

Universidade Brasil
Campus de Itaquera

ROSANA TORRANO

**CALÇADAS PERMEÁVEIS COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR
OS PROBLEMAS DAS ENCHENTES NA CIDADE DE SÃO
BERNARDO DO CAMPO, SÃO PAULO**

**PERMEABLE SIDEWALKS AS AN ALTERNATIVE TO MINIMIZE THE FLOOD
PROBLEMS IN THE CITY OF SÃO BERNARDO DO CAMPO, SÃO PAULO STATE**

SÃO PAULO
2020

ROSANA TORRANO

**CALÇADAS PERMEÁVEIS COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR OS
PROBLEMAS DAS ENCHENTES NA CIDADE DE SÃO BERNARDO DO CAMPO,
SÃO PAULO**

Orientadora Profa. Dra. Danila Fernanda Rodrigues Frias

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

SÃO PAULO

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

T641c Torrano, Rosana.
 Calçadas Permeáveis como alternativa para minimizar os
Problemas das enchentes na cidade de São Bernardo do Campo,
São Paulo/ Rosana Torrano.
São Paulo – SP: [s.n.], 2020.
57 p.: il.; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, co-
mo complementação dos créditos necessários para obtenção
do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Danila Fernanda Rodrigues Frias.

1.Inundações. 2.Mananciais urbanos. 3.Pavimentos
permeáveis. 4.Piso drenante. I. Título.

CDD 625.8

TERMO DE AUTORIZAÇÃO



Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(am) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "CALÇADAS PERMEÁVEIS COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR OS PROBLEMAS DAS ENCHENTES NA CIDADE DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, SÃO PAULO"

Autor(es):

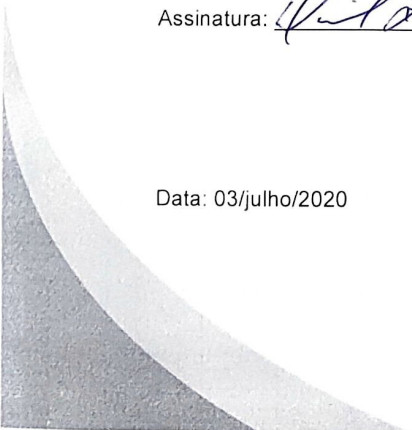
Discente: Rosana Torrano

Assinatura: 

Orientadora: Danila Fernanda Rodrigues Frias

Assinatura: 

Data: 03/julho/2020



TERMO DE APROVAÇÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

ROSANA TORRANO

**“CALÇADAS PERMEÁVEIS COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR OS PROBLEMAS
DAS ENCHENTES NA CIDADE DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, SÃO PAULO”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof(a). Dr(a) Danila Fernanda Rodrigues Frias (Presidente)

Prof(a). Dr(a). Evandro Roberto Tagliaferro (Universidade Brasil)

Prof(a) Dr(a). Marcelo Jacomini Moreira da Silva (FAMA)

Fernandópolis, 03 de julho de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao meu marido e filho pela paciência em ficarem privados de minha companhia, ao longo deste mestrado. Ao meu marido por sempre me incentivar a crescer como profissional, me apoiando e suprimindo obrigações que me cabiam para que eu realizasse o sonho almejado de ter maior conhecimento sobre a carreira que abracei. Ao meu filho eu dedico esta dissertação, porque, sei que sou um exemplo para o mesmo, que com apenas 25 anos já está trilhando um caminho maravilhoso em rumo à docência. A minha orientadora Profa. Dra. Danila Fernanda Rodrigues Frias, que além das aulas maravilhosas nos créditos, sempre, ao longo do estudo desta dissertação prontamente me tirou as dúvidas e orientou.

CALÇADAS PERMEÁVEIS COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR OS PROBLEMAS DAS ENCHENTES NA CIDADE DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, SÃO PAULO

RESUMO

Os grandes centros urbanos vêm sofrendo ao longo dos anos com problemas de enchentes, frente a urbanização desenfreada, acompanhada da infraestrutura inadequada e conseqüente impermeabilização dos solos. O objetivo deste estudo foi avaliar as ações executadas no município de São Bernardo do Campo para impedir a ocorrência de enchentes visando minimizar o impacto causado a população e ao meio ambiente. Para isso foi realizado um estudo bibliográfico de pesquisas correlatas em diferentes municípios semelhantes a este trabalho, e levantamento de dados sobre a legislação urbanística, as obras e planejamento estratégico, código de postura do município, estimativa da população, e as medidas de drenagem existentes na cidade. Baseado nos resultados obtidos foi proposta a alteração do artigo 79 do código de posturas, para que passe a constar como obrigatoriedade o uso do piso drenante. O município possui cerca de 98,3% da população residente em área urbana e 1,7% em área rural, sendo que 25,7% vivem em áreas de proteção e recuperação de mananciais e 16,7% em áreas de risco de desastres naturais. Nos meses de novembro a março ocorre aumento do índice pluviométrico concentrando, neste período, a ocorrência de inundações e deslizamento. No código de postura não se contempla uso de calçadas drenantes. Com a conclusão desta pesquisa foi possível notar que a cidade de São Bernardo do Campo possui problemas recorrentes de enchentes devido à alta taxa de urbanização e ocupação de áreas de preservação de mananciais, porém como forma de minimizar as inundações o município atua em obras de macro e microdrenagem, sem o uso de calçadas com piso drenante. A aprovação da regulamentação do uso destas calçadas como obrigatoriedade trará ao município vantagens em relação ao enfrentamento das enchentes, com benefícios aos cofres públicos, a população e ao meio ambiente.

Palavras-chave: Inundações; Mananciais urbanos; Pavimentos permeáveis; Piso drenante

PERMEABLE SIDEWALKS AS AN ALTERNATIVE TO MINIMIZE THE FLOOD PROBLEMS IN THE CITY OF SÃO BERNARDO DO CAMPO, SÃO PAULO STATE

ABSTRACT

Large urban centers have been suffering over the years with flooding problems due to the rampant urbanization accompanied by inadequate infrastructure and consequent soil impermeability. The objective of this study was to evaluate the actions carried out in the city of São Bernardo do Campo to prevent the occurrence of floods with a view to minimizing the impact on the population and the environment. A bibliographic study of related research in different municipalities similar to this work, and data survey was conducted on urban legislation, works and strategic planning, the municipal code, estimate of the population and water-source conservation areas and the existing drainage measures. Based on the results, an amendment to article 79 of the municipal code was proposed for the use of permeable floors to be mandatory. About 98.3% of the population of the municipality resides in urban areas and 1.7% in rural areas, with 25.7% living in of water-source protection and recovery areas of and 16.7% in areas at risk of natural disasters. In the months of November to March, there is an increase in precipitation rates, with the occurrence of floods and landslides concentrating in this period. The municipal code does not provide for the use of permeable sidewalks. With the conclusion of this research, it was shown that the city of São Bernardo do Campo has recurrent flooding problems due to the high rate of urbanization and occupation of water-source conservation areas. However, as a way to minimize floods, the municipality acts on macro- and micro-drainage works, without the use of permeable sidewalks. The approval of the regulation for the mandatory use of these sidewalks will bring advantages to the municipality in terms of coping with floods, providing benefits to public coffers, the population and the environment.

Keywords: Draining floor; Floods; Permeable pavements; Urban water sources

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Construção do piscinão no centro de São Bernardo do Campo	18
Figura 2. Trincheira de infiltração	19
Figura 3. Valas e Valetas de infiltração	20
Figura 4. Poço de infiltração.....	20
Figura 5. Telhado Verde.....	21
Figura 6. Faixa Gramada.....	22
Figura 7. Perfil de um sistema de Biorretenção (Jardins de Chuva)	22
Figura 8. Concregrama.....	23
Figura 9. Revestimento de peças de concreto permeável.....	24
Figura 10. Revestimento de placas de concreto permeável.....	25
Figura 11. Revestimento de pavimento de concreto permeável.....	25
Figura 12. Revestimento de piso intertravado com juntas alargadas permeáveis.....	26
Figura 13. Esquema de piso drenante com infiltração total.....	26
Figura 14. Esquema de piso drenante com infiltração parcial.....	27
Figura 15. Esquema de piso drenante sem infiltração	27
Figura 16. Localização do município de São Bernardo do Campo no estado de São Paulo	30
Figura 17. Hidrografia de São Bernardo do Campo no estado de São Paulo.....	37
Figura 18. Localização dos pontos de alagamento de São Bernardo do Campo no estado de São Paulo	41
Figura 19. Manchas de inundação do Ribeirão dos Couros e Córrego dos Meninos, Região de São Bernardo do Campo, São Paulo	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Especificações técnicas para revestimento permeável de acordo com a NRB 16416/2015.....	28
Tabela 2. Estimativa da população residente, percentual da população residente em área de APRM-B, e densidade demográfica do Município de São Bernardo do Campo, São Paulo, 2018	34
Tabela 3. Volume médio mensal de chuvas (mm) do Bairro Jardim do Mar em São Bernardo do Campo, São Paulo, de 1999 a 2016.....	36
Tabela 4. Reservatórios de contenção existentes no município de São Bernardo do Campo, São Paulo, 2020	39

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

APRM-B – Áreas de proteção e recuperação de mananciais

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. O Departamento de Águas e Energia Elétrica

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas.

NBR – Norma Brasileira.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Relevância do tema e estado atual da arte.....	13
1.2 Fundamentação teórica	14
1.2.1 História da urbanização na cidade de São Bernardo do Campo	14
1.2.2. Sistemas de drenagem	16
1.2.3 Tecnologias para drenagem urbana	18
1.3. Objetivo Geral.....	29
1.3.1. Objetivos específicos	29
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1. Município do estudo.....	30
2.2. Coleta de dados.....	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

1.1. Relevância do tema e estado atual da arte

O problema de enchentes nos centros urbanos decorrentes sobretudo das águas pluviais se dá devido ao grau de urbanização nas cidades, que se iniciaram próximas às várzeas dos rios e a beira mar, por conta da necessidade de proximidade da população com os corpos hídricos, já que os mesmos sempre foram utilizados como fonte de subsistência, além de importante via de transporte para o desenvolvimento, o que acabou causando a canalização destes rios em galerias (CANHOLI, 2005).

Não bastasse a canalização dos rios, temos a impermeabilização dos solos devido ao crescimento populacional, acrescido da falta de planejamento das gestões públicas, associados à insuficiência de manutenção do sistema de esgotos sanitários e pluvial (CANHOLI, 2005).

O desenvolvimento urbano tem como consequência natural o aumento do escoamento superficial, causando maiores cheias urbanas, devido ao desequilíbrio do balanço hídrico nas cidades, principalmente por conta da impermeabilização dos solos por meio do asfaltamento dos logradouros públicos e construções (TUCCI, 2000).

O cenário não é outro na cidade de São Bernardo do Campo (SBC) que, ao longo dos anos, vem sofrendo com as enchentes decorrentes das águas pluviais devido aos impactos causados pelo crescimento populacional da cidade, que de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) possuía população de 765.463 habitantes em 2010 e taxa de urbanização de 98,33%, com estimativa para 838.936 habitantes em 2019, ou seja, crescimento populacional anual 0,85% (IBGE, 2020).

Apesar deste cenário de crescimento populacional, o ente público continua com os sistemas de drenagem convencionais, ou seja, fazendo uso de estações elevatórias, piscinões, bocas de lobo, galerias, rios e córregos canalizados. Porém, tais recursos não são suficientes para minimizar os impactos decorrentes das águas pluviais em face à grande urbanização da cidade, e outros recursos eficazes, como por exemplo, uso de calçadas com piso drenante, não está previsto no programa de combate às enchentes em São Bernardo do Campo (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2020a).

A estrutura deficitária do sistema de drenagem da cidade acaba por acarretar, na época das chuvas, inundações e alagamentos, conforme ocorreu no ano de 2019 no município, o que fez com que fosse decretado estado de calamidade pública (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2019b). Neste cenário, o sistema de calçada permeável ou drenante pode atuar como medida de ação para auxiliar na solução do problema das enchentes decorrentes das águas pluviais em São Bernardo do Campo.

Na verdade, este tipo de pavimento já se encontra normatizado pela ABNT por meio da Norma Brasileira (NBR) 16416:2015 (ABNT, 2015). Vale ressaltar, inclusive, que a construção das referidas calçadas pode ser muito importante para as áreas de proteção, conservação e recuperação de mananciais da região, o que torna o município um espaço de especial interesse sanitário e ambiental (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2018a).

As calçadas drenantes têm sido apontadas como forma de alternativa para minimizar os impactos das águas pluviais de uma forma sustentável para o meio ambiente, já que este tipo de pavimento pode ser construído com absorção total da água drenada, com absorção parcial e sem absorção da água drenada. Dessa forma, tudo irá depender do tipo de solo e da funcionalidade que se quer obter deste tipo de pavimento, tendo em vista que ele possibilita, inclusive, que as águas pluviais sejam reaproveitadas por meio de um sistema de captação que pode ser feito junto ao piso drenante, quando utilizado o pavimento drenante sem infiltração (ABNT, 2015). Por isso, o objetivo neste trabalho foi avaliar as ações executadas no município de São Bernardo do Campo para impedir a ocorrência de enchentes visando minimizar o impacto causado a população e ao meio ambiente.

1.2 Fundamentação teórica

1.2.1 História da urbanização na cidade de São Bernardo do Campo

A aceleração do crescimento populacional na área urbana da cidade de São Bernardo do Campo foi impulsionada a partir de 1947, com a inauguração da via Anchieta, que passou a proporcionar grandes facilidades logísticas no transporte de gêneros, produtos industrializados e mercadorias pela conexão com o Porto de Santos, devido a sua posição geográfica estratégica (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2020b).

Ao lado disso, por ocasião da construção da estrada, a cidade tinha mão de obra razoavelmente qualificada, além de ter incentivos fiscais à época para que empresas estrangeiras se instalassem na cidade. Assim, nas décadas de 1950, a poluição cresceu à taxa de 10,7% ao ano e na década de 1960 apresentou crescimento de 9,5% ao ano, taxa superior à do Estado de São Paulo que era de 3,2% (SOUZA,2002).

Por volta de 1950, as indústrias automobilísticas começaram a chegar na região devido a facilidade de acesso entre o porto de Santos e o estado de São Paulo, assim as montadoras Volkswagen, Ford e Mercedes Benz foram instaladas, gerando grandes recursos e ao mesmo tempo aumento da população. O número de habitantes do município que era 29 mil em 1980, saltou para 425 mil para, em 2000, alcançar a casa dos 703 mil habitantes (IBGE, 2010; SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2010).

No final da década de 1970, a cidade já apresentava problemas de crescimento, pois o elevado incremento demográfico já não era absorvido em seus bairros. A partir de então, passou a se intensificar a ocupação de áreas impróprias, inclusive áreas de mananciais. Já nesta época, os bairros do Alvarenga e Montanhão que, em 1980, tinham 12 mil e 8 mil moradores respectivamente, passaram a acolher uma população total de 84 mil habitantes no ano de 2000, o que provocou a aglomeração de 52% das residências precárias nestes dois bairros (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2020b).

Diante deste crescimento urbano desenfreado, entre as décadas de 1950 a 2000, aliado à situação geográfica e ao relevo da cidade, a mesma passou a ter problemas com enchentes constantes devido à taxa de impermeabilização dos solos, sendo que a infraestrutura de drenagem não conseguiu acompanhar tal crescimento (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2020b).

O solo não tem a mesma capacidade de absorção de água quando impermeabilizado, dessa forma, quando a precipitação é intensa a mesma escoava para o sistema de drenagem existente, que não está equipado para suportar o grande volume de água e não foi atualizado no mesmo ritmo do crescimento urbano (TUCCI; BERTONI, 2003).

Nesse contexto, o volume hídrico supera sua capacidade natural de escoamento produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando

a superfície era permeável e o escoamento se dava pela declividade natural do solo (TUCCI; BERTONI, 2003).

A urbanização desordenada, o uso inadequado do solo e sua impermeabilização, que vem ocorrendo ao longo dos anos, provocaram a redução da capacidade de armazenamento natural do escoamento superficial. Este fato está diretamente relacionado a ocupação do solo sem condições apropriadas por meio do alastramento de comunidades em locais inapropriados como áreas de encostas, morros e de mananciais. Assim, o escoamento das águas pluviais, que demanda para outros locais, acaba por produzir as enchentes (TUCCI, 2002).

De acordo com estudo de Batezini (2013), a porcentagem de áreas impermeabilizadas em relação ao uso e ocupação do solo em decorrência as áreas pavimentadas representam cerca de 65% da área total impermeabilizada, restando cerca de 35% para as áreas de cobertura das edificações. Referido estudo aponta ainda que as áreas envolvendo indústria e comércio, além de shopping centers, representam os casos mais críticos de impermeabilização, possuindo em média cerca de 80% da área com algum tipo de cobertura.

Diante deste cenário de urbanização desenfreada e sem infraestrutura, as técnicas atuais de drenagem como piscinões, bueiros, bocas de lobo, não são suficientes para dar vazão às águas pluviais sendo necessária a adoção de novas técnicas, aliadas às já existentes para o controle das inundações, o que resulta em danos à população, aos entes públicos e ao meio ambiente (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2020a).

1.2.2. Sistemas de drenagem

A drenagem é um sistema de melhoramento público existente em uma área urbana, que deve ser planejado de forma integrada, levando em consideração os aspectos ambientais, sociais, culturais, bem como esta deve ser feita levando em conta a realidade local, relevo e geografia da região, pois, caso isto não ocorra é bem provável que o referido sistema acabe gerando custo e ineficácia para a região (SÃO PAULO, 2012).

O planejamento do sistema de drenagem deve ser feito com equipe multidisciplinar responsável pela formulação desse plano, ao lado dos urbanistas, economistas, sociólogos, paisagistas e engenheiros (SÃO PAULO, 2012).

Para Tucci e Bertoni (2003) há que se considerar três tipos de drenagem:

- 1- Na fonte: definido pelo escoamento que ocorre em condomínios ou empreendimentos individualizados, como estacionamentos e parques;
- 2- Microdrenagem: decorrente de canais ou condutos pluviais em loteamento ou rede primária urbana, é projetado para atender precipitações com riscos moderados, podemos citar como exemplo o sistema de drenagem de uma calçada;
- 3- Macrodrenagem: envolve os sistemas coletores de vários sistemas de microdrenagem, este sistema deve ser projetado para atender as precipitações advindas da microdrenagem, calculando-se os riscos e prejuízos humanos e materiais que poderão ser ocasionados caso não estejam feitos de acordo com as construções e população local (TUCCI; BERTONI, 2003).

Considerando as características da drenagem urbana, podemos agrupar os elementos principais que compõe um sistema de drenagem, sendo eles, as galerias, bocas de lobo, poços de visita, trecho, tubos de ligação, meio-fio, sarjetas, sarjetões, condutos forçados e estações de bombeamento (LOURENCETTI; GOMES; BRANCO, 2020).

As Galerias são canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas; Bocas de lobo, são dispositivos localizados nas sarjetas, para captação das águas pluviais; o Poço de Visita é um dispositivo que permite a inspeção e limpeza da rede, e pode ser posicionado em pontos convenientes onde ocorrem mudanças de direção da água, declividade e/ou diâmetro, ou em trechos longos, em média a cada 100m, para facilitar a inspeção e limpeza (ALMEIDA; CARVALHO, 2019).

Já o Trecho é a porção da galeria situada entre dois poços de visita; os Tubos de Ligação são tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou poços de visita; o Meio-fio são elementos de pedra ou concreto colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio; as sarjetas são faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio e a calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas (SÃO PAULO, 2012).

Os sarjetões são calhas localizadas no cruzamento de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas; os Condutos Forçados são obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal do conduto; e as Estações de bombeamento são conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de

drenagem quando não mais houver condições de escoamento por gravidade, para outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem (LAMB, 2014).

1.2.3 Tecnologias para drenagem urbana

Existem tecnologias relacionadas aos sistemas de drenagem urbana que possuem o propósito de auxílio para a resolução do enorme problema enfrentado na drenagem das águas pluviais decorrente da urbanização desenfreada e a consequente impermeabilização dos solos (VIRGILIS, 2009).

Dentre tais tecnologias podemos citar: reservatórios ou piscinões para retenção de água, trincheira de infiltração, vala e valeta de infiltração, poço de infiltração, telhado verde, faixas gramadas, pavimentos drenantes, jardins de chuva ou sistema de biorretenção, concregrama ou pisograma, e pavimentos de concreto permeável (BENINI, 2015).

Os reservatórios ou piscinões para retenção de água são construções com o objetivo de diminuir as inundações de um rio ou córrego e aliviar o que se chama impacto à jusante, que é o extravasamento das águas em grande quantidade rio abaixo. Esses reservatórios guardam a água da chuva até que o nível do rio baixe suficientemente para que essa água possa ser bombeada de volta ao rio (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2020a). Segundo Kobayashi et al. (2008), os principais pontos positivos desta técnica é o retardo do deflúvio superficial direto e benefícios recreativos, porém a implantação deste sistema requer alto investimento e grandes áreas, além da execução ser demorada (Figura 1).



Figura 1. Construção do piscinão no centro de São Bernardo do Campo
Fonte: São Bernardo do Campo (2020a)

A trincheira de infiltração (Figura 2) são estruturas lineares projetadas em superfícies impermeáveis podem ainda ter formatos de trapézio ou retangulares, tudo irá depender da disponibilidade do local onde a mesma será montada, a finalidade é o armazenamento das águas superficiais, normalmente são implantadas em locais com pouco espaço, como calçadas e lotes residenciais. É necessário antes da implantação uma análise previa do local onde será implantada (MELO, et al.2016).



Figura 2. Trincheira de infiltração
Fonte: Lucas (2011)

As valas e valetas de infiltração (Figura 3) são técnicas de infiltração simples e antigas. São projetadas por depressões no terreno, geralmente com cobertura vegetal, que visam reter as águas das chuvas, possibilitando o seu armazenamento temporário e, ao final, permitir a infiltração. As valetas também podem ter a finalidade de retardar o tempo de escoamento, diminuindo a velocidade deste (ZAHED FILHO; MARTINS; PORTO, 2012).

São simplificados o funcionamento das valas que, recebem a água das chuvas e armazenam dentro do volume útil da estrutura. A retirada deste volume armazenado poderá ocorrer por infiltração ou despejo controlado por um dispositivo à jusante. Normalmente, referida alternativa, é mais usual como estrutura de drenagem no sistema viário (ZAHED FILHO; MARTINS; PORTO, 2012).



Figura 3. Valas e Valetas de infiltração
Fonte: Kobayashi et al. (2008)

O poço de infiltração (Figura 4) baseia-se em um mecanismo formado por meio de um poço escavado no solo, revestido por tubos de concreto perfurados ou tijolos assentados em crivo, envoltos por uma manta geotêxtil fazendo a interface solo/tubo, e fundo revestido por uma camada de agregados graúdos, também envoltos por geotêxtil, de forma a permitir a infiltração, para o solo, do volume de água pluvial escoado para o seu interior (REIS; OLIVEIRA; SALES, 2008).

A viabilidade de um poço de infiltração depende da capacidade do subsolo de absorver água da chuva armazenada. Existem basicamente dois tipos de poços: poço de infiltração que se situam acima do nível freático e esgotam-se por absorção da camada não saturada do solo, e o poço de injeção que adentram o freático e esgotam a água armazenada diretamente na zona saturada do solo (PARANÁ, 2002).

Por outro lado, Agostinho e Poletto (2012) apontam que as ressalvas quanto a este sistema são com relação a não capacidade de suportar grandes cargas de sedimentos e oferecer riscos quanto à infiltração de poluentes.



Figura 4. Poço de infiltração
Fonte: Kobayashi et al. (2008)

O telhado verde ou teto verde (Figura 5) é uma expressão utilizada para nomear a cobertura vegetal que recobre lajes e telhados. Este sistema coleta e filtra a água substituindo a área natural de infiltração das águas alteradas pela edificação (HERZOG, 2013).

Os telhados verdes possuem um sistema bastante diferente, todos contribuem positivamente para o meio ambiente. Tanto os sistemas intensivos como os extensivos auxiliam a restauração do ciclo hidrológico local, tendo em vista que aumentam a evapotranspiração e minimizam o escoamento superficial, reduzem a temperatura interna, aumentam a biodiversidade local e melhoram a qualidade do ar, conseqüentemente melhorando a qualidade de vida da população (JOBIM, 2013).



Figura 5. Telhado Verde
Fonte: Câmara Municipal de São Paulo (2015)

As faixas gramadas (Figura 6) são instaladas com objetivo de retardar e infiltrar parcialmente escoamentos laminares oriundos de superfícies impermeáveis urbanas, e também na macrodrenagem funcionam como zona de escape para enchentes. O benefício fundamental das faixas gramadas, é que diminuem significativamente a velocidade do escoamento superficial e auxiliam na redução dos picos de vazão em áreas urbanas (quando aplicadas em grandes extensões) (AGOSTINHO; POLETO, 2012).



Figura 6. Faixa Gramada
Fonte: Shinzato (2015)

Os jardins de chuva ou sistema de biorretenção (Figura 7) são áreas escavadas e preenchidas com uma mistura de solo de alta permeabilidade e material orgânico. Tendem a proporcionar a máxima infiltração das águas escoadas e o crescimento vegetativo, controlando a quantidade e qualidade das águas advindas do escoamento superficial, por meio das propriedades químicas, biológicas e físicas das plantas, microrganismos e do solo que compõem o sistema (MELO, et al, 2016).

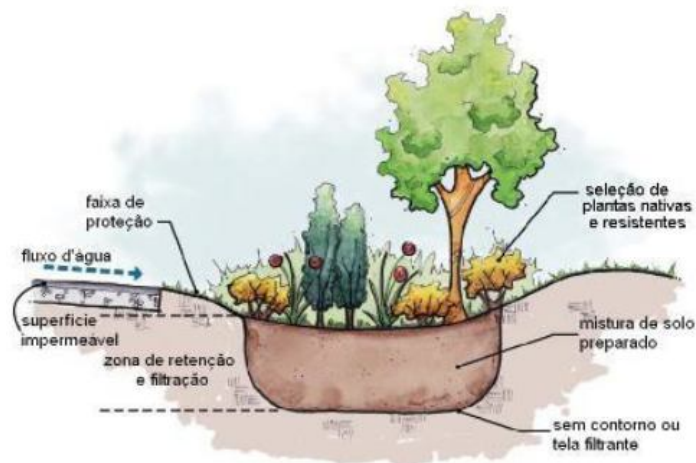


Figura 7. Perfil de um sistema de Biorretenção (Jardins de Chuva)
Fonte: Ferrão (2018)

O concregrama (Figura 8), também conhecido como pisograma, é um piso feito com concreto e grama, excelente para áreas verdes permeáveis. É produzido com ferro armado para ambientes que requerem piso com maior resistência, e

também com uso de concreto reciclável (BRASTON, 2020a). Este tipo de piso possui orifícios para ser plantado grama, o que mantém a área com um aspecto mais verde e promove a drenagem da água das chuvas (LIMA, 2018).



Figura 8. Concregrama
Fonte: BRASTON (2020a).

Os pavimentos de concreto permeável possui grande eficácia no auxílio à drenagem urbana. O termo concreto permeável é utilizado para indicar os concretos com elevado índice de vazios interligados entre si, que toleram a passagem da água, possuindo então, elevado grau de permeabilidade pois possuem poros. Para obter essa configuração, normalmente não se usa em sua composição o agregado miúdo/areia, material de pequena granulometria, menor de 5mm, sendo empregado em sua moldagem apenas o cimento, a água e o agregado graúdo, que são pedras ou materiais acima de 5mm, “pedregulho” ou “pedra britada” (LAMB, 2014; PEREIRA; BARBOSA, 2015).

De acordo com Francis (1965), o concreto permeável já tem sido utilizado no processo de construção desde a metade do século 19. Países europeus já aplicaram em construções de casas, edifícios, painéis pré-fabricados e blocos curados.

A Segunda Guerra Mundial, entre 1939 e 1945, fez com que surgisse uma onda de uso de concreto permeável diante da grande necessidade de moradias por conta da destruições causadas pela guerra por quase toda a Europa, o que encorajou o emprego de métodos de construção simples e de baixo custo, que nunca tinham sido antes utilizados. Dentre estes métodos destacou-se o uso do concreto permeável (FILHO, 2019).

Malhotra (1976) argumentou que a principal vantagem associada ao uso desse material era o menor consumo de cimento, em relação ao concreto

convencional, associado a eventuais vantagens no custo de execução, quando a mão-de-obra era escassa e dispendiosa.

Atualmente a conclusão a que se chegou é que este tipo de concreto tem alta permeabilidade com boa durabilidade, pode ser utilizados como revestimento de pavimentos em áreas de veículos leves, o que, aliado à sua capacidade drenante o torna atrativo, pois, permite o seu emprego como equipamento urbano de mitigação dos níveis de impermeabilização intensificados pela urbanização das cidades (LAMB, 2014).

Na definição da ABNT-NBR 16.416:2015, o pavimento permeável é aquele que atende simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento cuja estrutura permite a percolação e/ou o acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à sua estrutura (ABNT, 2015).

Existem vários tipos de pavimentos permeáveis, dentre eles o revestimento de peças de concreto permeável, o revestimento de placas de concreto permeável, o revestimento de pavimento de concreto permeável e o revestimento de pavimento intertravado permeável (ABNT, 2015).

O revestimento de peças de concreto permeável é um revestimento que permite que a água seja absorvida pelas peças de concreto (OTERPREN, 2020). Os tamanhos fabricados variam de 10X20X06cm, 10X20X08cm, 10X20X10cm, 20X20X06cm, 20X20X08cm, conforme Figura 9.



Figura 9. Revestimento de peças de concreto permeável
Fonte: OTERPREN (2020)

O pavimento revestido com placas de concreto permeável, permite que a água seja absorvida pelo concreto da placa (ORTEPREN, 2020). As placas possuem tamanhos variados de 20X40X06cm, 20X40X08cm, 40X40X06cm, 40X40X08cm, 40X80X08cm de acordo com a Figura 10.



Figura 10. Revestimento de placas de concreto permeável
Fonte: OTERPREM (2020)

O revestimento de pavimento de concreto permeável (Figura 11) trata-se de um produto que permite a absorção da água e ar através de suas camadas, ele é constituído de agregados com poucos finos, o que permite uma melhor absorção da água (BATEZINI, 2013).



Figura 11. Revestimento de pavimento de concreto permeável
Fonte: Batezini (2013)

Já o revestimento de piso intertravado possui juntas alargadas permeáveis cuja percolação de água ocorre pelos espaços entre as peças de concreto (ORTEPREN, 2020). As medidas das peças são 10X20X06 E 11X22X08 conforme demonstrado na Figura 12.



Figura 12. Revestimento de piso intertravado com juntas alargadas permeáveis
Fonte: ORTEPREN (2020)

Outro fator importante dos pisos drenantes é o sistema de infiltração, que pode ser total, parcial ou sem infiltração (ABNT, 2015).

No sistema de infiltração total, toda a água precipitada alcança o subleito e se infiltra. Este tipo de piso é ideal para terrenos arenosos que são altamente permeáveis (Figura 13) (ABNT, 2015).

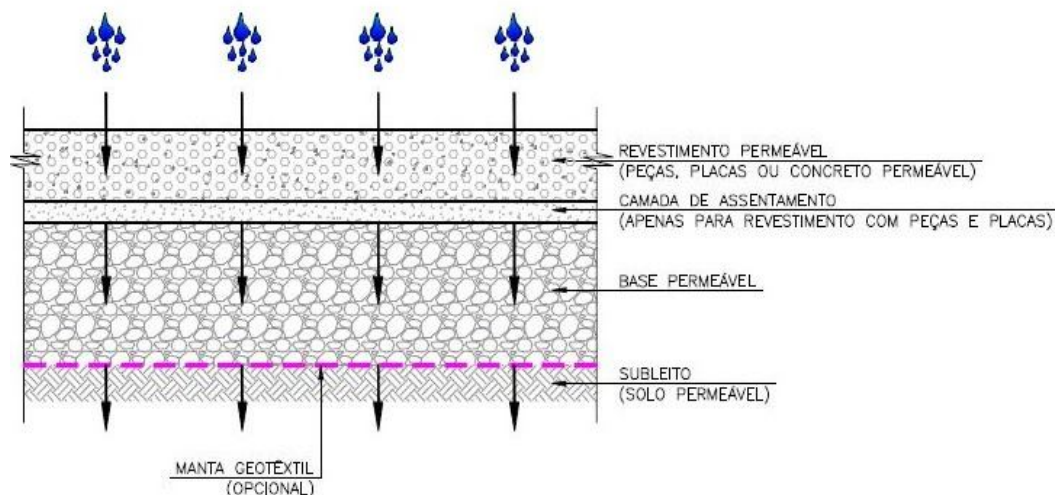


Figura 13. Esquema de piso drenante com infiltração total
Fonte: ABNT (2015)

No sistema de infiltração parcial, parte da água precipitada alcança o subleito e se infiltra, porém, parte fica temporariamente armazenada numa estrutura permeável, sendo removida por um dreno. Neste caso a estrutura permeável funciona como uma caixa de contenção que vai liberando a água gradativamente (Figura 14) (ABNT, 2015).

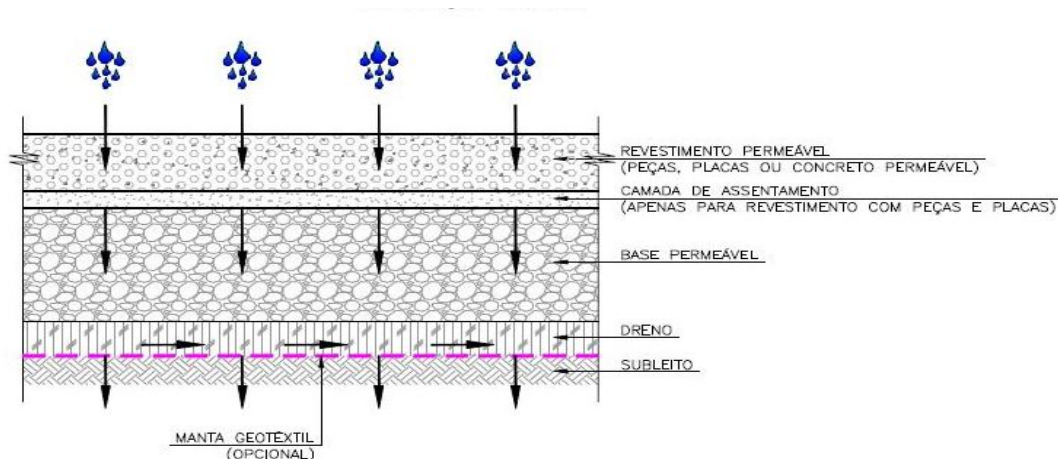


Figura 14. Esquema de piso drenante com infiltração parcial
Fonte: ABNT (2015)

Já no sistema sem infiltração, a água fica temporariamente armazenada na estrutura permeável e não infiltra no subleito, sendo removida por um dreno. Este sistema é indicado para casos em que não pode haver contaminação do subleito (Figura 15) (ABNT, 2015).

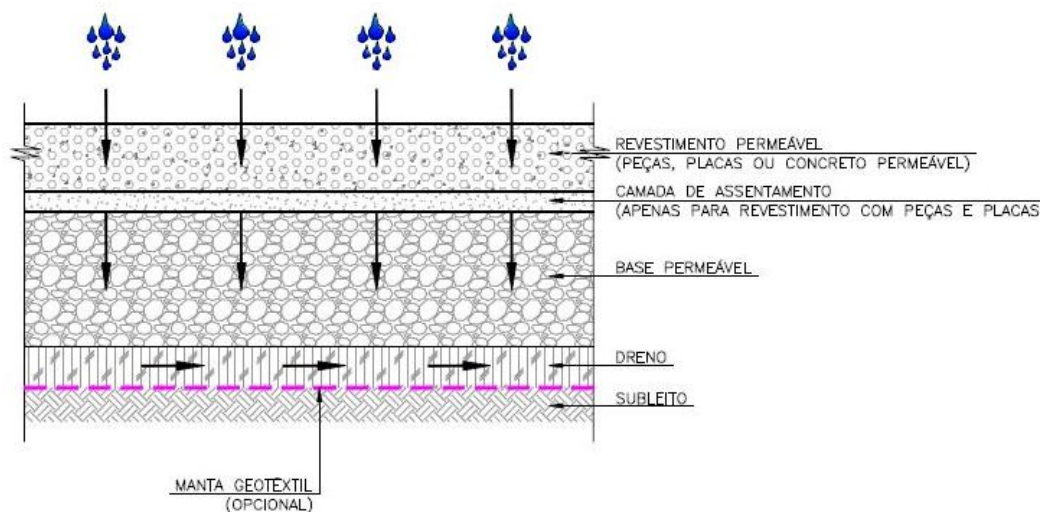


Figura 15. Esquema de piso drenante sem infiltração
Fonte: ABNT (2015)

De acordo com a NBR 16416:2015, a execução do pavimento permeável deve seguir a mesma regra do piso (não permeável), de acordo com as metodologias construtivas compatíveis com o tipo de revestimento escolhido, bastando apenas que não entrem em conflito com as especificações desta norma (ABNT, 2015).

Porém, esta NBR normatiza especificações técnicas para o revestimento permeável (Tabela 1).

Tabela 1. Especificações técnicas para revestimento permeável de acordo com a NRB 16416/2015

Tipo de revestimento	Tipo de solicitação	Espessura mínima (mm)	Resistência mecânica característica(MPa)	Método de ensaio
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Tráfego de pedestre	60,0	$\geq 35,0a$	ABNT NBR 9781
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Tráfego leve	80,0	$\geq 35,0a$	ABNT NBR 9781
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestre	60,0	$\geq 20,0a$	ABNT NBR 15805
Peça de concreto permeável	Tráfego leve	80,0	$\geq 20,0a$	ABNT NBR 15805
Placa de concreto permeável	Tráfego de pedestre	60,0	$\geq 2,0b$	ABNT NBR 15805
Placa de concreto permeável	Tráfego leve	80,0	$\geq 2,0b$	ABNT NBR 15805
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestre	60,0	$\geq 1,0c$	ABNT NBR 12142
Concreto permeável moldado no local	Tráfego leve	100,0	$\geq 2,0c$	ABNT NBR 12142

a = determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.

b = determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.

c = determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.

Fonte: Adaptado de ABNT (2015)

Para manutenção do pavimento permeável, segue-se a mesma regra de manutenção do piso não drenável, ou seja, deve haver a intervenção sempre que existirem condições que comprometam o desempenho mecânico ou hidráulico do pavimento. Os reparos devem ser feitos com os mesmos materiais do pavimento existente, não podendo haver mistura de pavimento permeável e impermeável, pois caso isto ocorra, a funcionalidade do piso drenante não será a mesma (ABNT, 2015).

Com relação à limpeza do pavimento drenante, esta deverá ser feita de acordo com as seguintes etapas:

- Remoção de sujeiras e detritos em geral, que pode ocorrer por varrição normal ou mecânica;
- Aplicação de jato de água sob pressão;
- Utilização de equipamento de sucção para a retirada de materiais finos;
- Recomposição do material de rejuntamento, se for o caso, devendo seguir as especificações técnicas previstas na NBR 16416:2015 (ABNT, 2015).

1.3. Objetivo Geral

Avaliar as ações executadas no município de São Bernardo do Campo para impedir a ocorrência de enchentes visando minimizar o impacto causado a população e ao meio ambiente.

1.3.1. Objetivos específicos

- Apresentar os dados da cidade de São Bernardo do Campo relacionados a população, relevo, geografia, hidrologia, características geológicas, geomorfológicas, clima e enchentes ao longo dos anos;
- Avaliar os métodos de controle e prevenção de enchentes que são executados em São Bernardo do Campo, São Paulo;
- Propor a regulamentação do uso obrigatório de calçadas com pavimento drenante junto ao código de postura do município como alternativa para minimizar as enchentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Município do estudo

A referida pesquisa foi realizada na cidade de São Bernardo do Campo, município localizado entre a capital paulista e o porto de Santos, na região Sudeste do Brasil, no Estado de São Paulo. Compõe um dos sete municípios do ABC Paulista: Santo André, Mauá, Diadema, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra e São Caetano do Sul. De acordo com os dados do IBGE (2020) São Bernardo do Campo figurava como a 4ª maior cidade em população em relação ao Estado de São Paulo e a 23ª maior cidade do Brasil, com uma extensão territorial de 409,532km², com população estimada em 2019 de 838.936 habitantes (Figura 16).

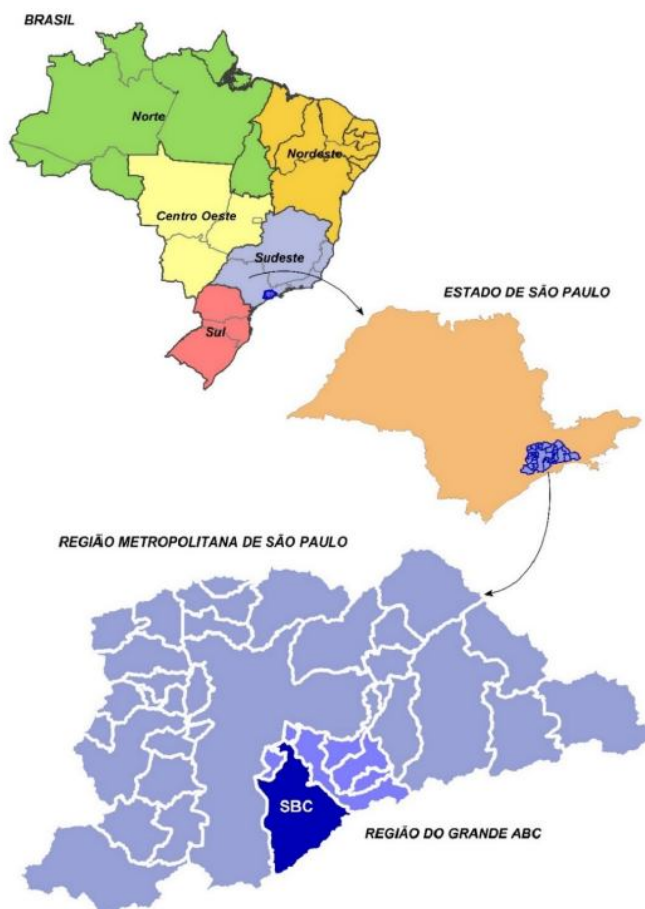


Figura 16. Localização do município de São Bernardo do Campo no estado de São Paulo
Fonte: São Bernardo do Campo, 2019a

O município encontra-se com cerca de 52% do seu território inserido em área de proteção e recuperação dos mananciais Billings, onde o espelho d'água da represa ocupa 19% desta área (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2019a).

O relevo da cidade é bem peculiar, pois se divide entre áreas do Planalto Atlântico que é constituído de relevo suavizado de morros e espigões de alturas medianas que drenam para o Rio Tamanduateí; e da Serra do Mar, que é o relevo de transição entre o Planalto Atlântico e Planície Costeira da Baixada Santista. A ocupação desenfreada descaracteriza o relevo da cidade (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2010).

O município se encontra inserido em um dos cursos d'água mais extenso do estado de São Paulo, nas cabeceiras da bacia hidrográfica do Rio Tietê e na sub-região Billings-Tamanduateí cujo manancial mais importante é o reservatório Billings. O Ribeirão dos Couros e o Ribeirão dos Meninos são os principais cursos d'água da cidade e cruzam áreas densamente ocupadas e impermeabilizadas (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2010).

A cidade possui um clima bem peculiar devido a sua localização, assim apesar de um clima temperado e úmido, este acaba sendo diversificado, com mudanças bruscas, sobretudo na umidade do ar e por consequência na temperatura, o que ocasiona pluviosidade e nebulosidade frequentes na região (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2019a).

A cidade possui um código de postura, Lei nº 4.974/2001, que regula o exercício de polícia administrativa entre o poder público e as pessoas jurídicas e físicas. O referido código contempla as especificações de diversos temas, entre eles: a higienização e saúde pública, vias e logradouros públicos, uso de bens públicos, permissões para exercícios de atividades e exploração de serviços (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2001).

Além disso, o município conta com um plano municipal de saneamento básico, instituído pela Lei nº 17.401/2011, que inclui os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, a drenagem e manejo das águas pluviais, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2011).

2.2. Coleta de dados

O presente estudo foi realizado por meio de análise da situação das enchentes recorrentes na cidade de São Bernardo do Campo, São Paulo. Para isto foi realizado um estudo bibliográfico de pesquisas correlatas em diferentes municípios semelhantes a este trabalho. Também, foi utilizado como base o *site* da prefeitura de São Bernardo do Campo, analisando-se a legislação urbanística, as obras e planejamento estratégico e o código de postura. Foram adquiridos dados referentes à estimativa da população residente, o percentual da população em área urbana, rural e de proteção de mananciais, hidrologia, características geológicas e geomorfológicas, bem como as medidas de drenagem existentes na cidade e exigências junto ao código de postura sobre a construção das calçadas.

Com relação aos dados referentes ao número de moradores que vivem em domicílios particulares permanentes em áreas de risco a desastres naturais (enchentes e enxurradas), a pesquisa foi realizada no site do IBGE. Já, a média de chuvas de um período de 17 anos, entre janeiro a dezembro, foi coletada junto ao site DAEE- Departamento de Águas e Energia Elétrica.

Após levantamento de dados foram transcritos em planilhas eletrônicas (software Excel®) para posterior tratamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cidade de São Bernardo do Campo, São Paulo, possuía em 2018, população média de 833.240 habitantes. Estima-se que 98,3% da população resida na área urbana e 1,7% na área rural, perfazendo uma densidade populacional demográfica urbana de 6.928 hab/km² e a rural de 65 hab/km². Um fato importante a salientar é que 25,7% da população de São Bernardo do Campo vivem em áreas de proteção e recuperação de mananciais (APRM-B) (Tabela 2) (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2019a).

Tabela 2. Estimativa da população residente, percentual da população residente em área de APRM-B, e densidade demográfica do Município de São Bernardo do Campo, São Paulo, 2018

Fonte: São Bernardo do Campo, 2019a

Bairro	Estimativa de População	% da População em Área de APRM-B	Densidade Demográfica (Hab./Km ²)
Zona Urbana			
Alves Dias	31.227	15,8%	14.130
Anchieta	16.028	-	6.969
Assunção	44.564	0,9%	10.610
Baeta Neves	53.981	-	15.830
Balneária	406	100,0%	265
Batistini	32.196	100,0%	2.423
Botujuru	14.320	29,6%	2.170
Centro	52.483	-	7.787
Cooperativa	28.039	43,4%	5.793
Demarchi	28.595	22,1%	5.106
Dos Alvarenga	70.111	100,0%	4.782
Dos Casa	54.882	83,7%	18.113
Dos Finco	11.027	100,0%	2.042
Ferrazópolis	46.785	-	16.709
Independência	24.023	-	10.010
Jordanópolis	16.503	-	7.207
Montanhão	105.264	8,9%	8.816
Nova			
Petrópolis	22.450	-	11.572
Paulicéia	26.637	-	6.643
Planalto	32.406	-	8.782
Rio Grande	7.140	100,0%	1.350
Rudge Ramos	43.758	-	9.513
Santa			
Terezinha	27.010	-	18.628
Taboão	29.490	-	7.300
Total Zona Urbana	819.325	24,5%	6.928
Zona Rural			
Alto da Serra	nd	nd	nd
Capivari	1.949	100,0%	73
Curucutu	1.770	100,0%	69
Dos			
Imigrantes	1	nd	nd
Rio Pequeno	58	100,0%	3
Santa Cruz	2.183	100,0%	7.277
Taquacetuba	1.730	100,0%	244
Tatetos	2.835	100,0%	219
Varginha	3.183	100,0%	222
Zanzalá	206	100,0%	13
Total Zona Rural	13.915	100,0%	65
Total	833.240	25,7%	2.504

Fonte: São Bernardo do Campo, 2019a (Adaptado).

Vale destacar que no município existem muitas famílias vivendo em áreas de proteção de mananciais em assentamentos precários, sem infraestrutura e urbanização, que se encontram em processo de regularização por meio do decreto nº 20.508/2018 (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2018b), que foi criado considerando as diretrizes do artigo 64 da Lei Federal nº 12.651/2012 (Código Florestal) que compreende a forma de regularização dos assentamentos em áreas de proteção e preservação de mananciais (BRASIL, 2012b).

Em estudo realizado com parceria entre IBGE E CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), afirmou-se que a cidade de São Bernardo do Campo encontra-se em 10º lugar no *ranking* de maior número de indivíduos vivendo em áreas de risco de desastres naturais, o qual se enquadra as enchentes e enxurradas, perfazendo 16,7% da população total (IBGE, 2018; CEMADEN, 2018). Se preservarmos os 16,7% de população em área de risco e atualizarmos para a população média de 2019 (838.936), cerca de 140.100 indivíduos vivem em área de risco no município do estudo.

A questão das moradias em áreas de risco é um problema grave no Brasil devido ao crescimento populacional de forma desordenada. Assim como no município deste estudo, a cidade de Maceió, no estado de Alagoas possui 575 áreas de risco, organizadas em 06 complexos (SANTOS, 2018).

Existem algumas ações importantes relacionadas ao fortalecimento da gestão de riscos e resposta de movimento de massa no Brasil. Dentre elas, pode-se citar, o planejamento de expansão urbana que visa a redução de riscos de desastres aplicado ao planejamento urbano tendo como ponto de partida a Lei nº 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (BRASIL, 2012)

De acordo com as informações obtidas junto ao DAEE, os índices de chuvas para o período de 1999 a 2016 na região de São Bernardo do Campo, estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3. Volume médio mensal de chuvas (mm) do Bairro Jardim do Mar em São Bernardo do Campo, São Paulo, de 1999 a 2016

Meses	Volume médio mensal (mm) – 1999 a 2016
<i>Janeiro</i>	245,01
<i>Fevereiro</i>	169,72
<i>Março</i>	158,97
<i>Abril</i>	78,55
<i>Mai</i>	57,71
<i>Junho</i>	50,98
<i>Julho</i>	60,07
<i>Agosto</i>	27,08
<i>Setembro</i>	64,04
<i>Outubro</i>	98,09
<i>Novembro</i>	130,02
<i>Dezembro</i>	152,97

Fonte: DAEE (2020)

Conforme dados apontados na Tabela 2, nos meses de novembro a março existe uma média histórica de chuvas acima dos padrões encontrados nos outros meses do ano, por isso, este período é o que mais concentra ocorrências de enchentes, inundações e deslizamento de terras no município. Vale ressaltar que na pesquisa realizada por Molina; Cardoso; Nogueira (2015), os autores identificaram a marca da sazonalidade presente na região de precipitações mensais nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro, e citaram que de acordo com a defesa civil do município, de 2003 a 2012, em 241 dias, ocorreram deslizamentos na região devido às fortes chuvas.

Apesar do município estudado ser rico em densidade hidrográfica, as áreas mais urbanizadas da cidade são as que possuem menor densidade hidrográfica devido suas características geológicas, geomorfológicas e climáticas, em relação à outras áreas da cidade (Figura 10) (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2019c).

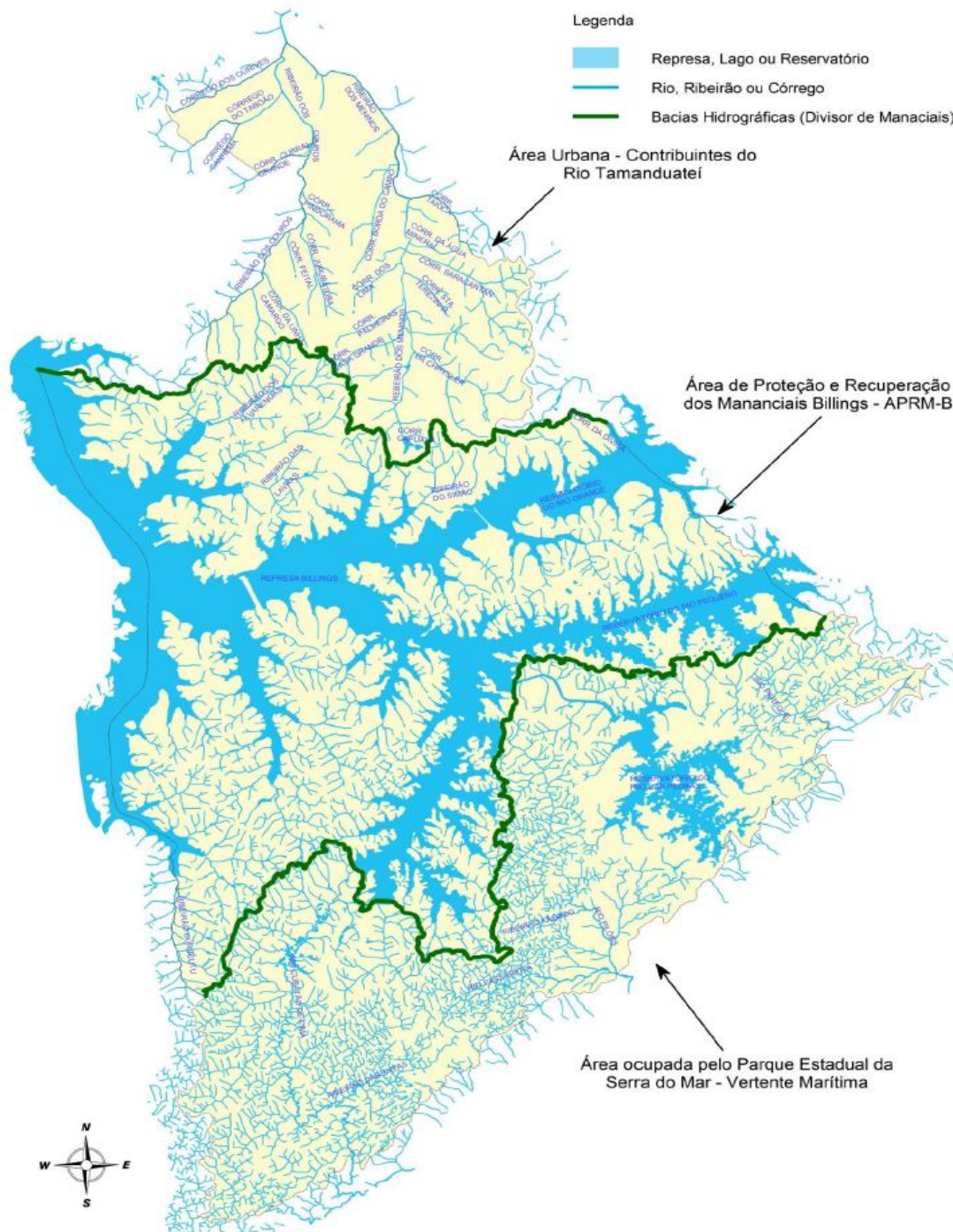


Figura 17. Hidrografia de São Bernardo do Campo no estado de São Paulo.
Fonte: São Bernardo do Campo (2019c).

Outra característica importante a ser destacada é que a região onde ocorrem as maiores enchentes no município são as áreas com características geomorfológicas de colina e morrotes baixos, onde encontra-se concentrado a maior porção urbana (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2019c).

Alguns municípios brasileiros possuem problemas recorrentes de enchentes com padrões de chuvas similares ao da cidade de São Bernardo do Campo. Embora tais cidade não possuam a mesma geografia e relevo, o elevado grau de urbanização existe, assim como no município de estudo.

A cidade de Ribeirão Preto, no interior de São Paulo, possui população estimada em 703.293 habitantes e apresenta um padrão de chuva muito similar ao do município estudado, sofrendo também com as enchentes em determinados períodos do ano, especificamente nos meses de novembro a março, como em São Bernardo do Campo (GARCIA; BARBOSA, 2017). Assim como o município de Maceió, que possui população estimada de 1.018.948 habitantes e que apesar de apresentar clima seco é assolado por desastres causados pelas fortes chuvas na região durante os meses de março a julho, devido à escassez de medidas de auxílio voltadas para drenagem urbana (SANTOS, 2018).

Valverde; Cardoso; Brambila (2018), pesquisaram sobre o padrão das chuvas na região do ABC Paulista e chegaram à conclusão, tendo como base o período de 1972-2012, que São Bernardo do Campo é o município com maior índice pluviométrico em comparação aos demais municípios do ABC paulista. De acordo com o referido estudo, a média anual de chuvas foi de 1604,4mm, em comparação a Santo André, por exemplo, que teve um padrão de 1404,8mm.

É importante destacar que a ocorrência de inundações não se trata de um problema isolado da região, ou do estado de São Paulo, pois, conforme estudo realizado por Souza; Gonçalves (2018), a cidade de Belo Horizonte/MG, sofre com inundações influenciadas pela urbanização desordenada e pela impermeabilização dos solos, aliado a falta de planejamento urbano e políticas públicas eficientes. Assim como Ribeirão Preto apresenta enchentes recorrentes e têm como causa o crescimento urbano de forma desenfreada e a construção de barragens de forma ou em locais inadequados (GARCIA; BARBOSA, 2017).

Como já citado, um dos principais problemas relacionados às chuvas é a ocorrência de enchentes. Desta forma, o município estudado possui o Programa de combates às enchentes (Seminário Drenar, 2019), originalmente chamado de Programa Drenar (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2019a). Este programa é um conjunto de obras de macro e microdrenagem, com objetivo de reduzir as frequentes inundações em diversos pontos da cidade, pois estas provocam enormes prejuízos materiais e humanos (ODA et al., 2014).

Nos municípios, o sistema mais utilizado para contenção de águas pluviais, são as galerias, que captam a água por meio das bocas de coleta (“boca de lobo”). O maior problema deste sistema é que, devido à intensa urbanização e impermeabilização do solo, um volume maior de água chega até estes locais, que conseqüentemente, não conseguem escoá-la, provocando enchentes nas vias públicas (STAUDT et al., 2016).

Em São Bernardo do Campo, o Ribeirão dos Couros, Córrego Casa Grande, Córrego Rotary, Córrego Chrysler, Ribeirão dos Meninos, Córrego Taboão e Córrego Casa Grande contam com 10 reservatórios de contenção (piscinões), e existe outro localizado no paço municipal da cidade que atende ao Córrego dos Meninos (Tabela 4) (DAEE, 2015; SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2019d).

Tabela 4. Reservatórios de contenção existentes no município de São Bernardo do Campo, São Paulo, 2020

Reservatório de Contenção	Curso D'água	Capacidade
Canarinhos	Córrego Casa Grande	95 mil m ²
Vila Rosa	Ribeirão dos Couros	113 mil m
Bombeiros	Córrego Rotary	34 mil m ²
Chrysler	Córrego Chrysler	190 mil m ²
Volkswagen Demarchi	Ribeirão dos Meninos	170 mil m ²
Mercedes Paulicéia	Ribeirão dos Couros	380 mil m ²
Ford Taboão	Ribeirão dos Couros	340 mil m ²
Taboão	Córrego Taboão	180 mil m ²
Ford Fábrica	Córrego Taboão	82 mil m ²
Pindorama/Casa Grande	Córrego Casa Grande	35 mil m ²
Paço Municipal	Córregos dos Meninos	220 mil m ²

Fonte: DAEE (2015); SÃO BERNARDO DO CAMPO (2019d) (Adaptada)

Além dos reservatórios de contenção, a cidade conta ainda com outros projetos em andamento previstos no programa drenar, são eles: contenção de talude na Avenida Pery Ronchetti, canalização do Córrego Silvina, canalização do Córrego Ipiranga, reforma do sistema de drenagem da Vila Vivaldi, canalização do Córrego Capuava e do Ribeirão dos Meninos, canalização do Córrego Pindorama (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2019a).

De acordo estudo realizado junto ao consórcio intermunicipal do ABC foi comprovado que o centro de São Bernardo do Campo, especificamente um trecho da Avenida Brigadeiro Faria Lima, próximo à praça Lauro Gomes sofre recorrentes problemas com as enchentes, sendo necessário a população local utilizar comportas de grandes proporções para tentar minimizar o impacto das enchentes

(CONSORCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC, 2016). Mesmo após a construção do piscinão do paço municipal para auxiliar a resolver este problema, o impacto negativo das chuvas relacionada a ocorrência de enchentes ainda permanece, conforme afirmou esta notícia:

A região central de São Bernardo ficou totalmente alagada após 30 minutos de forte temporal que atingiu a cidade na tarde de ontem (07/02/2020) – entre 15h40 e 16h10. A enchente foi registrada seis meses após a entrega do Piscinão do Paço Municipal, em agosto do ano passado, considerada a maior obra de drenagem urbana do País, e que prometia finalizar os problemas na região central do município. As ruas Marechal Deodoro e Jurubatuba foram as mais afetadas pela chuva.

No trecho entre os números 807 e 722 da Marechal Deodoro, comerciantes e munícipes acreditam que um bueiro entupido prejudicou o escoamento da água. Proprietário de loja de móveis instalada no local em setembro do ano passado, Ahmad Mohamed, 36 anos, garante que não permanecerá no ponto. “Não sei o motivo da entrega do piscinão, se não auxilia as outras regiões (além do Paço Municipal). Aqui (Marechal Deodoro) não tem vazão de água. Nem choveu muito e a água invadiu as lojas”, lamenta o comerciante.

Mohamed destaca que entre os produtos perdidos estão colchões, sofás, guarda-roupas e estantes, prejuízo de cerca de R\$ 40 mil, segundo ele. “O que conseguirmos vender, vai ser pela metade do preço. É um absurdo”, considera.

A frentista Daiana dos Santos, 31, estava na Rua Marechal Deodoro no momento da chuva e abandonou o carro assim que percebeu a água subindo. “Fiquei abrigada em uma loja com minhas filhas. A água subiu até a roda do carro e tive de esperar pelo guincho para conseguir ir embora”, diz.

Em uma das travessas da Rua Marechal Deodoro, na Rua Djalma Dutra, a funcionária de uma loja de cosméticos Judite Coutinho, 46, revelou que os alagamentos são esperados pelos trabalhadores do Centro de São Bernardo a cada chuva. “Infelizmente, quando chove, já esperamos o pior. São quatro anos trabalhando aqui e sempre é a mesma coisa”, conta.

O estudante de contabilidade Laércio Pereira, 19, voltava para casa quando precisou se abrigar em uma loja de itens para celular na Rua Jurubatuba. “Além do caos para os pedestres e motoristas, a enchente espalha os lixos. É lamentável”, critica.

Este é o primeiro alagamento que a região central registra desde a inauguração do Piscinão do Paço. Segundo a administração, ele tem capacidade para captar 220 milhões de litros de água e inclui túnel subterrâneo de aproximadamente 1 quilômetro de extensão, que liga a galeria na Alameda Glória até o Paço. A obra recebeu investimento de R\$ 353 milhões, sendo R\$ 204 milhões fornecidos pelo governo federal e R\$ 148 milhões, pelo município, em parceria com a CAF (Corporação Andina de Fomento).

De acordo com o Cemaden (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), as regiões mais afetadas da cidade foram o Centro, com 39 milímetros de água, o bairro Demarchi, onde choveu 47 milímetros, e o Jardim Silvina, com 40 milímetros. “Pontos de alagamentos foram registrados, mas já estão normalizados. Não foi registrada nenhuma ocorrência”, complementou a Prefeitura, em nota.

Prefeitura garante que reservatório funcionou perfeitamente

A Prefeitura de São Bernardo considerou que “o novo sistema hidráulico do Piscinão do Paço funcionou perfeitamente” na tarde de ontem. O prefeito Orlando Morando (PSDB) usou seu perfil no Facebook para dizer que foi “mais um dia de forte chuva sem graves problemas”.

“Se não fossem feitas todas as obras de combate às enchentes, isso aqui (Paço Municipal) estaria completamente alagado. Tivemos alguns pontos pequenos de alagamento. O sistema de drenagem funcionou e a água foi embora”, observou Morando. O Paço ressaltou ainda que o escoamento da água se deu em menos de dez minutos, o que demonstra “o bom resultado do sistema de drenagem entregue pela Prefeitura”.

A administração considerou ainda que “não foram registradas enchentes na cidade, apenas acúmulos de água em pontos específicos, causados pela forte precipitação de quase 50 milímetros em apenas 30 minutos”. (ASSAGRA, 2020).

Ainda com relação as áreas que sofrem maior impacto dos alagamentos, destaca-se, na pesquisa realizada por Molina; Cardoso; Nogueira (2015) que os bairros Jardim Silvina, Jardim Orlandina e Vila São Pedro, são os mais castigados com as enchentes devido à grande urbanização destas áreas e a consequente impermeabilização do solo, o que faz com que as águas pluviais não sejam naturalmente absorvidas. Reforça-se que o jardim Orlandina possui em sua proximidade dois piscinões para auxiliar no escoamento das águas pluviais, e o Jardim Silvina e Vila São Pedro, também contam com piscinões próximos.

Na Figura 11 estão localizados os principais pontos de alagamento do município de estudo, ficando evidente a falta de áreas permeáveis para a absorção das águas decorrentes das chuvas. Associado as áreas impermeáveis temos as médias históricas de chuvas acima dos padrões encontrados nos outros meses do ano de novembro a março, conforme já citado na Tabela 2.



Figura 18. Localização dos pontos de alagamento de São Bernardo do Campo no estado de São Paulo

Fonte: Google Earth Pro (2020) (Adaptada)

Já, na Figura 12 estão demonstradas as manchas de inundações do Ribeirão dos Couros e Córrego dos Meninos, localizados na cidade de São Bernardo do Campo. Devido a isso, a cidade foi classificada na categoria nível vermelho (salvamento) e nível lilás (remoção), junto ao terceiro plano diretor de macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, deixando evidente que a cidade sofre com as inundações recorrentes (DAEE, 2013).

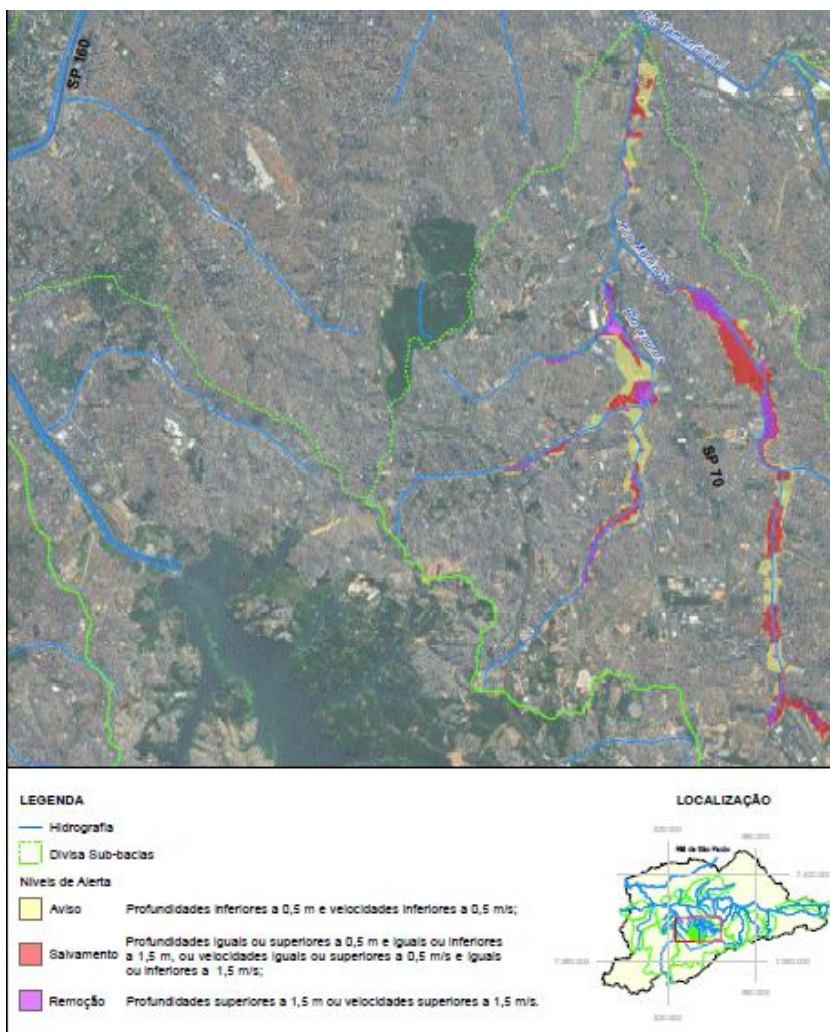


Figura 19. Manchas de inundação do Ribeirão dos Couros e Córrego dos Meninos, Região de São Bernardo do Campo, São Paulo
Fonte: DAEE, 2013

Nesse contexto, medidas que auxiliam a drenagem das águas pluviais são fundamentais, uma vez que a ocorrência das fortes chuvas na região resultam em inundações, enxurradas, deslocamento de massa nas encostas, causando mortes, danos materiais, ecológicos e sociais a população afetada e as medidas de

contenção existentes hoje ainda não são suficientes para minimizar os impactos das chuvas na região devido à grande urbanização e a impermeabilização dos solos.

Devido a este problema, os conceitos de desenvolvimento sustentável, com ações voltadas para preservação do meio ambiente, ganham força. Dentre eles podemos citar as ações de drenagem urbana sustentável, com objetivo de utilizar materiais que permitam a infiltração de água no solo e retardem seu escoamento. Neste contexto, as calçadas com piso drenante tem ganhado destaque, pois reduzem o volume do escoamento além de minimizar os impactos sobre a qualidade da água escoada (PARKINSON et al., 2003; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2014).

Existem estudos recentes em relação a possibilidade do uso de resíduos reciclados da construção civil para substituir os agregados graúdos que são utilizados para a confecção do pavimento drenante dentro das normas da ABNT (2015). Esta indicação ocorre devido a maior permeabilidade do produto, mas ao mesmo tempo, apresenta uma menor resistência mecânica à compressão, porém, para áreas em que não haverá circulação de veículos, como é o caso das calçadas, é possível a substituição dos agregados graúdos na fabricação do piso drenante por resíduos recicláveis de construção civil (PAVIANI, 2019).

Com relação ao uso de pavimento drenante pelos municípios, o que se denota no programa de combate às enchentes de São Bernardo do Campo, é que não adotou seu uso como uma ação para minimizar o problema. Este pavimento tem sido objeto de muitos estudos, que indicam sua utilização como forma de atenuação das águas decorrentes das chuvas, devido a capacidade de infiltração deste tipo de piso (FILHO, 2019).

Bonzi; Olivier; Almodava (2017), em sua pesquisa, propuseram a construção de infraestrutura verde em áreas de mananciais para uma sub-bacia do Ribeirão Cocaia, curso d'água afluente da Billings. Trata-se de uma região similar a deste estudo, pois a população vive de forma precária em áreas de preservação e proteção de mananciais, e dentre as propostas de intervenção, encontra-se o uso de pavimento drenante.

No ano de 2016, foi promovido o consórcio intermunicipal grande ABC, que envolveu as seguintes cidades: Santo André, Rio Grande da Serra, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Ribeirão Pires, Mauá e Diadema. Foi tratado na ocasião o histórico das enchentes, intensidade das chuvas e as medidas de drenagem existentes em cada uma das cidades. Um ponto importante a salientar é

que este consórcio intermunicipal não contemplava o uso das calçadas de concreto com piso drenante como uma das formas de mitigação das águas decorrentes das enchentes (CONSORCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC, 2016).

O município de Belo Horizonte, seguindo a linha de São Bernardo do Campo, também possui um programa de drenagem (Programa Drenurbs), porém apesar de possuir a construção de parques lineares, que tem a finalidade de oferecer uma alternativa sustentável para o impacto de enchentes, o referido programa não contempla a utilização de calçadas drenantes (BELO HORIZONTE, 2013).

A legislação urbanística de São Bernardo do Campo é um conjunto de leis, decretos e normas, que regularizam o uso e ocupação do espaço urbano. É composta pelo plano diretor, a lei do parcelamento, uso e ocupação do solo e outras leis, como a lei que instituiu o código de postura sob nº 4974/2001, que dentre suas atribuições dispostas em 405 artigos, regulamenta, nos artigos 79 a 88, como devem ser pavimentadas as calçadas, bem como sua manutenção.

SEÇÃO II

DOS PASSEIOS

Art. 79 - Os terrenos, edificados ou não, situados na área urbana, com frente para vias ou logradouros públicos dotados de guias e sarjetas ou pavimentação, devem possuir passeio público em toda a extensão de suas testadas, pavimentado e mantido em perfeito estado de conservação e limpeza.

§ 1º - **A pavimentação do passeio público deve ser executada com material antiderrapante, cimentado, desempenado ou ladrilhos hidráulicos, mantendo-se a harmonia do local.**

§ 2º - O órgão municipal competente fornecerá aos interessados as especificações técnicas necessárias ao cumprimento do disposto neste artigo, objetivando a uniformização dos passeios, bem como fornecendo orientação quanto à execução de degraus naqueles que apresentem declividade acentuada.

§ 3º - O órgão municipal competente poderá, nos termos do regulamento próprio, dispensar a construção de passeio nos terrenos com frente para vias asfaltadas e desprovidas de guias e sarjetas.

Art. 80 - **Nas áreas urbanizadas de proteção aos mananciais o passeio deve ser executado com grama, a qual ocupará, no mínimo, 45% (quarenta e cinco por cento) da testada do imóvel.**

Art. 81 - Ficam sujeitos à reconstrução os passeios que tiverem sido construídos ou reconstruídos em desacordo com as especificações técnicas ou se apresentarem em mau estado de conservação.

Parágrafo Único. Também se sujeitam às disposições do caput quaisquer tipos de obstáculos, não autorizados, erigidos no passeio público.

Art. 82 - Os passeios, cuja largura for superior a 1,20 m (um metro e vinte centímetros), poderão ter faixas longitudinais ajardinadas com gramados ou vegetação rasteira, devendo manter passagem livre e desimpedida de, no mínimo, 1,20 m (um metro e vinte centímetros).

Parágrafo Único. Nas faixas ajardinadas é vedada a utilização de vegetação espinhosa. (g.n)” (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2011).

Conforme se denota, tal código de postura não contempla o uso de passeio drenante, o que é compreensível, uma vez que este tipo de pavimento só foi devidamente regulamentado em 2015 e o código foi criado em 2001, embora já houvesse muitos estudos indicando este tipo de pavimento para uso em áreas urbanas (SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2011).

Posteriormente, em 2012, foi criado o Programa de combates às enchentes, que mais uma vez não indicou o uso de calçadas com pavimentos drenantes em seu plano de prevenção de enchentes como uma forma de minimizar o impacto das inundações (ODA et al, 2014).

O pavimento drenante além de reduzir o impacto das águas das chuvas, minimizando a ocorrência de enchentes, ainda possui benefícios ambientais, como a redução da absorção dos raios solares, por conta de sua porosidade. A principal distinção entre este tipo de concreto e o concreto convencional é o número de vazios, que possibilita a absorção da água com facilidade (SOUZA et al., 2019). Este tipo de pavimento se torna viável, pois, diminui a necessidade dos retentores de enxurradas, como piscinões, bombas, tubulações de drenagens, o que é muito usual no município estudado (LAMB, 2014).

O uso de calçadas produzidas com pavimento drenante como auxílio no combate as inundações também foi apontada por Lehugeur; Amaral (2019) na cidade de Patos de Minas, estado de Minas Gerais. A cidade sofre com inundações centrais recorrentes devido à urbanização, e o pavimento permeável foi indicado como uma das formas de solução para a infiltração da água, uma vez que o referido pavimento tem a capacidade de infiltrar até 100% da água recebida.

Da mesma forma vale mencionar a prefeitura de Penápolis, São Paulo, que em parceria com o departamento autônomo de água e esgoto da cidade, lançou uma cartilha de arborização urbana, que prevê que as calçadas possuam área verde

e que o piso da calçada seja drenante. A cartilha menciona que as calçadas com revestimentos permeáveis possuem a vantagem da absorção da água, ao contrário do piso impermeável, que não a absorve e a direciona às bocas de lobo e aos rios (PENÁPOLIS, 2018).

Ainda, a título de demonstração de que a construção de calçadas com piso drenante é uma realidade atual, por meio da Resolução 01 de outubro de 2019, o município de Campinas, São Paulo, estabeleceu a obrigatoriedade de piso drenante, para novas construções. A justificativa para esta obrigatoriedade foi no sentido de criar mecanismos alternativos para a percolação de águas pluviais e recarga do lençol freático, frente os processos de urbanização (CAMPINAS, 2019).

Assim como, a prefeitura de Ribeirão Preto que alterou, dentre outros artigos, o artigo 133 de seu código de obras, passando a especificar a obrigatoriedade do uso do pavimento permeável, para que haja a absorção superficial e profunda das águas pluviais (RIBEIRÃO PRETO, 2018; RIBEIRÃO PRETO, 2019).

Analisando todos os dados acima, observa-se que tanto no município de estudo, quanto nos municípios que já adotaram a utilização das calçadas drenantes, o objetivo foi um só, permitir a absorção das águas pluviais em locais em que o solo se encontra impermeabilizado devido a urbanização.

Após o levantamento de dados sobre o piso de concreto drenante, baseado em sua regulamentação na NBR 16416:2015 como forma de minimizar o impacto decorrente das águas pluviais em razão da urbanização e impermeabilização dos solos, foi realizada proposta de instituição da obrigatoriedade da utilização do piso com pavimento de concreto drenante para a construção das calçadas junto ao código de postura da cidade, alterando o parágrafo 1º do artigo 79 do código de postura.

É importante que o artigo seja modificado com a ressalva de que o tipo de pavimento drenante a ser utilizado será indicado pela municipalidade, pois deve ser utilizado o que melhor se enquadrar no tipo de construção, passando a constar em referido artigo as seguintes especificações:

Art. 79 - Os terrenos, edificados ou não, situados na área urbana, com frente para vias ou logradouros públicos dotados de guias e sarjetas ou pavimentação, devem possuir passeio público em toda a extensão de suas testadas, pavimentado e mantido em perfeito estado de conservação e limpeza.

§ 1º - A pavimentação do passeio público deve ser executada com material antiderrapante, **com pavimento drenante, de acordo com as especificações fornecidas pelo município**, mantendo-se a harmonia do local.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a realização desta pesquisa, foi possível constatar que a cidade de São Bernardo do Campo possui problemas recorrentes de enchentes devido a sua alta taxa de urbanização e ocupação de áreas de preservação de mananciais. Como forma de minimizar as inundações o município atua em obras de macro e microdrenagem, porém, sem o uso de calçadas com piso drenante.

A utilização de calçadas construídas com pavimentos drenantes já é uma realidade que vem sendo adotada por várias outras cidades, pois possui inúmeras vantagens, como manutenção simples, possibilidade de armazenamento da água para reutilização, minimização dos impactos das enchentes, além de diminuir a necessidade da utilização dos retentores de enxurradas, como piscinões, bombas e tubulações de drenagem.

Estas características são extremamente vantajosas pois revertem-se em benefícios a população, ao município e ao meio ambiente, que sofrem grandes prejuízos no período de novembro a março com as chuvas na região.

Desta forma existe a necessidade de regulamentação do uso das calçadas com pavimento drenante como obrigatoriedade junto ao Código de Postura da cidade por meio de um Projeto de Lei, alterando o parágrafo 1º do artigo 79 do código de postura da cidade- Lei nº 4974/2001, incluindo as especificações contidas na NBR 16416:2015.

A aprovação desta proposta trará ao município vantagens em relação ao enfrentamento das enchentes, com benefícios aos cofres públicos, a população e ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. NBR-16416:2015. **Pavimentos permeáveis de concreto- Requisitos e procedimentos**. 1ª ed. 2015. p.2-15.

ALMEIDA, A. H.; CARVALHO, L. C. **Análise de planejamento urbano e drenagem em trechos do bairro jardim das Acácias em Boa Esperança/MG**. 2019. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1245>. Acesso em: 20 abr. 2020.

AGOSTINHO, M. S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana. **HOLOS Environment**, v.12, n.2, p.121, 2012.

ASSAGRA, Y. **Piscinão do Paço não evita enchente em São Bernardo do Campo**. Diário do Grande ABC. 2020. Disponível em: <https://www.dgabc.com.br/Noticia/3271590/piscinao-do-paco-nao-evita-enchente-em-sao-bernardo>. Acesso em: 04 jun. 2020.

BATEZINI, R. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.

BELO HORIZONTE. **Programa Drenurbs - uma concepção inovadora dos recursos hídricos no meio urbano Belo Horizonte – MG**. 2013. Disponível em: http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_DRENNURBS_WEB.pdf. Acesso em: 21 mai. 2020.

BENINI, S. M. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.

BONZI, R. S.; OLIVIER, L.; ALMODOVA, M. M. Infraestrutura verde em área de manancial: estudo para a represa Billings. **Revista LABVERDE**, v.8, n.1, p.37-63, 2017.

BRASIL. Lei nº 12.608/2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em: 14 mai. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651/2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-V2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 11 mar. 2020.

BRASTON. **Piso ecológico concregrama**. Disponível em: <http://www.braston.com.br/bloquete/piso-ecologico-concregrama>. Acesso em: 26 abr. 2020.

CAMPINAS. **Resolução Seplan nº 01, de 18 de outubro de 2019**. Disponível em: <https://futurelegis.com.br/legislacao/212777/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SEPLAN-N%C2%BA-01-de-18-10-2019>. Acesso em: 04 jun. 2020.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Telhados verdes são a nova tendência**. 2015. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.leg.br/blog/tehdados-verdes-sao-nova-tendencia-em-sao-paulo/>. Acesso em: 03 mai. 2020.

CANHOLI, A. P. **A drenagem urbana e controle de enchentes**. 2005. 2ª ed. São Paulo. Editora Oficina de Textos. p. 11- 44, 2005.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Cemaden e IBGE lançam base de dados sobre população exposta em áreas de risco de desastres**. 2018. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/cemaden-e-ibge-lancam-base-de-dados-sobre-populacao-exposta-em-areas-de-risco-de-desastres/>. Acesso em: 09 jan. 2020.

CONSORCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC. 2016. **Estudo regional de planejamento estratégico da macrodrenagem e microdrenagem da Região do Grande ABC**. Disponível em:

http://consorcioabc.sp.gov.br/imagens/noticia/Planejamento%20Estrategico%20de%20Macro%20e%20Microdrenagem%20da%20Regiao%20do%20Grande%20ABC_Sumario%20Executivo%20Final1.pdf. Acesso em: 15 mai. 2020.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Relatório 8. Estudos Hidrológicos e Hemodinâmicos**. Tomo II. 2013. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1364&Itemid=77. Acesso em: 04 jun. 2020.

DAEE. **Piscinões cumprem papel das várzeas ocupadas desordenadamente**. 2015. Disponível em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:v_-aiLTbFuIJ:www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content%26view%3Darticle%26id%3D804:piscinoes%26catid%3D48:noticias%26Itemid%3D53+&cd=14&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 08 jul.2020.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Banco de dados hidrológicos**. Disponível em: <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>. Acesso em: 09 mai. 2020.

FERRÃO, M. S. **Ensaio destrutivo de um modelo em escala de uma biorretenção**. 2018. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2018.

FILHO, C. A.; PEREIRA, T. A. D. **Desempenho e eficiência dos blocos de concreto porosos em comparação com o bloco convencional, no controle do escoamento superficial em ambientes urbanos**. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Civil), Faculdade Evangélica, Goianésia, GO, 2019.

FRANCIS, A. M. Early Concrete Buildings in Britain. **Concrete and Constructional Engineering**, v.60, n.2, 1965.

LOURENCETTI, A. J. et al. Técnicas Facilitadoras De Infiltração– Sistemas de Drenagem Alternativos. **Brazilian Jornal of Development**, v.6, n.4, p.17572-17586, 2020.

GARCIA, M. M.; BARBOSA, F. D. Análise diagnóstica da área da barragem Santa Teresa em relação à situação socioambiental e ao plano diretor de Ribeirão Preto-SP. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.6, n.3, p.52-67, 2017.

GONÇALVES, A. B.; OLIVEIRA, R. H. Pavimentos permeáveis e sua influência sobre a drenagem. **Seminário: Água Em Ambientes Urbanos**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, p. 12, 2014.

GOOGLE Earth. **São Bernardo do Campo**. 2020. Disponível em: https://earth.google.com/web/@-23.718397,-46.5246864,4981.73922752a,0d,35y,0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=pt-BR. Acesso em: 02 jun. 2020.

HERZOG, C. P. **Cidades, para todos: (re) aprendendo a conviver com a natureza**. 2013. 1.ed. Rio de Janeiro: Mauad X: Inverd, 2013, p.8.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População em áreas de risco no Brasil**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacaoareasderisco/>. Acesso em: 26 abr. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **São Bernardo do Campo - panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-bernardo-do-campo/panorama>. Acesso em: 28 mar. 2020.

JOBIM, A. L. **Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial**. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2013.

KOBAYASHI, F. Y. et al. **Drenagem Urbana Sustentável**. 2008. Disponível em: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=3040. Acesso em: 04 mai. 2020.

LAMB, G. S. **Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LEHUGEUR, F. P.; AMARAL, D. R. B. Soluções para Minimizar as Inundações na Área Central de Patos de Minas. **Revista Icesp**, v. 1, n. 18, 2019.

LIMA, J. A. P. M. **Parque Linear**. 2018. Trabalho de Conclusão (Graduação em Arquitetura e Urbanismo), Centro Universitário Toledo, Paraná, 2018.

LUCAS, A. H. **Monitoramento e modelagem de um sistema filtro-vala-trincheira de infiltração em escala real**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de São Carlos, 2011.

MALHOTRA, V. M. et al. No-fines Concrete – Its Properties and Applications. **ACI Journal, Proceedings**, v.73, n.11, p .628-644, 1976.

MELO, T. A. T. et al. Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 3, p. 53-72, 2016.

MIKKELSEN, P. S.; JACOBSEN, P.; FUJITA, S. Infiltration Practice for Control of Urban Stormwater. **J. Hydraul. Res.**, v. 34, n. 6, p. 827, 1997.

MOLINA, E. A.; CARDOSO, A. O.; NOGUEIRA, F. R. Relação precipitação-deslizamento no Município de São Bernardo do Campo – SP. **Ciência e Natura**, v. 37, p. 49, 2015.

ODA, A. M. et al. **Programa Drenar e Enchentes em São Bernardo do Campo**. 2014. Disponível em:
file:///C:/Users/Rosana/Downloads/Programa%20DRENAR%20e%20as%20enchentes%20em%20S%C3%A3o%20Bernardo%20do%20Campo%20(11).pdf. Acesso em: 18 mai. 2020.

ORTERPREM. **Pavimentação inteligente**. Disponível em:

<https://oterprem.com.br/pavimentacao-inteligente/>. Acesso em: 26 abr. 2020.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Programa de saneamento ambiental da região metropolitana de Curitiba plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba**. 2002.

Disponível em:

http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu_versao01.pdf. Acesso em: 12 abr. 2020.

PARKINSON, J. et al. **Drenagem urbana sustentável no Brasil**. Relatório do workshop em Goiânia, GO, 2003.

PAVIANI, E.F. **Estudo para incorporação de Resíduos de Construção e Demolição em Elemento Permeável intertravado**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Brasil, 2019.

PEREIRA, K. K.; BARBOSA, M. P. Desenvolvimento de composição de concreto permeável com agregados oriundos de resíduos de construção civil da região de Campinas. *In: XX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E V ENCONTRO DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO*, 2015, Campinas. **Anais...** [...]. Campinas: PUC Campinas, 2015.

PENÁPOLIS. Penápolis tem seis pilotos de floresta urbana em andamento. 2018.

Disponível em:

https://www.daep.com.br/ws/upload/arquivos/dados_ambientais/cartilha.pdf. Acesso em: 04 jul. 2020.

REIS, R. P. A.; OLIVEIRA, L. H.; SALES, M. M. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. **Ambiente Construído, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 101, 2008.

RIBEIRÃO PRETO. **Legislações Complementares e/ ou regulamentadoras**. 2018. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/legislacao-municipal/pesquisa.xhtml?lei=38866>. Acesso em: 04. jul.2020.

RIBEIRÃO PRETO. Projeto de lei complementar 101/2019. **Dispõe sobre a alteração do Código de Obras**. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/files/splan/planod/obras-19101-plc.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2020.

SANTOS, D. L. **Limiar de precipitação que pode gerar deslizamentos nos complexos de risco de Maceió**. 2018. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento). Universidade Federal de Alagoas, 2018.

SANTOS, P. BARRETO. **Os piscinões do alto do Tamandateí: Da contenção de enchentes à criação de não lugares**. Dissertação (Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) Universidade São Judas Tadeu, 2016.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. Lei nº 4974, de 31 de maio de 2001. **Institui o código de posturas municipais**. 2001. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-posturas-sao-bernardo-do-campo-sp>. Acesso em: 03 mar. 2020.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Plano municipal de abastecimento de água e esgotamento sanitário**. 2010. Disponível em: <https://www.saobernardo.sp.gov.br/documents/10181/23617/pmae-parte-a-11-09-2010.pdf>. Acesso em: 04 jun.2020.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. Decreto nº 17.401, de 8 de fevereiro de 2011. **Dispõe sobre o plano municipal de saneamento básico**. 2011. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/sp/s/sao-bernardo-do-campo/decreto/2011/1740/17401/decreto-n-17401-2011-dispoe-sobre-a-instituicao-do-plano-municipal-de-saneamento-basico-em-seus-3-tres-componentes-residuos-solidos-drenagem-de-aguas-pluviais-e-abastecimento-de-agua-e-esgotamento-sanitario-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 21 fev. 2020.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Perfil socioeconômico por bairros**. 2018a. Disponível em: <https://www.saobernardo.sp.gov.br/perfilsocioeconomicobairros>. Acesso em: 01 jun. 2020.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Decreto nº 20.508/18**. 2018b. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-bernardo-do-campo/decreto/2018/2051/20508/decreto-n-20508-2018-dispoe-sobre-os-procedimentos-e-requisitos-incluidos-no-inciso-xvii-do-art-615-da-lei-municipal-n-6662-de-19-de-abril-de-2018-incluido-pela-lei-municipal-n-6698-de-9-de-agosto-de-2018-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 01 jun.2020

SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Dados Estatísticos de SBC**. 2019a. Disponível em: <https://www.saobernardo.sp.gov.br/web/sbc/dados-estatisticos-de-sbc>. Acesso em: 26 mar. 2020.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. Decreto nº 20.696, de 11 de março de 2019. **Dispõe sobre estado de calamidade pública**. 2019b. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-bernardo-do-campo/decreto/2019/2069/20696/decreto-n-20696-2019-declara-situacao-de-calamidade-publica-no-territorio-do-municipio-de-sao-bernardo-do-campo-em-razao-de-situacao-anormal-caracterizada-pelo-volume-imprevisivel-de-chuvas-ocorridas-na-data-de-10-de-marco-de-2019-e-seus-efeitos-no-territorio-do-municipio-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 11 abr. 2020.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. Caracterização Ambiental -São Bernardo do Campo: Uma breve Caracterização dos Aspectos Ambientais do Município de São Bernardo do Campo. 2019c. Disponível em: https://www.saobernardo.sp.gov.br/documents/895750/896331/caracterizacao_ambiental_base_20190404.pdf/15be39ea-bbdd-954a-b804-c4fd70545a41. Acesso em: 04 jun. 2020.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Prefeitura entrega Piscinão do Paço, obra símbolo da transformação de São Bernardo do Campo.** 2019d. Disponível em: https://www.saobernardo.sp.gov.br/maximizada/-/asset_publisher/5cLluTMVcxDN/content/prefeitura-entrega-piscinao-do-paco-obra-simbolo-da-transformacao-de-sao-bernardo?inheritRedirect=false. Acesso em 04 de jul. 2020.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Programa DRENAR e as enchentes em São Bernardo do Campo.** 2020a. Disponível em: <https://www.saobernardo.sp.gov.br/drenar>. Acesso em: 18 abr. 2020.

SÃO BERNARDO DO CAMPO. **História da cidade.** 2020b. Disponível em: <https://www.saobernardo.sp.gov.br/web/cultura/historia-da-cidade>. Acesso em: 10 jan. 2020.

SÃO PAULO. **Manual de drenagem.** 2012. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/biblioteca_digital/manual_de_drenagem/index.php?p=49018. Acesso em: 07 jan. 2020.

SHINZATO, A. H. **Avaliação da remoção de material particulado em canal raso gramado.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Universidade Federal de São Carlos, 2015. p. 20.

SOUSA, J. M. O. et al. **Concreto permeável: uma alternativa tecnológica sustentável na prevenção de enchentes e na eliminação de problemas ambientais e urbanos.** Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/8291>. Acesso em: 21 mai. 2020.

SOUZA, R. E. S.; GONÇALVES, G. F. G. 2018. Um estudo sobre os impactos decorrentes de inundação no município de Belo Horizonte. **Revista gestão & sustentabilidade ambiental**, v. 7, n. 3, p.591-605, 2018.

SOUZA, L. E. S. **Políticas Públicas em São Bernardo do Campo no pós-guerra: 1945 - 1964**. 2002. Dissertação (Mestrado em História Econômica) Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2002.

STAUDT, M. E. et al. Sistemas de drenagem: um estudo em vias urbanas em construção para contenção de enchentes. *In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E SEMINÁRIO INTEGRADO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO*, 2016, Chapecó. **Anais...** [...]. Chapecó: SIEPE, 2016.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1ª ed. Porto Alegre. 2003.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima das bacias urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.1, p.61-68, 2000.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.1, pag.5-27, 2002.

VALVERDE, M. C.; CARDOSO, A. O.; BRAMBILA, R. O padrão das chuvas na região do ABC Paulista: os extremos e seus impactos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, a.14, p. 167-184, 2018.

ZAHED FILHO, K.; MARTINS, J. R. S.; PORTO, M. F. A. **Facilitadores de infiltração e qualidade das águas**. 2012. Disponível em: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=6466. Acesso em: 03 jan.2020.

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