



MACRODRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SANTA IZABEL DO OESTE (PR)

SANTOS, Vanessa de Carli dos ¹

FAVRETTO, Débora Apolinario ²

RESUMO

Este estudo analisa a implantação de um sistema de macrodrenagem urbana no município de Santa Izabel do Oeste (PR), como resposta a eventos recorrentes de alagamentos que afetavam a infraestrutura viária e a segurança da população. O trabalho teve como objetivo central avaliar a eficiência inicial do projeto, examinando seus benefícios, desafios e impactos sob as perspectivas técnica, social e ambiental. Por meio de um estudo de caso, que combinou análise de documentos técnicos, inspeções in loco e revisão bibliográfica, foram investigados o dimensionamento do sistema, a redução preliminar de pontos críticos de alagamento e a integração da obra com as políticas municipais. Os resultados indicam que, para eventos pluviométricos moderados, o sistema tem operado com eficácia, assegurando o escoamento superficial sem acúmulos significativos e contribuindo para a preservação do pavimento asfáltico. Conclui-se que a intervenção representa um avanço crucial para a infraestrutura municipal, e o estudo evidencia a importância do planejamento integrado de macrodrenagem como base para o desenvolvimento urbano sustentável e resiliente.

Palavras-chave: Macrodrenagem Urbana. Escoamento Superficial. Alagamentos. Infraestrutura Viária.

¹ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ampère – Famper.

² Orientadora Mestre em Engenharia Civil e Docente do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ampère – Famper.

1 INTRODUÇÃO

A expansão urbana acelerada e, com frequência, desordenada, tem alterado significativamente o ciclo hidrológico natural. A intensa impermeabilização do solo, decorrente da pavimentação e da construção de edificações, reduz a infiltração e eleva expressivamente o coeficiente de escoamento superficial. Como consequência, ocorre o aumento das vazões de pico durante eventos de precipitação, sobrecarregando os sistemas de drenagem e elevando o risco de alagamentos. Tais deficiências de infraestrutura representam um desafio crítico para a engenharia civil, demandando soluções eficazes para o manejo das águas pluviais.

De acordo com Righetto (2009), o adequado funcionamento das cidades está diretamente ligado a um planejamento eficiente e à implantação de infraestrutura de saneamento básico, que inclui sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e manejo de resíduos. Nesse contexto, a atuação do engenheiro civil é fundamental, pois ele é o profissional responsável por conceber, planejar e fiscalizar as obras que asseguram a eficiência e a sustentabilidade desses sistemas.

No contexto brasileiro, municípios de médio porte, como Santa Izabel do Oeste (PR), são particularmente vulneráveis a esses problemas, muitas vezes carecendo de registros técnicos detalhados sobre a implantação e eficácia de obras de macrodrenagem. Diante desse cenário, este trabalho justifica-se pela necessidade de analisar a aplicação prática dessa técnica de engenharia em vias com pavimentação asfáltica onde a infraestrutura existente se mostrou ineficaz. O estudo preenche uma lacuna importante ao oferecer um caso concreto para análise, fornecendo subsídios práticos para a otimização de projetos similares e evidenciando a importância da integração entre a engenharia e as políticas de desenvolvimento urbano sustentável.

O presente estudo de caso, realizado no município de Santa Izabel do Oeste (PR), teve como objetivo analisar a implantação de um sistema de macrodrenagem e verificar seus impactos iniciais na infraestrutura viária e na segurança da população. Para isso, a metodologia adotada combinou a análise de dados primários — como documentos técnicos do projeto e observações in loco — com uma revisão bibliográfica aprofundada sobre a gestão de águas pluviais. A estrutura deste artigo está organizada em seções que apresentam o referencial teórico, a metodologia, a discussão dos resultados e, por fim, as considerações finais e recomendações.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência inicial da implantação do sistema de macrodrenagem urbana no Município de Santa Izabel do Oeste (PR), considerando seus impactos no controle de alagamentos, na preservação da infraestrutura viária e na melhoria da qualidade de vida da população, considerando os aspectos técnicos, ambientais e sociais da obra.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o projeto executivo e as especificações técnicas do sistema de macrodrenagem, confrontando-os com as necessidades e características hidrológicas da área de estudo.
- Avaliar o dimensionamento hidráulico das galerias e canais, verificando sua capacidade para escoar as vazões de projeto estimadas para eventos de precipitação.
- Avaliar a redução inicial da ocorrência de alagamentos em áreas críticas da cidade após a implantação do sistema de macrodrenagem.
- Examinar a integração da solução de engenharia com as políticas públicas municipais de gestão ambiental e de desenvolvimento urbano, enfatizando a importância da manutenção contínua e da conscientização social.
- Elaborar recomendações técnicas para futuras intervenções, visando a incorporação de soluções complementares, como pavimentos permeáveis, que contribuam para um modelo de desenvolvimento urbano mais resiliente e eficiente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Drenagem Urbana

3.1.1 Expansão Urbana

O progresso urbano se intensificou na segunda metade do século XX com o aumento populacional e a consequente ocupação de espaços reduzidos. Conforme Tucci (1995), essa

expansão resultou em uma competição por recursos naturais, levando à degradação da biodiversidade local.

A expansão urbana é caracterizada pelo crescimento territorial e populacional das cidades, que envolve a ocupação de novas áreas e a intensificação do uso do solo. Embora o desenvolvimento urbano seja fundamental, ele frequentemente gera conflitos entre a ocupação planejada e os limites naturais do ambiente, especialmente em áreas hidrologicamente vulneráveis, como várzeas, encostas e margens de rios.

Este processo de urbanização, além de sua complexidade, traz implicações sociais e ambientais significativas. Segundo Filho e Ribeiro (2006) e Salles *et al.* (2013), o homem, ao transformar ambientes naturais para atender às suas necessidades, acaba por criar ecossistemas artificiais. A urbanização desordenada, por sua vez, tende a reduzir a permeabilidade do solo, aumentar o escoamento superficial e comprometer a capacidade de absorção e condução de águas pluviais, elevando a frequência e a intensidade de problemas de drenagem.

Além disso, a ocupação irregular pode gerar conflitos sociais, ao expor populações vulneráveis a riscos ambientais e ao dificultar a prestação de serviços públicos adequados, como saneamento, transporte e coleta de resíduos.

Com a evolução da expansão das populações nos centros urbanos, a falta de planejamento tem levado a uma ocupação desordenada e a diversos problemas (Grostein, 2001; Passos *et al.*, 2012). O aumento do deslocamento e do uso de veículos individuais, em particular, requer a expansão da malha viária. Este crescimento da pavimentação acarreta a impermeabilização do solo, elevando os riscos ambientais e a ocorrência de alagamentos e enchentes.

As consequências da expansão urbana descontrolada vão além dos impactos hidrológicos, afetando diretamente a infraestrutura, o meio ambiente e a qualidade de vida da população. Entre os principais efeitos, destacam-se a degradação de áreas verdes e ecossistemas urbanos, a poluição de cursos d'água e a sobrecarga da rede de drenagem e dos sistemas viários. Esses problemas podem resultar em perdas econômicas significativas, aumento de custos com reparos e manutenção da cidade e, ainda, comprometer a segurança e o bem-estar social.

Diante disso, torna-se imprescindível que o crescimento urbano seja acompanhado de planejamento territorial integrado, políticas públicas eficazes e estratégias de gestão ambiental, de modo a conciliar desenvolvimento e sustentabilidade, reduzindo riscos e promovendo cidades mais resilientes.

3.1.2 Escoamento Superficial

O escoamento superficial é a parcela da precipitação que, após atingir a superfície terrestre, não se infiltra no solo nem retorna à atmosfera, movendo-se diretamente sobre o terreno em direção aos corpos hídricos mais próximos, como rios, canais e sistemas de drenagem urbana (Tucci, 2007). Esse processo é um componente fundamental do ciclo hidrológico e sua dinâmica é influenciada por uma combinação de fatores naturais e antrópicos. Esse mecanismo integra o ciclo hidrológico e exerce função essencial na dinâmica do fluxo de água no ambiente, contribuindo para o equilíbrio dos sistemas.

Entre os fatores naturais, a intensidade, a duração e a distribuição da precipitação determinam o volume de água disponível para escoamento. As características do solo também são cruciais, pois os solos arenosos têm uma capacidade de infiltração significativamente maior que os argilosos, cuja permeabilidade é baixa, especialmente quando úmidos (Tucci, 2007). A topografia e a cobertura vegetal igualmente afetam o processo, uma vez que maiores declividades e ausência de vegetação aceleram o fluxo de água.

No ambiente urbano, no entanto, o equilíbrio natural é alterado por intervenções humanas. A urbanização desordenada e a expansão do perímetro urbano favorecem a impermeabilização do solo, causada por pavimentos e edificações, que reduz a infiltração e aumenta drasticamente a velocidade do escoamento. Nesses locais, a água da chuva encontra dificuldade para infiltrar no solo, acumulando-se rapidamente e aumentando a velocidade do escoamento em direção à rede de drenagem. Filho e Amaral (2014) destacam que, além da impermeabilização, a obstrução das redes de drenagem por resíduos sólidos agrava os impactos sobre a infraestrutura.

A compreensão desses fatores é essencial para o projeto e dimensionamento de obras hidráulicas, principalmente as de drenagem. A engenharia moderna busca mitigar as consequências da urbanização através de sistemas que suportem as vazões elevadas decorrentes de eventos de chuva. Nesse sentido, Canholi (2005) ressalta a importância crescente de dispositivos que promovam a infiltração no local de precipitação, atuando como soluções mais sustentáveis e resilientes para o manejo das águas pluviais.

3.1.3 Problemas e Medidas de Controle

A ideia principal de Filho e Amaral (2014) sustentam a existência de uma relação direta entre o processo de urbanização e a intensificação de problemas ambientais nos

municípios, destacando que a maior incidência de alagamentos e inundações coincide com os períodos de maior crescimento populacional, nos quais a expansão urbana tende a superar a capacidade de planejamento e a infraestrutura disponível. Essa visão é compartilhada por Grostein (2001, p. 15), para quem "a evolução da expansão urbana resultou no agravamento dos riscos ambientais, gerando problemas como inundações, alagamentos, desabamentos e enchentes, os quais afetam o conjunto urbano, em especial, a população de baixa renda".

Nesse contexto, a correta conceituação dos fenômenos é essencial. Licco e Dowell (2015) observam que, embora os termos "inundação", "alagamento" e "enchente" sejam frequentemente empregados, sua distinção semântica ainda gera incertezas. Para esclarecer essa questão, os autores detalham os conceitos da seguinte forma:

O termo enchente é definido como o aumento da vazão e a elevação do nível d'água normal, atingindo o limite da calha principal do rio. Diferente de inundações, em que ocorre o transbordamento de um curso d'água, alcançando a planície de inundações ou área de várzea. O alagamento é descrito como sendo o acúmulo de água gerado pelas enxurradas, que são causadas pelo escoamento superficial provocado por chuvas intensas, principalmente em áreas impermeabilizadas e com deficiência no sistema de drenagem (Licco e Dowell, 2015, p.5 e 7).

Para contextualizar o fenômeno, define-se enchente como a elevação do nível natural do leito de um canal, sem que a água ultrapasse suas margens. Já a inundação ocorre quando há o transbordamento da calha fluvial, atingindo áreas povoadas e representando o estágio mais crítico. Por fim, o alagamento é caracterizado pelo acúmulo temporário de água em vias públicas ou rodovias, decorrente da superação da capacidade de escoamento das galerias pluviais, podendo ou não estar associado a enchentes ou inundações. A Figura 01 ilustra visualmente essas distinções.

Figura 01 – Comparativo de alagamento, enchente e inundação.



Fonte: Guimarães Maykell, CIAR/UFG apud Andrade Maria Clara, 2023.

O enfrentamento dos problemas associados ao escoamento superficial em ambientes urbanos demanda a implementação de medidas de controle eficazes para mitigar os impactos decorrentes de alagamentos, enchentes e inundações. Tais estratégias podem ser categorizadas em duas abordagens principais: estruturais, que envolvem obras físicas e de engenharia, e não estruturais, relacionadas a políticas de gestão, planejamento e conscientização social. Conforme salientado por Canholi (2005), as ações de correção e prevenção, destinadas a mitigar os danos provocados pelo escoamento superficial, são tradicionalmente agrupadas de acordo com sua natureza.

As medidas estruturais compreendem intervenções focadas na ampliação da eficiência dos sistemas de drenagem e na regulação do fluxo das águas pluviais. Incluem-se a expansão e a manutenção de infraestruturas convencionais, como galerias, bocas de lobo e canais, que asseguram maior capacidade de condução hídrica durante eventos de precipitação intensa. De modo complementar, as soluções baseadas na natureza, como pavimentos permeáveis, telhados verdes e a preservação de áreas verdes urbanas, promovem a infiltração e o retardamento do escoamento superficial, aliviando a sobrecarga das redes de drenagem.

As medidas não estruturais, por sua vez, abrangem ações direcionadas à gestão territorial e ao fortalecimento da resiliência urbana. Um planejamento urbano adequado, que restrinja a ocupação de áreas de várzea e do leito maior dos rios, é fundamental para preservar suas funções hidrológicas naturais. A educação ambiental também assume um papel crucial, uma vez que práticas cotidianas, como o descarte correto de resíduos, previnem o entupimento dos dispositivos de drenagem.

Nesse contexto, a relevância das políticas públicas voltadas à sustentabilidade urbana é inegável. A expansão urbana intensifica os desafios ambientais, requerendo planejamento e controle contínuos por parte dos municípios. Conforme apontam Passos *et al.* (2012) e Salles *et al.* (2013), esses esforços devem ser apoiados por meio de educação ambiental, criação de unidades de conservação, fiscalização e monitoramento ambiental rigorosos.

3.2 Pavimentação Urbana

3.2.1 Evolução da Pavimentação

Bernucci *et al.* (2008) argumenta que o pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e

a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

“Pavimento é a estrutura edificada sobre um terreno de fundação (subleito), a qual deverá resistir à ação das cargas dos veículos e às ações do tempo. É composto de diversas camadas, com finalidades particulares, as quais podem ser: camada de revestimento, de base, se sub-base e de reforço de Subleito” (Silva, 2008 p.7).

A engenharia rodoviária classifica os pavimentos em três categorias: flexíveis, semirrígidos e rígidos. De forma geral, para o DNIT (2006, p. 95), os pavimentos flexíveis apresentam deformações elásticas significativas em todas as camadas sob a aplicação de carga, sendo usualmente constituídos por base de brita revestida por camada asfáltica, adequados para vias com tráfego variado. Os semirrígidos possuem base com aglutinantes de propriedades cimentícias, como o solo-cimento, recoberta por revestimento asfáltico, buscando equilíbrio entre custo e desempenho. Já os pavimentos rígidos são compostos por lajes de concreto de cimento Portland, responsáveis por absorver praticamente todas as tensões decorrentes do carregamento, indicados para tráfego intenso.

A pavimentação remonta à Antiguidade, quando civilizações como o Egito Antigo e a Mesopotâmia usavam pedras talhadas e tijolos para pavimentar ruas e templos. Os romanos foram pioneiros em aperfeiçoar a pavimentação, criando estradas com camadas de pedras, cascalho e areia e sistemas de drenagem, as quais eram extremamente duráveis e facilitaram a expansão do Império Romano pelas rotas comerciais.

Segundo Balbo (2007 apud Hachmann, 2018, p.20), os romanos aperfeiçoaram as estradas ao implementar pavimentação e drenagem, visando maior durabilidade. A Via Áppia se destacou como uma das primeiras a receber essa técnica.

Após a queda do Império Romano, o conhecimento sobre pavimentação sofreu um período de estagnação, sendo retomado com força na modernidade, impulsionado pelas necessidades da Revolução Industrial. No século XIX, houve grandes inovações, como o aumento da urbanização e o avanço no transporte. O uso de paralelepípedos e pedras se expandiu, e a massa asfáltica começou a ser utilizada por volta de 1870, especialmente nos Estados Unidos, marcando um novo ciclo na pavimentação.

No século XX, com o crescimento da indústria automobilística e o aumento populacional tornaram imprescindível a utilização de múltiplas camadas de revestimentos, para resistir às cargas elevadas. A pavimentação asfáltica se expandiu rapidamente, incorporando a utilização do concreto armado, em áreas que exigiam maior resistência. Essas melhorias viabilizaram a construção de rodovias e grandes avenidas, fundamentais para a mobilidade urbana.

Atualmente, a pavimentação evoluiu significativamente, incorporando novas tecnologias e materiais para atender às crescentes demandas de tráfego, durabilidade e sustentabilidade.

O pavimento poliédrico é um dos tipos mais antigos ainda em uso, executada com pedras irregulares, como basalto ou granito, ajustadas entre si. Este tipo de revestimento, que pode ser descrito como "um revestimento de pedras irregulares, assentadas lado a lado sobre uma base de solo escolhido, formando um autêntico mosaico. O assentamento é iniciado com as pedras-guias, que dão, em intervalos prefixados, o nivelamento do pavimento" (Senço, 2007, p.42), apresenta elevada resistência e longa vida útil. Embora sua execução seja mais lenta e onerosa, é indicado para estradas rurais e vias de tráfego moderado devido à sua robustez e boa drenagem natural.

O pavimento asfáltico consolidou-se como a solução mais utilizada em rodovias e centros urbanos. Sua popularidade deve-se à superfície contínua, ao conforto no rolamento e à rápida execução. Segundo o DNIT (2006), essa tipologia representa a principal solução no Brasil, sobretudo em função do custo relativamente menor em comparação a outras alternativas. No entanto, demanda manutenção periódica, pois é suscetível a deformações e fissuras em razão do tráfego intenso e das variações climáticas.

O pavimento rígido em concreto de cimento Portland é caracterizado por lajes moldadas sobre a base. Apresenta alta durabilidade e baixa necessidade de manutenção, sendo recomendado para corredores de ônibus, áreas portuárias e rodovias de tráfego pesado. Para Senço (2015), o pavimento de concreto se destaca por suportar grandes cargas com reduzidos custos de conservação, ainda que exija investimentos iniciais mais elevados e maior tempo de execução.

“Os pavimentos de concreto - cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes” (Bernucci et al., 2008, p.11).

Já a pavimentação intertravada utiliza blocos de concreto pré-moldados assentados sobre areia. Essa técnica proporciona facilidade de manutenção e boa drenagem superficial, sendo amplamente aplicada em calçadas, praças e estacionamentos, além de apresentar apelo estético. Sua estrutura, segundo a NBR 15953 da ABNT (2011), é composta pela base (podendo existir sub-base), seguida pela camada de revestimento com os blocos assentados sobre uma camada de areia, com material rejuntante entre as peças e travamento por contenção lateral. Um ponto de atenção é que pode sofrer deslocamentos se a execução não for adequada.

E por último a pavimentação ecológica, que incluem opções como blocos permeáveis, concreto poroso e asfalto reciclado ou modificado com borracha. Sua característica principal é a capacidade de permitir a infiltração da água no solo, contribuindo para a recarga do lençol freático e a redução de alagamentos urbanos. De acordo com Medina (2019), esse tipo de pavimento representa um avanço importante da engenharia, por aliar desempenho técnico com práticas ambientalmente responsáveis. Embora seu custo de implantação seja mais elevado, a utilização em projetos de drenagem urbana sustentável reforça sua relevância para o desenvolvimento de cidades resilientes.

Na perspectiva da NBR 16416 da ABNT (2015, p. 2) pavimento permeável pode ser definido como aquele que atende simultaneamente às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento e cuja estrutura permite a percolação e/ou acúmulo temporário de água, diminuindo o escoamento superficial, sem causar dano à sua estrutura.

3.2.2 Pavimentação Asfáltica

A pavimentação asfáltica desempenha papel fundamental na infraestrutura viária, sendo responsável por assegurar melhores condições de trafegabilidade, conforto e durabilidade às rodovias. Para atender às exigências estruturais e funcionais do pavimento, diferentes tipos de misturas asfálticas são empregados, variando conforme as características dos materiais, o tráfego previsto e as condições climáticas locais.

Entre essas soluções, destaca-se o concreto asfáltico, reconhecido pela elevada eficiência mecânica e pela ampla utilização em obras rodoviárias no Brasil. Nesse sentido, Bernucci *et al.* (2008) salientam que o concreto asfáltico (CA), também denominado concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), é um dos revestimentos mais aplicados no país, por se tratar de uma mistura proporcional de agregados de diferentes granulometrias e cimento asfáltico, aquecida a temperaturas controladas de acordo com a viscosidade do ligante.

“ Os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito” (Bernucci et al., 2008, p.11).

“O asfalto utilizado em pavimentação é um ligante betuminoso que provém da destilação do petróleo e que tem a propriedade de ser um adesivo termoviscoplastico, impermeável à água e pouco reativo” (Bernucci et al., 2008, p.28).

“O revestimento é a camada responsável por receber as cargas dos veículos e os efeitos climáticos, devendo ser impermeável e resistente aos esforços do contato pneu-pavimento, que variam conforme a carga e a velocidade” (Bernucci et al., 2008, p. 157).

A vida útil da pavimentação asfáltica está diretamente relacionada à eficiência dos sistemas de drenagem associados à via. A água proveniente de chuvas ou de infiltração no solo exerce efeitos negativos sobre a estrutura do pavimento, promovendo a redução da resistência do subleito e das camadas granulares, saturação do material e aceleração de processos de deformação, trincamento e recalques. Quando o sistema de drenagem é inadequado, surgem patologias recorrentes, como trincas em malha por fadiga, desagregação do revestimento, afundamentos em trilha de roda, perda de aderência entre camadas e buracos, todas relacionadas à infiltração e retenção de água, que comprometem a capacidade de suporte do pavimento e aceleram seu processo de deterioração (Bernucci *et al.*, 2008; DNIT, 2006).

Nesse contexto, a implementação de um sistema de drenagem eficiente — incluindo valas, sarjetas, bocas de lobo, galerias pluviais e camadas de sub-base adequadamente compactadas e drenadas — é fundamental para assegurar o rápido escoamento das águas superficiais e subterrâneas, prevenindo a infiltração e preservando a integridade estrutural das camadas do pavimento. A literatura enfatiza que a drenagem adequada não apenas retarda o aparecimento das patologias citadas, mas também contribui significativamente para a durabilidade e o desempenho estrutural do pavimento, reduzindo a necessidade de intervenções corretivas de alto custo (Bernucci *et al.*, 2008; DNIT, 2006; Yoder e Witczak, 1975).

Segundo Medina (2019), pavimentos flexíveis submetidos à drenagem inadequada apresentam redução significativa de vida útil, podendo exigir reparos estruturais prematuros e aumentos expressivos nos custos de manutenção. Portanto, o planejamento e a execução corretos da drenagem são fundamentais para garantir desempenho, segurança e durabilidade da pavimentação asfáltica.

3.2.3 Sistemas de Drenagem

O sistema de drenagem urbana constitui o conjunto de obras e dispositivos destinados a captar, conduzir e, em alguns casos, armazenar e tratar as águas pluviais, com o objetivo de reduzir os impactos negativos da precipitação intensa sobre o ambiente construído. A função

primordial desse sistema é minimizar riscos de alagamentos e inundações, preservar a integridade da infraestrutura urbana e contribuir para a qualidade de vida da população.

Segundo Jabôr (2022), o sistema de drenagem é constituído por dispositivos projetados para preservar a integridade do corpo estradal e do meio ambiente, garantindo a proteção da população contra os riscos de alagamentos e os danos decorrentes de inundações.

Em linhas gerais, pode-se classificá-lo em microdrenagem e macrodrenagem, que, embora interligadas, atuam em escalas distintas. A microdrenagem refere-se aos dispositivos de captação e condução inicial, como sarjetas, bocas de lobo e tubulações de pequeno porte. Já a macrodrenagem abrange canais, galerias de maior diâmetro, reservatórios e demais estruturas responsáveis por conduzir grandes volumes em direção aos corpos hídricos receptores.

“A drenagem de uma rodovia deve eliminar a água que, sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais que menos afetem a segurança e durabilidade da via” (DNIT, 2006, p. 31). O DNIT classifica a drenagem em Transposição de Talwegues, Drenagem Superficial, Drenagem de Pavimento, Drenagem Profunda e Drenagem de Travessia Urbana.

Como esclarece o DNIT (2006), o objetivo da Drenagem Superficial é captar e interceptar as águas que precipitam sobre a via e as águas das áreas ao redor, conduzindo-as para um deságue seguro, garantindo a estabilidade e segurança do tráfego. Ela é composta por valetas de proteção de corte, valetas de proteção de aterro, sarjetas de corte, sarjetas de aterro, valeta do canteiro central, descidas d’água, saídas d’água, caixas coletoras, bueiros de greide, dissipadores de energia e corta-rios.

Para o DNIT (2006) a Drenagem de Travessia Urbana, trata os trechos urbanos de forma mais específica e detalhada, pois está envolvida com a segurança dos veículos, dos usuários da via, e das pessoas que habitam suas margens. Sendo composta por sarjetas, bocas-de-lobo, galerias, poços de visita e estruturas especiais.

O dimensionamento de um sistema de drenagem deve considerar variáveis como intensidade e frequência das precipitações, topografia da área urbana, coeficientes de escoamento e taxa de impermeabilização do solo. Quando mal projetados ou negligenciados em sua manutenção, tais sistemas tendem a apresentar falhas que se manifestam em forma de alagamentos, erosões e sobrecarga da rede pluvial. Nesse sentido, soluções complementares como pavimentos permeáveis e áreas verdes urbanas têm se mostrado eficazes para mitigar a sobrecarga das redes de drenagem convencionais.

3.3 Dispositivos da Macro drenagem Urbana

A macro drenagem compreende a rede de dispositivos responsáveis pela condução do escoamento superficial em maiores volumes e extensões, geralmente após o encaminhamento inicial da micro drenagem. Envolvem canais, galerias de grande seção, piscinões, reservatórios de detenção, rios canalizados e áreas de várzea.

“A macro drenagem se refere ao conjunto de coletores que recebem a contribuição de diferentes sistemas de micro drenagem. Nesse caso, precisa ser projetada para atender a altas precipitações e às vazões da micro drenagem” (Tucci e Bertoni, 2003 apud Andrade, 2023, p.20).

Sua finalidade principal é controlar e regular os grandes fluxos de águas pluviais, reduzindo a velocidade e a concentração do escoamento, de modo a prevenir enchentes e inundações em áreas urbanas. Além do papel funcional de transporte hídrico, a macro drenagem atua também no equilíbrio ambiental, possibilitando a recomposição de áreas alagáveis, a infiltração de parte das águas no solo e, em alguns projetos, o aproveitamento paisagístico e recreativo das áreas de várzea.

De maneira geral, Ramos et al. (2012, apud Farias 2017) diz que a macro drenagem urbana consiste em um conjunto de ações voltadas ao controle de cheias, com o objetivo de minimizar inundações e seus impactos. Para isso, fazem-se indispensáveis os dispositivos de escoamento, que podem ser naturais, como rios, riachos e demais cursos d’água, ou artificiais, a exemplo de canais e galerias de grande porte, projetados em diferentes geometrias e traçados. Tanto os elementos naturais quanto os artificiais desempenham a função de receber e conduzir as águas provenientes da micro drenagem e do escoamento superficial de sua área de influência, garantindo maior eficiência no manejo hídrico urbano.

De acordo com a literatura de Fugita (1980) o sistema de macro drenagem é constituído por canais de grande porte, projetados para cheias de longo período de retorno. Quando bem dimensionado, contribui para a redução de custos do sistema de drenagem e garante segurança e saúde pública, enquanto, de forma natural, o escoamento ocorre pelas depressões topográficas e cursos d’água.

Em síntese, a macro drenagem é essencial para a segurança hídrica e urbana, pois constitui a linha de defesa contra eventos críticos de cheias, contribuindo para a preservação da infraestrutura viária, do patrimônio público e privado e da saúde coletiva.

4 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, descritiva e exploratória, desenvolvida em duas etapas principais: primeiramente, uma revisão bibliográfica voltada à compreensão dos conceitos fundamentais sobre drenagem urbana; em seguida, a realização de um estudo de caso referente à implantação do sistema de macrodrenagem em trechos críticos do município, localizados em áreas mais baixas e anteriormente atendidos por tubulações incompatíveis com a respectiva área de contribuição.

A revisão bibliográfica foi conduzida com o objetivo de fundamentar teoricamente a pesquisa, abrangendo autores das áreas de drenagem urbana e infraestrutura viária, como Tucci, Canholi, Bernucci et al., Jabor. Complementarmente, foram consultados manuais técnicos vigentes do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) e artigos publicados em periódicos científicos. Esse levantamento permitiu a compreensão dos conceitos fundamentais, as principais tipologias, elementos e sistemas de drenagem urbana superficial, bem como as implicações técnicas e sociais decorrentes da impermeabilização do solo urbano.

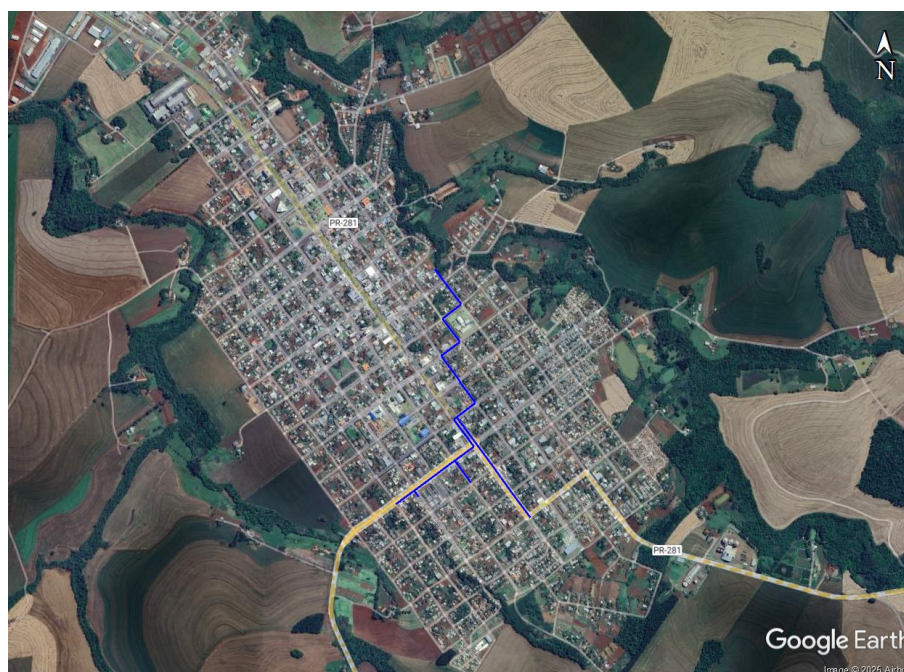
O estudo de caso foi desenvolvido no município de Santa Izabel do Oeste (PR) e pautou-se na coleta de dados primários, obtidos por meio da análise documental de projetos executivos, memoriais e relatórios técnicos e planilhas de quantitativos fornecidos pela Prefeitura Municipal, complementada por inspeções de campo realizadas in loco. A partir dessas fontes, examinaram-se os parâmetros de projeto, como geometria e capacidade hidráulica das canalizações, o mapeamento dos pontos críticos de acúmulo de água e os serviços realizados com apoio de registros fotográficos. Com base nesses elementos, buscou-se relacionar os resultados da intervenção com seus impactos preliminares na infraestrutura viária, no comportamento do escoamento superficial e na qualidade de vida da população.

Ressalta-se que o estudo apresenta limitações inerentes, uma vez que a obra é recente e ainda não foi submetida a eventos pluviométricos extremos que permitissem testar e avaliar plenamente o desempenho do sistema hidráulico. Não obstante, a abordagem metodológica adotada permitiu um confronto válido entre a teoria consolidada na literatura e a prática observada em campo, elucidando os benefícios, desafios e lições aprendidas com a implantação de sistemas de macrodrenagem em contextos urbanos de médio porte.

4.1 Área de Estudo

O município de Santa Izabel do Oeste, localizado na região Sudoeste do estado do Paraná, com coordenadas aproximadas de $25^{\circ}40'59''\text{S}$ e $53^{\circ}28'00''\text{O}$, apresenta relevo ondulado e clima subtropical úmido, com precipitação média anual variando entre 1600 e 2000 mm. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022), sua população é de aproximadamente 14.070 habitantes. A Figura 02 ilustra a localização do trecho estudado, que abrange aproximadamente 15 quadras urbanas na área de influência direta do sistema de macrodrenagem, demarcado pela área hachurada em azul no mapa. A escolha desta área deve-se à sua histórica vulnerabilidade a alagamentos e à recente intervenção realizada.

Figura 02 – Mapa de localização do trecho estudado



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2025.

As condições naturais do relevo, somadas à expansão urbana e à insuficiência dos sistemas de drenagem em áreas de menor cota altimétrica, favoreceram a formação de pontos críticos de alagamento na malha viária. Entre 2021 e 2024, ocorreram chuvas de alta intensidade e curta duração, gerando vazões superiores à capacidade das galerias pluviais e resultando em enchentes recorrentes. O episódio mais severo foi registrado em 2023, quando

a precipitação ultrapassou 330 mm em dois dias, evidenciando a incompatibilidade entre a seção hidráulica existente e a área de contribuição, conforme ilustrado na Figura 03.

Figura 03 – Locais críticos de alagamento/ enchente durante o evento pluviométrico de 2023



Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Izabel do Oeste, 2025.

4.2 Projeto e Execução do Sistema de Macro drenagem

Diante desse cenário, a Prefeitura Municipal iniciou, em 2023, estudos técnicos voltados à implantação de um sistema de macro drenagem urbana, com objetivo de ampliar a capacidade hidráulica e a eficiência do escoamento pluvial. O projeto executivo da obra, apresentado nos **Anexos**, contempla a execução de galerias pluviais, caixas de ligação, bocas de lobo e dissipador de energia nas áreas mapeadas como mais suscetíveis a alagamentos. A iniciativa tem como propósito mitigar, de forma efetiva, os problemas hidrológicos, como alagamentos e enxurradas, garantindo melhores condições de mobilidade urbana e contribuindo para a preservação da infraestrutura e o bem-estar da população.

O projeto foi desenvolvido a partir da análise da planta planialtimétrica da área, da qual foram elaborados perfis longitudinais que definiram o greide e as inclinações das vias, fundamentais ao direcionamento das águas pluviais. Consideraram-se também registros pluviométricos locais, que indicam maior concentração de chuvas entre outubro e fevereiro, além de parâmetros técnicos de drenagem urbana, como o Relatório do Estudo para o Controle da Erosão (DEA/DNOS) e a obra Engenharia de Drenagem Superficial, de Paulo Sampaio Wilken.

O dimensionamento hidrológico adotou período de recorrência de 5 anos, compatível com as condições regionais e adequado a sistemas de drenagem urbana constituídos por tubos de concreto. A intensidade de precipitação foi definida pela equação regional do programa

Plúvio 2.1 (UFV). As vazões de projeto foram determinadas pelo Método Racional, com coeficiente de escoamento superficial (C) igual a 0,85, valor representativo das áreas urbanizadas. O tempo de concentração foi limitado a 10 minutos, considerando o deslocamento superficial até as caixas de captação e o escoamento interno nos coletores, de forma a refletir o tempo de resposta da bacia em eventos intensos.

Entre as estruturas projetadas destacaram-se sarjetas e meios-fios, executados com declividade transversal mínima de 2%, conduzindo a água até às bocas de lobo e evitando acúmulo superficial. Admitiu-se cota máxima de inundação de 0,10 m junto às guias, prevenindo transbordamentos e interferências no tráfego. A verificação da capacidade hidráulica das sarjetas foi realizada apenas nos pontos críticos, sendo os demais considerados satisfatórios. As bocas de lobo foram previstas em dois tipos, com priorização para as do tipo 2, que permitem coleta lateral e incluem depressão de 0,05 m, otimizando o direcionamento do fluxo.

A rede coletora foi composta por tubos circulares de concreto, com diâmetros entre 400 mm e 1500 mm. Para diâmetros superiores a 800 mm, especificaram-se tubos de concreto armado com malha simples e dupla, assegurando resistência estrutural. As velocidades de escoamento, calculadas pela equação de Manning, foram mantidas entre 0,75 m/s e 7,0 m/s, prevenindo assoreamento e erosão. O sistema de interligações utilizou caixas de ligação normais para as tubulações até 800 mm de diâmetro e caixas de grande porte para coletores maiores, com estrutura em concreto armado. Todas as paredes de entrada e saída receberam vedação total por grauteamento, evitando infiltrações e serão executadas em perfil ovalado, otimizando o escoamento e reduzindo perdas de cargas.

Na etapa final de descarga, as águas pluviais são conduzidas ao Rio Anta Gorda. Nesse ponto, foi construído um dissipador de energia do tipo escadaria, em concreto ciclópico, com o objetivo de reduzir a velocidade do fluxo e mitigar processos erosivos nas margens do curso d'água.

A execução da obra, que teve início em fevereiro de 2024 e foi concluída em abril de 2025, iniciou-se pela locação topográfica, seguida da escavação das valas, cuja geometria variou conforme o diâmetro das tubulações e a estabilidade do solo. Para escavações acima de 1,25 m ou em solos instáveis, executou-se escoramento com vistas à segurança. O assentamento dos tubos ocorreu de jusante para montante, com controle rigoroso de alinhamento e acoplamento das peças, garantindo a integridade das tubulações durante instalação. O reaterro foi realizado em camadas compactadas, utilizando material adequado, especialmente nas adjacências dos tubos.

Nos trechos sob vias pavimentadas, a remoção do pavimento e a sinalização da frente de serviço foram de responsabilidade da empreiteira. O reaterro foi deixado abaixo do nível final, cabendo ao município a recomposição das camadas estruturais (macadame e BGS) e a aplicação do revestimento asfáltico (CBUQ).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA PESQUISA

Em resumo, o projeto de macrodrenagem de Santa Izabel do Oeste, fundamenta-se em parâmetros técnicos consistentes, métodos de cálculo validados e indicadores mensuráveis. Conforme sumarizado na Tabela 01, a obra resultou na extensão de 1.905 metros lineares de tubulações que abrangem cerca de 15 quadras urbanas, conforme os trechos indicados entre as ruas Guabirobeira, Butiazeiro, Pinheiros, Angico, Guajuvira e entre outras, com diâmetros variando entre 400 mm e 1500 mm, além de 40 bocas de lobo e 32 caixas de ligação e captação. O sistema foi concebido para promover o escoamento eficiente das áreas de maior cota para as de menor cota, solucionando os pontos críticos de alagamento localizados próximos à margem do rio Anta Gorda.

Tabela 01 – Dados técnicos das redes de macrodrenagem implantadas.

Descrição	Unidades	Quantidade Total
Quantidade total de tubulações	m	2.963
Tubos de 1500 mm	m	1.499
Tubos de 1000 mm	m	367
Tubos de 800 mm	m	258
Tubos de 600 mm	m	349
Tubos de 400 mm	m	490
Caixas de ligação	unid.	11
Caixas de captação	unid.	6
Caixas laterais	unid.	15
Bocas de lobo	unid.	40
Volume total escavado	m ³	18.999,28
Volume transportado (bota fora) – 3Km	Km.m ³	10.086,41
Reaterro	m ³	15.367,14

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Santa Izabel do Oeste, 2025.

A análise dos dados da Tabela 01 permite inferir a lógica de dimensionamento do sistema. A predominância de tubos de grande diâmetro, como a opção por trechos duplos de 1500 mm, demonstra a preocupação do projeto em ampliar a capacidade hidráulica nos pontos de maior convergência de fluxo, constituindo um coletor tronco de alta capacidade. Em

complemento, as tubulações de menor diâmetro atuam como coletores secundários. A harmonização entre a intensidade pluviométrica regional, o dimensionamento hidráulico preciso e a eficiência das estruturas de captação e dissipação é determinante para a mitigação eficaz dos riscos de inundações urbanas. As declividades médias entre 1,3% e 4,0% situam-se dentro da faixa ideal, garantindo velocidades de escoamento autolimpantes sem risco de erosão.

Os resultados iniciais indicam que o sistema de macrodrenagem tem funcionado adequadamente durante os eventos de chuva registrados até o momento. Contudo, as precipitações observadas nos últimos meses foram de intensidade moderada, o que impede, por ora, uma avaliação conclusiva sobre a redução efetiva dos pontos de alagamento. Em condições de chuva controlada, o escoamento pelas galerias tem ocorrido de forma satisfatória, sem registros de acúmulo superficial significativo.

Além do controle hidráulico imediato, a intervenção gera impactos positivos transversais. A drenagem eficiente contribui para reduzir a saturação do subleito e limitar a infiltração de água nas camadas estruturais do pavimento, mitigando o aparecimento de patologias como trincas, afundamentos e recalques. Indiretamente, a implantação do sistema também favorece a valorização imobiliária nas áreas anteriormente suscetíveis a alagamentos, refletindo maior segurança e atratividade urbana.

A sustentabilidade de longo prazo do sistema depende não apenas da manutenção periódica dos dispositivos, para evitar perdas de capacidade por assoreamento, mas também da conscientização comunitária quanto ao descarte adequado de resíduos sólidos. O entupimento das bocas de lobo por lixo urbano representa um risco recorrente à operação do sistema.

Outro ponto importante refere-se à necessidade de avaliar o desempenho do sistema durante eventos de chuva mais intensos e menos frequentes, ou seja, aqueles que ocorrem em intervalos médios de cinco anos ou mais — conhecidos tecnicamente como chuvas com maior período de retorno. As precipitações registradas até o momento não configuraram cenários de maior severidade hidrológica, o que limita a avaliação completa da eficiência do sistema sob condições extremas.

Portanto, a implantação do sistema representa um avanço expressivo, cuja efetividade permanente deve ser compreendida no contexto de uma estratégia integrada de gestão de águas pluviais. Esta abordagem deve incluir medidas complementares, como pavimentos permeáveis, bacias de retenção e monitoramento hidrológico contínuo, medidas fundamentais para fortalecer a resiliência urbana frente à intensificação de eventos extremos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As enchentes urbanas no Brasil são resultado da ocupação desordenada e da crescente impermeabilização do solo, fatores que elevam o coeficiente de escoamento superficial e reduzem a infiltração natural. Além disso, os sistemas de drenagem convencionais frequentemente priorizam o transporte rápido da água para áreas a jusante, sem dimensionamento adequado da capacidade das galerias nem implementação de estruturas de retenção ou detenção. Essa abordagem limita a eficiência hidráulica, aumenta o tempo de concentração dos cursos d'água e eleva os riscos à infraestrutura viária, à segurança da população e à qualidade ambiental urbana.

Este trabalho objetivou analisar a implantação do sistema de macrodrenagem urbana no Município de Santa Izabel do Oeste (PR) e seus impactos iniciais. Conclui-se que, dentro das limitações de um monitoramento de curto prazo, a implantação do sistema representa um avanço significativo na infraestrutura do município, atendendo ao propósito de avaliar sua eficiência inicial. Os resultados refletem uma avaliação preliminar, na qual o sistema demonstrou operar adequadamente sob precipitações moderadas, com escoamento superficial satisfatório e sem registros de acúmulo nas vias anteriormente críticas.

O estudo apresenta limitações inerentes à recente implantação da obra, não sendo possível, no momento, mensurar de forma consolidada sua eficácia frente a eventos pluviométricos extremos ou ao longo de toda a sua vida útil projetada. Apesar disso, o trabalho constitui um registro técnico valioso do processo de implantação e de seus benefícios iniciais para o fortalecimento da infraestrutura urbana.

Reitera-se a relevância da macrodrenagem como ferramenta essencial para o enfrentamento de problemas hidrológicos urbanos. No entanto, a pesquisa evidencia que tais obras devem ser acompanhadas de planejamento territorial integrado, manutenção contínua e ações educativas para assegurar sua eficácia permanente.

Recomenda-se, portanto, a incorporação de soluções complementares de drenagem urbana sustentável, como a utilização de pavimentos permeáveis, reservatórios de detenção e áreas verdes destinadas à infiltração. Essas medidas, associadas à conscientização da população e ao monitoramento hidrológico contínuo, potencializam a eficiência do sistema, reduzem custos de manutenção e ampliam a resiliência urbana frente às mudanças climáticas.

7 TRABALHOS FUTUROS

Nesse sentido, esse trabalho fornece subsídios para o desenvolvimento de trabalhos futuros voltados ao monitoramento contínuo do sistema, contemplando inspeções periódicas, coleta de dados pluviométricos e análise comparativa de indicadores, como redução de pontos críticos de alagamento e a eficiência do sistema implantado para tais finalidades. Tais estudos permitirão avaliar a eficiência a longo prazo, orientar a manutenção preventiva e subsidiar a adoção de soluções complementares de drenagem sustentável em municípios de porte semelhante.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15953: Pavimento intertravado com peças de concreto: Execução**. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos** - Rio de Janeiro, 2015.

ANDRADE, Maria Clara dos Santos Correia de. **Análise dos Dispositivos de Microdrenagem em Trecho da Rodovia Pe-015 com Ocorrência de Alagamentos**. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Curso de Graduação em Engenharia Civil. 22 ed. Recife, 2023. 100 p. CDD 620. Disponível em: TCC Maria Clara dos Santos Correia de Andrade.pdf. Acesso em: 4 set. 2025.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, 2008, p. 509.

CANHOLI, Aluisio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2005. 302 p. ISBN 8586238430.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

FARIAS, Kelvyn Silva de. **Análise Quantitativa de Macrodrenagem Urbana: Avaliação da Capacidade de Escoamento de um Canal no Município de Delmiro Gouveia – AL**. Universidade Federal de Alagoas, Campos do Sertão, Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2017, p.62, CDU 627.532. Disponível em: Análise quantitativa de macrodrenagem urbana_ avaliação da capacidade de escoamento de um canal no município de Delmiro Gouveia - AL.pdf. Acesso em: 4 set. 2025.

FILHO, Frederico C. M. de M.; AMARAL, Daiany B. **Histórico da expansão urbana e ocorrência de inundações na cidade de Cuiabá-MT**. Soc. nat. [online]. 2014, v.26, n.1, p.159-170, 2014.

FUGITA, Oscar. **Drenagem urbana: manual de projeto**. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (SP). 2. ed. São Paulo, SP: DAEE, 1980. p.492.

GROSTEIN, Marta Dora. **Metrópole e Expansão Urbana: a persistência de processos “insustentáveis”**. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 1-18, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392001000100003&ln. Acesso em: 4 set. 2025.

HACHMANN, Lucas Adrian. **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica do Pavimento Poliédrico em Rodovias Rurais**. UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro tecnológico, Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, 2018, p.86. Disponível em: ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO.pdf. Acesso em: 04 set. 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/santa-izabel-do-oeste/panorama>. Acesso em: 04 set. 2025.

JABÔR, M. A. **Drenagem de Rodovias: Estudos Hidrológicos e Projetos de Drenagem**. 2022. Minas Gerais, 2022.

LICCO, Eduardo Antonio; DOWELL, Silvia F.M. **Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança**. Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística Edição Temática em Sustentabilidade, v.5, n.3, São Paulo: Centro Universitário Senac. 2015. p.16. ISSN 2179-474X. Disponível em: https://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/wpcontent/uploads/2015/12/110_IC_artigo-.pdf. Acesso em: 4 set. 2025.

MEDINA, José. **Pavimentação: Conceitos Fundamentais sobre Pavimentos Flexíveis**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

PASSOS, Luciana Andrade dos; SILVEIRA, Fabiana de Albuquerque; PITA, Ana Luzia Rodrigues; BRAGA, Cybelle Frazão Costa; SILVEIRA, José Augusto Ribeiro da. **Processo de expansão versus sustentabilidade urbana: reflexão sobre as alternativas de deslocamento na cidade de João Pessoa, PB**. Rev. Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba, v.4, n.1, p. 47-59, 2012. ISSN 2175-3369. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/9KX4BSxMznftjWXgJyzBpwM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 set. 2025.

RIGHETTO, Antônio Marozzi (coord.). **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009.

SALLES, Maria Clara Torquato; GRIGIO, Alfredo Marcelo; SILVA, Márcia Regina Farias da. **Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do Município de Mossoró, RN – Brasil**. Rev. Soc. & Nat, v.25, n.2, p. 281-290, 2013. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sn/a/v4mnYQbXBCfr9ymynmywwZR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 set. 2025.

SENÇO, William. **Pavimentação: Projeto, Construção e Controle de Obras**. 5. ed. São Paulo: Editora PINI, 2015.

SENÇO, Wlastermiller. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Editora PINI, São Paulo, 2007.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2.ed. São Paulo: PINI, 2008. ISBN 978-85-7266-203-1

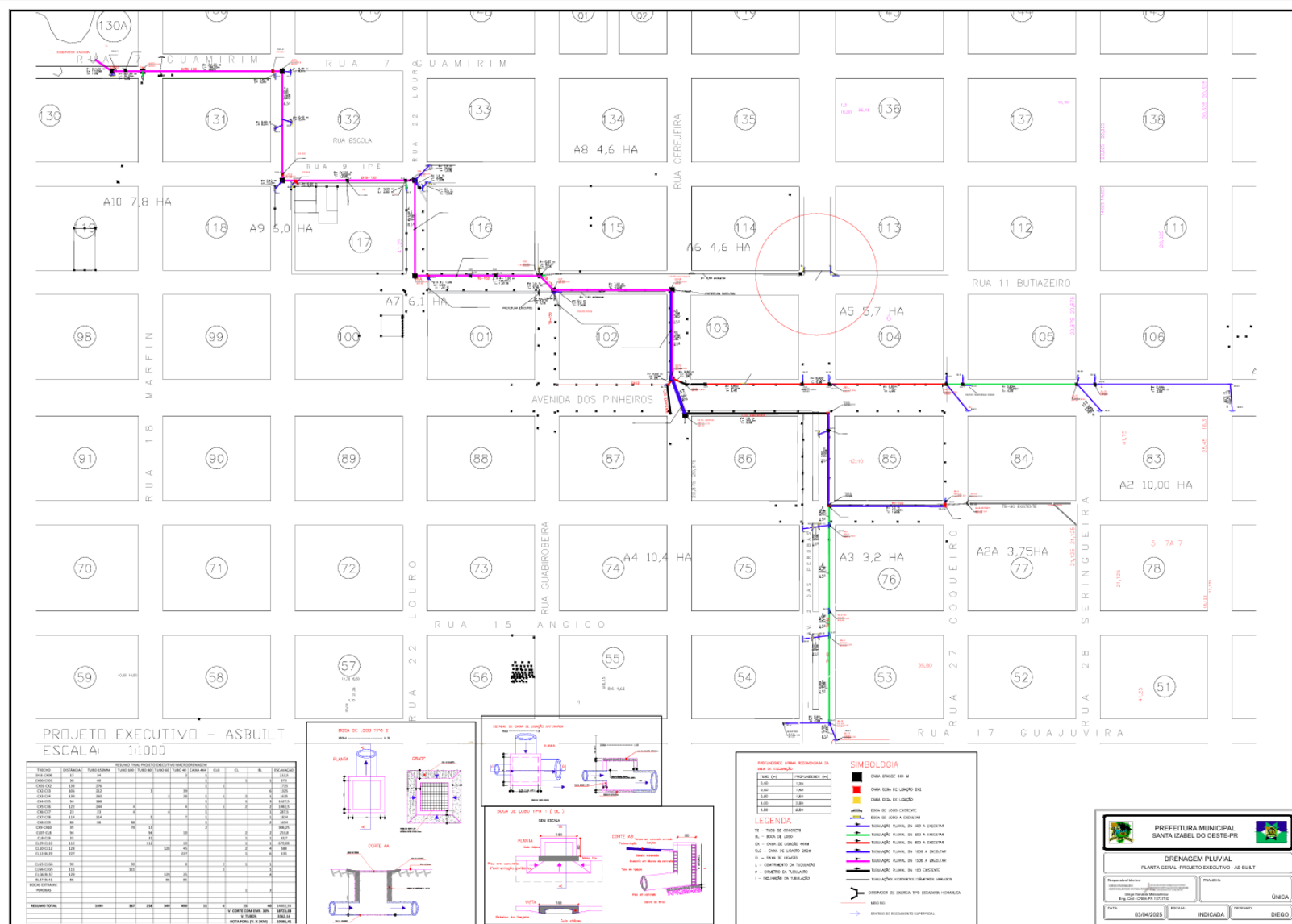
TUCCI, C. E. M; GENZ, F. **Controle do Impacto da Urbanização**. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS/ ABRH, V.5, p.277-347, 1995.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS/ ABRH, V.5, p.15-36, 2007.

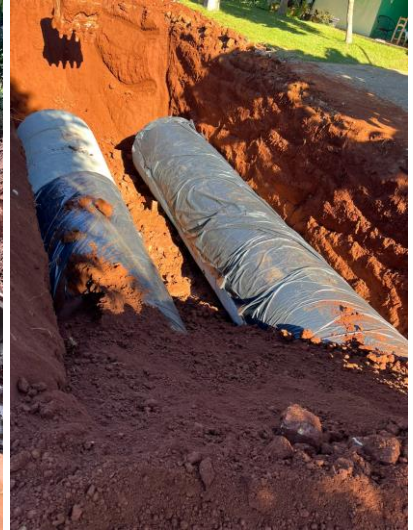
YODER, E. J.; WITCZAK, M. W. **Principles of Pavement Design**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1975. ISBN 0-471-97780-2.

ANEXOS

Figura 1 – Projeto Executivo da Macrodrenagem



Figuras 2 a 9 – Execução da obra de Macro drenagem



Fonte: Autor, 2025