

1253 - AVALIAÇÃO E APLICAÇÃO DE METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE INVESTIMENTO EM DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS APlicada a PLANOS REGIONAIS DE SANEAMENTO BÁSICO

Raissa Vitareli Assunção Dias⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG). MBA em Gestão de Projetos pela Universidade de São Paulo (USP). Coordenadora de contratos da Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE).

Isabela Piccolo Maciel⁽²⁾

Engenheira Ambiental (UFV). Mestre em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UFV). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (IFMG). Consultora da COBRAPE.

Lorena Cristina Santos Malta⁽³⁾

Engenheira Civil (UIT). Especialista em Engenharia de Estruturas (UFMG). Consultora da COBRAPE.

Rafael Decina Arantes⁽⁴⁾

Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Especialista em Turismo e Desenvolvimento Sustentável de Cidades pela UFMG. Gerente Regional da Filial MG da COBRAPE.

Luis Eduardo Gregolin Grisotto⁽⁵⁾

Ecólogo pela UNESP/Rio Claro e Engenheiro Ambiental pela Universidade São Marcos. Especialista em Gestão Ambiental (FSP/USP), Mestre em Saúde Pública e Doutor em Ciências (Área de Concentração em Saúde Ambiental) pela FSP/USP. Diretor Técnico da COBRAPE, Diretor e Coordenador da Câmara Técnica de Recursos Hídricos da ABES-SP.

Endereço⁽¹⁾: Av. do Contorno, 6.594, 7º Andar, Savassi, Belo Horizonte, Minas Gerais - CEP: 30.110-044 - Brasil - Tel: (31) 3546-1950 - e-mail: raissadias@cobrape.com.br.

RESUMO

A prestação dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (DMAPU) enfrenta desafios significativos no Brasil, sendo marcada por lacunas conceituais, ausência de dados consistentes e baixa priorização frente aos demais eixos do saneamento básico. No contexto do Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais (PESB-MG) e do Plano Estadual de Saneamento Rural (PlanSAN), foi desenvolvida uma metodologia para estimar os investimentos necessários à universalização dos serviços de DMAPU, considerando as especificidades das áreas urbanas e rurais. A abordagem proposta fundamenta-se na definição de metas e na identificação de déficits, possibilitando o cálculo de investimentos em medidas estruturais e estruturantes. A metodologia adotada tomou como base as diretrizes do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) de 2019 e do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) de 2021, buscando integrar diferentes perspectivas para caracterização do déficit e cálculo dos investimentos. Para áreas urbanas, foram consideradas as parcelas de expansão, adequação e reposição, enquanto para as áreas rurais a estimativa restringiu-se à parcela de expansão, diante da diferença conceitual do atendimento adequado e da dificuldade de caracterização da infraestrutura existente nessas áreas. Os resultados evidenciam a utilidade da metodologia como ferramenta de apoio ao planejamento estadual e regional, ao mesmo tempo em que apontam limitações relacionadas às premissas adotadas, à escassez de dados e à consolidação de custos unitários. Os investimentos estimados para áreas urbanas representaram a quase totalidade dos montantes, com a parcela destinada a áreas rurais inferior a 1%. No caso de Minas Gerais, a parcela de expansão foi a mais representativa, enquanto para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a adequação sobressaiu, refletindo realidades distintas. A reposição de sistemas foi a menor categoria em ambos os planos: 0,4% no PESB-MG e 0,1% no PlanSAN. Observou-se também que a proporção de medidas estruturantes em relação às estruturais variou entre as regiões, evidenciando a influência dos contextos institucionais e das estratégias de gestão adotadas. Como recomendações, destaca-se a necessidade de desenvolvimento de mapeamentos de risco e cadastros técnicos para qualificar os indicadores utilizados, além da elaboração de estudos científicos voltados à revisão das premissas e atualização dos custos unitários. Tais avanços são fundamentais para o aprimoramento da metodologia e para a implementação de políticas públicas mais assertivas voltadas à DMAPU.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem urbana, manejo de águas pluviais, atendimento adequado, investimento, universalização.

INTRODUÇÃO

Dentre os componentes do saneamento, a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (DMAPU) é constituída pelas atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes (BRASIL, 2020). A universalização e a efetiva prestação dos serviços públicos de saneamento básico são premissas pautadas pela Lei Federal nº 11.445/2007, posteriormente alterada pela Lei Federal nº 14.026/2020.

Para suprir a demanda por soluções e serviços de DMAPU, é indispensável estimar e planejar os investimentos necessários a esse fim, o que representa um desafio frente à dificuldade do entendimento do déficit existente na prestação desse serviço, que se baseia na definição de um conceito de atendimento adequado da população, bem como no estabelecimento de metas a serem alcançadas no horizonte de planejamento.

Diferente das demais componentes do saneamento, a problemática que envolve o cálculo de investimentos para a DMAPU inicia-se na definição do conceito de atendimento adequado da população. Essa definição é complexa, uma vez que o atendimento não pode ser avaliado por meio de indicadores que versem sobre a cobertura do serviço por domicílios, visto que os dispositivos de drenagem se encontram dispersos na malha urbana e dependem de múltiplas características como as necessidades de escoamento das águas pluviais incidentes na bacia de contribuição, o uso e ocupação do solo urbano, o relevo, índice pluviométrico, entre outros fatores relacionados ao planejamento urbano, os quais são interdependentes (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2014). Dessa maneira, o desafio na quantificação das carências em DMAPU consiste, basicamente, na dificuldade em se desenvolver modelos genéricos que permitam a representação ou a extrapolação essas diferentes características (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2014).

Soma-se ao exposto a fragilidade das informações disponíveis nos bancos de dados oficiais a respeito da temática de DMAPU, quando comparada com os demais eixos do saneamento básico, evidenciando uma limitação na avaliação da prestação dos serviços por meio de indicadores disponíveis. Essa fragilidade fica evidente quando são analisados os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, atual SINISA) ou do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes à prestação dos serviços de saneamento, pois não há informação sobre drenagem urbana ou, quando existente, não consegue retratar a dimensão do problema (SOUZA, 2013).

Além da dificuldade na definição do conceito de atendimento adequado e da fragilidade dos dados disponíveis, sabe-se que a gestão da infraestrutura de drenagem urbana é usualmente considerada pelos municípios brasileiros como uma atividade secundária quando comparada aos outros eixos do saneamento básico. As ações são, muitas vezes, subordinadas a outros componentes da infraestrutura urbana como, por exemplo, o sistema viário, refletindo em uma prestação inadequada dos serviços (MDR, 2020).

O problema da prestação inadequada do serviço de DMAPU foi, inclusive, identificado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) durante os estudos preliminares para construção de normas específicas para este eixo (ANA, 2024a). Dentre os motivos apontados para a questão regulatória, destacam-se a indefinição das atividades que compõem a prestação dos serviços e a indefinição de indicadores para sua avaliação. Como resposta a esse cenário, a ANA publicou a Norma de Referência (NR) nº 12/2025, a primeira voltada exclusivamente para DMAPU. Essa norma trata da estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, estabelecendo as atividades que os compõem, promovendo diretrizes e conceitos fundamentais, além de definir os papéis institucionais dos entes envolvidos na prestação dos serviços (ANA, 2025).

Embora a publicação da NR nº 12/2025 represente um avanço significativo, sobretudo por enfrentar o desafio da indefinição institucional e administrativa que historicamente compromete a prestação adequada dos serviços de DMAPU, ainda há lacunas a serem preenchidas. Nesse sentido, a ANA ainda não estabeleceu uma norma voltada especificamente para a definição de padrões e indicadores operacionais para esse eixo do saneamento. Essa necessidade, contudo, já está contemplada na agenda regulatória da instituição para o biênio 2025–2026, o que sinaliza um importante passo para a consolidação de parâmetros técnicos e de qualidade para os serviços de drenagem urbana (ANA, 2024b).

Diante da ausência de outras definições legais, o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) sugere que o indicador que melhor representa o atendimento/déficit pelos serviços de drenagem urbana é o que informa sobre a parcela de domicílios sujeitos a risco de inundação nas áreas urbanas (MINISTÉRIO DAS

CIDADES, 2014, 2023). Ou seja, o déficit pelos serviços é representado pela parcela de domicílios urbanos sujeitos a risco de inundação em relação ao total de domicílios urbanos existentes no município, enquanto o atendimento refere-se à parcela de domicílios urbanos não sujeitos ao risco.

Quanto ao conceito definido do PLANSAB, destaca-se que esse se restringe aos domicílios urbanos, não contemplando a parcela de domicílios localizados em áreas rurais. Isso pois a própria Lei Federal nº 14.026/2020 (art. 3º-D) considera a disponibilidade dos serviços de DMAPU apenas nas áreas urbanas. Contudo, os princípios fundamentais da universalização do acesso e a efetiva prestação do serviço, bem como o da integralidade (Lei Federal nº 11.445/2007, art. 2º, incisos I e II) não excluem a população brasileira que habita áreas rurais. Além disso, com relação à prestação de serviços, cabe mencionar que, entre as diretrizes orientadoras em âmbito nacional, consta a “garantia de meios adequados para o atendimento da população rural, por meio da utilização de soluções compatíveis com as suas características econômicas e sociais peculiares” (Lei Federal nº 11.445/2007, art. 48º, inciso VII). Por fim, entende-se que o manejo de águas pluviais nas áreas rurais pode impactar as áreas urbanas, especialmente quando essas compartilham os mesmos cursos d’água. Desse modo, em consonância com o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), comprehende-se que a prestação de serviços deve identificar e abordar peculiaridades territoriais rurais para adequação dos serviços nessas áreas (FUNASA, 2021).

Nesse sentido, conforme estabelecido no PNSR, para as áreas rurais, a análise do déficit para manejo das águas pluviais difere dos outros eixos do saneamento pela natureza das variáveis que caracterizam esta componente. O manejo das águas pluviais não é caracterizado por variáveis que refletem demandas domiciliares, mas que afetam o perídomicílio (lotes domiciliares) e as áreas públicas. Portanto, para as áreas rurais aglomeradas, a análise do déficit é caracterizada pela inexistência de soluções de manejo de águas pluviais nas áreas de influência do sistema viário interno e do entorno dos domicílios (FUNASA, 2021).

No que se refere às metas de universalização, a Lei Federal nº 14.026/2020 estabelece os percentuais de atendimento a serem atendidos até o ano de 2033 para os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Entretanto, para o eixo de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas a abordagem é geral e pouco aprofundada, sem definir metas específicas, as quais deverão ser estabelecidas pelas NR da ANA (SILVA, 2023).

Diante dessa lacuna normativa, a ausência de diretrizes claras, tanto na lei quanto nas normas de referência, reforça a necessidade de instrumentos complementares para orientar o planejamento e a gestão do setor. Nesse contexto, o PLANSAB e o PNSR assumem papéis relevantes ao apresentar diretrizes e orientações voltadas à DMAPU, as quais podem ser utilizadas como referência técnica na elaboração e revisão dos planos de saneamento básico, especialmente em âmbito regional, tais como planos estadual ou metropolitano.

Diante do exposto, o cálculo de investimentos para essa componente, no âmbito dos planos regionais de saneamento básico, apresenta dificuldades relacionadas à particularidade do conceito de atendimento adequado, inclusive na diferença desse para áreas urbanas e rurais, bem como na necessidade de incorporar os variados fatores intervenientes à prestação desse serviço, tais como topografia, uso e ocupação do solo e pluviometria (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2023). Apesar dessas dificuldades, é fundamental realizar a estimativa de investimentos necessários nos planos de saneamento para que as ações e programas propostos sejam efetivos, devendo os cálculos serem estimados conforme situação identificada no diagnóstico da situação atual e no prognóstico, considerando as metas e demandas obtidas ao longo do horizonte de planejamento.

Diante do exposto, o presente estudo foi desenvolvido no âmbito da elaboração do Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais (PESB-MG), em 2022; e do Plano Metropolitano de Saneamento Básico do Rio de Janeiro (PlanSAN), em 2024. Ambos foram elaborados pela Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE) após vencer processos licitatórios, sendo em seus escopos estimados investimentos necessários ao incremento dos índices de atendimento pelos serviços de DMAPU, de forma a atender aos princípios fundamentais das diretrizes nacionais para o setor. Os investimentos foram estimados com o objetivo de suprir a demanda por soluções e serviços e, consequentemente, reduzir o déficit, conforme metas de atendimento estabelecidas pelos referidos planos.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para estimar os investimentos necessários em drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (DMAPU) foi estruturada em duas etapas distintas, considerando as especificidades dos contextos urbano e rural, especialmente no que se refere às limitações de dados e referências disponíveis. Na primeira etapa, são apresentados os procedimentos e critérios utilizados para a análise das áreas urbanas, com base nas diretrizes estabelecidas pelo PLANSAB. Em seguida, detalha-se a abordagem aplicada às áreas rurais, fundamentada nas orientações do PNSR.

Com base nessa metodologia, foi possível estimar os investimentos em medidas estruturais para o eixo da DMAPU, tanto para áreas urbanas quanto rurais. As medidas estruturais consistem em intervenções físicas destinadas a conter, reter, infiltrar ou melhorar a condução dos escoamentos superficiais. No entanto, apenas essas medidas não são suficientes para adequar a prestação dos serviços e alcançar a sua universalização, fazendo-se também necessárias as medidas estruturantes. As medidas estruturantes abrangem principalmente aspectos de legislação, desenvolvimento institucional, educação ambiental e outras medidas voltadas para controle do uso e ocupação do solo ou a diminuição dos riscos de inundações.

Ressalta-se, contudo, que a estimativa de recursos necessários para execução das ações estruturantes deve considerar o nível de desenvolvimento e qualificação das gestões municipais dos serviços. No entanto, para o nível do planejamento macro, em âmbito regional, não se dispõe de uma metodologia específica para estimativa dos recursos requeridos para estas ações. Assim, conforme previsto no PLANSB e PNSR, foram adotados coeficientes arbitrários, aplicando-se percentuais sobre os valores estimados para medidas estruturais como forma de inferir os investimentos necessários às ações estruturantes.

Áreas urbanas

Para a análise do déficit, considerou-se a utilização do indicador IN040 do SNIS, conforme indicado pelo PLANSAB, uma vez que representa o percentual de domicílios urbanos sujeitos a risco de inundações, sendo o atendimento representado pelo seu percentual complementar. No atual SINISA, cujos primeiros dados foram disponibilizados em 2025, essa informação é atribuída ao indicador IGR0001 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2024).

Após a definição da parcela de domicílios em déficit, foram definidas as metas de atendimento nos horizontes de planejamento, etapas fundamentais para o cálculo dos investimentos necessários ao atendimento dos domicílios deficitários. As metas estabelecidas foram baseadas nos valores determinados no PLANSAB para a região Sudeste.

A partir da definição das parcelas atendidas e em déficit, bem como das metas de atendimento, foram analisadas e comparadas as metodologias de estimativa de investimentos apresentadas nas versões de 2019 e 2023 do PLANSAB. Para as áreas urbanas, em ambos os planos foi adotada a metodologia da versão de 2019, com ajustes. Ressalta-se que a escolha se deu pois o PESB-MG foi elaborado antes da publicação da versão de 2023 do PLANSAB e, no caso do PlanSAN, optou-se por manter a metodologia previamente utilizada, considerando, entre outros fatores, a coerência com os estudos anteriores e a aderência aos indicadores de atendimento e déficit adotados, conforme será discutido na seção seguinte.

Considerou-se, portanto, que o déficit pelos serviços de DMAPU em áreas urbanas deve ser suprido a partir da implementação de soluções que tenham como objetivo a redução máxima do risco a inundações. Para isso, assumiu-se como premissa que as ações a serem realizadas consistem em: (i) expansão, a partir da implementação de sistema convencional, associada a preservação de fundo de vale e utilização de técnicas compensatórias de drenagem urbana (microreservatórios de lote) nas áreas de expansão urbana; (ii) reposição, a partir da recuperação das redes de macrodrenagem, incluindo reposição das estruturas e mau estado de conservação, com presença de patologias estruturais, e em função de seu desgaste contínuo; e (iii) adequação, a partir da realização de intervenções em áreas de risco de inundações, com base em enfoques do tipo custo-benefício que considera estimativa de prejuízos decorrentes das inundações.

Para estimar a parcela de expansão pelos serviços – implantação de sistemas de drenagem na área de expansão urbana prevista no horizonte de planejamento – foram estabelecidos pressupostos como densidade demográfica e tipologia de residências, possibilitando caracterizar o crescimento urbano dos municípios e estimar o montante de investimento necessário ao atendimento dessa parcela de domicílios por meio da aplicação de um custo de implantação por área (R\$/m²). No PESB-MG, a área correspondente ao crescimento

urbano foi estimada por meio da razão entre o crescimento populacional (em habitantes) projetado ao longo de 20 anos e a densidade demográfica. No PlanSAN, considerando que a projeção de domicílios apresentava características distintas da projeção de população, foi utilizada a razão entre o aumento no número de domicílios e a densidade de domicílios.

Em relação à parcela de reposição, o custo aplicado correspondeu à recuperação de estruturas de concreto, dado por metro quadrado da seção transversal da tubulação e no metro linear (extensão) da estrutura existente. Esse custo foi aplicado ao indicador IE024, do SNIS, referente à “extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos”. No atual SINISA essa informação é atribuída ao indicador GAP0305. Ressalta-se que essa metodologia para definição da parcela de reposição consiste em uma adaptação da estabelecida do PLANSAB, uma vez que o plano nacional propõe a utilização de dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, do ano de 2000, para a estimativa. Considerando-se que esses dados estão desatualizados, optou-se por adaptar a metodologia de forma a utilizar os dados do SNIS.

Quanto a esse indicador, no PESB-MG foi identificada a necessidade de realizar um ajuste dos dados autodeclarados, com base na relação média entre a extensão da rede e o número de domicílios, estabelecendo-se um valor-limite de referência, devido a inconsistências verificadas nos dados informados por alguns dos municípios, ressaltando-se que o estado possui 853 municípios. Já no PlanSAN, dada a menor abrangência territorial (22 municípios), foi realizada validação individualizada dos dados, além de terem sido aplicados acréscimos de custos proporcionais à tipologia do sistema de drenagem — unitário ou combinado —, considerando o maior desgaste estrutural observado em sistemas combinados, decorrente da veiculação simultânea de esgotos sanitários e águas pluviais.

Por último, para a estimativa da parcela de adequação, partiu-se da premissa de que as intervenções corretivas nos sistemas existentes têm custo equivalente aos prejuízos decorrentes de inundações, obtido por meio de uma curva de custo versus profundidade da inundação, em função da área construída. Para a estimativa da área construída sujeita à inundação, aplicou-se um valor de área média construída por lote à parcela de domicílios urbanos em situação de risco de inundação, ou seja, a parcela de domicílios em déficit. A estimativa de custo de adequação das estruturas de drenagem urbana com vistas à redução dos riscos de ocorrência de inundações correspondeu ao somatório dos prejuízos nos domicílios, considerando residências pertencentes à classe socioeconômica tipo C, em risco de inundação e na infraestrutura urbana.

Áreas rurais

Para as áreas rurais, por sua vez, aplicou-se a abordagem proposta pelo PNSR, mais aderente à realidade dessas localidades. Com isso, o déficit foi representado em duas escalas, compreendendo: (i) peridomicílio, em que consideram-se deficitários os domicílios localizados em áreas rurais com aglomerações de domicílios e que não possuem dispositivos para controle do escoamento superficial excedente, ou seja, soluções para armazenamento e/ou infiltração das águas pluviais escoadas na residência e no terreno que a circunda; e (ii) sistema viário interno, que considera deficitários os domicílios localizados em áreas rurais com aglomerações de domicílios e que não possuem estruturas para manejo das águas pluviais, isto é, que não possuem direcionamento e destinação das águas das chuvas à microdrenagem na própria via ou em área adjacente.

Importante mencionar que, para as áreas rurais, inexistem fonte de dados que permitam a identificação e caracterização das soluções de manejo de águas pluviais no âmbito do peridomicílio, impossibilitando a identificação da parcela deficitária da população rural nessa escala. Sendo assim, para fins de cálculo de investimentos, no PESB-MG e no PlanSAN considerou-se que todos os domicílios rurais se encontravam em déficit na escala do peridomicílio.

No que tange o sistema viário interno, foi possível caracterizar parcialmente essa parcela, uma vez que o Censo disponibiliza indicadores que caracterizam o entorno dos domicílios, avaliando a existência pavimentação e de bocas coletoras (IBGE, 2010, 2022). Essa caracterização parcial ocorreu pois os indicadores de interesse não são aplicados à totalidade dos domicílios inseridos nas áreas rurais, mas apenas a alguns setores censitários (tipo 1b, 3 e 4 – setor existente somente no Censo 2010), o que impossibilita a definição da parcela de atendimento e déficit a partir desses indicadores para toda a parcela de domicílios localizados em áreas rurais. Ademais, os indicadores consideram apenas as soluções de pavimentação e bocas coletoras, desconsiderando outras como caixas secas/barraginhas, por exemplo, comuns em áreas rurais. Sendo assim, no que se refere à escala do sistema viário interno, no PESB-MG e PlanSAN considerou-se que todos os domicílios inseridos em setores censitários cujos dados apontam inexistência de pavimentação ou boca coletora encontram-se em déficit. Além desses, assumiu-se como deficitários os domicílios rurais

inseridos nos setores censitários cujos dados não estavam disponíveis, mas se encontram localizados em áreas com indicativos de aglomeração – seja pela classificação do setor censitário ou pela presença de atendimento por rede geral de água e coleta de resíduos sólidos.

Com base na estimativa da parcela de domicílios identificados como não atendidos, foram estabelecidas metas de atendimento para os diferentes horizontes de planejamento. Essas metas são essenciais para subsidiar o dimensionamento dos investimentos necessários à universalização do serviço e foram baseadas naquelas estabelecidas pelo PNSR para a região Sudeste.

A partir do estabelecimento das metas, estimou-se a parcela de investimentos em expansão, de forma a suprir a demanda na perspectiva do peridomicílio e do sistema viário interno. Diferente das áreas urbanas, foram desconsideradas parcelas de adequação e reposição, especialmente devido à ausência de indicadores nas bases oficiais que possibilitem identificar e quantificar assertivamente as infraestruturas existentes nessas localidades.

Dessa maneira, para estimar a parcela de expansão dos serviços no meio rural, considerou-se o atendimento por soluções individuais nos lotes domiciliares (jardins de chuva ou reservatórios de água de chuva), para suprir o déficit na escala do sistema viário interno. Para definir qual das duas soluções seria adotada, foram analisadas condicionantes ambientais de declividade, profundidade do lençol freático e permeabilidade do solo. Isto é, a partir do tipo de solo predominante no setor censitário cujo domicílio se localizava, inferiu-se sobre a profundidade do lençol freático e a permeabilidade do solo; e a partir de modelos digitais de elevação foi possível obter a declividade média. Com base nessas três condicionantes, foram atribuídos jardins de chuva aos setores censitários considerados aptos a receberem técnicas baseadas na infiltração do escoamento superficial. Isto é, locais com lençol freático profundo, com solos de grupo hidrológico A ou B e declividades inferiores a 10% foram considerados aptos a receberem jardins de chuva. Para os demais, atribuiu-se reservatório de água pluvial.

De forma a estimar dimensões médias para as estruturas nas áreas rurais e possibilitar a estimativa dos valores de implantação, fez-se necessário entender as características pluviométricas das localidades a partir de equações de Intensidade-Duração-Freqüência (IDF) e a definição de uma chuva de projeto. No PESB-MG foram adotados diferentes valores por estrutura (jardim de chuva e reservatório) em função dos volumes estimados com base na chuva de projeto. Já no PlanSAN todos os setores censitários rurais foram considerados inaptos a receberem técnicas infiltrantes e apresentaram comportamento pluviométrico semelhante, tendo sido atribuídos reservatórios de mesmo volume para todas as áreas rurais.

Para atender a demanda referente à escala do sistema viário interno, foi previsto o direcionamento do escoamento superficial para estruturas de infiltração dispostas nas suas laterais denominadas bacias de detenção, barraginhas ou caixas secas. Para tanto, adotou-se uma extensão de via por domicílio deficitário, com implantação de bacias de contenção a um espaçamento fixo. O custo da intervenção variou de acordo com o tipo de solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adoção das diretrizes apresentadas no PLANSAB (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2019) e no PNSR (FUNASA, 2021) possibilitou, no âmbito dos planos regionais de saneamento, a definição do conceito de atendimento adequado em DMAPU para áreas urbanas e rurais, bem como no estabelecimento de metas e na estimativa de investimentos necessários, considerando a ausência de outras normativas específicas para esse eixo do saneamento.

A aplicação da metodologia descrita resultou em valores de investimento nos quais as áreas urbanas concentram praticamente a totalidade do montante estimado. Para Minas Gerais, os investimentos destinados às áreas rurais representam apenas 0,8% do total previsto para DMAPU; já na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), essa parcela é ainda menor, cerca de 0,008%. Esses valores refletem as diferenças, mais expressiva nos 853 municípios de Minas Gerais, os quais possuem maior contingente de população rural, do que nos 22 municípios da RMRJ.

No que tange aos investimentos em áreas urbanas, observou-se que no PESB-MG a maior parcela corresponde às ações de expansão, representando cerca de 70% do total previsto para medidas estruturais. Já no PlanSAN, predominam investimentos em adequação, diretamente relacionados ao índice de atendimento e ao déficit

pelos serviços, correspondendo a, aproximadamente, 94% do total. A reposição de sistemas foi a menor parcela em ambos os planos: 0,4% no PESB-MG e 0,1% no PlanSAN.

Quanto à proporção entre medidas estruturais e estruturantes, no PESB-MG foram adotados percentuais distintos para curto, médio e longo prazos, diferenciando também áreas urbanas e rurais. Considerou-se que, nos primeiros anos do horizonte de planejamento, a demanda por infraestrutura física é mais elevada nas áreas urbanas, reduzindo-se ao longo do tempo à medida que se fortalece a estruturação institucional. Os investimentos em medidas estruturantes corresponderam a, aproximadamente, 44% do total. No PlanSAN, foi adotado um percentual fixo de 10% do montante de investimentos estruturais destinado a medidas estruturantes. Essa decisão considerou a realidade regional, com destaque para a parcela rural da população e o estágio atual do desenvolvimento institucional no eixo de drenagem urbana. Ressalta-se que, em ambos os planos, os percentuais de medidas estruturantes são significativamente superiores aos observados nos demais eixos do saneamento, refletindo a defasagem institucional característica da DMAPU.

A adoção da metodologia do PNSR se deve ao fato de ser a principal referência disponível para o saneamento rural. No caso das áreas urbanas, optou-se pela versão de 2019 do PLANSAB em detrimento da de 2023. Isso se deu pois o PESB-MG foi elaborado antes da publicação da versão de 2023; e no PlanSAN, além de dar a continuidade e aprimorar os métodos utilizados, a decisão justifica-se pelo entendimento que essa se mostrou mais aderente ao índice de atendimento e déficit da população, visto que a versão de 2023 não incorpora diretamente esse índice. Destaca-se que, embora tenha sido adotada a metodologia para estimar os investimentos baseada na versão 2019 do PLANSAB, as diretrizes norteadoras tais como o conceito de déficit e metas está em consonância com a versão 2023.

Apesar da metodologia de 2023 propor a adoção de valores extraídos dos planos municipais de saneamento e planos diretores de drenagem que, de fato, oferecem maior precisão por apresentarem soluções customizadas, a baixa disponibilidade desses instrumentos em muitos municípios limita sua aplicabilidade em escala estadual e regional. Adicionalmente, a metodologia de 2023 introduz o conceito de moda da precipitação anual acumulada como variável no cálculo do coeficiente PD, que compõe a equação de regressão linear para estimativa de investimentos em municípios sem planos específicos. No entanto, considerou-se que esse indicador não seria o mais adequado para representar a demanda por drenagem, uma vez que chuvas intensas e concentradas (eventos extremos) seriam mais relevantes para o dimensionamento dos sistemas do que elevados volumes bem distribuídos ao longo do ano. Também considera-se haver limitações no uso da moda, haja vista a reduzida repetição de valores de precipitação anual entre os municípios.

Pontua-se que a versão de 2023 do PLANSAB apresenta metodologia distinta daquela publicada em 2019, partindo-se do argumento que a versão anterior não permitiria a sua posterior avaliação ou replicação; no entanto, nos planos em questão (PESB-MG e PlanSAN) foi possível o desenvolvimento de uma metodologia fundamentada na versão de 2019 e nos estudos complementares recomendados pelo próprio plano nacional. Reconhece-se, entretanto, que a metodologia de 2019 demanda aprimoramentos, alguns dos quais foram parcialmente implementados por meio de ajustes nos dados utilizados. O próprio indicador de atendimento da DMAPU apresenta limitações importantes, como:

- Restringir-se a eventos de inundação, excluindo alagamentos e enxurradas, que muitas vezes são mais representativos dos problemas urbanos relacionados ao manejo inadequado das águas pluviais;
- Considerar apenas unidades residenciais (domicílios), desconsiderando outros tipos de edificações que também sofrem impactos relevantes;
- Apresentar um conceito de risco que precisa ser mais bem definido, dado que os sistemas de drenagem são projetados com base em diferentes níveis de risco (períodos de retorno).

Outro aspecto importante em relação ao índice de atendimento utilizado na metodologia de cálculo seria a fragilidade dos dados autodeclarados no SNIS (atual SINISA). Tais informações podem apresentar inconsistências, especialmente quando da ausência de mapeamentos de risco acurados que possibilitem mensurar a exposição dos domicílios ao risco. Ainda, pontua-se que não existe uma padronização quanto à metodologia para avaliação da exposição ao risco considerada na declaração, o que compromete uma análise comparativa fidedigna entre os municípios de uma mesma região. A respeito dessa fragilidade, no PlanSAN foi desenvolvida uma metodologia unificada para quantificação dos domicílios em risco e análise crítica dos dados autodeclarados, representando um avanço relevante, embora ainda insuficiente para superar essa limitação. Essa metodologia foi baseada no produto de Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais

de Massa e Inundações (SGB/CPRM) e no Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) disponibilizados no Censo 2022, o qual não estava disponível no momento da elaboração do PESB-MG.

Além das limitações no que se refere ao índice de atendimento, o dado de extensão de rede ou canais subterrâneos (indicador IE024 do SNIS, atual GAP0305 do SINISA), utilizado para estimar a parcela de reposição dos sistemas, também apresenta fragilidades pois é autodeclarado por prestadores e/ou prefeituras municipais que, por vezes, não dispõem de corpo técnico qualificado para preenchimento criterioso das informações. Embora o dado de extensão de rede possa ser considerado pouco confiável, esse apresenta potencial para aprimoramento, especialmente por meio da elaboração de cadastros técnicos das infraestruturas existentes, o que possibilitará, inclusive, considerar outras estruturais na parcela de reposição, tais como canais, reservatórios, diques etc.

Importante destacar que a metodologia de 2023 também utiliza dados autodeclarados do SNIS, os quais referem-se a dados financeiros de investimentos. No entanto, a experiência adquirida durante a elaboração de planos regionais, aliada ao contato com os gestores dos serviços ao longo desse processo, revelou que as informações de investimentos autodeclaradas podem apresentar qualidade ainda inferior aos dados de infraestrutura existente. Essa limitação decorre, em parte, do fato de que investimentos em drenagem frequentemente ocorrem em ações conjuntas a outros projetos de planejamento urbano como obras de pavimentação, por exemplo. Essa característica dificulta a obtenção de informações financeiras precisas e detalhadas, representando um obstáculo adicional para alcançar níveis elevados de confiabilidade nos cálculos de investimento.

Entende-se, ainda, que algumas premissas adotadas na metodologia de 2019 também merecem revisão e ajustes, especialmente considerando as características da área de estudo. Ademais, aspectos como a tipologia das residências nas áreas de expansão urbana, tamanhos de lotes e áreas construídas merecem ajustes com base na região para a qual está sendo realizado o planejamento. Os custos unitários adotados foram corrigidos monetariamente, no entanto, os critérios para sua obtenção requerem atualização, já que não se baseiam em trabalhos científicos recentes. Novas produções acadêmicas poderão viabilizar essa atualização.

Nesse contexto, a aplicação combinada da metodologia do PLANSAB (2019) e do PNSR (2021) permitiu estimar os investimentos necessários para a DMAPU no curto, médio e longo prazos, contemplando tanto medidas estruturais (expansão, reposição e adequação), quanto medidas estruturantes, para as áreas urbanas e rurais. Essa integração metodológica proporcionou um planejamento abrangente, capaz de atender às especificidades de diferentes contextos territoriais com objetivo de mitigar os riscos associados ao manejo inadequado das águas pluviais e planejar ações que visem a sustentabilidade econômica dos serviços.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A aplicação da metodologia para estimativa de investimentos em Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU) possibilitou uma abordagem estruturada para mensurar as necessidades financeiras voltadas à universalização do serviço, considerando as especificidades das áreas urbanas e rurais. A partir da definição de metas e da identificação de déficits, foi possível estimar os montantes estimados para medidas estruturais e, a partir desses, dimensionar os destinados às medidas estruturantes.

O PLANSAB de 2019 e sua revisão em 2023 apresentam metodologias distintas para o cálculo dos investimentos em áreas urbanas, o que reforça a dificuldade para definição de metodologia para este fim. No PESB-MG e PlanSAN foi adotada a metodologia apresentada na versão de 2019, por entender que essa está mais bem relacionada ao indicador de déficit estabelecido no âmbito dos planos em escala regional. Ainda, entende-se que os planos regionais devem dispor de uma primeira estimativa de investimentos, que servirá de diretriz para a elaboração de planos municipais, e não o contrário, especialmente no contexto de escassez desses instrumentos de planejamento municipais (FARIA et al 2022).

Em relação às áreas rurais, sabe-se que essas atualmente não estão contempladas na definição das atividades que compõem o eixo da DMAPU (BRASIL, 2007). No entanto, em consonância com o PNSR e visando o atendimento dos princípios da universalização e integralidade previstas na Lei Federal nº 11.445/2007, no PESB-MG e PlanSAN considerou-se também o atendimento das áreas rurais no que se refere a soluções de manejo de águas pluviais, considerando as peculiaridades territoriais rurais para adequação dos serviços nessas áreas. Vale mencionar que, quando áreas urbanas e rurais compartilham os mesmos cursos d'água, o

planejamento dos serviços com objetivo de controle quantitativo e qualitativo das águas deve se pautar numa visão sistêmica na microbacia, considerando intervir tanto em áreas rurais quanto urbanas.

As lacunas normativas e técnicas para o eixo de drenagem urbana são evidentes, sobretudo no que se refere à definição do índice de atendimento adequado e na ausência de metodologias consolidadas para cálculo de investimentos. Esse cenário é reflexo da baixa priorização histórica da DMAPU frente aos demais eixos do saneamento básico, bem como da fragilidade institucional do eixo devido à indefinição das atividades que compõem a prestação e orçamento insuficiente (SNIS, 2020; ANA, 2024). Ainda, pode-se citar a ausência ou fragilidade dos dados disponíveis nas bases oficiais, resultante da ausência de estudos específicos como cadastro técnico e mapeamento de riscos de desastres hidrológicos, bem como da limitada qualificação técnica para gestão da informação nos municípios.

Verifica-se, portanto, que a metodologia adotada apresenta limitações a serem superadas, tendo em vista a escassez de informações disponíveis em bancos de dados para mensurar o percentual de domicílios sujeitos a risco de inundação e a cobertura de infraestruturas de DMAPU. Soma-se a isso, a diferença nas metodologias adotadas para a análise do déficit e investimentos nos serviços de DMAPU nas referidas fontes nacionais – PLANSAB e PNSR – uma vez que a análise voltada às áreas urbanas está relacionada principalmente à identificação do risco relacionado à ocorrência de inundações, enquanto o PNSR associa o déficit à inexistência de soluções de manejo de águas pluviais no sistema viário e nos peridomicílios.

Conclui-se, portanto, que é imprescindível o fortalecimento institucional desse eixo do saneamento e da realização de ações estruturantes como elaboração de cadastros técnicos e mapeamentos de riscos e capacitação dos gestores municipais para preenchimento dos dados do SINISA, possibilitando maior adesão e qualidade das informações declaradas (PINHEIRO, 2009; FARIA et al, 2022). Ainda, torna-se clara a necessidade de desenvolvimento de trabalhos científicos que possibilitem a revisão das premissas e dos custos unitários adotados na metodologia aplicada, a fim de apresentar uma situação mais fidedigna e atualizada do montante necessário para a prestação adequada dos serviços. Dessa maneira, reitera-se a necessidade de aprimoramento e aprofundamento nas discussões e estudos relacionados à estimativa de investimentos necessários à adequada prestação da DMAPU, de forma a possibilitar a implementação assertiva de políticas públicas para este eixo do saneamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Nota Informativa Nº 1/2024/CODRU/SSB Documento nº 02500.016750/2024-73 – ANEXO I – QUESTIONÁRIO PARA TOMADA DE SUBSÍDIO: Condições Gerais para Prestação do Serviço Público de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** 2024a. Disponível em: https://participacao-social.ana.gov.br/api/files/Perguntas_Tomada%20de%20Subsídio_3-1712767409371.pdf. Acesso em: 16 abr 2025.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Resolução ANA nº 245, de 17 de março de 2025.** Aprova a Norma de Referência nº 12/2025 que dispõe sobre a estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2025/245>. Acesso em: 16 abr 2025.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Resolução ANA nº 227, de 10 de dezembro de 2024.** Aprova a Agenda Regulatória da ANA para o período de 2025-2026. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2024/227>. Acesso em: 16 abr 2025.

BRASIL. Lei Federal no 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. 2020. **Diário Oficial da União:** Brasília, DF, 2022.

FARIA, M. T. S.; PEREIRA, L. M. S.; DIAS, A. P.; GOMES, U. A. F.; MOURA, P. **Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Diretores de Drenagem Urbana em municípios de pequeno porte de Minas Gerais.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v.27, n.1, p. 185-193, jan/fev. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/wR9sjRG8jTqVjq976XHHpzt/?lang=pt>. Acesso em: 16 abr 2025.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR: estudos das necessidades de investimentos em saneamento rural no Brasil.** Brasília: FUNASA, 2021. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/665?locale-attribute=pt>. Acesso em: 16 abr 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9673>. Acesso em: 16 abr 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=sobre>. Acesso em: 16 abr 2025.

IRM – Instituto Rio Metrópole. **Plano Metropolitano de Saneamento Básico – PlanSAN**. Rio de Janeiro: Instituto Rio Metrópole, 2024. Disponível em: <https://www.rj.gov.br/irm/plansan>. Acesso em: 16 abr 2025.

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional. **4º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snisd/indicadores-antigos-snisd/aguas-pluviais/2019/indicador_AP2019.pdf. Acesso em: 16 abr 2025.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Glossário de Informações Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa/area-do-prestador/arquivos/GLOSSARIO_INFORMACOES_SINISA_AGUAS_PLUVIAIS.pdf. Acesso em: 16 abr 2025.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil – Vol 5: Investimentos em saneamento básico: análise histórica e estimativa de necessidades**. Brasília: Ministério das Cidades, 2014. 264 p. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico-plansab/arquivos/panorama_vol_05.pdf. Acesso em: 16 abr 2025.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB**. Modelo para cálculo de necessidade de investimentos – Caderno Temático 1. Brasília: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico-plansab/arquivos/CadernoTematico11.pdf>. Acesso em: 16 abr 2025.

PINHEIRO, R. P. A REGULAMENTAÇÃO DA PRESTAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DE DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS. In: ABAR; ARCE. **Regulação: Normatização da Prestação de Serviços de Água e Esgoto**. Fortaleza: Editora Expressão Gráfica e Editora, 2009. cap. 5, pag. 99-136.

SEMAP – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais - PESB-MG**. Belo Horizonte: SEMAP, 2022. Disponível em: https://meioambiente.mg.gov.br/produtos-do-pesb-mg?p_l_back_url=%2Fbusca%3Fq%3Dprodutos%2Bdo%2Bpesb. Acesso em: 16 abr 2025.

SILVA, T. T. **Drenagem e manejo de águas pluviais em áreas urbanas: abordagem em planos municipais da região metropolitana de Campinas**. 2023. 165 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2023.

SOUZA, V. C. B. **Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, Salvador, v. 1, n. 1, p. 58–72, Mar. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105>. Acesso em: 14 abr. 2025. Acesso em: 16 abr 2025.