



## O PAPEL DA ARQUITETURA E DO URBANISMO PARA A REDUÇÃO DO IMPACTO DAS ENCHENTES. UM ESTUDO NA VILA LEOPOLDINA, EM SÃO PAULO

Nome do aluno/a: Isabela Osaki Troia (IC) e Alexandre Augusto Martins (Orientador)

Apoio: PIVIC Mackenzie

### RESUMO

Com as mudanças climáticas, a humanidade tem enfrentado desastres naturais com uma frequência cada vez maior e as enchentes têm sido um dos mais recorrentes nos últimos anos, não somente no Brasil, como também em diversas partes do mundo. O presente trabalho tem como objetivo estudar o impacto das cheias no meio urbano para, dessa forma, indicar diretrizes arquitetônicas e urbanísticas, a fim de auxiliar no escoamento superficial e na drenagem urbana. Para efeito de estudo, foi escolhido o bairro Vila Leopoldina, localizado na zona oeste da cidade de São Paulo, visto que a área sofre com as recorrentes enchentes, além de possuir um importante elemento econômico para a cidade e para o país como um todo, a CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo). Com base na literatura adotada, nas estatísticas disponíveis e na visita *in loco*, concluiu-se que a região sofre com as enchentes sobretudo devido à topografia predominantemente plana e aos altos índices de impermeabilização do solo local, os quais reduzem consideravelmente o escoamento superficial da área de estudo. Nesse sentido, ainda que pontuais, ações que foquem a minimização dessas ocorrências podem contribuir para a melhoria da vida das populações residente e flutuante da Vila Leopoldina.

**Palavras-chave:** CEAGESP. Enchentes. Vila Leopoldina.

### ABSTRACT

With climate change, humanity has faced natural disasters with increasing frequency and floods have been one of the most recurrent in recent years, not only in Brazil, but also in different parts of the world. This work aims to study the impact of floods in urban environment in order to indicate architectural and urbanistic planning guidelines to assist with surface runoff and urban drainage. For purpose of study, the neighborhood Vila Leopoldina was chosen, located in the west zone of the city of São Paulo, as the area suffer with recurrent floods, in addition to having an important economic element for the city and the country as a whole, CEAGESP (Company of Warehouses and General Warehouses of São Paulo). Based on the adopted literature, the available statistics and the on-site visit it is concluded that the



region suffers from floods mainly due to the predominantly flat topography and the high levels of waterproofing of the local soil, which considerably reduce surface runoff in the area of study. In this sense, although specific, actions that focus on minimizing these occurrences can contribute to improving the lives of the resident and floating populations of Vila Leopoldina.

**Keywords: CEAGESP. Floods. Vila Leopoldina.**



## 1. INTRODUÇÃO

Os desastres naturais são fenômenos da natureza presentes desde a formação terrestre e que provocam tanto perdas ambientais e socioeconômicas, quanto ferimentos e perdas humanas em áreas habitadas (CAMBRIDGE, 2024). Dentre eles, os mais conhecidos são os terremotos, os tsunamis, as secas e as enchentes, sendo as últimas o tema central deste presente trabalho.

A enchente é um fenômeno natural, caracterizado pelo aumento no nível de um corpo d'água, seja natural ou artificial, de modo que abranja a terra firme (BRITANNICA, 2024). À princípio, é um processo natural que ocorre após as precipitações, todavia a manifestação das enchentes tem como previsão se tornar cada vez mais recorrente nos próximos 100 anos (HIRABAYASHI et al., 2013).

Sobre o território brasileiro, existem seis climas predominantes, no entanto, cinco deles se caracterizam pelas constantes precipitações durante o ano. São eles: o equatorial, o tropical, o subtropical, o tropical atlântico (úmido) e o tropical de altitude (STRAHLER, 1969). Isso é um fator que torna possível a ocorrência de enchentes, as quais representam cerca de 52,68% dos desastres naturais registrados no país entre 1980 e 2020 (WORLD BANK, 2020). Visto que 85,00% da população brasileira está inserida em áreas urbanas, a ocorrência de tais fenômenos permite que haja maior vulnerabilidade para perdas econômicas e socioambientais (IBGE, 2010; WORLD BANK, 2020).

Seja pela intensidade das precipitações, as quais podem ser ocasionadas pelas mudanças climáticas, ou pela inadequada ocupação do solo, existe uma despesa de R\$ 13,4 bilhões do governo federal em recuperação para perdas ocasionadas por desastres naturais e apenas R\$ 5,9 bilhões em medidas preventivas verificadas no período que compreende 2013 a 2022 (MADEIRO, 2023).

A exemplo do impacto desses desastres, recentemente, o Rio Grande do Sul tem sofrido com as diversas enxurradas e deslizamentos, os quais foram responsáveis por deixar mais de 600 mil pessoas desabrigadas, 175 mortos e 38 desaparecidos. Esse cenário se deve aos elevados volumes de precipitação entre o período do final de abril e começo de maio deste ano. Com a cheia da bacia do Guaíba, houve cidades que registraram cerca de 800 mm de chuva – o que corresponde a 800 litros de água por m<sup>2</sup> – e isso contribuiu para o aumento do nível dos rios em cerca de 470 cidades (GANDRA, 2024; G1, 2024).

Ao considerar este cenário nacional, a capital de São Paulo é outra cidade que tem sido atingida pelas enchentes e, conseqüentemente, tem seu cotidiano afetado por elas. A



projeção dos próximos anos indica que os episódios de precipitações intensas e, por consequência, das enchentes é de aumentar, em decorrência da constante elevação das temperaturas mundo afora (INPE apud PEGORIM, 2018).

A fim de gerir essas adversidades, o governo de São Paulo tem proposto programas para reduzir o impacto das enchentes em áreas urbanas. Alguns chegaram a ter intervenções para alcançar o objetivo de diminuir os efeitos das inundações. A exemplo disso, o Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (TPDMBAT – 3), de 2012, procurou ampliar o escoamento e a drenagem em escala regional. Com base nos prejuízos econômicos com os quais a cidade de São Paulo sofria e a abrangência da bacia em importantes regiões – como Guarulhos, ABC paulista, dentre outras – esse documento propunha intervenções como ampliação da capacidade de canais e galerias, criação de parques lineares, reservatórios de amortecimento de cheias e zoneamento de áreas inundáveis. Todavia, mesmo que esse programa possuísse uma grande relevância, é possível afirmar que ele não conseguiu reduzir o impacto das enchentes de maneira eficaz.

Em decorrência disso, a Prefeitura de São Paulo buscou outras soluções para diminuir os efeitos das cheias, como, a partir de 2017, o investimento realizado pelo prefeito Ricardo Nunes de cerca de R\$ 2 bilhões de reais em obras de drenagem pela capital paulista (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2022). Além disso, desde 2016, novos cadernos de drenagem foram publicados no site da Prefeitura, cada um com um Plano de Intervenção Urbana (PIU) específico para as áreas da cidade de São Paulo que sofrem com as enchentes, de modo a desenvolver novos projetos urbanos que contribuam para a diminuição das cheias.

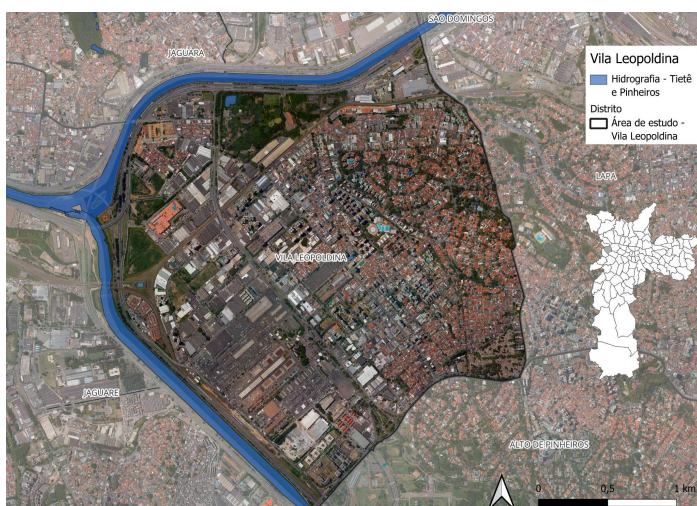
Com relação à Vila Leopoldina, ela tem sido objeto de estudo para trabalhos acadêmicos, visto que possui temas de suma importância e que provocam discussões. Dentre eles estão: o acelerado processo de ocupação urbana, as recorrentes enchentes e infraestruturas fluviais. Ademais, mesmo que mais específico, a CEAGESP também é outro elemento relevante na área que tem proporcionado novas discussões e publicações.

Dessa forma, este trabalho se aproxima do de Muniz (2021), visto que aborda sobre o histórico de enchentes da Vila Leopoldina e de propostas de novas infraestruturas urbanas para a área. Além disso, o de Gomes (2007) se associa sutilmente a esta pesquisa, visto que possui como foco o processo de ocupação e de construção da CEAGESP, importante elemento simbólico e identitário do bairro.

Com estas circunstâncias, o presente trabalho tem como objetivo geral refletir sobre o impacto das enchentes no bairro Vila Leopoldina na cidade de São Paulo para que, dessa forma, possam ser indicadas algumas diretrizes arquitetônicas e urbanísticas que contribuam para uma possível redução. Além disso, investigar o histórico de chuvas e enchentes da Vila Leopoldina com relação à capital paulista e delimitar a área de intervenção são os objetivos específicos desta pesquisa. Para fins de estudo, dentre os métodos utilizados estão: o levantamento bibliográfico, a visita à área de estudo e a utilização de ferramentas online, como Google Earth.

## 2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

Figura 1: Mapa de contextualização da Vila Leopoldina.



Autora: Isabela Osaki Troia (2024).

Localizada na zona oeste da cidade de São Paulo, a Vila Leopoldina é um bairro próximo à confluência do rio Pinheiros com o rio Tietê e está inserida em uma planície aluvial, a qual é caracterizada por um relevo relativamente plano. Aliada à acelerada urbanização entre as décadas de 1920 e 1960, há uma contribuição vocacional natural para a ocorrência de inundações nessa zona da cidade. Dessa forma, a região detém um histórico de inundações antes mesmo da retificação do rio Pinheiros que ocorreu na década de 1940. Houve duas inundações mais significativas que atingiram a Vila Leopoldina e áreas adjacentes, sendo uma no ano de 1967 e a outra no dia 10 de fevereiro de 2020.

Outro possível fator que reforça esses fenômenos são os altos índices de impermeabilização no solo local. A figura 2, abaixo, mostra um levantamento realizado pela

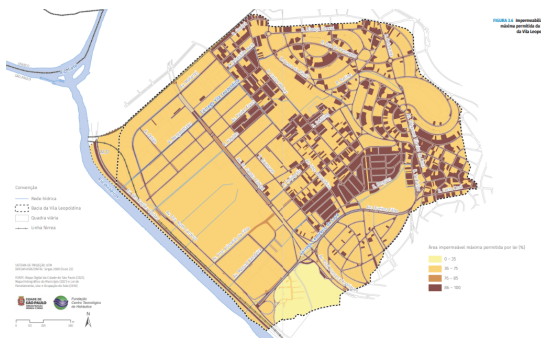
Prefeitura de São Paulo com relação aos índices de impermeabilização da Vila Leopoldina, enquanto a figura 3, na sequência, traz os índices máximos permitidos por lei. Como mostrado, a região apresenta altos indicadores de impermeabilização, especialmente na área onde se localiza a CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo), a qual está bem próxima às margens do rio Pinheiros. Dessa forma, nota-se que a área de estudo, como um todo, possui baixos índices de permeabilidade, os quais parecem não corresponder ao que seria permitido por lei.

Figura 2: Índices de impermeabilização da Vila Leopoldina.



Fonte: Caderno de bacia hidrográfica da Vila Leopoldina (2022).

Figura 3: Índices de impermeabilização máximos permitidos por lei.



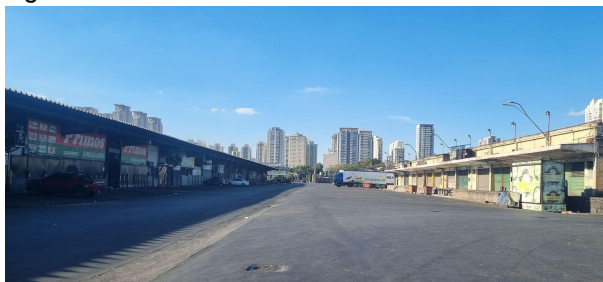
Fonte: Caderno de bacia hidrográfica da Vila Leopoldina (2022).

A partir dos mapas acima, verifica-se que, como um todo, na Vila Leopoldina poucas são as áreas permeáveis remanescentes na área de estudo e, por consequência, esse fato pode contribuir para o aumento do impacto das enchentes. Ademais, outra possível contribuição pode ter sido a retificação do rio Pinheiros, visto que a configuração sinuosa do rio foi modificada de modo que fosse possível a geração de energia elétrica nas usinas



presentes ao longo do seu curso. Por conseguinte, o sistema geral de drenagem urbana original (e natural) sofreu alterações, uma vez que as áreas de várzea foram transformadas (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2022).

Figura 4: CEAGESP.



Autora: Isabela Osaki Troia (2024).

Localizada na Vila Leopoldina, próximo à Marginal Pinheiros, a CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo) é uma empresa pública, e um importante expoente, não somente para a área de estudo, mas para o Brasil como um todo. O ETSP (Entrepósito Terminal São Paulo), unidade presente na capital paulista, é considerado o maior entreposto de alimentos da América Latina, visto que o volume de produtos comercializados totalizou cerca de 3 milhões de toneladas em 2023 e, consequentemente, um lucro de R\$ 13,7 bilhões (CEAGESP, 2023).

Até a década de 1950, o ETSP se localizava onde, hoje em dia, é o Mercado Municipal de São Paulo. A mudança de localização se deve à doação do atual terreno feita pelos irmãos Mofarrej, Nacib e Hassib, e, assim, o governador de São Paulo à época, Carvalho Pinto, assumiu a construção entre 1959 e 1962 e o projeto do entreposto foi criado pelo engenheiro José Carlos Figueiredo Ferraz. Com a topografia plana e a proximidade das principais marginais de São Paulo – Tietê e Pinheiros – e da linha de trem, esses foram outros fatores que contribuíram para a mudança do local dos entrepostos (GOMES, 2007). A unidade foi inaugurada em 31 de março de 1969.

Apesar de estar localizado em uma região favorável para o escoamento de mercadorias, o ETSP sofre com as inundações que ocorrem na Vila Leopoldina, a qual detém um histórico desses episódios. Tanto é que o monitoramento de enchentes na área começou no ano de 1967, que sucedeu após uma das maiores enchentes registradas na região. A mais recente e significativa se deu no dia 10 de fevereiro de 2020, dessa forma, a

Prefeitura de São Paulo realizou uma projeção do alcance que essa inundação teve no local, expressa no mapa abaixo (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2022).

Figura 5: Projeção da inundação (10/02/2020).



Fonte: Caderno de bacia hidrográfica da Vila Leopoldina, com destaque feito pela autora, em vermelho, para a área hoje ocupada pela CEAGESP (2022).

Figura 6: Corte - topografia CEAGESP.



Fonte: Google Earth (2024).

Essa enchente foi tamanha que o canal do rio Pinheiros registrou a cota 719,6 m, ou seja, 2,45 m acima do nível máximo permitido (ADORNO, 2020; MUNIZ, 2021). Dessa forma, a enchente se alastrou para uma boa parte da Vila Leopoldina, de forma que o ETSP ficou alagado como mostrado na foto logo abaixo e teve o prejuízo estimado de R\$20 milhões ao perder 7 mil toneladas de alimentos para essa inundação (FREIRE, 2020).

Figura 7: Inundação da CEAGESP, em 2020.



Fonte: Isto é, 2023.

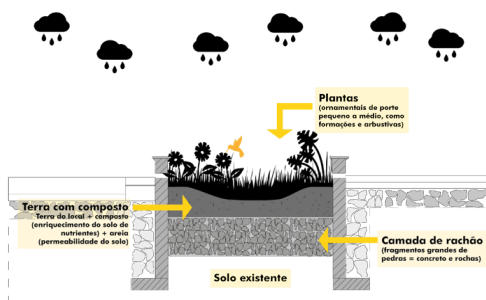


Em 2015, a ONU (Organização das Nações Unidas), com o objetivo de erradicar a pobreza e promover a vida digna a todos, propôs aos países uma agenda sustentável com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com 169 metas para serem cumpridas até 2030 (ONU, 2015). Alguns deles se relacionam diretamente com este trabalho e, dentre eles, estão: cidades e comunidades sustentáveis e ação contra a mudança global do clima. A primeira, em decorrência da meta 11.b, e a última, com as metas 13.1 e 13.2, visto que elas sucedem do objetivo em comum de implementar políticas e planos integrados, a fim de combater as mudanças climáticas e de prevenir episódios de desastres naturais, como as enchentes em áreas urbanas. Dessa forma, com base nesses objetivos da ONU para a proporcionar cidades mais sustentáveis, a seguir serão elencadas algumas propostas para a área de estudo deste trabalho.

Visto que a Vila Leopoldina é uma área da capital paulista que ainda sofre com as enchentes, é possível observar que as medidas preventivas propostas pela Prefeitura de São Paulo não têm sido suficientes para a erradicação do impacto que esses fenômenos ocasionam. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo principal propor um breve conjunto de diretrizes arquitetônicas e urbanísticas que, acredita-se, poderiam contribuir para ao menos abrandar essa situação tão preocupante. Dentre elas estão: aumentar a permeabilidade na região da CEAGESP; instalar equipamentos que auxiliam no escoamento superficial, os quais são eles: jardins de chuva, calçadas com poços de infiltração, cisternas de água de chuva, todos, mais bem explicados e justificados nos parágrafos a seguir. Além disso, incentivar a implantação de coberturas verdes nos novos edifícios, por intermédio de incentivos fiscais, como IPTU ou conta de água. A seguir, serão explicadas uma por uma as propostas de intervenção para a área de estudo.

Jardim de chuva é um jardim que possui um pequeno desnível – seja natural ou artificial – o qual é preenchido por material orgânico e permeável, de modo que as águas pluviais infiltrem no solo. Como observado na figura abaixo, as águas superficiais permanecem retidas nesses jardins e, por isso, contribuem para o crescimento vegetativo das plantas, as quais auxiliam no controle da quantidade e da qualidade dessas mesmas águas. Os jardins de chuva retêm as águas advindas de telhados, pátios, calçadas e ruas durante um período de 12 a 48 horas, além de contribuírem para que 30% a mais das águas pluviais infiltrem o solo ao comparar com um gramado convencional (OLIVEIRA, 2022; TROWSDALE; SINCOCK, 2011).

Figura 8: Esquema jardim de chuva.



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2024).

Eles geralmente são instalados em calçadas largas – nos leitos carroçáveis –, porém também podem ser encontrados em áreas residenciais relativamente mais restritas. Um importante fator para a instalação dos jardins de chuva é um terreno com baixa declividade, visto que em locais em que ela é muito acentuada – maior que 12% – surgem complicações de ordem operacional. Além disso, é primordial ter uma variedade de espécies vegetais e que estão de acordo com o clima do local, uma vez que cada uma delas possui um desempenho diferente para os diferentes níveis de precipitação para as épocas do ano. Com relação às dimensões do jardim, é preciso considerar: a análise hidrográfica do local (volumes de chuva), a declividade do terreno, o tipo de solo, a profundidade para suportar a vegetação implantada e o crescimento das plantas; no entanto, eles devem ter entre 15 cm e 25 cm de profundidade. Com relação à composição dos jardins de chuva, três camadas são necessárias: a vegetação propriamente dita, um substrato formado por composto orgânico e materiais que auxiliam na infiltração das águas (brita, terra, rachões, silte e argila); e, por fim, o poço de infiltração com cerca de um metro de profundidade (BIBLUS, 2020; NEVES, 2024; PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2020).

Esse sistema de drenagem foi implementado, por exemplo, na cidade de Portland, em Oregon (Estados Unidos) no ano de 2005. A prefeitura e a Universidade de Portland desenvolveram o programa *Green Streets Program*, o qual implementou um conjunto de jardins de chuva a fim de auxiliar na drenagem urbana. Segundo a Secretaria de Serviços Ambientais de Portland, essa solução faz com que cerca de 85% do volume de água permanecesse retido no jardim de chuva, enquanto apenas 15% retornam para a rede pública, o que contribuiu para uma menor sobrecarga desta nos períodos chuvosos.

Enquanto isso, no Brasil, especialmente na cidade de São Paulo, novos jardins de chuva têm sido implantados, a fim de aumentar a permeabilidade do solo e, assim, contribuir com a infiltração das águas pluviais. A Prefeitura instalou jardins em diversos distritos –

como Aricanduva, Butantã, Lapa, Penha, dentre outros – sendo o maior da cidade e do país o que se localiza na Rua Major Natanael, que conta com 11 jardins e uma área de 2.300m<sup>2</sup> (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2023).

Ademais, outra proposta de intervenção é a aplicação de pisos intertravados, os quais possuem maior permeabilidade e, assim, auxiliam na permeabilidade das águas superficiais. Como apresentado anteriormente, a Vila Leopoldina detém altos índices de impermeabilização. Dessa forma, verifica-se a dificuldade em aumentar o número de áreas verdes permeáveis na região, portanto a substituição do concreto por um piso intertravado pode contribuir para a redução das enchentes.

Estes pisos são blocos de concreto pré-fabricados, os quais são assentados sobre uma camada de areia, intertravados por contenção lateral e atrito entre as peças e, então, têm as juntas preenchidas por rejunte. É necessário que o solo esteja bem compactado e o intertravamento seja feito de maneira adequada, pois, caso contrário, os blocos podem quebrar, devido aos esforços exercidos sobre eles. Como mostrado na imagem abaixo, os pisos intertravados podem ser utilizados em calçadas, como também em ruas, estacionamentos, acessos internos, dentre outros (PEREIRA, 2019; TECNOSIL, 2024).

Figura 10: Piso intertravado retangular.



Fonte: Mosaicos Amazonas (2024).

Existem alguns tipos de blocos, os quais se diferenciam com relação aos formatos. Dentre eles estão: retangular, dezesseis faces e raquete. Além disso, podem se distinguir devido à função, o que gera outros três tipos de piso intertravado, que são o podotátil direcional, de alerta e vazado (PEREIRA, 2019).

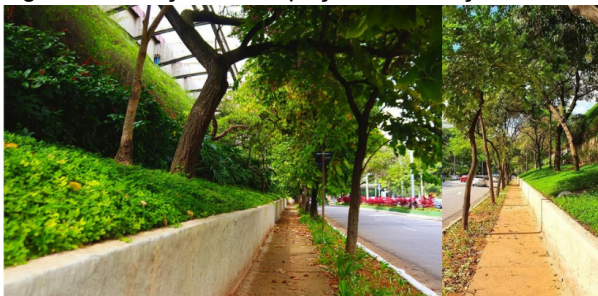
Além dos pisos intertravados, o concreto permeável é uma alternativa para auxiliar na drenagem urbana. Este material possui a mesma composição do convencional – água, brita e areia – no entanto, possui como característica principal a porosidade, a qual permite maior entrada de água e de ar (de 15% a 25% a mais de vazios). São necessárias uma base

e uma sub-base granular (pedras e brita) para que o concreto permeável seja instalado, seja moldado *in loco*, seja em blocos pré-fabricados. Este concreto é utilizado em estacionamentos, calçadas, ruas com baixo tráfego, parques, praças e ciclovias (BENEVENUTO, 2018; TECNOSIL, 2018).

Com a finalidade de auxiliar no escoamento superficial e de moderar as inundações, a prefeitura da capital paulista, junto com a Universidade de São Paulo (USP), desenvolveu um asfalto poroso cuja capacidade de absorção mantém a água armazenada a 35 cm da superfície (TECNOSIL, 2018). Haja vista esse novo material desenvolvido por esses órgãos públicos, é uma possibilidade para instalar em toda área externa da CEAGESP, pois, como mencionado anteriormente, possui atualmente um alto índice de impermeabilização, devido à pavimentação tradicional.

Outra medida são as calçadas com poços de infiltração, que são jardins verticais implantados em locais onde não é possível construir um jardim de chuva. Esta intervenção foi aplicada na avenida 23 de maio, na região central da capital paulista, com a finalidade de absorver as águas pluviais em uma área mais aprofundada, como mostrado na figura abaixo.

Figura 11: Calçada com poço de infiltração - Avenida 23 de maio.



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2024).

Ademais, para auxiliar no escoamento superficial e ainda aproveitar as águas pluviais para uso humano, tem-se as cisternas de coleta de chuva. Segundo a Ecocasa (2019), são reservatórios cuja finalidade é armazenar as águas provenientes das chuvas. Aterradas ou aéreas, com ou sem sistema de automação, as cisternas coletam a água captada por calhas e dutos do telhado e passam por um filtro antes que ela seja depositada. Dessa forma, essa água pode ser utilizada em atividades domésticas que não exijam água potável como: irrigação, descargas e limpezas de calçadas e carros.

Figura 12: Modelo de cisterna de água de chuva.

Modelo básico de cisterna



Fonte: ABC Mais (2023).

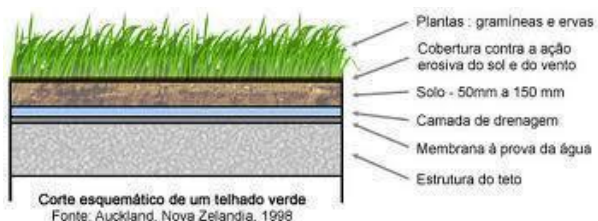
Para formular um projeto de aproveitamento de água, são considerados a localização do imóvel, a área do telhado e o histórico de precipitação da região nos últimos 30 anos. Por exemplo, um imóvel em São Paulo com um telhado de 30 m<sup>2</sup>, é capaz de receber uma cisterna de até 30 L. Este volume consegue comportar bem a água que será armazenada, mesmo em períodos com menos precipitação (ECOCASA, 2019; LEROY MERLIN, 2017).

A utilização das cisternas pode vir a contribuir para reduzir a sobrecarga do sistema de drenagem urbana, visto que – segundo a Agência Nacional das Águas –, em 2017, 2083 m<sup>3</sup>/s de água foram retirados no país, enquanto apenas 2 m<sup>3</sup>/s eram água de reuso.

Além disso, outro conceito que pode ser usado de referência para um projeto arquitetônico e urbanístico que auxilie na redução do impacto das enchentes na Vila Leopoldina são as chamadas cidades-esponjas. Estas são um conjunto de estratégias urbanísticas criadas pelos chineses no início dos anos 2000, que visam incorporar estruturas verdes para que a drenagem das águas seja feita de maneira eficiente e, dessa forma, evita alagamentos. Uma das propostas dessas cidades é o uso de um determinado tipo de concreto ou material permeável que permite a melhor e mais rápida absorção das águas. Além disso, a instalação de mais áreas verdes nas proximidades dos rios, como parques, hortas e até mesmo vegetação (ROSSINI, 2024).

Outra possível intervenção para a área de estudo são as chamadas coberturas verdes, que são telhados compostos por diversas camadas, as quais permitem o crescimento da vegetação (FRANCO, 2021).

Figura 13: Corte esquemático de um telhado verde.



Fonte: Auckland apud Melo (2021).

Como mostrado acima, a cobertura verde é feita sob a laje do edifício que logo recebe uma manta de impermeabilização, cuja inclinação mínima é de 2%, para impedir que a água provoque infiltrações na estrutura. Em seguida, coloca-se uma camada drenante para que a água circule e o excesso vá para as calhas, além de impedir que a terra passe. Por fim, posiciona-se o substrato juntamente com a vegetação.

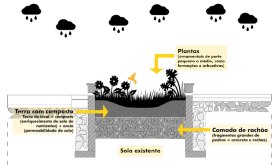
Existem três tipos de tipologias para esses telhados, os quais variam de acordo com a vegetação cultivada e a espessura do substrato. De acordo com a International Green Roof Association (Igra), tem-se o extensivo, que possui plantas rasteiras e pesa entre 60 kg/m<sup>2</sup> e 150 kg/m<sup>2</sup>; o semi-intensivo, que vegetação de porte médio e pesa entre 120 kg/m<sup>2</sup> e 200 kg/m<sup>2</sup>; e, por fim, o intensivo, que detém plantas de médio a grande porte e pesa 180 kg/m<sup>2</sup> e 500 kg/m<sup>2</sup> (AECWEB, 2018).

Em São Paulo, estas coberturas são regulamentadas pelo decreto 53.889/2013, posteriormente alterado pelo decreto 55.994/2015, que diz que telhados verdes e jardins verticais podem ser utilizados como uma compensação ambiental. Este é um instrumento financeiro utilizado para compensar as alterações ambientais proporcionadas no processo de licenciamento ambiental, seja por empresas ou por pessoas físicas. Dessa forma, o impacto ambiental deve ser previsto pelos responsáveis do empreendimento antes que se dê início às obras (VERTICAL GARDEN, 2019; GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2024).

Algumas dessas propostas explicadas ao longo do trabalho foram implementadas pela Prefeitura de São Paulo, que deu início ao Programa Jardim de Chuva na Cidade de São Paulo. O primeiro jardim de chuva foi implantado em 2017 com outras 23 intervenções e, a partir de 2021, contam-se mais de 300 iniciativas, entre elas estão: jardins de chuva, calçadas com poços de infiltração, escadarias verdes, biovaletas, vagas de estacionamento verdes e *land art*.

Embora tenham sido propostas intervenções para auxiliar na redução do impacto das enchentes no bairro Vila Leopoldina, ao se tratar da CEAGESP – importante elemento para a região e para a cidade de São Paulo como um todo – apenas com um estudo orientado e aprofundado que seria possível indicar tais medidas com propriedade, desde as mais apropriadas até mesmo os locais de instalação.

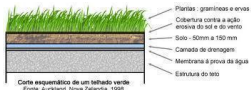
Tabela 1: Coletânea - propostas de intervenção.

| Intervenção                     | Prós                                                                                                           | Contras                                                                   | Imagem                                                                                |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Jardim de chuva                 | Menor gasto em infraestrutura de drenagem urbana<br><br>Contribuição paisagística para a cidade                | Precisa ser implantado em terrenos pouco íngremes                         |    |
| Piso intertravado               | Não exige manutenção frequente<br><br>Alta durabilidade                                                        | Se não for bem intertravado, corre risco de quebrar os blocos de concreto |  |
| Concreto permeável              | Possui maior permeabilidade do que o concreto convencional                                                     | Pode ter um alto custo dependendo do fornecedor                           |  |
| Calçada com poço de infiltração | Contribui para menor sobrecarga do sistema de drenagem urbana                                                  | Precisa ser implantado em calçadas mais largas                            |  |
| Cisterna de água de chuva       | Aproveitamento das águas pluviais em atividades que não requerem água potável<br><br>Economia na conta de água | A água reservada é imprópria para consumo humano                          |  |
| Telhado verde                   | Absorção do dióxido de carbono na atmosfera<br><br>Isolante térmico                                            | Reforço na manutenção em áreas suscetíveis a infiltrações na laje         |                                                                                       |



PROGRAMA INSTITUCIONAL DE  
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XX Jornada de Iniciação Científica - 2024

|  |                            |                                        |                                                                                     |
|--|----------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Redução das ilhas de calor | Necessita de mão de obra especializada |  |
|--|----------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

Autora: Isabela Osaki Troia (2024).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As enchentes têm se tornado cada vez mais recorrentes não somente no Brasil, mas também pelo mundo. O bairro Vila Leopoldina é um entre diversos outros pontos da cidade de São Paulo que sofrem com o impacto delas. Fatores como a topografia e os altos índices de impermeabilização são alguns dentre outros que podem vir a contribuir para a ocorrência de cheias, as quais afetam a região.

Visto que nela se localiza a CEAGESP – Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo – mais especificamente o ETSP – Entrepasto Terminal São Paulo – que é um importante elemento da área, os episódios de enchentes certamente proporcionam prejuízos socioeconômicos significativos. Além disso, embora a Vila Leopoldina já tivesse um histórico de inundações, tem-se em vista que não houve uma cautela ao implantar um equipamento urbano de tamanha proporção como essa unidade da CEAGESP.

Com base no cenário que se encontra a Vila Leopoldina, foi possível atingir o objetivo geral deste presente trabalho, visto que foi feito o levantamento sobre o histórico de enchentes que afetam a região, desde antes do intenso processo de urbanização. Consequentemente, a fim de reduzir o impacto das cheias, isso possibilitou a indicação de diretrizes arquitetônicas e urbanísticas para a área para diminuir os impactos proporcionados. Uma vez que a arquitetura e o urbanismo detém diversas propostas de intervenção para auxiliar no escoamento superficial, houve uma série de possibilidades sustentáveis que pudessem contribuir para este propósito na área de estudo desta presente pesquisa.

Além disso, foi possível atingir o objetivo de enquadrar a Vila Leopoldina com relação ao histórico de enchentes compará-lo ao da capital paulista. Haja vista que é uma área alagável desde antes da retificação do rio Pinheiros, a área de estudo sempre esteve mais suscetível às cheias, em comparação a outras áreas da cidade de São Paulo.

Por fim, outro objetivo presente nesta pesquisa era delimitar a área de intervenção de forma clara, o qual não foi atingido. Embora a área onde se localiza a região da CEAGESP



esteja mais sujeita às enchentes, não foi estabelecida áreas específicas para serem implantadas as intervenções arquitetônicas e urbanísticas propostas.

#### 4. REFERÊNCIAS

ABC. **Armazenar água da chuva com cisterna é alternativa contra o desperdício.** ABC Mais, 16 fev. 2023. Disponível em: <https://www.abcm.com.br/brasil/rio-grande-do-sul/armazenar-agua-da-chuva-com-cisterna-e-alternativa-contr-o-desperdicio/>. Acesso em: 21 ago. 2024.

ADORNO, Luís. **Volume de água no rio Pinheiros atinge o maior nível desde 1967.** UOL, São Paulo, 10 fev. 2020. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2020/02/10/volume-de-agua-no-rio-pinheiros-atinge-o-maior-nivel-da-historia.htm>. Acesso em: 24 jun. 2024.

AECWEB. **Como impermeabilizar coberturas verdes? Veja dicas e normas para seguir.** AECWeb, 18 maio 2018. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-impermeabilizar-coberturas-verdes-veja-dicas-e-normas-a-seguir/17405>. Acesso em: 06 ago. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura de Recursos Hídricos.** Agência Nacional das Águas, 2018. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 06 ago. 2024.

BENEVENUTO, Andrey. **Concreto permeável: UFF pesquisa soluções para uma urbanização sustentável.** UFF, 15 ago. 2018. Disponível em: <https://www.uff.br/?q=noticias/15-08-2018/concreto-permeavel-uff-pesquisa-solucoes-para-uma-urbanizacao-sustentavel>. Acesso em: 04 ago. 2024.

BIBLUS. **Jardim de chuva: projeto com guia técnica.** Biblus, 13 jan. 2020. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/jardim-de-chuva-projeto/>. Acesso em: 04 ago. 2024.

BRITANNICA. **Site Oficial – Termo Flood.** Disponível em: <https://www.britannica.com/science/flood>. Acesso em: 21 ago. 2024.

CAMBRIDGE. **Site Oficial – Termo Natural disaster.** Disponível em: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/natural-disaster>. Acesso em: 19 ago. 2024.

CEAGESP. **Ceagesp registrou alta de 2,6% no volume comercializado em 2023.** CEAGESP, 21 fev. 2024. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/comunicacao/noticias/relatorio-comercializacao-etsp-2023/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

ECOCASA. **Aproveitamento de água de chuva em São Paulo – conheça as possibilidades.** Ecocasa, 01 abril 2019. Disponível em: <https://www.ecocasa.com.br/aproveitamento-de-agua-da-chuva-em-sao-paulo-conheca-as-possibilidades/>. Acesso em: 06 ago. 2024.



FRANCO, José Tomás. **Telhados verdes: quais são as camadas e como impermeabilizá-los usando membranas líquidas**. Archdaily, 27 maio 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/910310/telhados-verdes-quais-sao-as-camadas-e-como-imp-ermeabiliza-los-usando-membranas-liquidas> . Acesso em: 06 ago. 2024.

FREIRE, Marcelo Tuvuca. **Em meio a boatos, Ceagesp descarta alimentos atingidos pela enchente**. UOL, 15 fev. 2020. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2020/02/15/em-meio-a-boatos-ceagesp-descarta-alimentos-atingidos-pela-enchente.htm> . Acesso em: 20 jun. 2024.

G1. **Enchentes no RS: Defesa Civil confirma mais uma morte e total chega a 177; 37 seguem desaparecidos**. G1, 09 jun. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/06/09/enchentes-no-rs-total-de-mortos-sobe-para-173-e-de-desaparecidos-cai-para-38.ghtml> . Acesso em: 20 jun. 2024.

GANDRA, Alana. **Parte da tragédia no Rio Grande do Sul foi causada por ação humana**. Agência Brasil, 16 maio 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-05/rs-professor-diz-que-parte-da-tragedia-foi-causada-por-acao-humana> . Acesso em: 19 ago. 2024.

GOMES, Sueli de Castro. **O território de trabalho dos carregadores piauienses no terminal da CEAGESP: modernização, mobilização e migração**, 2007. Tese (pós-graduação em geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-18102007-144240/publico/TESE\\_SUELI\\_C\\_ASTRO\\_GOMES.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-18102007-144240/publico/TESE_SUELI_C_ASTRO_GOMES.pdf) . Acesso em: 20 jun. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Compensação ambiental**. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/planos-manejo-gestao/compensacao-ambiental/#:~:text=Compensa%C3%A7%C3%A3o%20Ambiental%20%C3%A9%20um%20mecanismo,no%20processo%20de%20licenciamento%20ambiental> . Acesso em: 12 ago. 2024.

HIRABAYASHI, Y., Mahendran, R., Koirala, S. *et al.* **Global flood risk under climate change**. *Nature Clim Change*, v. 3, p. 816–821, jun. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nclimate1911> . Acesso em: 20 ago. 2024.

IBGE. **Censo 2010: população brasileira do Brasil é de 190.732.694 pessoas**. IBGE, 29 nov. 2010. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13937-asi-censo-2010-populacao-do-brasil-e-de-190732694-pessoas#:~:text=Popula%C3%A7%C3%A3o%20urbana%20sobe%20de%2081,160.879.708%20pessoas> . Acesso em: 14 ago. 2024.

ISTO É. **Ceagesp descarta 7 mil toneladas de alimentos**. Isto é, 12 fev. 2020. Disponível em: <https://istoe.com.br/ceagesp-descarta-7-mil-toneladas-de-alimentos-2/> . Acesso em: 21 ago. 2024.

LEROY MERLIN. **Sistema de captação de água de chuva: solução sustentável e econômica**. Leroy Merlin, 31 maio 2017. Disponível em: <https://blog.leroymerlin.com.br/sistema-de-captacao-de-agua-de-chuva-e-solucao-sustentavel-e-economica/> . Acesso em: 06 ago. 2024.



MADEIRO, Carlos. **Em 10 anos, governo gastou o dobro em respostas a desastres que em prevenção.** UOL, 03 abr. 2023. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/colunas/carlos-madeiro/2023/04/03/governo-gastou-em-10-anos-o-dobro-em-resposta-a-desastres-que-em-prevencao.htm>. Acesso em: 19 ago. 2023.

MELO, Bianca de Oliveira. **Telhados verdes.** PET Engenharia Civil UEM, 22 nov. 2021. Disponível em: <https://petciviluem.com/2021/11/22/tehdados-verdes/comment-page-1/>. Acesso em: 21 ago. 2024.

MOSAICOS AMAZONAS. **Piso intertravado: vantagens que vão além da estética.** Mosaicos Amazonas, 2024. Disponível em: <https://www.mosaicosamazonas.com.br/dica/piso-intertravado-vantagens-que-vao-alem-da-e-stetica>. Acesso em: 21 ago. 2024.

MUNIZ, Henrique. **Projeto de arquitetura de infraestruturas urbanas fluviais: Bairros fluviais da Vila Leopoldina, na confluência dos rios Pinheiros e Tietê,** 2021. Tese (graduação em arquitetura e urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Paulo, 2021. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/item/003036829>. Acesso em: 21 ago. 2024.

NEVES, Ernesto. **Cidade-esponja: São Paulo planta 'jardins de chuva' para conter enchentes.** VEJA, 24 jun. 2024. Disponível em: [https://veja.abril.com.br/agenda-verde/cidade-esponja-sao-paulo-planta-jardins-de-chuva-par-a-conter-enchentes?utm\\_source=admitad&utm\\_medium=baseexterna&utm\\_campaign=admitad\\_abril&tagtag\\_uid=c7cd8c8bbcaa606712897eb9ab5bede6](https://veja.abril.com.br/agenda-verde/cidade-esponja-sao-paulo-planta-jardins-de-chuva-par-a-conter-enchentes?utm_source=admitad&utm_medium=baseexterna&utm_campaign=admitad_abril&tagtag_uid=c7cd8c8bbcaa606712897eb9ab5bede6). Acesso em: 21 ago. 2024.

OLIVEIRA, Marina. **Conhece o jardim de chuva? Ele reduz alagamentos e melhora a mobilidade.** ESTADÃO, 08 abril 2022. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que/conhece-o-jardim-de-chuva-ele-reduz-alagamentos-e-melhora-a-mobilidade/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Nações Unidas Brasil, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2024.

PEGORIM, Josélia. **Clima futuro de São Paulo.** Climatempo, São Paulo, 25 de jan. de 2018. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2018/01/25/clima-futuro-em-sao-paulo-6003>. Acesso em: 19 ago. 2024.

PEREIRA, Caio. **Piso intertravado: o que é, principais tipos, vantagens e desvantagens.** Escola Engenharia, 16 jan. 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/piso-intertravado/>. Acesso em: 13 ago. 2023.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Caderno de Bacia Hidrográfica Bacia da Vila Leopoldina.** Prefeitura do município de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/obras/cadernos\\_de\\_drenagem/CBH\\_2022\\_Vila\\_Leopoldina.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/obras/cadernos_de_drenagem/CBH_2022_Vila_Leopoldina.pdf). Acesso em: 06 abr. 2023.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Manual de Desenho Urbano e Obras Viárias.** Prefeitura de São Paulo, 23 dez. 2020. Disponível em: <https://manualurbano.prefeitura.sp.gov.br/manual>. Acesso em: 19 ago. 2024.



PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Prefeitura lança 56 obras prioritárias do Plano Diretor de Drenagem da cidade.** Prefeitura de São Paulo, 25 ago. 2022. Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/w/noticia/prefeitura-lanca-56-obras-prioritarias-do-plano-diretor-de-drenagem-da-cidade>. Acesso em: 21 ago. 2024.

ROSSINI, Maria Clara. **O que são as Cidades-Esponja, estratégia usada na China para combater enchentes.** Super Interessante, 9 maio 2024. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/o-que-sao-as-cidades-esponja-estrategia-usada-na-china-para-combater-enchentes>. Acesso em: 21 ago. 2024.

STRAHLER, Arthur N. **Physical Geography.** Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1969.

TECNOSIL. **Concreto permeável: o que é e quais seus grandes atrativos?** Tecnosil, 07 mar. 2018. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/concreto-permeavel-o-que-e-e-quais-seus-grandes-atrativos/>. Acesso em: 21 ago. 2024.

TECNOSIL. **Pavimento intertravado: por que ele pode ser uma ótima solução para a sua construção.** Tecnosil, 2024. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/pavimento-intertravado-por-que-ele-pode-ser-uma-otima-solucao-para-a-sua-construcao/#:~:text=Tratam%2Dse%20de%20blocos%20de,a%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20imediata%20do%20pavimento>. Acesso em: 21 ago. 2024.

TROWSDALE, S. A. & SIMCOCK, R. **Urban stormwater treatment using bioretention.** Journal of Hydrology. V. 397, p. 167-174. 2011. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169410007195?casa\\_token=VBse40gOHdcAAAAA:bLcBQEGdfOxsezoEvmoJbILJcMVmeBsYnX\\_oQjma8LJNW9aABG7REv3VlhhEiDdYoifbmTWIJXZ5](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169410007195?casa_token=VBse40gOHdcAAAAA:bLcBQEGdfOxsezoEvmoJbILJcMVmeBsYnX_oQjma8LJNW9aABG7REv3VlhhEiDdYoifbmTWIJXZ5). Acesso em: 21 ago. 2024.

VERTICAL GARDEN. **Conheça as leis sobre Telhado Verde em vigor no Brasil.** Vertical Garden, 09 abr. 2019. Disponível em: <https://www.verticalgarden.com.br/post/conheca-as-leis-sobre-telhado-verde-em-vigor-no-brasil>. Acesso em: 21 ago. 2024.

WORLD BANK. **Brazil - Vulnerability.** Climate World Change Knowledge Portal, 2020. Disponível em: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/brazil/vulnerability>. Acesso em: 20 ago. 2024.

**Contatos:** [10402094@mackenzista.com.br](mailto:10402094@mackenzista.com.br) e [alexandre.augusto@mackenzie.br](mailto:alexandre.augusto@mackenzie.br)