edificados Ou Não, Que Tenham Área Impermeabilizada Superior A 500m². São Paulo, 2002. Disponível em: <http://leismunicipa.is/ctfji>. Acesso em: 30 set. 2020.

SÃO PAULO (SP). Câmara Municipal. **Lei n. 16.402, de 22 de março de 2016:** Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050,

de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE). São Paulo, 2016 Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016>. Acesso em: 27 out. 2020.

TELHANORTE. **Ladrilho Fulget 40x40cm acinzentado cinza 0,48 AM Ivaí**. 2020. Disponível em: [https://www.telhanorte.com.br/ladrilho-fulget-40x40cm-acinzentado-cinza-0-48-am-ivai-1219855/p?idsku=1219855&gclid=CjwKCAiAnvj9BRA4EiwAuUMDf1097hMVtrbvV5uN5GUOXBA\\_Pzg1KW3wPw5E3Uw0Xf55eQxhYaxV0BoC4UQQAxD\\_BwE](https://www.telhanorte.com.br/ladrilho-fulget-40x40cm-acinzentado-cinza-0-48-am-ivai-1219855/p?idsku=1219855&gclid=CjwKCAiAnvj9BRA4EiwAuUMDf1097hMVtrbvV5uN5GUOXBA_Pzg1KW3wPw5E3Uw0Xf55eQxhYaxV0BoC4UQQAxD_BwE). Acesso em: 25 nov. 2020.

TOMAZ, Plínio. Infiltração pelo método de horton. In: TOMAZ, Plínio. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais**. 2. ed. Guarulhos: Navegar Editora, 2010. Cap. 86. p. 1-10.

TRATA BRASIL. **Principais estatísticas**: no Brasil: águas. Brasília, [2020?]. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua#:~:text=S%C3%A3o%20quase%2035%20milh%C3%B5es%20de,n%C3%A3o%20t%C3%AAm%20acesso%20C%C3%A0%20C%C3%A1gua%C2%B3>. Acesso em: 28 jun. 2020

VIRGILIIS, A. L. C., **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ZANANDREA, Franciele. **Avaliação de técnicas de baixo impacto no controle de impactos hidrológicos em uma bacia urbana em consolidação**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.