

INFRAESTRUTURA VERDE, CONSERVAÇÃO FLORESTAL, RECURSOS HÍDRICOS E O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM CARAGUATATUBA-SP

José Geraldo Rabelo de Araújo^{1a}, *Francisco Fabbro Neto*^{1,2b}, *Daiana Tabosa Rocha*^{1,2c}

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Caraguatatuba, Caraguatatuba, Brasil

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Caraguatatuba, Caraguatatuba, Brasil

^{1a} j.rabelo@aluno.ifsp.edu.br; ^{1,2b} ffneto@ifsp.edu.br; ^{1,2c} daiana.tabosa@ifsp.edu.br

^{1a} 0009-0007-1252-4134; ^{1,2b} 0000-0001-7371-8038; ^{1,2c} 0000-0002-7611-6515

DOI <https://doi.org/10.48204/2710-7426.4781>

RESUMO: A pesquisa tem como objetivo propor diretrizes para o Plano de Macrodrenagem de Caraguatatuba e com base nas infraestruturas verdes minimizar os impactos hídricos decorrentes da ineficiência do sistema de drenagem, o local de estudo é o bairro Pontal de Santa Marina, os dados para pesquisa foram obtidos através de levantamentos bibliográficos, tais como artigos científicos, dissertações e livros, além de arquivos disponibilizados pela prefeitura municipal. A área de estudo apresenta baixa declividade, sistema de drenagem subdimensionado, assoreamento das valetas de drenagem e estrangulamento na seção do Ribeirão da Lagoa, durante visita no local vários pontos de água parada foram identificados, além de uma quantidade demasiada de areia sobre o pavimento permeável, portanto, as soluções encontradas são o desassoreamento das valetas de infiltração, a criação de bacias de retenção tanto para o remanso do Ribeirão da Lagoa como para o canal 1, manutenção da pavimentação permeável e aproveitamento das bacias para a criação de áreas de lazer.

PALAVRAS CLAVES: conectividade ecológica, drenagem sustentável, drenagem urbana, enchentes, inundações.

ABSTRACT: The objective of the research is to propose guidelines for the Caraguatatuba Macrodrainage Plan and based on green infrastructure to minimize the water impacts derived from the inefficiency of the drainage system, the study site is the Pontal de Santa Marina, the data from the Research was obtained through bibliographic surveys, such as scientific articles, dissertations and books, in addition to the archives made available by the city council. The study area has a low slope, an insufficiently sized drainage system, sedimentation of the drainage ditches and bottlenecks in the Ribeirão da Lagoa section, during a visit to the site, several spots of standing water were identified, as well as an excessive amount of sand in the stretch permeable pavement, so the solutions found are the clearing of infiltration ditches, the creation of detention basins for both the Ribeirão da Lagoa backwater and for channel 1, the maintenance of permeable pavements and the use of the basins for the creation of leisure areas.

KEYWORDS: ecological connectivity, floods, inundation, sustainable drainage, urban drainage.

1. INTRODUÇÃO

Habitações, vias de tráfego pavimentadas, indústrias e a exploração dos recursos do meio ambiente, fez surgir as primeiras comunidades. O rápido crescimento do ecossistema urbano tornou mais complexas as relações do ser humano com a natureza e modificou excessivamente a biosfera [1].

Segundo a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, no capítulo VI, art. 225, todos devem desfrutar do meio ambiente ecologicamente equilibrado e da qualidade de vida ofertada por ele, por isso o poder público e a coletividade devem preservá-lo, para as atuais e futuras gerações [2].

Para Guimarães [3] a qualidade ambiental, considera as grandezas materiais e imateriais do meio ambiente como base reguladora para todas as formas de vida e evolução dos ecossistemas naturais e artificiais. Portanto, sem um ambiente ecologicamente equilibrado, as pessoas não desfrutam da qualidade de vida total.

Segundo Almeida Neto, Lima e Bragança [4] o excessivo parcelamento do solo com viés puramente econômico, altera a paisagem natural em fragmentos isolados. Grandes fragmentos possuem maior diversidade de habitats, organismos vivos e

capacidade superior em manter seus processos ecológicos quando comparados a fragmentos menores.

Deste modo a infraestrutura verde tem a função de preservar os valores e funções ecológicas, com benefícios para a população e animais, conservando o ar e a água limpos, através de áreas verdes ligadas umas às outras [5].

Os corredores ecológicos, possuem tal característica, unem porções de terra, promovem a proteção dos organismos ao circularem entre fragmentos e servem de lar para espécies menos exigentes [4].

Segundo a Lei Federal N° 9.985/2000 que institui o SNUC, corredores ecológicos são: “[...] porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas” [6].

A conexão entre flora e fauna, a facilidade e ambiente propício para o fluxo gênico é crucial para a continuidade da natureza, portanto o Poder Público deve optar por medidas que favoreçam a conectividade ecológica [4].

Quanto aos recursos hídricos, a drenagem tradicional retira imediatamente as águas pluviais das cidades através de sistemas interligados. Este fator favorece a escassez hídrica, pois o sistema capta o escoamento superficial e os reservatórios subterrâneos não são devidamente abastecidos [7].

Após fortes chuvas é comum o transbordamento dos cursos d’água, mas em áreas urbanizadas o transbordamento é agravado pelas modificações antrópicas, como a alteração da vegetação natural, parcelamento do solo, a impermeabilização excessiva, as construções ribeirinhas, canalizações de drenagem obstruídas e obras de drenagem inadequadas [8].

A drenagem tradicional normalmente corrige o problema com as inundações transferindo o volume de água para pontos à jusante, podendo comprometer outras áreas. Diante disso, os órgãos públicos têm optado por sistemas sustentáveis e multifuncionais, aliando drenagem urbana, conectividade ecológica e a criação áreas de lazer [9].

2. METODOLOGIA

A pesquisa tem por objetivo apresentar orientações para o Plano de Macrodrenagem de Caraguatatuba. O foco principal da pesquisa é minimizar os conflitos hídricos através da infraestrutura verde e conservação florestal.

Os dados necessários, foram obtidos por meio de pesquisa bibliográfica sobre o uso de áreas verdes e estratégias para solucionar a insuficiência de drenagem urbana, além da análise de arquivos disponibilizados pela Secretaria do Meio Ambiente, Agricultura e Pesca (SEMAAP). Segundo Severino [10], a pesquisa bibliográfica é realizada com base em fontes já existentes, conseguintes em pesquisas anteriores, ou seja, através de livros, dissertações e artigos científicos.

De caráter aplicado, segundo Prodanov e Freitas [11], a pesquisa busca solucionar um problema específico através de estudos para a obtenção de novos conhecimentos que possibilitem a aplicação prática, levando em conta os saberes e interesses locais.

O documento, com as informações e soluções encontradas será encaminhado à Secretaria do Meio Ambiente (SEMAAP) de Caraguatatuba, para que vejam os resultados obtidos, como sugestão que agrega valor de conservação ambiental para o município e melhora a drenagem do bairro Pontal de Santa Maria na mancha de inundação frequente.

3. MEDIDAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM URBANA

Diante do aumento do escoamento superficial e saturação dos sistemas de drenagem, causados pelas modificações na ocupação e utilização do solo as técnicas compensatórias retêm e infiltram as águas das chuvas, reduzindo os prejuízos causados pelo escoamento superficial [12].

Segundo Tucci [13] o controle das inundações ocorre através de medidas estruturais relacionadas às modificações nos leitos dos rios e na bacia hidrográfica para reduzir as chances de alagamentos e medidas não-estruturais relacionadas à forma com que a população lida com as enchentes, criação de medidas preventivas, alertas e classificação de áreas de risco.

Durante o verão, em algumas regiões as chuvas aumentam e se tornam repetitivas, com potencial de gerar inundações, figura 1. A ocorrência de inundações em áreas urbanizadas é geralmente marcada por perdas materiais e imateriais, diante do ocorrido, são discutidas formas de amenizar os efeitos negativos da urbanização nos processos hidrológicos e mitigar os danos sofridos pela população [14].

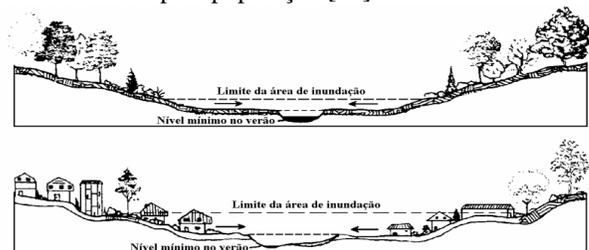


Figura 1: Área de inundação dos rios (Schueler, 1987 *apud* Tucci, 2005).

A drenagem sustentável, reduz o escoamento superficial através da infiltração, promove o ciclo natural das águas, recarrega os reservatórios subterrâneos e aumenta o nível dos rios e dos mananciais [7]. Não é autossuficiente, mas aumenta a infiltração da água no solo e torna eficaz os sistemas de drenagem existentes sem grandes gastos [7].

3.1 Medidas Compensatórias Estruturais

3.1.1 Espaços Verdes Permeáveis

Segundo Benini [15] os espaços verdes permeáveis, são áreas de domínio público ou privado. As áreas públicas são os parques, os corredores ecológicos e os jardins.

Os espaços verdes são capazes de interceptar, armazenar parte das águas das chuvas, realizar o processo de evapotranspiração e diminuir o escoamento superficial, figura 2. Quando implantadas em áreas não muito extensas com risco de inundação, a redução deste problema é notável [13].

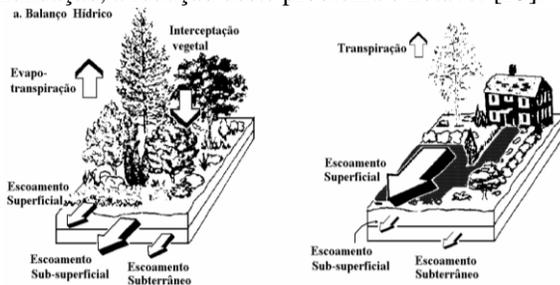


Figura 2: Balanço hídrico (Schueler, 1987 apud Tucci, 2005).

As áreas verdes melhoram o ar, o microclima entre edificações, oferecem proteção contra o vento frio do inverno, orientam o fluxo da ventilação natural, retém e absorve parte das águas pluviais e protege o solo contra a erosão. Favorece as relações interpessoais, delimita áreas, cria circulação para pedestre, auxilia na recuperação de enfermos, valoriza imóveis próximos e é habitat para inúmeras espécies [16].

3.1.2 Pavimentos Permeáveis e Semipermeáveis

Os pavimentos permeáveis feitos de concreto poroso, asfalto poroso ou blocos de concreto vazados são dispositivos que favorecem a infiltração da água no solo [17].

Simulado os efeitos da chuva sobre o solo compactado, concreto impermeável, bloquetes intertravados, paralelepípedos, concreto poroso e blocos vazados. A partir do coeficiente de escoamento de 0,66 do solo compactado, o concreto poroso e os blocos vazados quase não geram escoamento superficial, os bloquetes intertravados aumentam em 22% o coeficiente, os paralelepípedos 11% e o concreto impermeável tem o maior coeficiente, figura 3 [17].

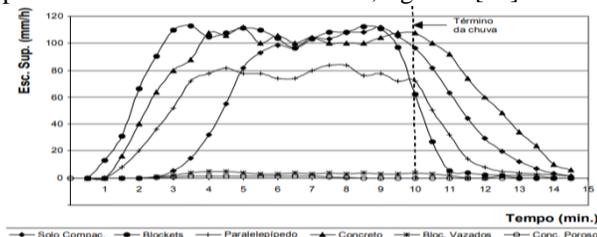


Figura 3: Escoamento superficial em diferentes superfícies (Tucci, Goldenfum e Araújo, 2000).

Os bloquetes intertravados e paralelepípedos, apresentam capacidade drenante inferior quando comparados com o concreto poroso e blocos vazados, mas ainda são capazes de interceptar parte do escoamento superficial e favorecer a infiltração da água no solo [18]. São fáceis de encontrar e implantar em espaços particulares e públicos, como calçadas, garagens e estacionamentos [19].

3.1.3 Bacias de Detenção

Bacias de retenção, figura 4, armazenam as águas das chuvas por um período de tempo, com intuito de rearranjar as águas, reduzir as vazões escoadas e promover ou não que elas infiltrem totalmente no solo sem que haja contribuição para o escoamento superficial [20].



Figura 4: Bacia de retenção em Santiago, Chile (Sousa, 2011 apud Alencar et al., 2023).

Segundo Certu (1998) apud Leonardo [20] além de agir contra as inundações e alagamentos, as bacias criam áreas de lazer, como quadra para a prática de esportes ou a realização de atividades recreativas nas bacias de águas permanentes. Elas ocupam grandes áreas, quando recebem contribuição cruzada há risco de contaminação de aquífero e pode ocorrer a proliferação de insetos transmissores de doenças.

3.1.4 Dispositivo de Drenagem Lateral

Os dispositivos de drenagem lateral, chamados de valas ou valetas de infiltração, normalmente são empregados paralelamente as ruas, avenidas, estacionamentos e condomínios, a fim de captar as águas do escoamento superficial e aumentar a taxa de infiltração de água no solo para reduzir o escoamento superficial e picos de vazão urbana [13].

Segundo Baptista et al. (2005) apud Rezende [21], estes dispositivos de drenagem lateral são constituídos por simples depressões escavadas de forma manual ou mecânica no solo e preenchidas por material granular, figura 5.

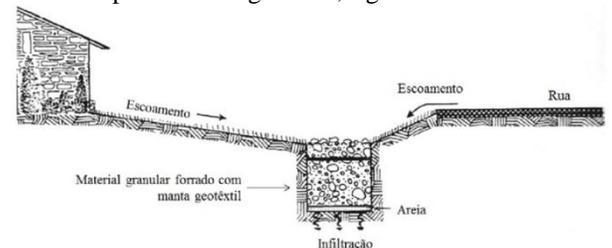


Figura 5: Drenagem lateral (Rossi e Gonçalves, 2012).

O dispositivo apresenta baixo custo, valoriza o espaço urbano, possibilita a recarga do aquífero e melhora a qualidade das águas infiltradas. Entretanto é necessário que a área seja pouca inclinada e tenha espaço suficiente para implantação [21].

4. ANÁLISE DE DADOS

4.1 Plano Diretor da Estância Balneária de Caraguatatuba

A lei complementar nº 42, de 24 de novembro de 2011 em seu Título III – “Do Meio Ambiente e de Desenvolvimento Urbano” – Capítulo I – Política Ambiental são ações estratégicas, Seção I - Áreas verdes do município, tem como objetivo, entre outros no seu Artigo 42 e 43 [22]:

“III - A manutenção e ampliação da arborização de ruas, praças, parques e áreas verdes, mediante projetos que priorizem a utilização de espécies características da flora local.” [22].

Seção IV - Drenagem, são diretrizes para o sistema de drenagem, entre outras no seu Artigo 48 [22]:

“III - Definir mecanismos de fomento para usos do solo adequados para áreas de drenagem, como parques lineares, área de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa.” [22].

4.2 Bacia Hidrográfica e Drenagem do Pontal de Santa Marina

Caraguatatuba está situada na região hidrográfica do Atlântico Sudeste. A bacia hidrográfica da cidade é formada por dez rios, Tabatinga, Mococa, Massaguaçu/Bacuí, Guaxinduba, Claro, Pirassununga, Santo Antônio, Juqueriquerê, Perequê-Mirim e Lagoa Azul [23].

O bairro Pontal de Santa Marina tem lotes com dimensões regulares de aproximadamente 10x30m. O uso da terra é residencial, com a maioria das edificações constituídas por estruturas de apenas um ou dois pavimentos [24].

O bairro é praticamente drenado por duas valetas laterais, uma drena parte das águas do Balneário dos Golfinhos, inicia-se paralelamente à Rua Francisco Garrido, parte tubulada converge paralelamente à Rua Albert Charles Ernesta Hansian, intercepta com tubulação a Av. Eder Silva Rodrigues até passar sob a Av. Prof. João Baptista Gardelin e desaguar na segunda valeta. Por sua vez a segunda valeta começa no Pontal de Santa Marina e se estende paralelamente por toda a extensão da Av. Sargento Raul Fernandes Neves Neto [25], figura 6.

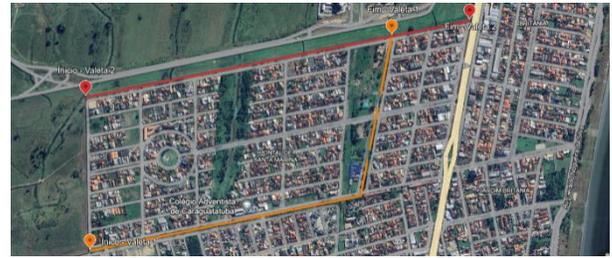


Figura 6: Traçado das valetas 01 e 02 que drenam o bairro (Adaptado de FUNDESPA “Relatório R6”, 2016).

Dos seis bueiros existentes, numerados na figura 7, os bueiros 2, 3, 4, 5 e 6 assim como o bueiro 1 deveriam conduzir as águas da valeta 02 até o Ribeirão da Lagoa, mas os bueiros estão com a declividade invertida e as águas escoam em sentido contrário, somente o bueiro 1 desagua no Ribeirão da Lagoa [25].



Figura 7: Bueiros, canal 01 e o Ribeirão da Lagoa (Adaptado de FUNDESPA “Relatório R6”, 2016).

O bueiro 3, representado na figura 8, além exibir um nível d’água próximo à borda da vala, também mostra a presença de pessoas que utilizam a água parada para desenvolver atividade de pesca no local, o que ressalta a interação direta da comunidade com as atividades que podem ser desenvolvidas nestes espaços.

Imagem 07 – Bueiro 3 e a presença de pescadores no local.



Figura 8: Bueiro 3 e a presença de pescadores no local (Elaborado pelo próprio autor, 2023).

O Ribeirão da Lagoa é limitado pelas pontes que passam sob a Rodovia Rio Santos (BR-101), a mais recente à montante possui largura de 19,40m, após esta, a segunda tem largura de 9,0m e ao lado existe uma terceira ponte com vão menor medindo 6,0m. A vazão do Ribeirão é prejudicada pelo

estrangulamento na seção, que causa remanso e retorno das águas para o bairro Pontal de Santa Marina [25].

Em razão da ineficiência dos bueiros, sistema de microdrenagem inadequado, dimensionamento insuficiente da travessia do Ribeirão da Lagoa sob a BR-101, somados a descarga de uma valeta de um bairro para o outro, que percorre grandes distâncias com baixa declividade, a área azul delimitada na figura 9, ilustra a mancha de inundação com aproximadamente 140.000m².



Figura 9: Mancha de inundação mais frequente do Pontal de Santa Marina (Adaptado de FUNDESPA “Relatório R6”, 2016).

No dia 06 de outubro de 2023, durante visita à área mais afetada pelas inundações no bairro, foram fotografadas as valetas laterais e as ruas. A última chuva que havia afetado o local ocorreu no dia 03 de outubro de 2023.

A Rua Dezesseis, no dia que foram realizadas as fotografias, foi a que apresentou a maior quantidade de água de chuva acumulada em ambas as extremidades, com poças chegando a aproximadamente 1m de largura, figura 10.

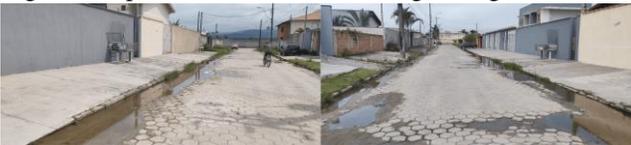


Figura 10: Rua Dezesseis, em ambos os sentidos (Elaborado pelo próprio autor, 2023).

A Rua Pr. Regivaldo F. Paulino também apresentou grande quantidade de água de chuva acumulada nas extremidades, após 72 horas do fim das chuvas, figura 11.



Figura 11: Rua Pastor Regivaldo F. Paulino, sentido Rua Sady G. de Almeida (Elaborado pelo próprio autor, 2023).

As ruas apresentam largura média de aproximadamente 6,37m e as quadras somadas um perímetro aproximado de 4.506,26m. Pode-se observar acúmulo de areia na superfície do pavimento permeável utilizado nas ruas do bairro.

5. TOPOGRAFIA

A partir do arquivo shapefile (.shp) de limites municipais disponibilizados pelo IBGE [26] e arquivo no formato TIF (.tif) de elevação do quadrante 23S465 obtido através do Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil, disponibilizados pelo INPE [27], no Software QGIS desktop versão 3.28.12, após tratamento dos dados e sobreposição de imagens obteve-se o mapa topográfico do município de Caraguatatuba com curvas de nível projetadas a cada 5m, entretanto, conforme área de estudo, apenas as áreas de interesse estão representadas na figura 12.



Figura 12: Topografia do Pontal de Santa Marina e arredores (Elaborado pelo próprio autor, 2023).

6. PRECIPITAÇÃO MÉDIA – MÉTODO DE THIESSEN

Para determinação da precipitação média, o método de Thiessen quando aplicado em áreas cujo a topografia apresenta um perfil pouco acidentado, traz bons resultados. Sua aplicação é viabilizada a partir da atribuição de pesos aos totais precipitados em cada estação pluviométrica, conforme sua área de influência [28].

As estações pluviométricas situadas próximas à área de estudo, são conectadas por linhas retas, e linhas perpendiculares a estas são traçadas para obter polígonos limitados pela borda da bacia, ou seja, a área de cada polígono é o peso que será utilizado para a precipitação registrada em cada estação pluviométrica [28], figura 13.

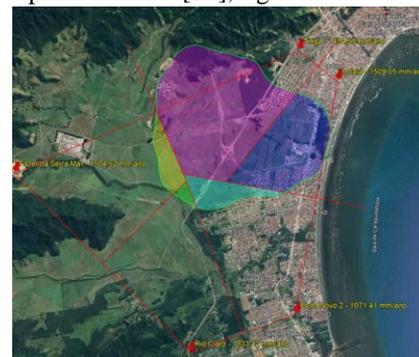


Figura 13: Sub-bacia e postos pluviométricos circundantes (Elaborado pelo próprio autor, 2023).

Os dados referentes às precipitações e as coordenadas geográficas de cada posto pluviométrico automático, são disponibilizados em planilhas anuais municipais, no formato de Valores Separados por Vírgula (.csv) na página web “Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden” [29]. Para os postos circundantes, os últimos cinco anos foram analisados e após tratamento dos dados e aplicação do método do Thiessen, obteve-se que a precipitação média estimada que pode ocorrer na área delimitada de 17.518.128,36 m² é de aproximadamente 610,61 mm/ano.

7. FORMAÇÃO FLORESTAL DO LITORAL NORTE DE SÃO PAULO

A região ecológica do Litoral Norte de São Paulo apresenta vegetação de Restinga e Floresta Ombrófila Densa [30].

7.1 Floresta de Restinga

A restinga é composta por vegetação de feições variadas, nas planícies costeiras a vegetação se inicia nas praias na forma de gramíneas, ipomeias, pinheirinhos e carrapichos da praia. Conforme avança, a vegetação fica densa e passa a apresentar portes diversificados, desde arbustos formados pela camarinha, congonha-miúda e as pitangas, até a formação arbórea, composta pelas clúsias, as canelas, as mandiocas, o palmito-juçara e as guaricangas [30].

7.2 Floresta Ombrófila Densa

A Floresta Ombrófila Densa, é marcada pela ocorrência de árvores de local úmido e clima quente praticamente ininterrupto, estas árvores ostentam folhas verdes durante todo o ano. Juntas formam um teto de floresta que ultrapassa 15 metros de altura, além de espécies emergentes que podem chegar a 40 metros de altura. Muitos arbustos formados por samambaias, pasto-de-anta e palmeiras, além de rica quantidade e variedade de orquídeas, bromélias e lianas [30].

7.3 Porte das Árvores e Plantio

As árvores podem ser pequenas, médias ou grandes [31], figura 14.

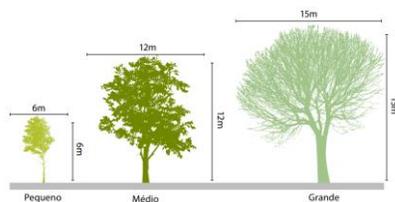


Figura 14: Porte das árvores (Adaptado de Caraguatubá, sem data).

Além do porte as espécies podem ser classificadas em três grupos, pioneiras que crescem e se desenvolvem rapidamente, as clímax que crescem lentamente e se desenvolvem na sombra

e as secundárias que possuem sua principal característica nas sementes, capazes de germinar à sombra, mas que se desenvolvem sob luz solar [32].

O terceiro modelo de plantio, proposto por Macedo [32] em seu livro “Revegetação matas ciliares e de proteção ambiental”, faz com que seja necessário um profissional habilitado, para separar as espécies pioneiras com copa rala e densa e as secundárias entre as mais e menos exigente à luz solar, entretanto é a que apresenta os melhores resultados, figura 15.

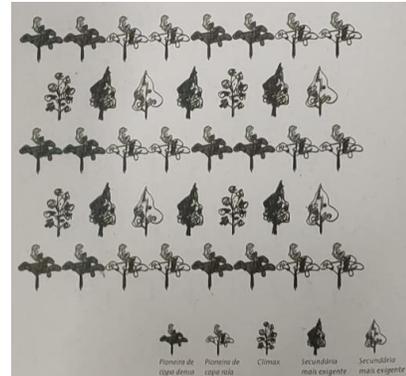


Figura 15: Modelo de plantio (Macedo, 1993).

8. PASSAGEM INFERIOR DE FAUNA

De acordo com Valec (2001) *apud* Viera e Santos [33], as obras lineares, como é o caso das estradas, impactam negativamente a circulação da fauna de um lado para o outro do empreendimento, que implica muitas das vezes em atropelamentos fatais. O atropelamento destes animais acaba atraindo outros animais carnívoros, configurando um ciclo de atropelamentos.

Os dispositivos utilizados para transposição de estradas, previnem a morte por atropelamento e proporcionam conectividade entre os habitats. A solução de passagem inferior de fauna com tubos metálicos corrugados, representado pela figura 16, merece destaque, pois são executados sem que haja interferência no trânsito local, além de proporcionar mais segurança aos condutores e aos trabalhadores a execução costuma ser cerca de 80% mais em conta que a execução convencional de bueiros de concreto [33].



Figura 16: Passagem de fauna com bueiros metálicos na BR-471/RS (Vieira e Santos, 2023).

Os pontos de implantação devem ser criteriosamente selecionados por biólogos, já que as passagens construídas sem estudos prévios podem resultar em fracasso e gasto desnecessário de recurso público [33].

9. DISCUSSÕES

Os resultados obtidos são satisfatórios e apresentam grande potencial de resolver os problemas enfrentados pelos moradores locais, entretanto espera-se um maior empenho dos órgãos da administração pública da cidade de Caraguatatuba e o desenvolvimento de novos estudos que venham contribuir para o avanço da cidade no que diz respeito a drenagem urbana e conservação ecológica. Aos interessados, em complemento a esta pesquisa, sugere-se o estudo experimental para caracterização do solo do bairro Pontal de Santa Marina e determinação de suas propriedades no que diz respeito ao tempo de absorção de água e altura do lençol freático nas áreas de implantação das soluções propostas.

10. CONCLUSÃO

Após a aplicação do método de Thiessen na sub-bacia delimitada, estimou-se uma precipitação média de aproximadamente 610,61 mm/ano, que contribui diretamente para o escoamento superficial do bairro Pontal de Santa Marina e para o aumento no nível e vazão do Ribeirão da Lagoa.

O acúmulo de água de chuva nas laterais das ruas do bairro Pontal de Santa Marina, na mancha de inundação frequente com aproximadamente 140.000m², representada na figura 9, atinge 50% da totalidade das ruas delimitadas pela área em questão.



Figura 9: Mancha de inundação mais frequente do Pontal de Santa Marina (Adaptado de FUNDESPA “Relatório R6”, 2016).

O pavimento permeável instalado no bairro Pontal de Santa Marina, apresenta grande quantidade de areia depositada em sua superfície e muitas deformações causadas pelo tráfego de veículos, portanto necessita de melhorias. Conforme Tucci [13] o pavimento permeável deve ser instalado apenas em calçadas e ruas de pouco tráfego, por estar sujeito a deformações que fazem o pavimento perder parte de sua capacidade de drenagem. Além disso são necessárias

manutenções para evitar o acúmulo de materiais finos que se depositam nos poros e nas juntas desses pavimentos e fazem com que ocorra o processo de colmatação do piso, que prejudica a infiltração da água.

Portanto, aliado as melhores práticas de conservação da pavimentação permeável do bairro, sugere-se a implantação do dispositivo de drenagem lateral para captação, detenção e infiltração da água excedente que se acumula nas laterais das vias. De acordo com Rezende [21], o dispositivo apresenta baixo custo de projeto e construção; para implantação a área deve ser pouco inclinada e possuir espaço suficiente, outra vantagem que o sistema apresenta é a capacidade de melhorar a qualidade da água infiltrada.

De acordo com a topografia pouco acidentada e a largura média de 6,37m das ruas os pré-requisitos foram observados no local. Para lidar com o acúmulo de água proveniente do escoamento superficial, sugere-se a implantação de valas com seção quadrada de 0,40x0,40m ao redor das quadras, conforme a figura 17.

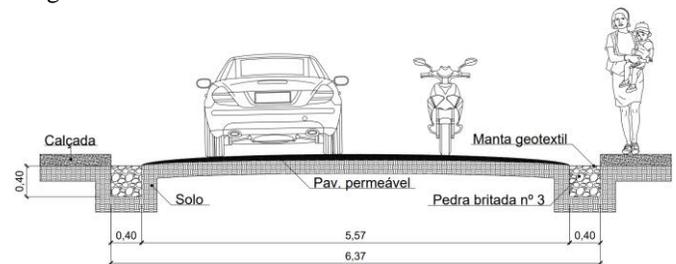


Figura 17: Pré-dimensionamento das valas de infiltração (Elaborado pelo próprio autor, 2023).

A vala de infiltração nas dimensões de 0,40x0,40m, configura uma seção com área de 0,16m² que dispostos em torno das quadras com perímetro total de aproximadamente 4.506,26m resultam em um volume de 721m³, que corresponde a 721.000 litros de água. Esperasse que o sistema seja capaz de infiltrar todo o volume em um curto período de tempo. O volume calculado é superior ao volume estimado para um mês com regime normal de chuvas.

Constatada a dificuldade de aumentar a largura das pontes que passam sob a Rodovia Rio Santos (BR-101), pois estão construídos no limite do leito vazante e intervenções corretivas implicariam em transtornos e riscos tanto para os trabalhadores e condutores, para contornar o problema gerado pelo estrangulamento da seção de escoamento do Ribeirão da Lagoa, propõe-se a criação de um parque, figura 18, constituído por espécies da Floresta de Restinga e Floresta Ombrófila Densa, que se inicia ao lado do Hospital Regional do Litoral Norte.



Figura 18: Pré-dimensionamento do parque e bacias de retenção (Elaborado pelo próprio autor, 2023).

Além da conservação florestal e aumento da conectividade ecológica, o pré-dimensionamento do parque também inclui três bacias de retenção, cada uma com diâmetro de 100 metros, ou seja, área uma área de 7.854m² por bacia, separadas umas das outras e ligadas a montante ao Ribeirão da Lagoa; com o intuito de receber o remanso do Ribeirão que causa os alagamentos no bairro Pontal de Santa Marina.

Na parcela delimitada pela Estrada da UTGCA e Rua João Batista Gardelin, sugere-se a criação de um parque linear, representado na figura 19, com acesso público e faixa exclusiva para ciclistas, pedestres e pessoas com deficiência. O parque linear deve contar também com espécies da Floresta de Restinga e Floresta Ombrófila densa.

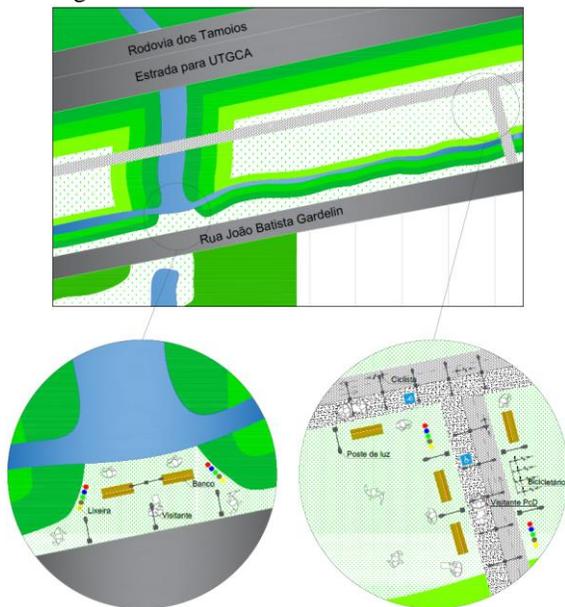


Figura 19: – Parque linear (Elaborado pelo próprio autor, 2023).

Segundo Shinzato [16] a vegetação atua no manejo das enchentes, retendo e absorvendo parte das águas pluviais, além de oferecer proteção contra às erosões; quanto aos aspectos da

vida humana, favorece as relações interpessoais e auxilia na recuperação de enfermos e valoriza os imóveis próximos.

Nota-se a presença de pessoas, figura 8, que utilizam a água parada para desenvolver atividade de pesca no local, que ressalta a interação direta da comunidade com as atividades que podem ser desenvolvidas nestes espaços.



Figura 8: Bueiro 3 e a presença de pescadores no local (Elaborado pelo próprio autor, 2023).

O plantio das árvores deve ser orientado por engenheiros florestais e as passagens inferiores de fauna orientadas por biólogos, elas devem ser instaladas sob a Rodovia dos Tamoios e Estrada para UTGCA para que animais silvestres atraídos pela vegetação possam circular de um lado para o outro com segurança.

Devido, Gama e Manço [34], através da proposta e plantio de espécies nativas em corredores ecológicos para o adensamento e readequação da arborização em Pindamonhangaba-SP, no bairro residencial Dr. Lessa, os moradores registraram a ocorrência de aves locais, entretanto incomuns, tais como jacus, papagaios, tucanos, as tradicionais maritacas, corujas buraqueiras, além de pequenos marsupiais e outros, influenciando os moradores a apoiarem o projeto.

A criação do parque linear foi baseada na solução de Medellín capital da província de Antioquia na Colômbia, que a anos atrás para a execução de um projeto de trânsito as árvores que margeavam as ruas foram suprimidas, entretanto na contramão das antigas decisões, atualmente a Avenida Oriental está coberta por árvores frutíferas, arbustos e flores que melhoram a qualidade do ar e a temperatura. O programa “corredores verdes”, teve início em 2016, até o ano de 2021 o programa contava com 120.000 plantas individuais, 12.500 árvores em parques e estradas, 2.5 milhões de novas plantas pequenas e 880.000 árvores em toda cidade; o programa recebe ajuda da população e de jardineiros voluntários [35]. A partir da figura 20, elaborada e cedida pelo Prof.º Dr. Francisco Fabbro Neto, pode-se ver o sistema de drenagem e a vegetação nas ruas de Medellín, com passagem sombreadas para pedestres.

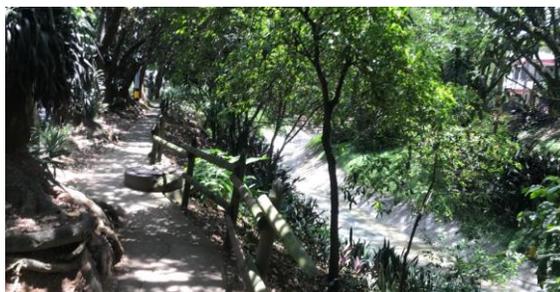


Figura 20: Drenagem com vegetação circundante e caminho para pedestres (Francisco Fabbro Neto, 2023).

AGRADECIMENTO

Gostaria expressar minha mais sincera gratidão ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Caraguatatuba pela concessão da bolsa de iniciação científica PIBIFSP. Também agradeço a Prefeitura Municipal da Caraguatatuba, em especial a Secretária do Meio Ambiente, Agricultura e Pesca (SEMAAP), pelo fornecimento dos relatórios do Plano de Drenagem de Caraguatatuba, Fase II – Bacia do Rio Juqueriquerê, informações valiosas que enriqueceram significativamente meu trabalho acadêmico. Expresso imensa gratidão ao Professor Dr. ° Francisco Fabbro Neto, por toda sua orientação e zelo com a execução desta pesquisa de iniciação científica e a Professora M.e. Daiana Tabosa Rocha por ter aceitado o convite e participado da pesquisa como coorientadora.

REFERENCIAS

- [1] DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2004. 550 p.
- [2] BRASIL. [Constituição (1998)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm. Acesso em: 6 abr. 2023.
- [3] GUIMARÃES, Solange T. de Lima. **Nas trilhas da qualidade: algumas ideias, visões e conceitos sobre qualidade ambiental e de vida....** Florianópolis, Sc: Geosul, 2005. 19 p. 20 v. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/13233>. Acesso em: 17 abr. 2023.
- [4] ALMEIDA NETO, João Garcia de; LIMA, Fabrício Wantoil; BRAGANÇA, Nathália Lima. **A Conectividade Ecológica E O Novo Código Florestal Brasileiro**. Revista Jurídica, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 89-110, 4 jul. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.29248/2236-5788.2018v18i1.p89-110>. Acesso em: 03 maio 2023.
- [5] FRANCO, M. de A. R. **Infraestrutura Verde em São Paulo: o caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos**. Revista LABVERDE, [S. l.], n. 1, p. 135-154, 2010. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.v0i1p135-154. Acesso em: 17 abr. 2023.
- [6] BRASIL. **Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal,

institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: Câmara dos Deputados, [2000]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm. Acesso em: 25 abr. 2023.

- [7] BEZERRA, M.C.L.; et.al. **Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial**. R. Tecnol. Soc., Curitiba, v. 16, n. 40, p. 1-16, abr/jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9430>. Acesso em: 25 abr. 2023.
- [8] POMPÊO, Cesar. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000. Trimestral. Disponível em: https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=46&SUMARIO=656&ST=drenagem_urbana_sustentavel. Acesso em: 05 abr. 2023.
- [9] MIDÃO, Julia de Oliveira *et al.* **Infraestrutura verde e azul na mitigação de cheias urbanas: um estudo de caso em marechal hermes**. Paisagens Híbridas, [S.I.], v. 3, n. 1, p. 14-45, 2023. Semestral. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/article/view/57551/31356>. Acesso em: 02 maio 2023.
- [10] SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23. ed., rev. atual. São Paulo: Cortez, 2007.
- [11] PRODANOV, Cleber Cristiano. FREITAS, Ernani César. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. E-book.
- [12] LUCAS, Alessandro Hirata *et al.* **Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil**. Engenharia Sanitária e Ambiental, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 17-28, mar. 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/127379>. Acesso em: 08 maio 2023.
- [13] TUCCI, C.E.M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas/ Carlos E. M.Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005**.
- [14] PINTO, Nelson L. de Souza *et al.* **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher, 1976. 305 p. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 17 nov. 2023.
- [15] BENINI, Sandra Medina. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de tupã/sp**. 2015. 220 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/123900>. Acesso em: 12 maio 2023.
- [16] SHINZATO, Paula. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. 2009. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-26032010-160951/pt-br.php>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- [17] TUCCI, Carlos; GOLDENFUM, Joel; ARAUJO, Paulo. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 21-29, 2000. Disponível em:

- https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=44&SUMARIO=643&ST=avaliacao_da_eficiencia_dos_pavimentos_permeaveis_na_reducao_de_escoamento_superficial. Acesso em: 15 maio 2023.
- [18] SILVA, Keila Camila da; POLETO, Cristiano. **Drenagem urbana sustentável: aspectos hidrológicos, influência dos sedimentos e o reequilíbrio dos ciclos naturais**. Congresso Internacional de Hidrossedimentologia, [S.L.], p. 1-6, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/170574>. Acesso em: 19 maio 2023.
- [19] ALENCAR, Samira Gomes; *et al.* **Técnicas compensatórias de drenagem urbana para manejo de águas pluviais: revisão sistemática e análise comparativa de métodos convencionais e inovadores no estado de Mato Grosso**. XIV Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos, Brasília, Df, p. 1-13, set. 2022. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/187/XVISIRHNE0002-1-20220610-193719.pdf>. Acesso em: 09 maio 2023.
- [20] CASTRO, Leonardo Mitre Alvim de. **Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana**. 2002. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002. Disponível em: https://www.smarh.eng.ufmg.br/diss_defesas_detalhes.php?aluno=54. Acesso em: 17 maio 2023.
- [21] REZENDE, Rafaela de Freitas. **Dimensionamento do sistema de drenagem tradicional e sistema com utilização de microrreservatórios: estudo de caso no município de itabirito-mg**. 2018. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitarista, Cefet-Mg, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://www.dcta.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/21/2018/09/Rafaela-de-Freitas-Rezende.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2023.
- [22] CARAGUATATUBA (Município). Lei nº 42, de 24 de novembro de 2011. "Dispõe sobre o Plano Diretor do Município da Estância Balneária de Caraguatatuba e dá outras providências. **Lei Complementar Nº 42, de 24 de novembro de 2011**. Caraguatatuba, SP: Prefeitura Municipal da Estância Balneária de Caraguatatuba Estado de São Paulo, 24 nov. 2011. p. 1-85.
- [23] FUNDAÇÃO DE ESTUDOS E PESQUISAS AQUÁTICAS – FUNDESPA (São Paulo). Fundespa. **Plano de Drenagem de Caraguatatuba - Fase II Bacia do Rio Juqueriquerê: Relatório R2 - coleta de dados, estudos e inspeções de campo**. São Paulo: Fundespa, 2016. 48 p.
- [24] FUNDAÇÃO DE ESTUDOS E PESQUISAS AQUÁTICAS – FUNDESPA (São Paulo). Fundespa. **Plano de Drenagem de Caraguatatuba - Fase II Bacia do Rio Juqueriquerê: Relatório R5 – uso e ocupação do solo**. São Paulo: Fundespa, 2016. 15 p.
- [25] FUNDAÇÃO DE ESTUDOS E PESQUISAS AQUÁTICAS – FUNDESPA (São Paulo). Fundespa. **Plano de Drenagem de Caraguatatuba - Fase II Bacia do Rio Juqueriquerê: Relatório R6 - diagnóstico da situação atual, estudos de oceanografia e diagnóstico ambiental**. São Paulo: Fundespa, 2016. 48 p.
- [26] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- [27] INPE. **TOPODATA: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. 2022. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 01 nov. 2023.
- [28] PINTO, Nelson L. de Souza *et al.* **Hidrologia Básica**. São Paulo: Blucher, 1976. 305 p. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 17 nov. 2023.
- [29] CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. **Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden**. 2023. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>. Acesso em: 17 nov. 2023.
- [30] PRADELLA, Dione Z. Abrahão; SILVA, José Walter Figueiredo; NISI, Thereza Camara Chini (org.). **Cadernos de Educação Ambiental: arborização urbana**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), 2015. 21 v.
- [31] CARAGUATATUBA, Prefeitura Municipal de. **Caraguá tem arborização urbana**. Caraguatatuba: Prefeitura Municipal da Estância Balneária de Caraguatatuba Estado de São Paulo, sem data. 12 p.
- [32] MACEDO, Antônio Carlos de. **Revegetação matas ciliares e de proteção ambiental**. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 24 p. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/N9D00005.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2023.
- [33] VIEIRA, Rafael Vieira; DOS SANTOS, Cássio Rodinei. **Passagem inferior de fauna e cerca guia como forma de mitigação dos impactos ambientais**. Revista Internacional de Ciências, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 74–95, 2015. DOI: 10.12957/ric.2015.19647. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/ric/article/view/19647>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- [34] DEVIDE, Antonio Carlos Pries; GAMA, Frederico Lúcio de Almeida; MANÇO, Renata Egydio de C. **Arborização urbana como um corredor ecológico**. A2020.1, São Carlos, Sp, v. 1, n. 1, p. 257-268, jan. 2020. Semestral. Disponível em: <https://www.engurbdebate.ufscar.br/index.php/engurbdebate/issue/view/2>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- [35] ANDRADE, Matheus Gouvea de. **Os 'corredores verdes' de Medellín para combater calor extremo**. 2023. BBC NEWS BRASIL. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cjm4lvp7r3mo>. Acesso em: 21 nov. 2023.

Fecha de recepción: 25 de agosto de 2023

Fecha de aceptación: 15 de diciembre de 2023