
AVALIAÇÃO DA MICRODRENAGEM NO ESCOAMENTO DAS ÁGUAS

PLUVIAIS NA ÁREA URBANA DE PARANAÍ – PR

EVALUATION OF MICRODRAINAGE ON STORMWATER RUNOFF

IN THE URBAN AREA OF PARANAÍ – PR

EVALUACIÓN DEL MICRODRENAJE EN EL DESAGUE PLUVIAL

EN EL ÁREA URBANA DE PARANAÍ - PR

Edilaine Valéria Destefani

UNESPAR/Campus Paranaíba - evdestefani@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0566-790X>

Marta Luzia de Souza

Programa de Pós-graduação em Geografia/UEM - mlsouza@uem.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1786-9119>

RESUMO

O objetivo é avaliar os aspectos da morfologia das vertentes e a estrutura do sistema de microdrenagem que contribuem na formação de enxurradas e alagamentos, em dois locais críticos - PA1 e PA2, na área urbana de Paranaíba. Para isso, foram elaborados perfis topográficos no Google Earth Pro para conhecer a morfologia e inclinação das vertentes e sua relação com os locais de formação dos alagamentos. Através da carta de infraestrutura do sistema de microdrenagem, observou-se a configuração do traçado das ruas, a conexão entre elas e a direção do escoamento pluvial até o ponto onde ocorre o problema. Determinou-se a capacidade e eficiência da microdrenagem, realizando-se uma simulação por meio do Método Racional de dimensionamento de rede de microdrenagem. Foram verificadas as características e a situação das bocas de lobo. Os resultados mostraram que a rede de microdrenagem não apresenta capacidade dimensional adequada para captação e escoamento das águas pluviais em eventos de chuvas intensas. Acrescenta-se o acúmulo do fluxo pluvial proveniente de várias ruas interconectadas para uma via principal que, devido a impermeabilização da superfície em vertentes longas e com declive, concentram o escoamento nas porções rebaixadas da média vertente.

Palavras-chave: Escoamento Superficial; Morfologia da Superfície; Traçado Urbano; Eficiência da Microdrenagem.

ABSTRACT

The objective is to evaluate the aspects of slope morphology and the structure of the microdrainage system that contribute to the formation of runoff and flooding, in two critical locations - PA1 and PA2, in the urban area of Paranavaí. For this purpose, topographic profiles were prepared on Google Earth Pro to know the morphology and slope of the slopes and their relationship with the locations of flooding formation. Through the micro drainage system infrastructure chart, we observed the configuration of the layout of the streets, the connection between them and the direction of rainfall runoff to the location where the problem occurs. The capacity and efficiency of the microdrainage system was determined by performing a simulation using the Rational Method of microdrainage network sizing. The characteristics and the situation of the manholes were verified. The results showed that the microdrainage network does not present adequate dimensional capacity to capture and drain rainwater in heavy rainfall events. In addition, there is the accumulation of rainfall from several interconnected streets to a main road, which, due to the sealing of the surface on long slopes, concentrate the runoff in the lowered portions of the medium slope.

Keywords: Surface Runoff; Surface Morphology; Urban Design; Microdrainage Efficiency.

RESUMEN

El objetivo es evaluar los aspectos de la morfología de las vertientes y la estructura del sistema de microdrenaje que contribuyen a la formación de torrentes e inundaciones en dos localizaciones críticas - PA1 y PA2 - en el área urbana de Paranavaí. Para ello, se trazaron perfiles topográficos en Google Earth Pro para conocer la morfología e inclinación de las vertientes y su relación con los lugares donde se producen las inundaciones. A partir del mapa de infraestructura del sistema de microdrenaje, se observó la configuración del trazado de las calles, la conexión entre ellas y la dirección del desagüe pluvial hasta el punto donde se produce el problema. La capacidad y eficiencia del sistema de microdrenaje se determinó realizando una simulación mediante el Método Racional de dimensionamiento de redes de microdrenaje. Se comprobaron las características y la situación de los pozos de registro. Los resultados mostraron que la red de microdrenaje no tiene la capacidad dimensional adecuada para captar y drenar las aguas pluviales durante los episodios de lluvias intensas. Además, se produce la acumulación del flujo de aguas pluviales de varias calles interconectadas a una vía principal que, debido a la impermeabilización de la superficie en pendientes largas y pronunciadas, concentra la evacuación en las partes bajas de la pendiente media.

Palabras-clave: Escorrentía Superficial; Morfología Superficial; Trazado Urbano; Eficacia del Microdrenaje.

1 - Introdução

O escoamento das águas pluviais em áreas urbanas, em forma de enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos, pode se manifestar de modo negativo ao ser humano, quando tais eventos produzem danos materiais, prejuízos e perdas de ordem ambiental, econômica e

social para os cidadãos atingidos, repercutindo no que Fidalgo (2003) denomina de desastres hidrometeorológicos.

Esses fenômenos são o tipo de desastre que mais afeta a população brasileira (CEPED/UFSC, 2013), e estão relacionados ao próprio processo de urbanização no Brasil, que se deu de modo relativamente rápido (Tominaga, 2009; Thouret, 2019) e que, ao mesmo tempo, não teve um acompanhamento efetivo e correto dos órgãos gestores durante o processo, seja por questões econômicas ou políticas.

Esses problemas ocorrem principalmente nas cidades que configuraram uma estruturação da malha urbana inadequada às características naturais do meio ambiente (Nunes, 2015), e que apresentaram ocupação desordenada (Cardoso, Guerra e Silva, 2020; Thouret, 2019), construindo edificações em áreas impróprias, como nas proximidades de margens de córregos e sobre vertentes com alta declividade.

Acrescenta-se ainda que as características do ambiente urbano favorecem a formação de desastres hidrometeorológicos, quando são associados aos episódios de chuvas volumosas e rápidas. Isso ocorre devido à intensa impermeabilização da superfície (Brasil, 2007; Cardoso, Guerra e Silva, 2020) que altera o escoamento superficial e, durante eventos chuvosos, a água passa a não infiltrar, o que gera um escoamento superficial volumoso, concentrado e acelerado.

Por isso, as áreas urbanas devem ter uma infraestrutura de micro e macrodrenagem adequada para captar e escoar as águas pluviais, para evitar a formação de enxurradas e alagamentos. Tucci (2012) ressalta que as deficiências na estrutura do sistema de drenagem de águas pluviais são grandes responsáveis pela formação desses desastres.

A microdrenagem é entendida como o conjunto de condutos pluviais constituídos principalmente por tubulações, galerias, meio fio, sarjetas e bocas de lobo, e em escala de loteamento para captar e possibilitar o escoamento superficial proveniente das precipitações. A macrodrenagem refere-se aos cursos de água naturais em fundo de vale ou de canais de maiores dimensões, que recebem o escoamento (Righetto, 2009).

Por enxurrada, entende-se o escoamento de uma grande quantidade de água que corre com violência em superfície, resultante de chuvas abundantes (Cemadem, 2016). Já alagamento refere-se ao acúmulo de água em áreas rebaixadas, atingindo ruas, calçadas ou outras

infraestruturas urbanas em decorrência de precipitações intensas (Cobrade, 2012), e nas quais os sistemas de micro e macrodrenagem urbana não apresentam plena capacidade para o escoamento (CNM, 2015).

As cheias, também denominadas de enchentes, são identificadas quando se tem a elevação do nível d'água no canal do rio, atingindo a cota máxima da altura do canal, porém sem extravasar (Brasil, 2007). A inundação, por sua vez, caracteriza-se pelo transbordamento de água do canal normal de rios, provocado por precipitações pluviométricas intensas e concentradas que ocorrem principalmente durante o regime de chuvas sazonais (Castro, 1998).

É importante destacar que cheias e inundações estão relacionadas à elevação natural das águas nos rios nos períodos chuvosos e, embora a cidade de Paranavaí tenha vários córregos, não há ocorrência de cheias e inundações, pois os canais são profundos e não apresentam planícies de inundações.

Nesse contexto, a área urbana de Paranavaí já apresentou diversos eventos intensos de enxurradas, muitas vezes acompanhados de áreas com alagamentos em vários locais da cidade, evidenciados a partir dos anos de 1990. Tais alagamentos são registradas em diversas matérias jornalísticas, em reportagens e no banco de dados da Defesa Civil.

O objetivo deste trabalho é verificar, pela observação de duas áreas amostrais na área urbana de Paranavaí — identificados como PA1 e PA2 — onde esse problema ocorre, os fatores físicos, antrópicos e relativos à estrutura da microdrenagem que contribuem para a formação de enxurradas e alagamentos.

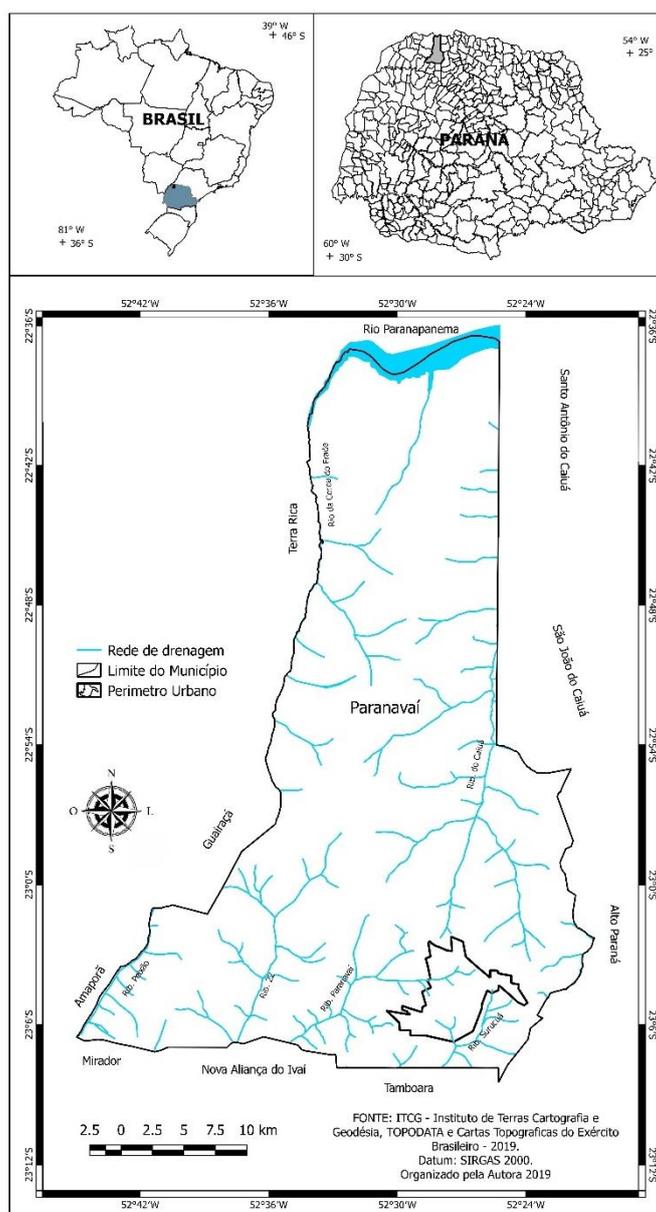
2 – Área de estudo

O município de Paranavaí localiza-se na região Noroeste do estado do Paraná, na coordenada geográfica 23° 4' 26" Sul de latitude e 52° 27' 55" Oeste de longitude, na região Sul do Brasil (Figura 1). Territorialmente, o município apresenta 1.202,266 km² de extensão, com uma população estimada para o ano de 2020 em 88.922 pessoas e densidade demográfica de 67,86 hab/km² (IBGE, 2020).

O substrato rochoso da região é composto por rochas areníticas pertencentes à Formação Caiuá (Kc), formadas por depósitos de areias sob ação eólica em ambiente desértico continental, durante o período Cretáceo Superior na Era Mesozoica. Essa Formação está sobre

rochas ígneas basálticas da Formação Serra Geral (JKsg), formadas a partir de um derrame magmático extenso de Idade Jurássico-Cretácica (Mineropar, 2001). Tais formações rochosas estão inseridas na Unidade Morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná e na Unidade Morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense (Mineropar, 2006).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo



Org.: Das autoras (2019)

O clima na região é classificado por Köppen como Subtropical Úmido Mesotérmico – Cfa, e caracterizado a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, com verão quente e geadas pouco frequentes (Nitsche et al., 2019).

O total pluviométrico médio anual para o Noroeste do estado do Paraná é de 1500mm (Nitsche et al., 2019), sob influência de frentes frias vinculadas à atuação da massa de ar polar (mPa) durante o ano todo, mas com intensidade maior durante a estação do inverno. No verão, acrescentam-se chuvas convectivas rápidas e torrenciais mais frequentes ao final da tarde. Essa dinâmica atmosférica é a principal condicionante para a distribuição das chuvas o ano todo sem uma definição nítida sazonal.

De acordo com o ITCG (2019), o município possui três tipos principais de solos: o Argissolo Vermelho Distrófico Típico, o Argissolo Vermelho Eutrófico Abrupto e o Latossolo Vermelho Distrófico Típico. Em geral, os solos associados aos arenitos da Formação Caiuá apresentam textura média a arenosa, tendo origem da alteração in situ da própria Formação (Gasparetto; Nóbrega; Carvalho, 2001). Os autores relatam que as rochas areníticas em sua estrutura e cimentação mostram-se resistentes à erosão, enquanto a cobertura pedológica, devido à ausência de cimentação, torna-se altamente friável e, portanto, extremamente suscetível aos processos erosivos.

A hidrografia configura um padrão da rede de drenagem do tipo dendrítico, sendo bem presente em regiões com relevos pouco dissecados, em morros com topos convexos e chapadões (Lima, 2006), corroborando com as características apresentadas por Mineropar (2006) como pouco dissecado e que, morfologicamente, exhibe uma superfície com feições de topos aplainados e vertentes convexas em vales do tipo “V” aberto.

A área urbana de Paranavaí está assentada sobre o divisor de águas de duas grandes bacias hidrográficas, a do rio Ivaí e a do rio Paranapanema; por isso a cidade apresenta várias nascentes de córregos que surgem da área central e seguem para sua porção periférica, sendo os principais o ribeirão Paranavaí e o ribeirão Surucuá, os dois de quarta ordem, e respectivamente afluentes das bacias dos rios Paranapanema e Ivaí.

A cobertura vegetal original é a Floresta Estacional Semidecidual do tipo submontana (Roderjan et al., 2002), mas foi praticamente toda desmatada para dar lugar à ocupação e ao

desenvolvimento da cultura cafeeira iniciada com o processo de colonização da região, por volta de 1920 (Mota, 2005).

No que se refere ao desenvolvimento econômico, o município teve a vegetação de mata derrubada para a implantação das lavouras de café, que ocuparam as terras até por volta de 1970. Segundo Mota (2005), após sucessivas crises, a cultura do café foi sendo substituída pela cultura da cana-de-açúcar, que teve seu auge entre 1996 e 2005, com o surgimento de usinas para a produção de etanol e açúcar.

Com o passar dos anos, as atividades econômicas vinculadas ao setor rural foram se tornando cada vez mais diversificadas, tendo importância o cultivo da mandioca, junto às indústrias de fecularia, seguido das plantações de laranjas, com indústrias de citricultura (Mota, 2005). No setor agropecuário, desenvolvem-se atividades da pecuária — bovinos, equinos, suínos, ovinos e galináceos — com empresas no abatimento de aves (Ipardes, 2017).

A área urbana de Paranavaí insere-se na região Noroeste como uma cidade polo (Amunpar, 2021; Ruiz, Endlich, 2017), atraindo a população das cidades de menor porte populacional em busca de produtos do comércio, de serviços terceirizados, atendimento médico e educação em nível superior em quatro instituições, sendo duas públicas e duas privadas, além de trabalho nas atividades comerciais e industriais.

A estruturação da área urbana propriamente dita iniciou-se em 1950, a partir do estabelecimento de loteamentos espontâneos, que se intensificaram com o aumento gradativo da população no decorrer dos anos seguintes. Ao mesmo tempo, até início dos anos de 1960, a cidade foi-se organizando espacialmente com certa influência do planejamento urbano que a Companhia Melhoramentos Norte do Paraná estabeleceu para a época, com o encontro de várias ruas em um ponto central, que se constituem até os dias de hoje nas praças e rotatórias.

No entanto, nos anos seguinte, houve grande quantidade de pessoas que migraram rapidamente para esse núcleo urbano; a cidade expandiu-se em várias direções e prosseguiu sem a execução de planejamento para uso e ocupação.

De acordo com Cargnim (2001), a década dos anos de 1960 foi o período de maior expansão da malha urbana, com a formação de lotes de tamanhos e formas variadas. Esse processo verificou-se em decorrência da crise na cafeicultura e as cidades tornaram-se centros atrativos de novas oportunidades de trabalho à população.

Da mesma forma, não houve uma preocupação com a qualidade ambiental, vislumbrando uma relação equilibrada entre a natureza e o homem. A área urbana apresenta vários transtornos ambientais, como erosões (ravinas e voçorocas), em sua maioria nas cabeceiras de drenagem, além de córregos poluídos.

3 - Gestão das águas urbanas

As maiores consequências da urbanização sobre a drenagem urbana são as alterações que ocorrem no escoamento superficial direto, promovido principalmente pela impermeabilização do solo (Porto et al., 2012). Ou seja, isso aumenta consideravelmente as chances de formação de enxurradas e alagamentos, caso não se tenha uma estrutura de micro e macrodrenagem eficiente para captação e transporte das águas. Portanto, esses problemas são principalmente consequência da deficiência no sistema de drenagem urbana (Castro, 1998), o que dificulta o escoamento das águas acumuladas das precipitações locais.

O Plano Diretor, sendo o instrumento de planejamento de uso e ocupação do solo, precisa estar vinculado aos sistemas de saneamento, de mobilidade, de equipamentos urbanos, de gestão de resíduos sólidos e de áreas protegidas. Por seu turno, tais sistemas, ao serem estruturados, devem considerar o conhecimento de características do meio físico natural e da dinâmica que pode existir com as formas construídas próprias da cidade.

A gestão das águas pluviais é estruturada no Plano de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais que, por sua vez, deve estar conexo ao Plano Diretor Urbano. Portanto, a malha urbana, composta por lotes e vias de tráfego, deve configurar um traçado condizente com as características de topografia, de declividade e de formas das vertentes, de modo que, conforme ressalta Campos et al. (2015), o escoamento superficial deve ser direcionado adequadamente para os mananciais — por todo o percurso até seu destino — para que questões como as enxurradas e alagamentos sejam evitados.

Assim, a infraestrutura da microdrenagem tem de ser bem dimensionada para que suporte o fenômeno natural das chuvas intensas e evitar, ou ao menos minimizar, a ocorrência e a intensidade da formação de enxurradas e alagamentos.

Em São Paulo (1999, p. 31), é discorrido um importante aspecto relacionado ao projeto de galerias, descrevendo que elas “têm capacidade de escoamento limitada ao seu raio hidráulico relativo à seção plena, que é inferior à sua capacidade máxima em regime livre”.

Isso quer dizer que o escoamento pluvial que entra pelas bocas de lobo (doravante denominadas BL) e segue pelas tubulações das galerias não pode afogar o sistema, ou seja, fazer o sistema trabalhar com seção plena da tubulação pois, quando o escoamento ocupa completamente os tubos, tal fato reduz a capacidade de escoamento.

Quando as águas pluviais escoam sobrando um espaço na tubulação, o fluxo ocorre com mais facilidade e velocidade, já que “o mais recomendado é que as galerias trabalhem com 85% da seção da tubulação” (Tucci, 2012).

Além disso, todo escoamento pluvial flui por tubulações da rede simplesmente via efeito da gravidade. Dessa maneira, a capacidade de engolimento das BLs é fundamental para que não ocorra o escoamento superficial sobre a sarjeta, ocasionando grande fluxo de água superficial e gerando enxurradas (Águas Paraná, 2010).

Destaca-se a importância da manutenção frequente das sarjetas, BLs, galerias e demais condutos que fazem parte da estrutura da drenagem urbana, sendo o entupimento por lixo e sedimentos um dos problemas mais frequentes que afetam sua eficiência. “Do ponto de vista de manutenção, esses sistemas exigem limpeza periódica a fim de que possam funcionar de forma eficiente e de maneira a garantir as condições previstas nos projetos” (São Paulo, 1999, p. 37).

Elaborar medidas para gerenciamento de ocorrência de enxurradas e alagamentos requer a identificação dos fatores que geram esse transtorno e a compreensão de como interagem no espaço urbano. Com esse conhecimento, é possível direcionar medidas estruturais nas áreas urbanas já constituídas, buscando amenizar esse problema e elaborar um planejamento adequado de uso e ocupação do solo nas áreas urbanas em expansão, evitando, com base em experiências anteriores, os problemas que vêm ocorrendo ao longo dos anos nas áreas mais antigas.

No que se refere à gestão das águas urbanas na cidade de Paranavaí, não foi até o presente momento elaborado um Plano de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. No entanto, a gestão urbana é realizada desde 2008, regulamentada no Plano Diretor do Município de Paranavaí (Lei nº 08/2008), tendo especificações sobre o uso e ocupação do espaço urbano e o estabelecimento de zoneamentos.

Além disso, diretrizes gerais sobre a infraestrutura urbana e sobre galerias pluviais são apresentadas no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município (Paranavaí, 2017).

Por outro lado, a existência da planta com a malha urbana e com a estrutura do sistema de drenagem (Paranavaí, 2019) mostra que existe, de certo modo, o planejamento do sistema de drenagem de águas pluviais.

4 – Metodologia

Os locais em que ocorreram enxurradas que causaram danos e os pontos de alagamentos na área urbana de Paranavaí, apresentados na Figura 3, foram localizados por meio do software Google Earth Pro 2020, tomando-se como referência informações como nome das ruas, e reconhecendo as edificações apresentadas em reportagens audiovisuais do Jornal Meio-Dia Paraná Noroeste, obtidas na internet. Essas informações foram inseridas no Google Earth Pro 2020 e, por meio da ferramenta Street View, foi possível visualizar os locais e pontuá-los na imagem de satélite. Esses dados foram conferidos in loco, com trabalho de campo realizado em maio de 2019 e relatos de moradores ou trabalhadores nos locais.

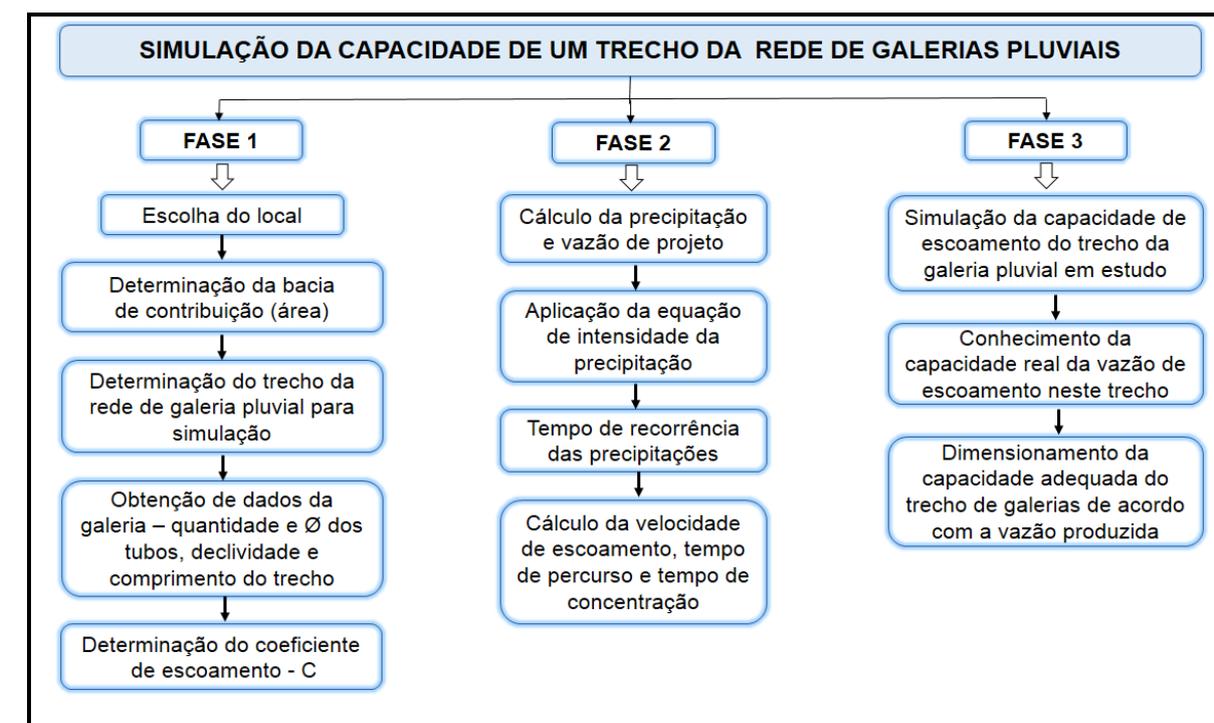
Para melhor entendimento da formação das enxurradas e alagamentos, foram tomados dois exemplos de locais nos quais esses problemas ocorrem de modo mais grave, devido às enxurradas e aos alagamentos apresentarem-se com grande intensidade e ocorrerem com frequência. Esses transtornos acontecem nos cruzamentos da rua Albino Silva com a avenida Deputado José Alencar Heitor Furtado (Ponto de Alagamento 1 — PA1, bacia do ribeirão Surucuá) e na rua Castro com a avenida Parigot de Souza (Ponto de Alagamento 2 — PA2, bacia do ribeirão Paranavaí); os dois pontos localizam-se na área central da cidade.

Posteriormente, buscou-se relacionar, nos pontos PA1 e PA2, as características geomorfológicas relacionadas com o traçado urbano (infraestrutura). Nesse sentido, foram analisadas a forma das vertentes, com base na confecção de perfis topográficos constantes no software Google Earth Pro 2020.

A configuração do traçado das ruas e suas direções de inclinação nas vertentes, como também a conexão entre elas, até o ponto onde ocorreram os problemas de enxurradas intensas e alagamentos, foram verificadas pela planta do sistema da rede de drenagem urbana obtida no Setor de Infraestrutura de Paranavaí que contém a malha urbana e a estrutura de macro e microdrenagem de águas pluviais em escala 1:10.000 (Paranavaí, 2019).

Em seguida, foi verificada a eficiência da rede de galerias pluviais, realizando uma simulação em um segmento de um trecho da rede de galerias para esses dois pontos críticos (PA1 e PA2), seguindo parâmetros e equações utilizados pelo setor de infraestrutura da Prefeitura de Paranavaí (Sudersha, 2002). Na sequência, foram apresentadas esquematicamente as fases para elaborar a simulação da rede de galerias pluviais (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma metodológico para determinação da capacidade de escoamento de trecho de galerias pluviais



Org.: Das autoras (2020)

Fase 1

Na escolha do trecho para verificar a capacidade da galeria, considerou-se a proximidade da área em que ocorreram os acúmulos das enxurradas com os consequentes alagamentos. Esse critério já é suficiente para conhecer se existe um problema de capacidade de captação e escoamento.

Num primeiro momento, buscou-se obter as informações referentes ao comprimento da rede de galeria do trecho em questão. Foram obtidas a distância do ponto de captação mais distante (a montante), a quantidade e o diâmetro (\emptyset) de tubos neste trecho, a declividade no qual

encontram-se os tubos para o escoamento superficial e a área de contribuição na bacia hidrográfica.

O comprimento do trecho em metros (m) e a extensão da área de contribuição da bacia hidrográfica em hectares (ha) foram determinados por meio do software AutoCAD 2019, na planta do sistema de drenagem urbana.

O valor do Coeficiente de Escoamento (C) foi extraído de uma tabela padrão (Sudersha, 2002) definida para áreas urbanas. Foram consideradas as características predominantes de impermeabilização da superfície como sendo de concreto, asfalto e telhado, definido com o valor de $C = 0,90$, pois este é o valor indicado no manual de obras de drenagem do município.

Esse coeficiente teve como princípio de cálculo não apresentar variação para diferentes valores de período de retorno (Tr) e de intensidade de precipitação (i), portanto, é uma tabela com coeficientes bastante utilizados para dimensionamento de galerias pluviais.

Fase 2

Os valores de precipitação e vazão de projeto foram determinados pelo Método Racional, que é indicado para bacias urbanas de até 5 km² (Águas Paraná, 2010).

Para a determinação da precipitação de projeto, é necessário executar a equação de intensidade de precipitação (i) que, por sua vez, depende dos valores de recorrência (Tr), velocidade de escoamento (Ve), tempo de escoamento da precipitação (te) e do tempo de concentração do escoamento (tc).

O tempo de recorrência Tr adotado foi de 10 anos, pois este é valor indicado pelo (Águas Paraná, 2010) e, sendo o mesmo utilizado pelo setor de dimensionamento do sistema de microdrenagem para Paranavaí.

O $Tr = 10$ significa que um determinado valor de precipitação pode se repetir a cada 10 anos ou tem 10% de chance de ocorrer em cada ano. A recorrência tem significado de probabilidade, sendo, portanto, entendida como o risco de ocorrer um evento chuvoso crítico.

No que se refere ao tempo de escoamento da precipitação (te), esse é calculado dividindo-se a velocidade média de escoamento na tubulação pela extensão do percurso. Para esse cálculo segue a Equação 1:

$$te = x / (60 \times Ve) \quad (1)$$

Onde, t_e = tempo de escoamento (m/s), x = distância (m) do ponto mais distante da bacia até o trecho de galerias pluviais em estudo, V_e = velocidade do escoamento (m/s).

O valor da velocidade de escoamento (V_e), que deve ser aplicada à Equação 1, é obtido pela Equação 2.

$$V_e = 26,467 \times \emptyset^{0,666} \times (\text{declividade tubo})^{0,5} \quad (2)$$

Em que, V_e = velocidade de escoamento (m/s); \emptyset = diâmetro da tubulação da galeria pluvial; declividade tubo (%)

O Tempo de Concentração no Método Racional é igual ao tempo de duração da chuva, e consiste no tempo em que a água da chuva leva para percorrer desde o ponto mais distante da bacia hidrográfica, no caso do divisor de águas, até o ponto do trecho da galeria em que ocorre o problema do alagamento. O tempo de concentração (t_c) é obtido pela Equação 3:

$$t_c = t_s + t_e \quad (3)$$

Onde, t_c = tempo de concentração (min); t_s = tempo de escoamento superficial (min); t_e = tempo de escoamento nas galerias até a seção considerada (m/s).

Para o cálculo da precipitação de projeto “se faz necessário conhecer a relação entre as quatro características fundamentais da chuva: intensidade, duração, frequência e distribuição” (Águas Paraná, 2010). Assim, a relação entre esses parâmetros é possível por meio da Equação 4 de chuvas intensas.

$$i = K \times Tr^m / (t + t_0)^n \quad (4)$$

Onde, i = intensidade máxima da precipitação (mm/h); Tr = tempo de recorrência (anos); t = tempo de duração da chuva (min); K , t_0 , m , n = parâmetros determinados para a estação pluviométrica.

A seguir, foi aplicada a Equação 5 de intensidade de chuva, desenvolvida por Fendrich e Freitas (2003), especificamente para Paranavaí e calibrada de acordo com a série histórica de precipitações coletados na estação meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizada no município de Paranavaí. Logo, tem-se:

$$i = 2.808,67 \times Tr^{0,104} / (t + 33)^{0,930} \quad (5)$$

Por fim, considera-se a Equação 6, como representativa para obtenção do valor da vazão de projeto. Para o caso da drenagem urbana, onde as bacias hidrográficas geralmente são pequenas 5 km², o método mais indicado é o Racional (Águas Paraná, 2010; Tucci, 2012), sendo esse método aplicado para Paranavaí. A referida equação é expressa por:

$$Q = \mathcal{E} \times C \times i \times A \quad (6)$$

Onde, Q = vazão do projeto (m³/s); \mathcal{E} = coeficiente de distribuição da precipitação (considerar igual a 1 (um), pois as bacias de contribuição são relativamente pequenas, podendo ser desprezado o efeito de dispersão das chuvas); C = coeficiente de escoamento superficial; i = intensidade de precipitação pluviométrica (m³/s . ha); A = área da bacia contribuinte em hectares (ha).

Fase 3

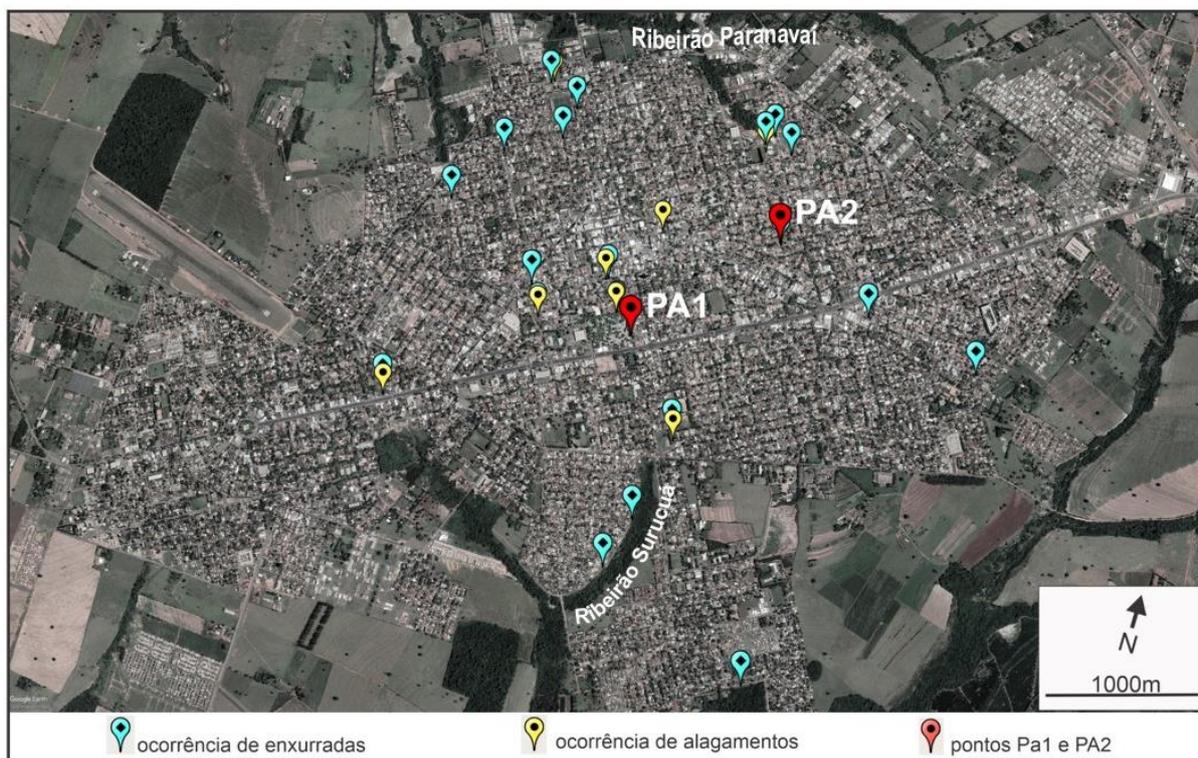
Nessa fase os resultados da Fase 1 e 2 foram inseridos em uma tabela, cruzando-se os dados das dimensões dos tubos das galerias com o resultado da vazão de projeto, obtendo-se, assim, a capacidade real da galeria pluvial. Além disso, como complemento e efeito de comparação, foi determinado o dimensionamento do que seria recomendado aplicando-se os mesmos procedimentos.

5 - Resultados e discussões

No que se refere à espacialização desses eventos hidrometeorológicos (Figura 3), as enxurradas, que repercutem em danos e prejuízos, ocorrem principalmente na alta e média vertente de ambas as bacias hidrográficas dos córregos de primeira ordem dos ribeirões Paranavaí e Surucuá. Os alagamentos também acontecem de forma mais concentrada na alta para média vertente, mais próximos da área central da cidade, e principalmente na área da bacia hidrográfica do ribeirão Surucuá pertencente à grande bacia hidrográfica do rio Ivaí.

Para melhor entendimento da formação das enxurradas e alagamentos, foram tomados dois exemplos de locais nos quais esses problemas ocorrem com frequência e de modo mais grave, são eles: nos cruzamentos da rua Albino Silva com a avenida Deputado José Alencar Heitor Furtado (Ponto de Alagamento 1 – PA1, bacia do ribeirão Surucuá) e na rua Castro com a avenida Parigot de Souza (Ponto de Alagamento 2 – PA2, bacia do ribeirão Paranavaí).

Figura 3. Distribuição espacial de enxurradas e alagamentos na área urbana de Paranavaí, entre os anos de 2006 e 2019

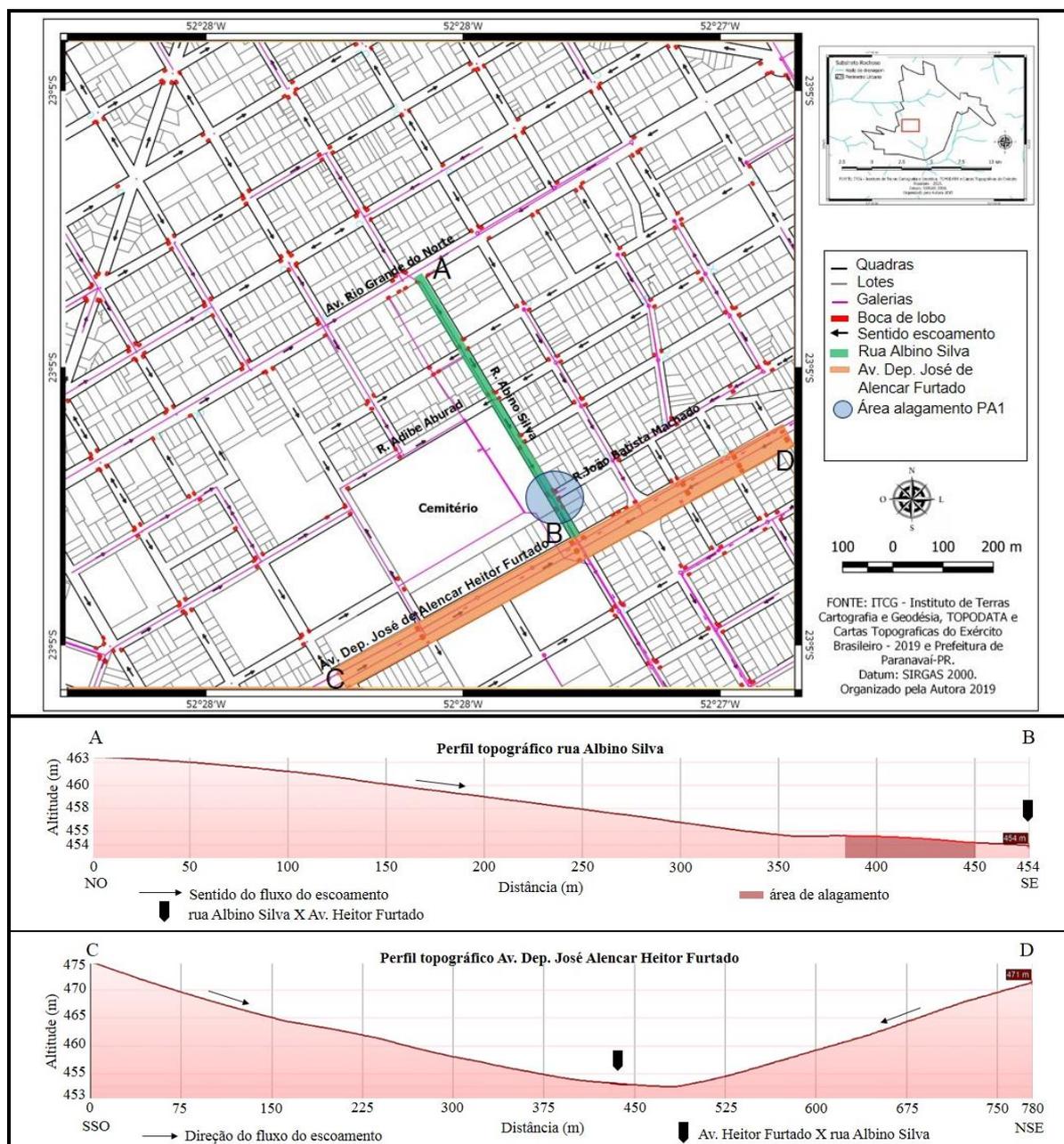


Fonte: Google Earth Pro (2020)

Org.: Das autoras (2020)

O Ponto PA1 (Figura 4) localiza-se na região central, na média vertente da bacia do ribeirão Surucua em um canal de primeira ordem. Esse local pode ser considerado o mais crítico de todos pela intensidade das enxurradas e magnitude dos alagamentos.

Figura 4. Planta de localização das bocas de lobo e direção do fluxo do escoamento pluvial, região do cemitério municipal. Ponto PA1



Fonte: Google Earth (2020)

Org.: Das autoras (2020)

Nota: A mancha em tom rosa mais escuro no perfil, mostra uma topografia mais baixa na rua Albino Silva até o encontro com a av. Deputado José de Alencar Furtado, onde as águas pluviais se acumulam

Observa-se que as setas que passam pelas galerias e ruas apresentadas na planta mostram o sentido que o fluxo do escoamento superficial segue no ambiente urbano, em vertente morfológicamente convexa na porção alta com tendência para côncava na porção média (Perfil topográfico A-B) e alta para baixa (Perfil topográfico C-D).

Nota-se que as enxurradas provenientes de várias ruas deságuam todas em uma rua principal, a Albino Silva e, em local mais rebaixado da média vertente, formam os alagamentos.

Verifica-se que isso ocorre, porque a rua Albino Silva foi construída seguindo a morfologia natural do fundo de vale da vertente, ou seja, esta rua está posicionada de tal forma, que se comporta como um “córrego” principal que recebe águas pluviais de seus “afluentes” (ruas secundárias em sentido perpendicular).

Além disso, a rua Albino Silva apresenta-se em declive, fazendo que os fluxos que deságuam nela ganhem velocidade e energia de transporte.

Assim, o escoamento volumoso desce o declive e acumula-se em um local da média vertente, onde a rua é mais baixa, em uma leve concavidade formada durante a construção da malha urbana, em frente ao portão dos fundos do cemitério municipal.

Acrescenta-se, ainda, o escoamento que chega ao local no sentido perpendicular, proveniente da rua João Batista Machado que, assim como a rua Albino Silva, recebe o escoamento de várias ruas paralelas, aumentando consideravelmente a quantidade de escoamento superficial para ela. A esse volume, soma-se o fluxo que escoar na vertente contrária a rua João Batista Machado, que compreende a área do interior do cemitério, no qual o escoamento superficial se confina na porção mais baixa da área do cemitério, encontrando saída pelo portão e desaguando as águas pluviais na parte rebaixada da rua Albino Silva.

Quando os fluxos do escoamento dessas várias ruas se encontram no local mais rebaixado, acumulam-se e ficam confinados, pois não conseguem seguir um caminho preferencial à frente (descendo em direção à baixa vertente até um córrego natural), por serem barrados pela avenida Deputado José de Alencar Furtado que foi projetada com elevação, justamente para evitar o acúmulo de água, já que o tráfego de veículos nesse local é intenso por ser uma das principais avenidas de mão dupla, que dá acesso ao centro da cidade. Desse modo, o sistema de drenagem de águas pluviais não dá conta de captar e escoar a quantidade de água de todo

esse fluxo do escoamento das enxurradas, que se acumula rapidamente formando intensos alagamentos.

Dessa forma, na Figura 5, pode ser visto que o Ponto PA1 é o local em que as enxurradas de quatro direções diferentes se convergem, todas nesse ponto mais rebaixado da rua Albino Silva, elevando rapidamente o escoamento proveniente dessas vias (ruas) e havendo a consequente formação de alagamentos durante episódios de chuvas intensas.

Figura 5. Área de alagamento no encontro da rua Albino Silva com a rua João Batista Machado, em frente ao portão secundário do cemitério municipal



Fonte: Das autoras (2019)

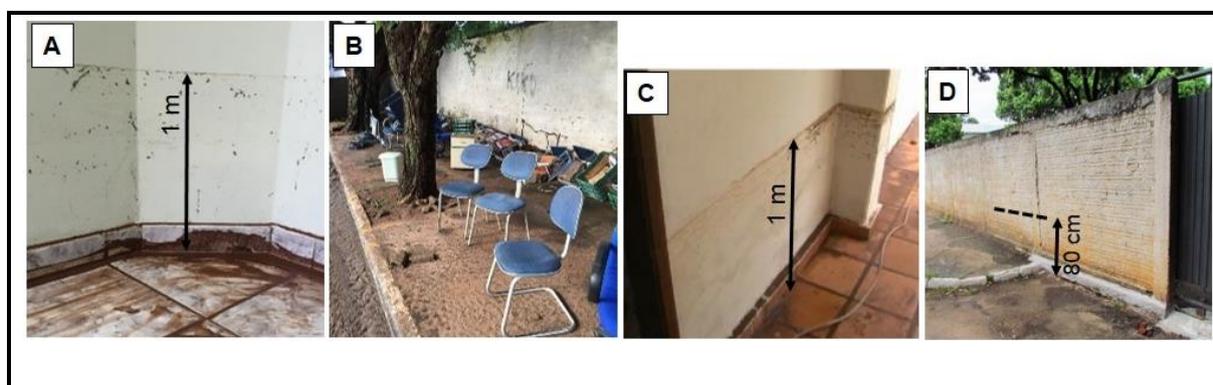
Nota: As setas mostram o sentido do escoamento pluvial que culminam em um trecho de topografia mais baixa da vertente e de leve concavidade no local.

Dessa forma, a chegada do escoamento pluvial de várias vertentes em um único ponto, rapidamente produz o efeito de seção plena na entrada das galerias, que não tem capacidade dimensional adequada para escoar o volume de água que chega ao local.

Nos dias 18/02/2008, 30/03/2015, 10/02/2017 e 05/01/2019, ocorreram enxurradas com intensidade em volume e velocidade de escoamento, durante as quais as bocas de lobo e galerias não suportaram a captação e o transporte pelas tubulações do fluxo superficial, acontecendo, assim, o extravasamento das águas pelas próprias galerias produziu alagamentos de aproximadamente 0,80 m a 1 m de altura e atingiu várias edificações residenciais e

comerciais (TEMPORAL..., 2008; ENXURRADA..., 2015; UMA SEMANA..., 2017; CHUVA FORTE..., 2019), resultando em danos e prejuízos aos proprietários (Figura 6).

Figura 6. Vestígios da altura de alagamentos e danos materiais na rua Albino Silva, esquina com a rua João Batista Machado, em frente ao portão dos fundos do cemitério municipal



A e B) Situação de estabelecimento comercial pós alagamento no dia 30/03/2015. Altura do alagamento chegou a 1m. Fonte: PERES (2015). C) Residência invadida por alagamento em 02/02/2017. Nota-se na parede da residência a marca da altura da linha d'água de 1m de altura. Fonte: UMA SEMANA..., 02/02/2017. D) Marca do alagamento de 0,80cm altura no muro do cemitério municipal em 05/01/2019. Fonte: Da Autora (dezembro de 2019).

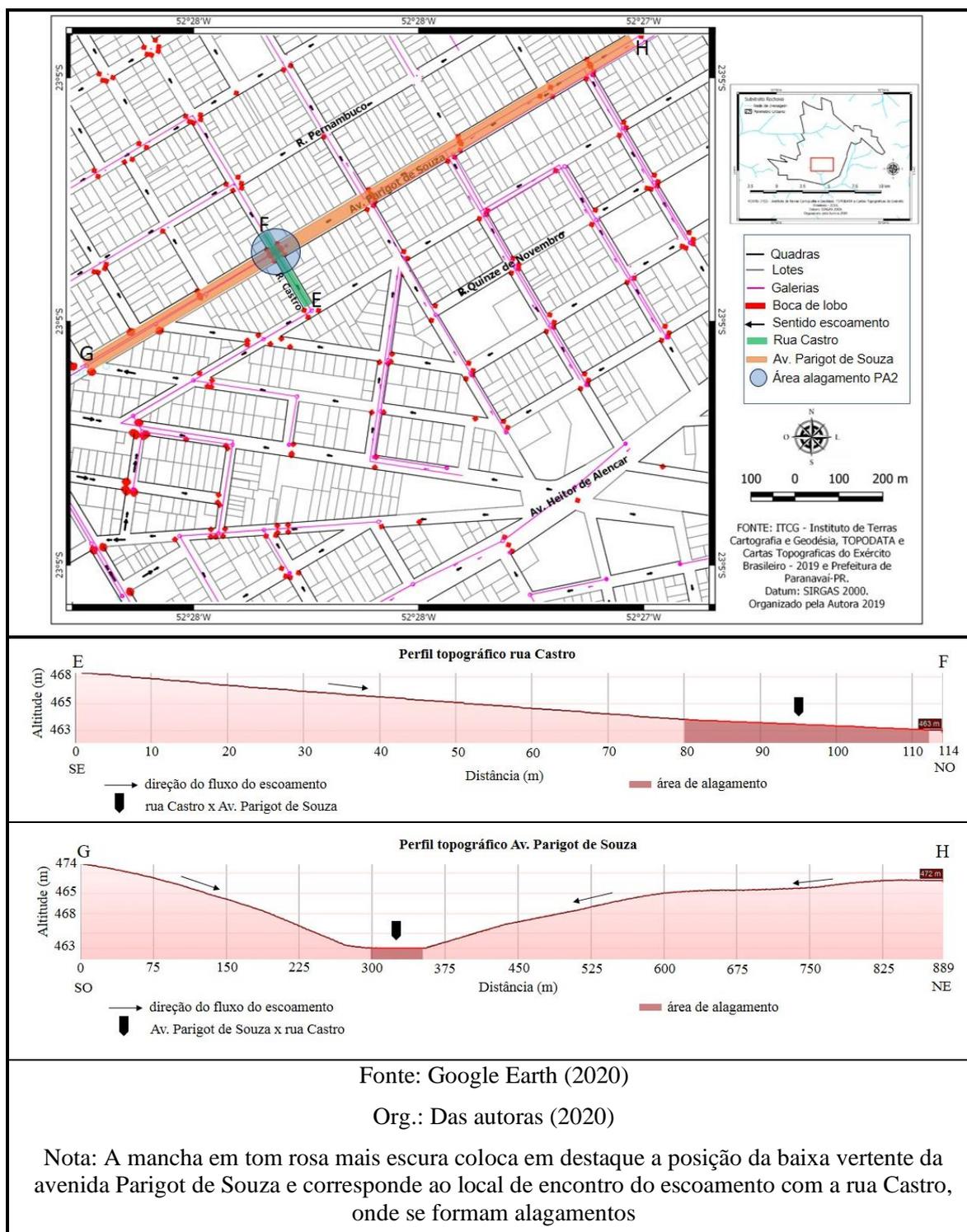
Outra situação de formação de enxurradas e alagamentos frequentes ocorre no cruzamento entre a rua Castro com a avenida Parigot de Souza, Ponto PA2, na posição da média vertente em uma bacia com curso d'água de primeira ordem, afluente do ribeirão Paranavaí (Figura 7).

Na avenida Parigot de Souza, ocorre a junção de escoamento superficial em sentido convergente que flui da alta para baixa vertente (Figura 7, perfil topográfico G-H). No local de topografia mais baixa, há também o recebimento no sentido perpendicular do escoamento da rua Castro (Figura 7, Perfil topográfico E-F). Essas duas vias recebem contribuição de águas pluviais de outras vias secundárias.

Desse modo, no cruzamento entre elas, há a junção de enxurradas de três vias arteriais principais de escoamento que convergem para o mesmo local: da rua Castro e da avenida Parigot de Souza em duas vertentes (vias), com escoamento convergente.

Assim, verifica-se, de modo geral, que aspectos da morfologia das vertentes e a configuração do arranjo espacial dos lotes e ruas contribuem para a formação de enxurradas e alagamentos.

Figura 7. Carta de localização das bocas de lobo e direção do fluxo do escoamento pluvial, região da rua Castro com avenida Parigot de Souza, Ponto PA2



Diante disso, fica uma incógnita. A cidade não apresenta uma infraestrutura de drenagem de águas pluviais, cuja principal função é captar e escoar as águas das chuvas adequadamente,

para que tais problemas não ocorram? Nesse sentido, o Quadro 1 refere-se à simulação elaborada para esses dois segmentos da rede de galerias, correspondentes aos pontos PA1 e PA2, o que revela a eficiência da microdrenagem com base em seu dimensionamento.

Quadro 1 - Simulação da capacidade de escoamento de trecho da rede de galeria pluvial da área urbana de Paranavaí

		Ponto PA1	Ponto PA1	Ponto PA2	Ponto PA2
		Trecho: PQ 66.7 - PQ 67.7 Rua Albino Silva	Trecho: PQ 66.7 - PQ 67.7 Rua Albino Silva	Trecho: avenida Parigot x rua Pernambuco Rua Castro	Trecho: avenida Parigot x rua Pernambuco Rua Castro
Extensão (m)		124,00	124,00	120,00	120,00
Área de contribuição	C	0,90	0,90	0,90	0,90
	A (ha)	129,93	129,93	21,14	21,14
	CA	116,94	116,94	19,02	19,02
Tempo de concentração (min)		16,91	14,42	15,09	14,67
Intensidade (l/s)		261,18	271,26	238,54	240,47
Vazão (l/s)		30.542	31.722	4.538	4.574
Quantidade tubos		2	2	1	2
Diâmetro (m)		1,20	2,00	0,60	1,00
Declividade mínima 0,0100 (1%)		0,0150	0,0150	0,0250	0,0150
Velocidade (m/s)		3,66	5,14	2,98	3,24
Capacidade máxima (l/s)		8.279	32.316	842	5.092
Tempo percurso (min)		6,91	4,92	5,09	4,67

Simulação situação real
Simulação recomendada

Org.: Das autoras (2020)

Para o ponto PA1, foi identificada uma área de captação de 129,93 ha (bacia de contribuição), declividade de 1,5% da tubulação principal e um coeficiente de escoamento $C = 0,90$ para cobertura do solo pavimentado. A intensidade da chuva tomada por base é de recorrência de 10 anos para chuva crítica, e o valor de precipitação máxima foi de 30,9 mm em 15 minutos ocorrida no dia 30/03/2015. Esses dados foram aplicados à equação de intensidade de chuva calibrada para Paranavaí.

Os cálculos de simulação revelaram problema com as galerias que seguem pela rua Albino Silva. De acordo com suas dimensões reais, um trecho de 124 m de extensão, com dois tubos

de 1,20 m de diâmetro em declividade de 1,5%, combinados à intensidade de precipitação, não oferece a capacidade de escoamento para a quantidade de vazão produzida.

O valor dessa intensidade de precipitação no tempo, associada a outras características, gerou um volume de água em escoamento da ordem de 30.542 litros/s, quando, na realidade, a capacidade real das galerias existentes é de 8.279 litros/s., ou seja, a quantidade de água de escoamento pluvial que chega até as galerias é 368,91% superior à capacidade máxima suportada pela rede existente. Para escoar essa vazão, seriam necessários dois tubos com 2,00 m de diâmetro cada.

No que se refere à simulação realizada para a avenida Parigot de Souza, Ponto PA2, tem-se uma área de contribuição de 21,14 ha, com tubulações em 1,20 m de extensão a 2,5% de declividade e dois tubos com diâmetro de 0,60 m.

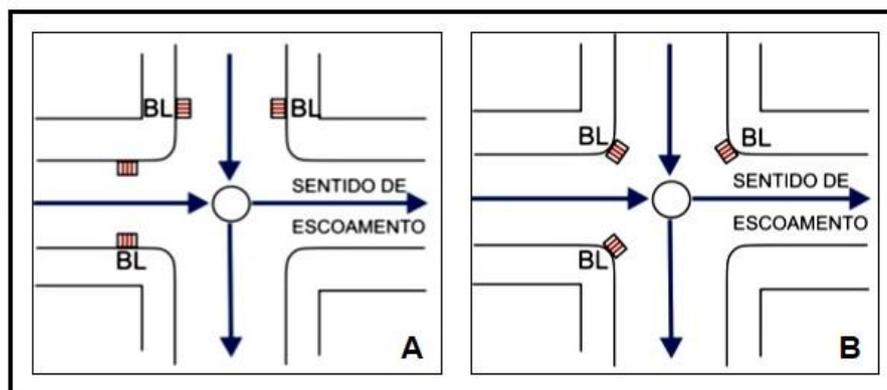
A vazão encontrada foi de 4.538 litros/s, sendo que a capacidade atual da rede existente é de 842 litros/s. Assim, seriam necessários ao menos dois tubos de 1,00 m de diâmetro para que o escoamento das águas pluviais fosse realizado adequadamente.

Com esses resultados obtidos, pode-se inferir que o problema das enxurradas e dos alagamentos nesses dois locais advém também do dimensionamento inadequado da rede de drenagem de águas pluviais, que não apresenta medidas suficientes para comportar o volume do escoamento superficial em eventos de chuvas mais intensas e rápidas.

Como complemento, foram analisadas algumas características da estrutura da micro drenagem urbana no que se refere ao posicionamento, distribuição espacial, dimensionamento e manutenção das bocas de lobo, verificando se essas estão em conformidade com as normas estabelecidas, consideradas adequadas para o manejo do escoamento pluvial.

A Figura 8A mostra um esboço do posicionamento das BLs mais adequado para captação das águas pluviais, ou seja, o que seria recomendado. Por outro lado, a Figura 8B apresenta o posicionamento menos eficiente, quando as BLs estão implantadas na curvatura da esquina da quadra. Ao verificar in loco as ruas que compreendem os pontos PA1 e PA2, é possível notar que a maioria das BLs está localizada satisfatoriamente. Entretanto, em alguns cruzamentos, o posicionamento das BLs não corresponde à recomendação (Figura 8A), pois encontram-se bem próximas, ou localizadas, na curvatura da esquina da quadra. A Figura 9 mostra alguns locais onde esse cenário foi identificado.

Figura 8. Esquema em planta do posicionamento recomendado das BLs em vias de cruzamento



Fonte: SMDU (2012)

Nota: (A) Posicionamento adequado das BLs com certa distância em cruzamento de vias.

(B) Posicionamento inadequado de BLs estabelecidas na curvatura da esquina.

Figura 9. Posicionamento de BLs incoerentes com as normas de dimencionamento do sistema de rede de águas pluviais, no ponto PA1



A) Boca de lobo posicionada na curvatura da esquina da avenida Rio Grande do Norte com o início da rua Albino Silva – PA1

B) Boca de lobo posicionada na curvatura da esquina da rua Salgado Filho com a rua Albino Silva – PA1

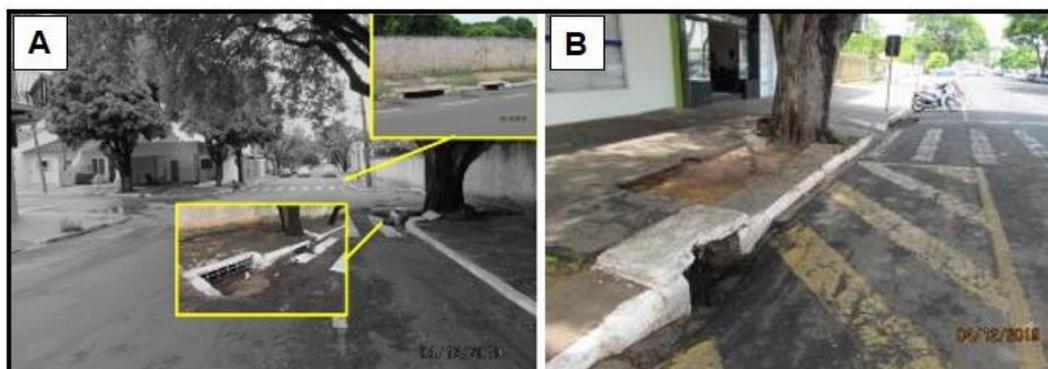
Fonte: Google Earth Pro (2020)

Fonte: Das Autoras (2019)

Outro aspecto observado refere-se à quantidade de BLs nos cruzamentos entre ruas. Nos locais onde ocorreram enxurradas mais pronunciadas, com alagamento, foram construídas BLs múltiplas substituindo as BLs simples implantadas no início da estruturação do sistema

de drenagem (Figura 10), dando indicativos de busca por uma minimização do problema. Por outro lado, em outros locais, onde seriam necessárias, não há nenhuma BL (Figura 11).

Figura 10. BLs múltiplas na área urbana de Paranavaí



A) BLs duplas na rua Albino Silva em frente ao cemitério municipal, a menos de 10m de distância entre elas. Local de alagamento mais crítico da cidade. B) BLs duplas em área de alagamento na avenida Rio Grande do Norte

Fonte: Das autoras (dezembro de 2019)

Figura 11. Trechos de ruas com inexistência de BLs

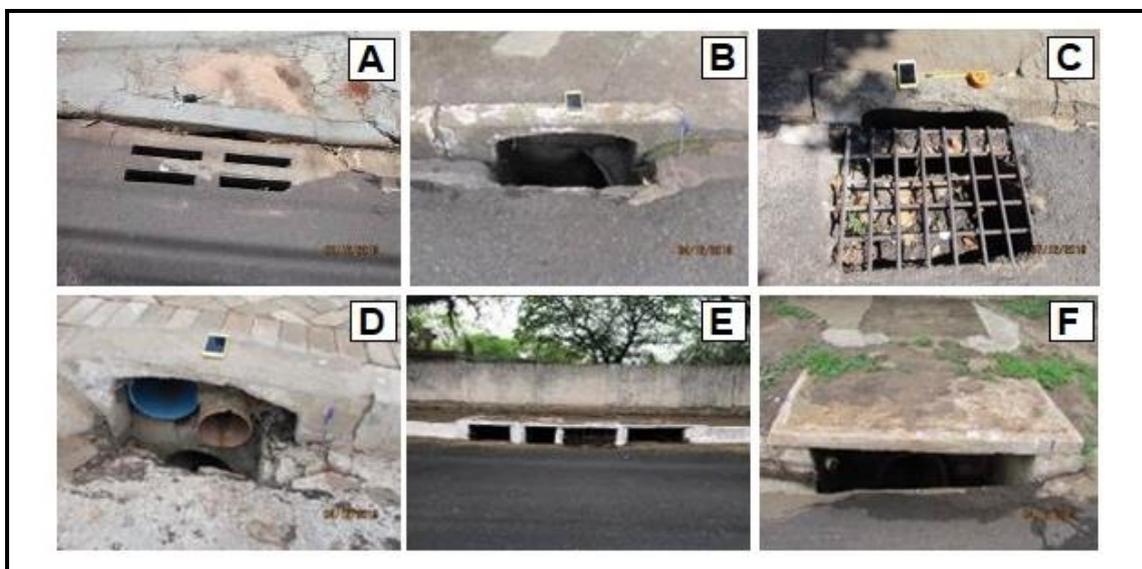


Fonte: Das autoras (2019)

A) Rua Manoel Ribas esquina com a rua Antônio Vendramim sem BL. Deveria haver BLs em ambos os lados, posicionadas antes da faixa de pedestres. B) Rua Castro esquina com a avenida Parigot de Souza sem BL

A eficiência das BLs no escoamento pluvial depende de seu tipo e dimensionamento, como também do rebaixo da abertura de acesso para a entrada do escoamento para a BL. Diferentes modelos de BLs foram identificadas na área urbana de Paranavaí (Figura 12).

Figura 12. Tipos de bocas de lobo identificadas na área urbana de Paranavaí



- A) BL grelha de concreto na rua Albino Silva. B) BL lateral simples, av. Parigot de Souza. C) BL lateral com grelha, rua Adib Aburad. D) BL lateral com depressão, av. Parigot de Souza. E) BL múltipla, rua Albino Silva, fundos do cemitério municipal. F) BL com guia e depressão, rua Albino Silva

Fonte: Das autoras (dezembro de 2019)

As imagens demonstram que a maioria das BLs apresenta uma abertura muito pequena para entrada do escoamento, não sendo suficiente para situações de enxurradas mais expressivas (Figuras 12A, B, C e D). Uma BL da rua Albino Silva (Figura 12F) apresenta uma abertura mais ampla, esse tipo de BL é mais encontrada nos loteamentos mais recentes. As BLs múltiplas (Figura 12E) são de maior abertura, sendo instaladas próximas às áreas de alagamento do Ponto PA1, com o objetivo de minimizar os alagamentos que ocorrem na rua Albino Silva.

Outro aspecto importante é a situação de preservação e manutenção da entrada das BLs. Elas devem estar desobstruídas e ter a geometria adequada para que o fluxo do escoamento pluvial entre com mais facilidade. Em vários locais da cidade, foram identificadas BLs com diversos problemas (Figura 13).

Figura 13. Problemas identificados em BLs na área urbana de Paranavaí



A) BL de grade semicoberta de lixo, folhas e sedimentos, canteiro central da avenida Parigot de Souza. B) BL totalmente tapada com sedimento, canteiro central da avenida Parigot de Souza. C) BL simples com a entrada semitapada com asfalto, praça Mário Correa de Oliveira. D) BL com grande quantidade de folhas bloqueando a entrada da tubulação da galeria. E) BL com a entrada da tubulação da galeria bloqueada em 85% com cimentação asfáltica. F) BL danificadas entre meio fio e calçada, avenida Rio Grande do Norte

Fonte: Das Autoras (dezembro de 2019)

Várias delas apresentaram problemas estruturais e ambientais, principalmente nos trechos de ocorrência de enxurradas intensas e alagamentos. Os problemas mais comuns referem-se às obstruções com resíduos sólidos urbanos, folhas de árvores e sedimentos, e até mesmo a obstrução parcial ou completa com lama asfáltica em várias bocas de lobo e/ou na entrada do tubo da galeria.

Estragos na calçada e queda das guias apontam para a necessidade de manutenção, pois podem favorecer o bloqueio da entrada da boca de lobo com os detritos e podem, ainda, comprometer a segurança dos pedestres.

6 - Considerações finais

A formação das enxurradas e dos alagamentos, nos pontos PA1 e PA2 na cidade de Paranavaí, é resultado de aspectos físicos naturais associados às alterações antrópicas no meio ambiente urbano.

A malha urbana foi assentada em uma superfície com morfologia de vertentes longas, com declive e áreas naturalmente mais “rebaixadas” na média vertente, devido à presença de vários córregos dos ribeirões Paranavaí e Surucuá, a começar do divisor de águas das bacias maiores dos rios Ivaí e Paranapanema.

A esse contexto, associa-se a ação antrópica que implantou uma intensa impermeabilização nessa superfície, e um sistema de drenagem de águas pluviais dimensionalmente incapaz de captar e escoar o volume do escoamento pluvial, fato verificado ao menos há duas décadas, que se formam nos pontos PA1 e PA2 durante chuvas torrenciais.

Dessa forma, em eventos de chuvas intensas, as águas pluviais de diversas ruas percorrem um extenso trajeto e ganham velocidade de escoamento sobre essa superfície alterada, produzindo enxurradas rápidas que, devido à disposição dos arruamentos, acumulam-se em uma rua principal situada em porções mais baixas da vertente, formando os alagamentos. Além desses aspectos, no ponto PA1, acrescentam-se as enxurradas acumuladas que são barradas pela elevação de avenida em segmento à frente, mostrando os efeitos negativos de obras inadequadas na cidade. Buscou-se eliminar o problema na avenida Deputado José de Alencar Furtado e agravou-se o alagamento na rua Albino Silva.

Contudo, verificou-se que as bocas de lobo e a entrada das galerias não recebem manutenção adequada e/ou fiscalização por parte do serviço público de limpeza da cidade e do setor de infraestrutura de manutenção das calçadas e asfalto. Isso pode ser verificado ao serem identificados estragos e obstruções com lixo, sedimentos e lama asfáltica em várias BLs.

A minimização do transtorno requer, ao menos, a implantação de medidas estruturais reparatórias e mitigatórias. Além disso, as ações devem ter a atuação conjunta entre as instituições governamentais e a sociedade civil.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR/Campus Paranavaí), pela concessão do afastamento integral para realizar a pesquisa de doutorado. Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA/UEM), pelo espaço, pela infraestrutura e equipamentos para estudos e pesquisa.

Referências

ÁGUAS PARANÁ. Instituto das Águas do Estado do Paraná. Governo do Estado do Paraná. **Normas para elaboração de projetos de drenagem**. Curitiba: 2010, p. 1-10.

AMUNPAR. Associação dos Municípios do Noroeste do Paraná. Portal **Associações Regionais de Municípios do Paraná**. 2021. Disponível em: <http://www.amunpar.com.br/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (orgs.). Brasília: Ministério das Cidades; IPT, 2007. 176p.

CAMPOS, R.; NUNES, J. D.; OLIVEIRA, G. Avaliação da eficiência hidráulica de galerias de drenagem pluviais com seções retangulares e circulares. *In*: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 9. Brasília – DF, nov. 2015. **Anais [...]**. Brasília: ABRH, p. 1-5. Disponível em: <https://docplayer.com.br/124917582-Capitulo-vi-galerias-tabela-vi-1-periodo-de-retorno-em-funcao-da-ocupacao-da-area.html>. Acesso em: 20 nov. 2019.

CARDOSO, C.; GUERRA, A. J. T.; SILVA, M. S. (org.). **Geografia e os riscos socioambientais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. 1, p. 13-24.

CARGNIM, R. C. N. **Vila Alta: concentração da pobreza urbana em um espaço periférico de Paranavaí**. 2001, 178f. (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente: 2001.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres**. Ministério do Planejamento e Orçamento. 2. ed revista e ampliada. Brasília: Secretaria Especial de Políticas Regionais/Departamento de Defesa Civil, 1998., 283p.

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. **Cemaden Notícias**. 29 de junho de 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: 8 nov. 2020.

CEPED/UFSC. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres/Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. rev. ampl.: il. color.; Vol. Brasil. Florianópolis: 2013, 126p.cl

CHUVA FORTE causa alagamentos em Paranavaí. **Portal da Cidade Paranavaí**. Paranavaí: Portal da Cidade Paranavaí. Clima: 5 jan. 2019. Vídeo (0.17min) Disponível em:

<https://paranavai.portaldacidade.com/noticias/cidade/chuva-forte-causa-alagamentos-em-paranavai-veja-o-video>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CNM. Confederação Nacional de Municípios. **Proteção e Defesa Civil em âmbito Local: Conceitos e Competências**. Brasília: CNM, 2015. 56p. Disponível em: [https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Prote%C3%A7%C3%A3o%20e%20Defesa%20Civil%20em%20%C3%A2mbito%20local%20\(2015\).pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Prote%C3%A7%C3%A3o%20e%20Defesa%20Civil%20em%20%C3%A2mbito%20local%20(2015).pdf). Acesso em: 20 mar. 2019.

COBRADE. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres. 2012. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/04095316-cobrade-classificacao-e-codificacao-brasileira-de-desastres.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2019.

DIÁRIO DO NOROESTE. **Hemeroteca do Jornal Diário do Noroeste – 1971 a 2020**. Paranavaí: Acervo impresso da Câmara Municipal de Paranavaí, [s. d.].

EM UMA NOITE choveu mais que todo o mês de janeiro em Paranavaí. **Paranavaí Notícias**. Paranavaí: Cidade Paranavaí conectada com você, 1º fev. de 2017. Disponível em: <http://www.paranavai.pr.gov.br/noticias/1330834>. Acesso em: 24 abr. 2018.

ENXURRADA leva asfalto e alaga região do cemitério em Paranavaí. **Meio-Dia Paraná – Noroeste**. Paranavaí: RPC afiliada da Rede Globo. Telejornal local. Reportagem audiovisual, 4min. 30 de março de 2015. Programa de TV. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/4072746/>. Acesso em: 20 abr. 2019.

FENDRICH, R.; FREITAS, D. **Chuvas intensas para obras de drenagem no estado do Paraná**. Curitiba. Gráfica Vicentina Editora, 2003, 2. ed., 101p.

FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais**. 2003. 276f. Tese (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas - SP: 2003.

GASPARETTO, N. V. L.; NÓBREGA, M. T.; CARVALHO, A. A reorganização da cobertura pedológica no noroeste do Paraná – BR e as suas relações com o Arenito Caiuá. *In*: ENCUESTRO DE GEOGRAFOS DE AMERICA LATINA. Santiago, 2001. **Anais [...]**. Vol. 8, p. 164-169.

GOOGLE EARTH PRO 2020. Imagens de satélite da área urbana do município de Paranavaí-PR/BR de 12 de junho de 2020. Maxar Technologies 2021. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/index.html>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal Cidades e Estados**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/paranavai.html>. Acesso em: 3 jun. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal Panorama do município de Paranavaí**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/paranavai/panorama>. Acesso em: 3 de nov. 2020.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico Município de Paranavaí**. Curitiba: IPARDES, 2017. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=87700>. Acesso em: 12 out. 2017.

ITCG. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. **Sedimentação e magmatismo mesozoico**. 2019. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=25>. Acesso em: 6 ago. 2019.

LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. 3 ed., Apostila. Belém – PA: 2006, 194p. Disponível em: <http://www.neotectonica.ufpr.br/geomorfologia/1.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2019.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Governo do Estado do Paraná. Curitiba: 2001. 116p.; il.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: Escala 1:250.000 modelos reduzidos 1: 500.000**. Governo do Estado do Paraná. Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2006. 63p.; il.

MOTA, L. T. **História do Paraná: ocupação humana e relações inter-culturais**. Maringá: Eduem, 2005. 82p.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. [recurso eletrônico]. Londrina (PR): IAPAR, 2019. 210p.: map. tab. Color. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>. Acesso em: 10 jul. 2021.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 112p.

PARANAVAÍ. Prefeitura Municipal. Secretaria de Planejamento Urbano – SEDUR. **Lei Complementar n.º 08/2008**. Dispõe sobre o Plano Diretor de Paranavaí. Paranavaí - PR: 2008.

PARANAVAÍ. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Secretaria Municipal de Infraestrutura. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Paranavaí - PR**. 1ª ed., Gestão Municipal 2017-2020, 2017. 121p. Disponível em: http://www.ingadigital.com.br/transparencia/index.php?id_cliente=12101&sessao=33a6e426a60d33. Acesso em: 10 jan.2021.

PARANAVAÍ. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Infraestrutura. **Planta do sistema de drenagem de águas pluviais da cidade de Paranavaí - PR**. Paranavaí: 2019. 1 planta, color, arquivo digital dwg. Escala 1: 10.000.

PERES, S. **Fotografias dos estragos provocados por enxurradas e alagamentos na rua Albino Silva na cidade de Paranavaí – PR de própria autoria**. 30 de março de 2015.

PORTO, R.; ZAHED F, K.; TUCCI, C.; BIDONE, F. Drenagem urbana. *In*: TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012. 4 ed., 21, p. 805-847.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396p. RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G. G. **As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil**. Ciência e Ambiente, UFSM, v. 24, n. 1, p. 1-16, 2002.

RUIZ, E. J. N.; ENDLICH, Â. M. **A inserção do município de Paranavaí na rede urbana regional**. *In*: X ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA. Maringá,

24 a 26 outubro de 2017. Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. X EPCC. p. 1-11. Disponível em: <https://proceedings.science/epcc/papers/a-insercao-do-municipio-de-paranavai-na-rede-urbana-regional>. Acesso em: 12 jul. 2021.

SÃO PAULO. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. In: Projeto de drenagem urbana. Prefeitura Municipal de São Paulo. São Paulo: FCTH, 1999, p. 10-42.

S2ID. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. **Banco de dados sobre desastres do município de Paranavaí - PR**. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/index.xhtml>. Acesso em: 18 nov. 2019.

SMDU. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos - fundamentos**. São Paulo: SMDU, 2012. v. 2, 220p. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/biblioteca_digital/manual_de_drenagem/index.php?p=49018. Acesso em: 17 jan. 2020.

SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Critérios de projeto. In: SUDERHSA. **Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba – PR**. Curitiba: Seção II, dez. 2002, p. 26-127.

TEMPORAL arrasta caixões de cemitério em Paranavaí. BondeNews. 19 de fevereiro de 2008. Reportagem eletrônica do site. Disponível em: <https://www.bonde.com.br/bondenews/parana/temporal-arrasta-caixoes-de-cemiterio-em-paranavai-81398.html>. Acesso em: 20 abr. 2019.

THOURET, J. C. Os riscos nos países em desenvolvimento. In: VEYRET, I. (org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2019, p. 83-112.

TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, 1, p. 11-24.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. reimp. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012. p.621-658.

UMA SEMANA após temporal, famílias de Paranavaí tentam consertar os estragos. **Meio-Dia Paraná – Noroeste**. Paranavaí: RPC afiliada da Rede Globo. Telejornal local. Reportagem áudio visual, 3min. 7 de fevereiro de 2017. Programa de TV. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/5635270/>. Acesso em: 24 de abril de 2018.