

Gestão sustentável de águas pluviais: Valorização de Técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) para municípios sul brasileiros

Sustainable stormwater management: Appreciation of Low Impact Development Techniques (LID) for southern Brazilian municipalities

Sara Desiree Marostica*, André Luiz Lopes da Silveira**

*Pós Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, saramarostica@gmail.com

**Pós Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, andre@iph.ufrgs.br

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v62i1.97943>

Resumo

Este estudo examina as percepções e o conhecimento de técnicos municipais do sul do Brasil sobre técnicas de desenvolvimento de baixo impacto (LID), com o objetivo de avaliar sua relevância, eficácia e desafios práticos no controle de inundações urbanas e na gestão sustentável de águas pluviais. A metodologia de pesquisa envolveu três etapas: a seleção e classificação das técnicas LID, a avaliação de técnicos municipais por meio de questionários estruturados e, a análise dos resultados. Os resultados destacaram o uso amplo de técnicas como pavimentos permeáveis e áreas verdes/paisagismo, reconhecidas por sua eficácia no enfrentamento dos desafios de drenagem urbana. Outras abordagens, como jardins de chuva, telhados verdes e trincheiras de infiltração foram apontadas por seu potencial na drenagem urbana sustentável, enquanto métodos avançados, como sistemas de biorretenção e valetas vegetadas, permanecem pouco explorados. Esses resultados ressaltam a oportunidade de ampliar a adoção de práticas LID para fomentar atitudes positivas entre formuladores de políticas e planejadores urbanos, apoiando programas de gerenciamento de águas pluviais em projetos realizados nos municípios do sul do Brasil.

Palavras-chave:

Técnicas de sustentabilidade urbana, LID, Inundações urbanas, Melhoria da paisagem, Indicadores de sustentabilidade.

Abstract

This study examines the perceptions and knowledge of municipal technicians in southern Brazil regarding Low Impact Development (LID) techniques, aiming to evaluate their relevance, efficacy, and practical challenges for urban flood control and sustainable stormwater management. The research methodology involved three stages: the selection and classification of LID techniques,

evaluation of municipalities and professionals, and analysis of results through structured questionnaires. The findings highlighted the widespread use of techniques such as permeable paving and green areas/landscaping, recognized for their effectiveness in addressing urban drainage challenges. Less common practices, including rain gardens, green roofs, and infiltration trenches, were noted for their potential in sustainable urban drainage, while advanced methods like bioretention systems and bioswales remain largely unexplored. These results underscore the opportunity for broader adoption of LID practices to foster positive attitudes among policymakers and urban planners, supporting innovative stormwater management programs in southern Brazilian municipalities.

Keywords:

Urban sustainability techniques, LID, Urban flooding, Landscape enhancement, Sustainability indicators.

I. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios que o sistema de drenagem enfrenta são as grandes enchentes que ocorrem nas cidades e o controle qualitativo e quantitativo do escoamento superficial das águas. Nos últimos anos, muitas áreas urbanas sofreram inundações frequentes como resultado das alterações climáticas e da expansão urbana (Jemberie; Melesse, 2021). Dada a crescente urbanização em todo o mundo e o impacto das águas pluviais urbanas nos seres humanos e nos ecossistemas aquáticos, a gestão da drenagem urbana é um desafio extremamente importante (Chocat et al., 2001; Fletcher et al., 2013).

As estratégias tradicionais de gestão de águas pluviais urbanas muitas vezes provaram ser inadequadas e, em muitos casos, agravar os problemas existentes. Em resposta, uma abordagem alternativa conhecida como Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) foram desenvolvidos e implementados, particularmente em países como o Canadá, os Estados Unidos e, mais recentemente na Nova Zelândia. LID é uma estratégia baseada paisagem que visa manter e replica as condições naturais com áreas urbanas para minimizar os impactos do escoamento de águas pluviais e da poluição nos ecossistemas das bacias hidrográficas (Roy et al., 2008). Esta abordagem considera as características geográficas específicas de cada região, promovendo soluções adaptado à topografia, clima e vegetação locais, alinhando assim o planejamento urbano com o ambiente ecológico requisitos das áreas de drenagem. A tecnologia LID visa controlar o escoamento na fonte por meio de sistemas estruturais e medidas não estruturais (Barbaro et al., 2021). Estudos na área de desenvolvimento de baixo impacto demonstram que as técnicas de LID reduzem o risco de inundações urbanas ao retardar o escoamento de águas pluviais, conforme citado (por exemplo, Brown et al., 2013; Jemberie; Melesse, 2021; Marostica, 2023;

Palermo et al., 2020; Trinh; Chui, 2013; Trowsdale; Simcok, 2011; Tzoulas et al., 2007, Walsh et al., 2014) nas cidades.

Neste caso, no desenvolvimento destas tecnologias de baixo impacto, a divulgação dos seus resultados com as instituições e órgãos responsáveis pela urbanização da cidade teriam um papel tecnológico potencial para construir ambientes mais sustentáveis (Marostica, 2023). As estratégias para aplicação de baixo impacto apoiam e inovam o setor urbano sustentável, empregando uma variedade de medidas e técnicas, incluindo retenção, detenção, coleta, infiltração e filtragem do escoamento para gerenciar as águas pluviais o mais próximo possível de sua fonte e considerar as águas pluviais como um recurso, não um resíduo (Coffman, 2002).

A investigação global sobre técnicas de desenvolvimento de baixo impacto (LID) depende frequentemente das perspectivas dos técnicos municipais para validar e adaptar essas práticas às diversas realidades urbanas e climáticas. Estudos conduzidos em países como os Estados Unidos (Qi; Barclay, 2021) destacaram o papel essencial dos técnicos municipais na implementação e avaliação de soluções LID, uma vez que estes profissionais fornecem insights práticos sobre os requisitos e restrições locais. Da mesma forma, a pesquisa realizada pelos autores Farrelly e Brown (2008) e a pesquisa realizada no Brasil pela autora Marostica (2023) destacam a importância de perspectivas dos profissionais para o avanço das estratégias de gestão de águas urbanas. Ao coletar e analisar estes dados que foram realizados, os técnicos podem adaptar melhor as soluções LID às necessidades e limitações de vários ambientes urbanos.

Partindo desta premissa, o presente estudo investiga as perspectivas de técnicos municipais brasileiros sobre as técnicas de desenvolvimento de baixo impacto (LID) por meio de pesquisa de questionário. Este instrumento foi especificamente reestruturado para abordar as características particulares das técnicas LID identificadas na revisão da literatura, resultando em questões direcionadas para avaliar sua relevância e prática. Consequentemente, este artigo apresenta as percepções desses técnicos municipais sobre a aplicabilidade, eficácia e sustentabilidade das técnicas LID para o controle de inundações e a gestão de águas pluviais em municípios do sul do Brasil.

Este estudo analisou o conhecimento e as percepções de técnicos municipais do sul do Brasil sobre as técnicas de desenvolvimento de baixo impacto (LID), com o objetivo de avaliar sua relevância, eficácia e desafios práticos para o controle de inundações urbanas e a gestão sustentável. O questionário, cuidadosamente reestruturado com base em práticas específicas de técnicas LID identificadas na revisão da literatura, abordando questões de manejo de águas pluviais em áreas urbanizadas. De acordo com Parasuraman (1991), o design e a estruturação de questionários consistem em um conjunto de perguntas elaboradas para gerar os dados

necessários ao alcance dos objetivos da pesquisa, destacando a importância do rigor metodológico neste estudo para captar com precisão as percepções dos técnicos municipais.

II. MATERIAIS E MÉTODO

Esta pesquisa envolve três etapas: a etapa (2.1) seleção e definição das técnicas LID; a etapa (2.2) avaliação das cidades selecionadas e avaliação profissional dos técnicos; e a terceira etapa com (2.3) análise dos resultados e discussão das questões do questionário, com o objetivo de investigar a valorização e o reconhecimento das técnicas LID e a gestão sustentável da drenagem urbana nas cidades, que foram divididas em três seções para uma melhor análise estatística.

SELEÇÃO E CONJUNTO DE TÉCNICAS LID

Com base na revisão da literatura e no mapeamento de técnicas de baixo impacto LID no controle de alagamentos urbanos, nesta fase foram selecionadas oito técnicas de sustentabilidade que demonstraram resultados positivos em relação à minimização de alagamentos em áreas urbanas. Além das técnicas LID, também foram utilizadas técnicas convencionais de drenagem convencional na coleta de dados por meio de questionário, assim, as técnicas citadas foram: (1) Telhados Verdes, (2) Pavimentação Permeável, (3) Técnicas com Bocas de Lobo, (4) Sistemas de Biovaletas, (5) Áreas Verdes e Paisagem, (6) Reservatórios de Detenção ou Retenção, (7) Trincheiras de Infiltração, (8) Sistemas de Canalização, (9) Faixas de grama e tiras de Filtro vegetal e, (10) Jardins de Chuva (Figura 1).



Figura 1 – Técnicas selecionadas para aplicação de questionário. Fonte: Compilação dos Autores (2023).

O estudo utilizou um questionário online como instrumento de coleta, enviando uma carta convite a cada respondente. O questionário continha uma combinação de diferentes questões fechadas e uma elucidação fotográfica para obter melhores informações dos respondentes. Assim, a pesquisa por questionário incorporou dez cenários apresentados na Figura 1, incluindo oito técnicas de desenvolvimento de baixo impacto (LID) e duas técnicas de drenagem convencional. A adição dessas técnicas permitiu ao estudo investigar cada um desses elementos na paisagem urbana compreendendo quatro categorias: 1) atratividade (refere-se ao quão visualmente atrativo é a técnica apresentada); 2) eficácia percebida (refere-se ao prazo de eficácia, se atinge resultados de sustentabilidade em relação à técnica apresentada); 3) sustentabilidade percebida (refere-se à busca de soluções para preservar o meio ambiente e a qualidade de vida da população em relação à técnica apresentada; e 4) aplicável ao manejo de águas pluviais (refere-se à aplicabilidade da técnica em situações como alagamentos urbanos).

Quanto aos critérios de análise para a seleção das cidades relevantes no sul do Brasil, foram considerados três fatores: (a) municípios localizados nos estados do sul do Brasil (Paraná - PR, Santa Catarina – SC, e Rio Grande do Sul - RS); (b) cidades que enfrentam problemas de inundações urbanas; e (c) municípios que possuem rios e córregos em áreas urbanas consolidadas e dentro do perímetro urbano.

ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de investigar a valorização e o reconhecimento das técnicas de desenvolvimento de baixo impacto (LID) e a gestão sustentável da drenagem urbana nas cidades, o questionário solicitou a todos os respondentes que avaliassem as técnicas LID e os elementos de drenagem convencional utilizados nas cidades. O estudo analisou os dados por meio de procedimentos estatísticos, e os resultados são apresentados a seguir em três seções.

AValiação DAS CIDADES SELECIONADAS E DO DESEMPENHO PROFISSIONAL

Nos três estados (PR, SC e RS), os questionários foram enviados para um total de 22 cidades. No estado do Paraná, destacam-se as cidades de Cascavel, Curitiba, Foz do Iguaçu, Londrina, Maringá e Toledo. No estado de Santa Catarina, os questionários foram enviados para as cidades de Balneário Camboriú, Blumenau, Brusque, Florianópolis, Itajaí, Rio do Sul e Joinville. No estado do Rio Grande do Sul, os questionários foram enviados para as cidades de Caxias do Sul, Erechim, Ijuí, Passo Fundo, Pelotas, Porto Alegre, Santana do Livramento, Santa Maria e Uruguaiana. A demografia dos participantes está apresentada na Figura 2.

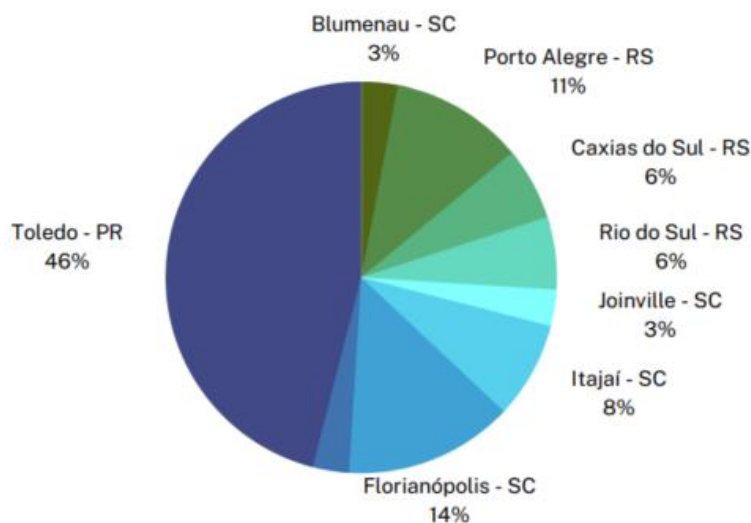


Figura 2 – Dados demográficos dos municípios respondentes. Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Os convites foram enviados a um total de 59 departamentos e secretarias das próprias prefeituras das cidades, com o objetivo de distribuir os questionários aos respondentes de forma voluntária. A pesquisa estabeleceu como meta o número esperado de 40 respondentes, assim, 35 questionários foram preenchidos corretamente até o final, tendo assim uma taxa de retorno de 87,5%. É importante destacar que esta coleta de dados por meio de questionário foi considerada para um grupo de respondentes com alto nível de escolaridade (Figura 3).

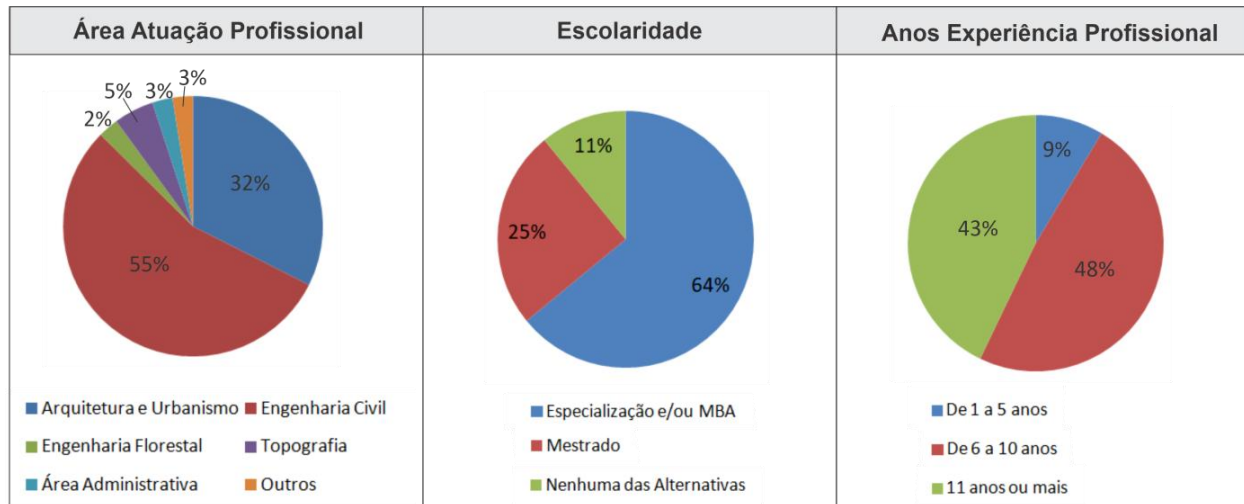


Figura 3 – Perfil dos participantes da pesquisa de questionário. Fonte: Elaborada pelos Autores (2023).

Quanto ao perfil dos participantes por área de atuação profissional, nível de escolaridade e anos de experiência profissional (Quadro 1), em relação à área de atuação profissional, 55% dos respondentes pertencem à área de Engenharia Civil e 32% à área de Arquitetura e Urbanismo. Em relação à escolaridade, destacou-se o número de especializações e/ou MBAs, correspondendo a 64% dos participantes, seguidos por mestrados, com 25%, e nenhuma das alternativas, com 11%. Quanto à predominância de anos de experiência profissional, 48% atuaram de 6 a 10 anos, 43% por 11 anos ou mais, e 9% de 1 a 5 anos de experiência profissional.

Quadro 1 – Dados demográficos dos municípios do Sul do Brasil.

Municipalidades Sul Brasileiras (%) Total de 35 Respondentes	PARANÁ Toledo (46%) Foz do Iguaçu (3%)		SANTA CATARINA Itajaí (8%) Blumenau (3%) Joinville (3%) Florianópolis (14%)		RIO GRANDE DO SUL Caxias do Sul (6%) Porto Alegre (11%) Rio do Sul (6%)	
TOTAL (%)	49%		28%		23%	
Perfil do Participante						
Área de Atividade Profissional (%)	Engenharia Civil (55%)	Arquitetura e Urbanismo (32%)	Topografia (5%)	Área Administrativa (3%)	Outros (3%)	Engenharia Florestal (2%)
Educação (%)	Especialização e/ou MBA (64%)		Mestrado (25%)			Nenhuma das alternativas (11%)
Anos de Experiência Profissional (%)	De 1 a 5 anos (9%)		De 6 a 10 anos (48%)			11 anos ou mais (43%)

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

A distribuição dos questionários em 22 cidades de três estados do sul do Brasil garantiu uma representação geográfica diversificada, o que fortalece a aplicabilidade do estudo a contextos urbanos com diferentes condições socioambientais. A alta taxa de resposta (87,5%) e a significativa participação de profissionais de Engenharia Civil (55%) e Arquitetura e Urbanismo (32%) ressaltam a relevância dos dados obtidos, especialmente considerando seu envolvimento direto no planejamento urbano e no desenvolvimento de infraestrutura.

O alto nível de escolaridade dos respondentes, com 64% possuindo especializações ou MBAs e 25% possuindo mestrados, confere confiabilidade à robustez técnica de suas respostas. Além disso, a considerável experiência profissional, com 91% possuindo mais de seis anos de atuação em suas áreas, sugere que os dados refletem perspectivas experientes. No entanto, vale ressaltar que o foco em respondentes altamente qualificados pode limitar a inclusão de pontos de vista alternativos, como os de *stakeholders* não técnicos ou representantes da comunidade, que também são fundamentais nos processos de desenvolvimento urbano.

Estudos futuros poderiam buscar uma maior exclusividade ao incorporar perspectivas de diferentes formações educacionais e profissionais, a fim de captar uma compreensão mais holística dos desafios urbanos e suas soluções.

AValiação de Projetos Sustentáveis e de Drenagem Municipal

Em relação aos resultados avaliados (seção 01), foi possível observar que ocorreu índices de baixa demanda de projeto em relação aos projetos de drenagem urbana nos municípios sul brasileiros (Quadro 2), isso pode estar relacionado ao fato de que o controle de cargas pontuais na drenagem, a microdrenagem e a

macrodrenagem urbana ainda são ineficazes nas cidades. Portanto, a gestão da drenagem urbana é um desafio extremamente importante (Chocat et al., 2001; Fletcher et al., 2013) nas cidades do sul do Brasil.

Quadro 2 – Demanda de projetos de drenagem públicos/privados.

Projetos de terraplanagem e/ou estudos topográficos	Muita demanda projetual (25.72%)	Média demanda projetual (48.57%)	Pouca demanda projetual (25.71%)
Projetos públicos de microdrenagem	Muita demanda projetual (20%)	Média demanda projetual (40%)	Pouca demanda projetual (40%)
Projetos públicos de macrodrenagem	Muita demanda projetual (20%)	Média demanda projetual (20%)	Pouca demanda projetual (60%)

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

A análise da questão relacionada à opinião dos respondentes sobre a importância dos itens mencionados que contribuem para a ocorrência de inundações urbanas na cidade em que o respondente e/ou trabalha (Quadra 3 e Figura 4) permitiu observar que os três itens classificados como muito importantes foram: o aumento na frequência e no volume das chuvas (62,86%), a impermeabilização do solo devido à ocupação urbana (62,86%) e a falta de investimentos públicos em técnicas de drenagem urbana (37,14%). A percepção sobre o aumento das chuvas está alinhada com os achados de estudos como o de Reckziegel (2007), que analisou desastres naturais no estado do Rio Grande do Sul e destacou mudanças nos padrões de precipitação como fator contribuinte para as inundações urbanas. Além disso, o estudo de Marengo et al. (2021), identificou um aumento significativo em eventos de precipitação extrema no sul do Brasil, mudanças estas associadas a um ciclo hidrológico mais intenso, potencialmente impulsionado pelo aumento da temperatura global. Tais estudos ressaltam a urgente necessidade de políticas de planejamento urbano que considerem esses padrões climáticos em evolução para mitigar os impactos das inundações.

Quadro 3 – Questões relacionadas à ocorrência de alagamentos urbanos.

Número da questão						
01	02	03	04	05	06	07
Aumento da frequência e volume de chuvas intensas (62.86%) 22 dos 35 respondentes	Impermeabilização do solo em função da ocupação urbana (62.86%) 22 dos 35 respondentes	Falta de investimento público em técnicas de drenagem urbana (37.14%) 13 dos 35 respondentes	Falta de infraestrutura urbana convencional (37.14%) 13 dos 35 respondentes	Falta de infraestrutura urbana sustentável (54.28%) 19 dos 35 respondentes	Acúmulo excessivo de lixo e materiais descartados no sistema de drenagem (37.14%) 13 dos 35 respondentes	Obras de drenagem com projetos e/ou implantação ineficientes (40%) 14 dos 35 respondentes
Muito importante	Muito importante	Muito importante	Importante	Importante	Importante	Importante

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

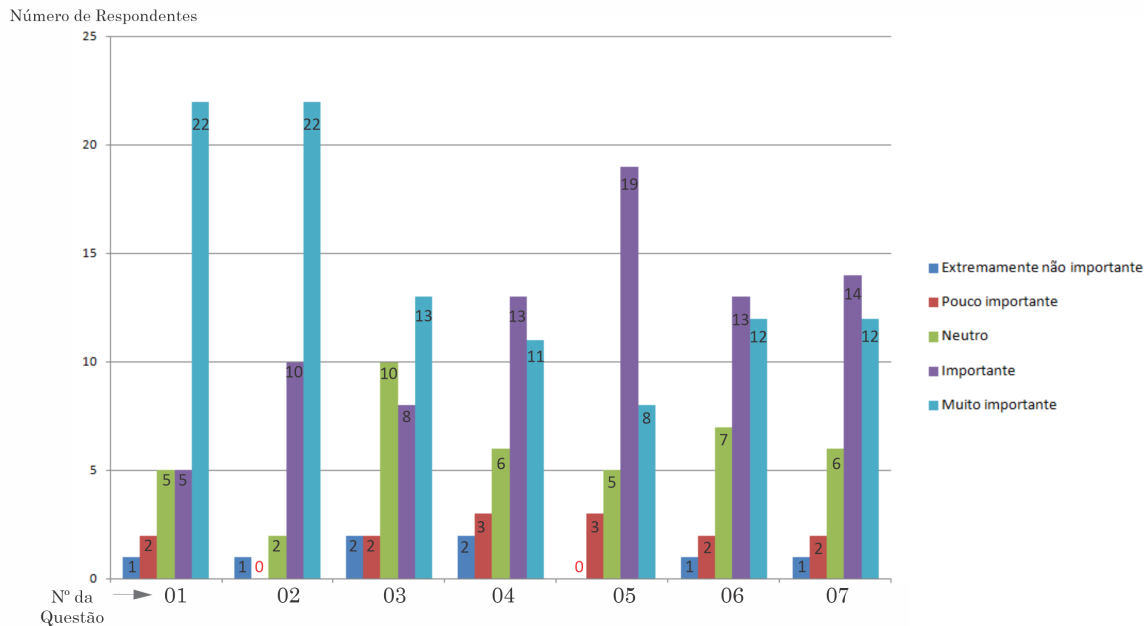


Figura 4 – Itens que contribuem para os alagamentos urbanos. Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Na questão relacionada à demanda por projetos sustentáveis no espaço urbano das cidades (Quadro 4 e Figura 5), o questionário mostra que os projetos de reaproveitamento de energia solar (31,42%) foram considerados muito frequentes pelos entrevistados e os projetos de reaproveitamento de águas pluviais (40%) foram classificados como raramente. De modo geral, foram observados que os projetos na área sustentável eram poucos realizados pelas cidades do Sul do Brasil.

Quadro 4 – Questões relacionadas com projetos sustentáveis no espaço urbano.

Número da Questão					
1	2	3	4	5	6
Projeto de aproveitamento de energia solar (31.42%) 11 dos 35 respondentes	Projeto de arborização e reflorestamento urbano (37.14%) 13 dos 35 respondentes	Projeto de drenagem sustentável (40%) 14 dos 35 respondentes	Projeto de destinação do lixo e reaproveitamento de resíduos sólidos (42.85%) 15 dos 35 respondentes	Projeto de reaproveitamento de água da chuva (40%) 14 dos 35 respondentes	Projeto de mobilidade urbana sustentável (40%) 14 dos 35 respondentes
Muito Frequente	Às vezes	Às vezes	Às vezes	Raramente	Às vezes

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Número de Respondentes

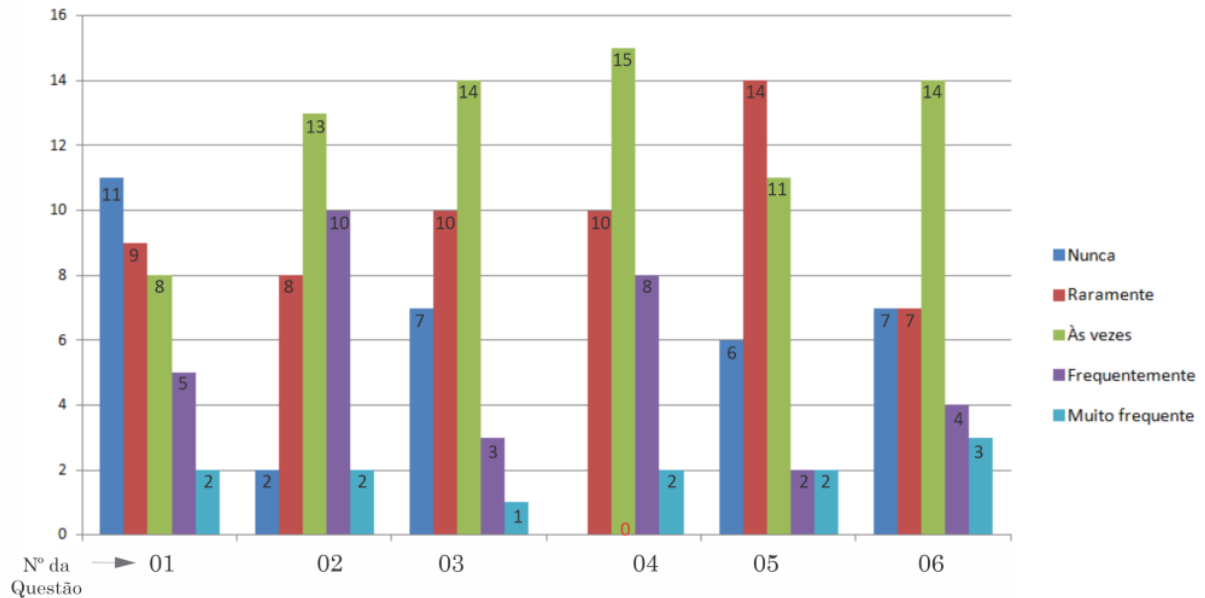


Figura 5 – Demanda por projetos sustentáveis no espaço urbano. Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Foi apresentada a importância dos itens relatados para o crescimento sustentável das cidades (Quadro 5), observou-se uma percepção positiva dos participantes em que os sete itens relatados foram classificados como muito importantes pelos entrevistados. Entre as percepções mais positivas da pesquisa (Figura 6), destacam-se o item reflorestamento e valorização de áreas verdes (68,57%) e o item captação e drenagem de águas pluviais (68,57%).

Quadro 5 – Questões relacionadas ao crescimento sustentável das cidades.

Número da Questão						
01	02	03	04	05	06	07
Melhorias no microclima local (51.42%) 18 dos 35 respondentes	Melhorias no sistema de drenagem urbana (65.71%) 23 dos 35 respondentes	Redução das ilhas de calor e aquecimento global (45.71%) 16 dos 35 respondentes	Reflorestamento e valorização de áreas verdes (68.57%) 24 dos 35 respondentes	Reciclagem do lixo urbano (51.42%) 18 dos 35 respondentes	Meios de transporte não poluentes (42.85%) 15 dos 35 respondentes	Captação e escoamento de águas pluviais (68.57%) 24 dos 35 respondentes
Muito Importante	Muito Importante	Muito Importante	Muito Importante	Muito Importante	Muito Importante	Muito Importante

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

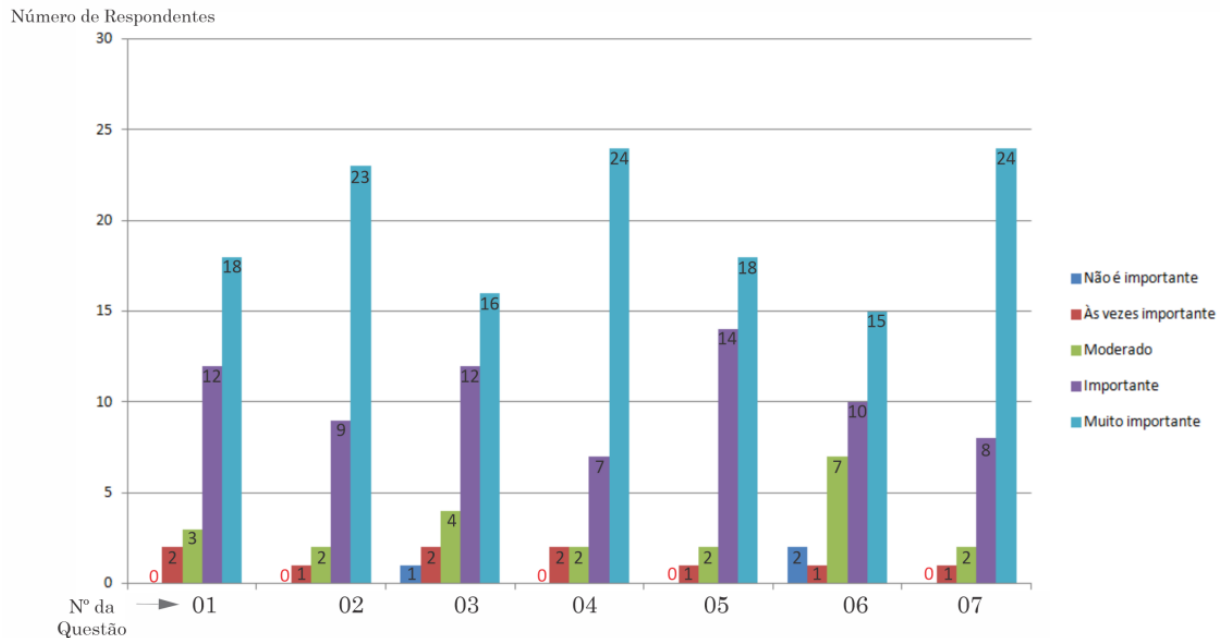


Figura 6 – Importância dos temas mencionados para o crescimento sustentável das cidades.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Buscando compreender todas as questões abordadas nesta seção do questionário, constatou-se que muitos dos técnicos possuíam conhecimento sobre a demanda por projetos de drenagem urbana, tanto públicos quanto privados, e por projetos sustentáveis. Além disso, destacou-se que a falta de investimento público em técnicas de drenagem urbana ainda é uma realidade em municípios do sul do Brasil, o que gera reflexões relevantes para o aprimoramento e a validação de todo o questionário considerado nesta pesquisa. Esse resultado é consistente com os desafios mais amplos identificados globalmente. Por exemplo, Francisco et al. (2023) destacam obstáculos significativos no desenvolvimento da drenagem urbana devido à limitação de recursos financeiros e à capacidade técnica nos municípios brasileiros, corroborando as preocupações levantadas pelos respondentes. De forma semelhante, Tellman et al. (2018) enfatizam o papel crucial dos investimentos em infraestrutura natural para melhorar a segurança hídrica urbana na América Latina, sugerindo que o subinvestimento público agrava as vulnerabilidades às inundações urbanas. Wild et al. (2020) demonstram ainda como a integração de soluções baseadas na natureza no planejamento urbano pode suprir lacunas nos sistemas de drenagem convencionais, oferecendo alternativas sustentáveis que estão alinhadas com as demandas expressas pelos técnicos nesta pesquisa. Essas perspectivas, em conjunto, reforçam a necessidade de aprimorar e validar o questionário para garantir que seja abordado os aspectos multidimensionais dos desafios e oportunidades relacionados à drenagem urbana.







AValiação DAS TÉCNICAS LID NA Paisagem Urbana


Através desta parte do questionário (seção 02), pediu-se aos candidatos que avaliassem a sua apreciação da atratividade estética do local, da eficiência funcional percebida e do desempenho ecológico percebido, utilizando uma escala de atitude de 5 pontos, em que 1 significa que não aprecia nada e 5 significa apreciar muito. Além disso, foi perguntado aos técnicos se reconheciam os benefícios da drenagem sustentável de águas pluviais urbanas dos locais, avaliando até que ponto o desenho paisagístico do local era sustentável em termos de gestão sustentável, utilizando uma escala de atitude de 5 pontos, uma vez que 1 significa Discordo totalmente e 5 significa Concordo plenamente.

No geral, na análise estatística em que os entrevistados apreciaram as técnicas LID (Quadro 6), as técnicas selecionadas para as questões incluíram técnicas LID e técnicas convencionais de drenagem: Telhados Verdes, Pavimentação Permeável, Técnicas de Boca de Lobo, Sistemas de Biovaletas, Áreas Verdes e Paisagem, Reservatórios de retenção ou retenção, Trincheiras de infiltração, Sistemas de Canalização, Faixas de grama e tiras de vegetal, e, Jardins de chuva.

Quadro 6 – Avaliação de Técnicas LID na paisagem urbana (%).

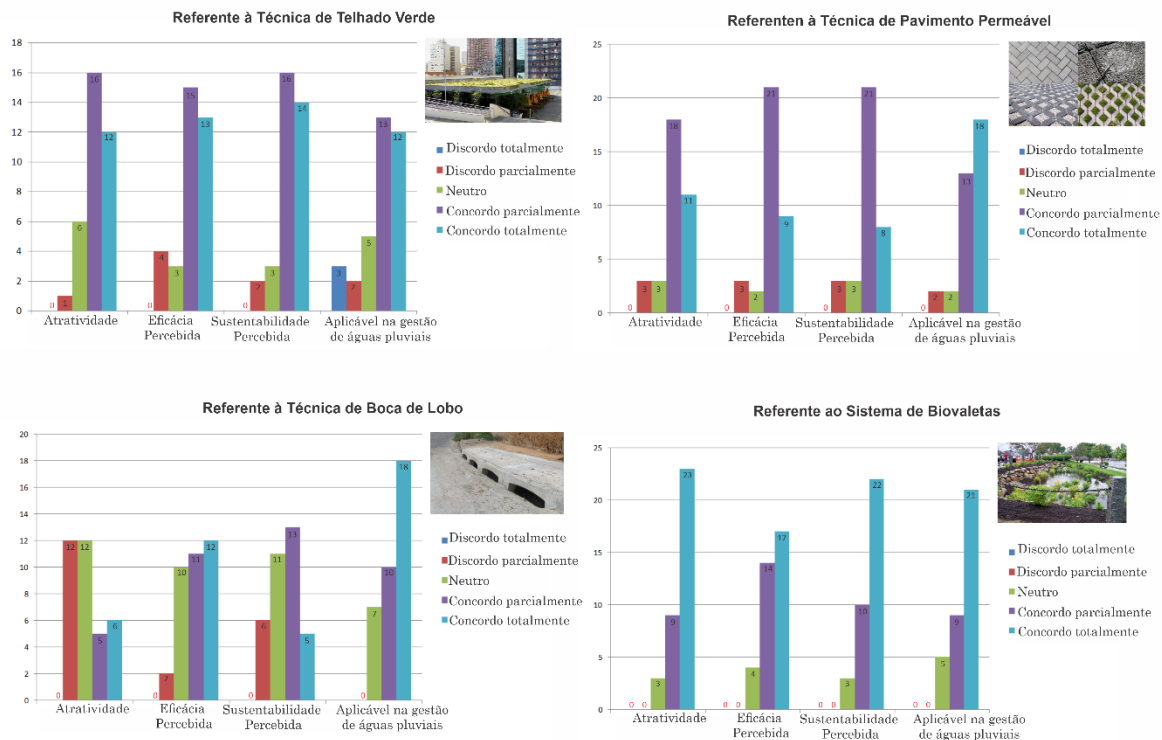
	Técnica de Telhado Verde	Atratividade (45.71%) 16 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (42.85%) 15 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (45.71%) 16 dos 35 respondentes	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (37.14%) 13 dos 35 respondentes
		Concorda Parcialmente	Concorda Parcialmente	Concorda Parcialmente	Concorda Parcialmente
	Técnica de Pavimento Permeável	Atratividade (51.42%) 18 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (60%) 21 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (60%) 21 dos 35 respondentes	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (51.42%) 18 dos 35 respondentes
		Concorda Parcialmente	Concorda Parcialmente	Concorda Parcialmente	Concorda Totalmente
	Técnica de Boca de Lobo	Atratividade (34.28%) 12 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (34.28%) 12 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (37.14%) 13 dos 35 respondentes	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (51.42%) 18 dos 35 respondentes
		Discorda Parcialmente	Concorda Totalmente	Concorda Parcialmente	Concorda Totalmente
	Técnica de Sistema de Biovaletas	Atratividade (65.71%) 23 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (48.57%) 17 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (62.85%) 22 dos 35	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (60%) 21 dos 35

			respondentes	respondentes
	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente
Técnica de Áreas Verdes e Paisagens	Atratividade (88.57%) 31 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (48.57%) 17 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (62.85%) 22 dos 35 respondentes	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (60%) 21 dos 35 respondentes
	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente
Técnica Reservatório de Detenção e Retenção	Atratividade (45.71%) 16 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (65.71%) 23 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (60%) 21 dos 35 respondentes	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (60%) 21 dos 35 respondentes
	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente
Técnica de Trincheira de Infiltração	Atratividade (60%) 21 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (51.42%) 18 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (57.14%) 20 dos 35 respondentes	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (60%) 21 dos 35 respondentes
	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente
Técnica Sistema de Canalização	Atratividade (45.71%) 16 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (37.14%) 13 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (40%) 14 dos 35 respondentes	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (45.71%) 16 dos 35 respondentes
	Discorda Parcialmente	Concorda Parcialmente	Neutro	Concorda Parcialmente
Técnica de Faixa de Grama e Tira de Filtro Vegetal	Atratividade (65.71%) 23 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (45.71%) 16 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (48.57%) 17 dos 35 respondentes	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (51.42%) 18 dos 35 respondentes
	Concorda Totalmente	Concorda Parcialmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente
Técnica Jardim de Chuva	Atratividade (62.85%) 22 dos 35 respondentes	Eficácia Percebida (51.42%) 18 dos 35 respondentes	Sustentabilidade Percebida (60%) 21 dos 35 respondentes	Aplicação na Gestão de águas Pluviais (65.71%) 23 dos 35 respondentes

	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente	Concorda Totalmente
---	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Especificamente, as técnicas de desenvolvimento de baixo impacto receberam avaliações muito positivas nos itens da categoria, seja pela sua atratividade (refere-se à quão visualmente atrativa é a técnica apresentada); eficácia percebida (refere-se ao prazo de eficácia, se atinge resultados de sustentabilidade em relação à técnica apresentada); sustentabilidade percebida (refere-se à busca de soluções para preservar o meio ambiente e a qualidade de vida da população em relação à técnica apresentada); e aplicação na gestão de águas pluviais (refere-se à aplicabilidade da técnica em situações como inundações urbanas) (Figura 7).



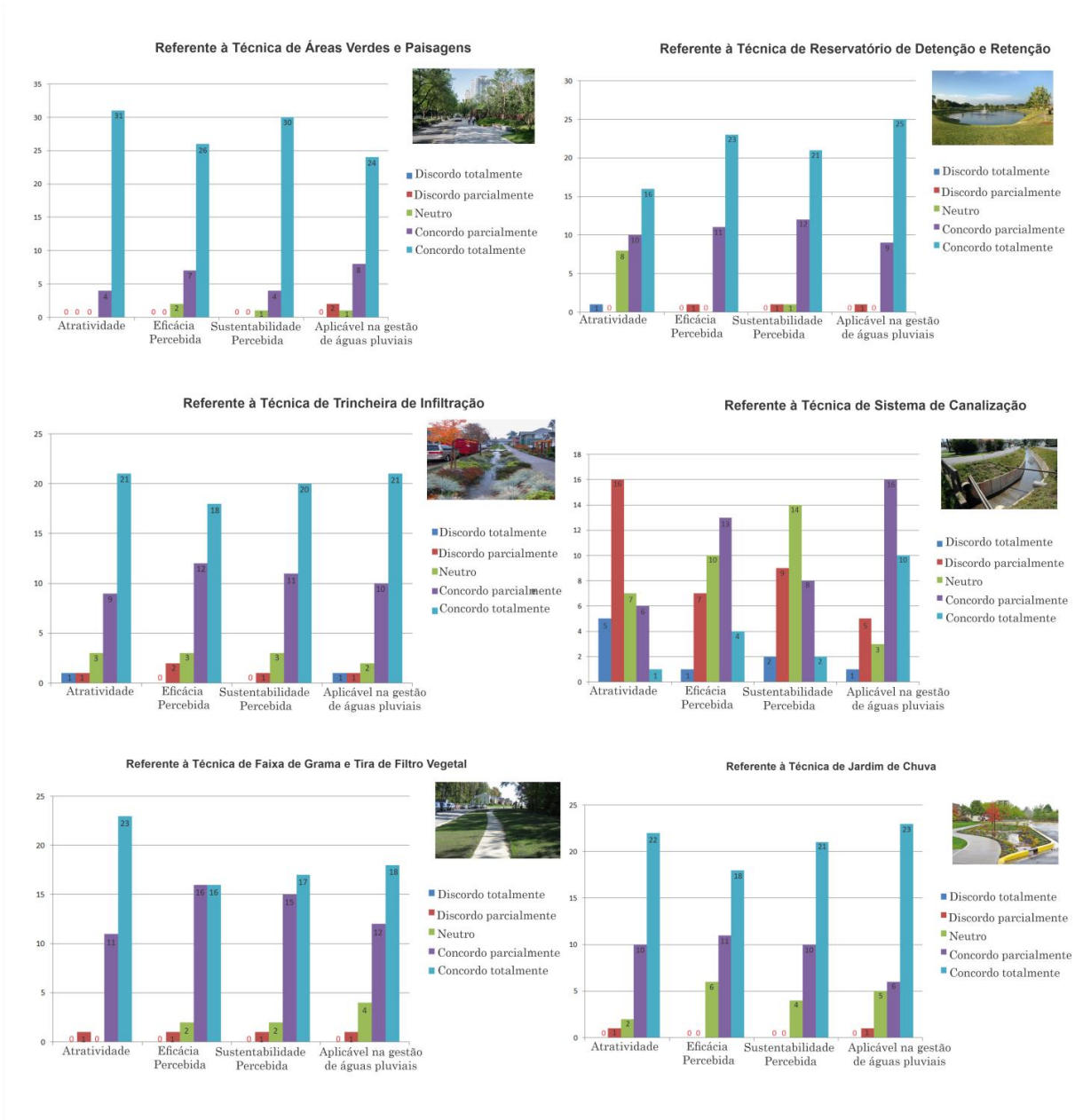


Figura 7 – Análise estatística de LIDs e técnicas de drenagem convencionais. Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

De modo geral, é possível perceber níveis de conhecimento sustentável entre os participantes em relação às técnicas LID e a depreciação das técnicas convencionais de drenagem, apesar dos entrevistados considerarem técnicas aplicáveis à gestão de águas pluviais.

Esta situação demonstra uma posição favorável para a utilização de técnicas de baixo impacto por técnicos em municípios sul brasileiros. Os resultados finais dessas técnicas inseridas no questionário (Figura 8) demonstram estatisticamente a percepção dos respondentes em relação às técnicas selecionadas.

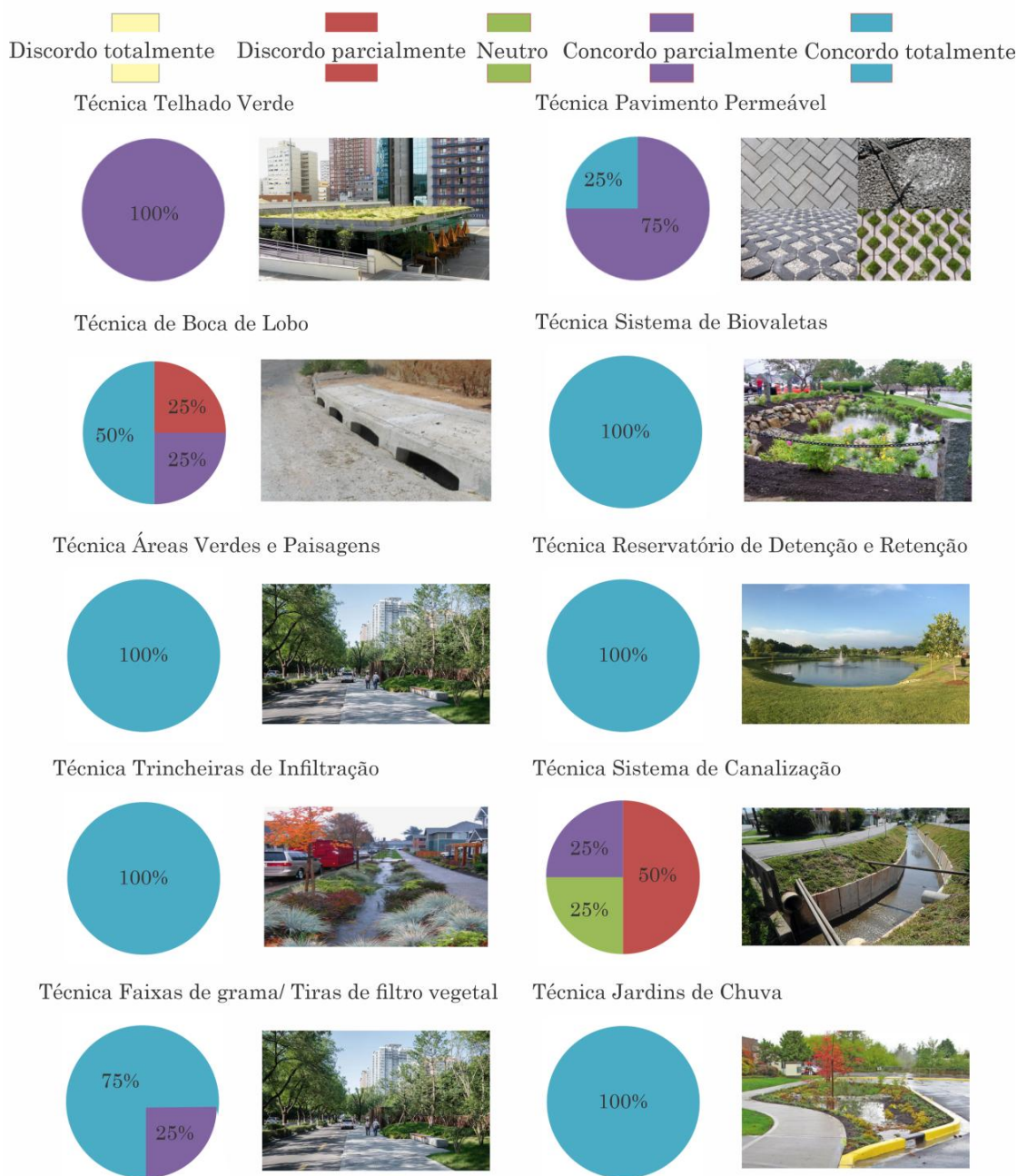


Figura 8 – Aprovação das técnicas LID de acordo com os respondentes. Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

No que diz respeito às técnicas de telhados verdes, na visão geral dos itens classificatórios do questionário aplicado, pode-se concluir que 100% dos respondentes concordaram parcialmente quanto à atratividade, eficácia percebida, sustentabilidade percebida e aplicabilidade na gestão de águas pluviais.

Em relação às técnicas de Faixas de Grama e Tiras de filtro vegetal, 25% dos respondentes concordaram parcialmente e 75% concordaram totalmente em termos de atratividade, eficácia percebida, sustentabilidade percebida e aplicável na gestão de águas pluviais das técnicas mencionadas. Já na técnica de Pavimento

Permeável, os participantes concordaram parcialmente com 75%, e 25% optaram por concordar totalmente com as quatro categorias de classificação.

No que diz respeito às técnicas convencionais de drenagem mencionadas, como as Técnicas de Boca de Lobo e Sistemas de Canalização, as mesmas não foram bem aceitas por todos os participantes. A técnica de Boca de Lobo totalizou 50% dos respondentes que concordaram totalmente com a técnica, 25% concordaram parcialmente e 25% discordaram parcialmente com o uso desta técnica para meios sustentáveis nas cidades. Quanto à técnica de Sistemas de Canalização, 25% dos participantes discordaram parcialmente do uso desta técnica para o desenvolvimento sustentável das cidades, 25% dos respondentes permaneceram neutros em relação à técnica e 50% discordaram parcialmente do seu uso na aplicação de gestão sustentável das cidades.

Por fim, as cinco técnicas citadas acima (sistemas de biovaletas, áreas verdes e paisagens, reservatório de retenção ou detenção, trincheiras de infiltração e jardins de chuva) obtiveram 100% de aprovação dos participantes nos itens atratividade, eficácia percebida, sustentabilidade percebida e aplicáveis na gestão de águas pluviais. Assim, foi demonstrado que o valor dessas técnicas de LID em projetos de drenagem sustentável nas cidades é reconhecido por técnicos de municípios sul brasileiros.

KNOWLEDGE OF SUSTAINABLE MANAGEMENT AND LID TECHNIQUES

Na seção três deste questionário, os respondentes foram questionados para avaliar as suas experiências e conhecimentos sobre a gestão sustentável de águas pluviais. Em relação a eventos e programas que abordassem técnicas sustentáveis como os apresentados, 60% dos participantes afirmaram nunca ter participado de pesquisas com essas características e 40% afirmaram positivamente (Quadro 7). Para os respondentes que responderam positivamente, foi solicitado que indicassem opções de aprendizagem na área de gestão de drenagem urbana e técnicas sustentáveis.

Quadro 7 – Experiência e conhecimento sobre gestão sustentável.

Participou de eventos e programas que abordassem técnicas sustentáveis para melhorias na gestão de águas pluviais	Sim (40%)	Não (60%)
Em caso positivo, indique as opções de aprendizagem que justifique sua resposta	TV / Rádio (20%)	
	Participou de exposições (33,3%)	
	Pesquisou sites e fontes online (60%)	
	Participou de aulas e workshops (60%)	
	Leu publicações e artigos (86,7%)	

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Buscando identificar como os participantes consideram a existência de normas, leis e manuais para análise de projetos sustentáveis (Tabela 1), os principais motivos responsáveis por esta questão foram (69%) que há falta de leis e normas na área sustentável para a análise de projetos urbanos e também (69%) a existência de carência na área de sustentabilidade em relação a manuais e livros com aplicações urbanas sustentáveis.

Tabela 1 – Existência de normas e leis para análises sustentáveis.

Faltam leis/normas na área sustentável para análise de projetos urbanos (69%)	Existem leis/normas sustentáveis, mas há falta de capacidade de implementação por parte das autoridades públicas (57.10%)	Há carência na área de sustentabilidade em relação a manuais/livros com aplicações urbanas sustentáveis (69%)	Soluções sustentáveis geralmente só são consideradas quando também oferecem uma vantagem financeira. Faltam conscientização e intencionalidade na abordagem de projetos com foco na sustentabilidade. (2.90%)	Existem normas e leis, mas falta aos usuários consciência e interesse em implementá-las e realizar a manutenção adequada. (3%)
---	---	---	---	--

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Em segundo lugar, com (57,10%), destaca-se a razão da existência de leis e regulamentos, porém com falta de capacidade de implementação por parte das autoridades públicas. Assim, é possível concluir que a ausência de leis e normas, aliada à limitada aplicação por parte do poder público, ainda apresenta falhas no desenvolvimento das cidades, não havendo uma base regulatória específica sobre técnicas sustentáveis de drenagem de águas pluviais. Além disso, um acervo mais amplo de manuais e livros voltados à aplicação sustentável das cidades, disponibilizado aos técnicos municipais, contribuiria para o melhor desenvolvimento de projetos urbanos nas cidades do sul do Brasil.

Em relação aos participantes que já utilizaram técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) em projetos nos municípios onde reside e/ou trabalham (Tabela 2), destaca-se o uso predominante de duas técnicas: pavimentação permeável, áreas verdes e paisagismo, mencionadas por 88,2% dos respondentes. Essas técnicas têm demonstrado eficácia em iniciativas como o *Green Alley Program* de Chicago (EPA, 2021), que utiliza pavimentação permeável em vielas para mitigar enchentes e reduzir a poluição do escoamento superficial. No que se refere à técnica de drenagem de águas pluviais, utilizada por 79,4% dos respondentes. Curitiba, no Brasil, é um exemplo notável, com seu sistema abrangente de gestão de águas pluviais, que inclui canais de drenagem integrados a espaços verdes para reduzir enchentes urbanas (Climate Action, 2013). Além disso, 58,8% dos respondentes mencionaram o uso de faixas de grama como técnica aplicada.

Em seguida, três técnicas foram empregadas por 8,8% dos técnicos: telhados verdes, jardins de chuva e trincheiras de infiltração. Os telhados verdes, amplamente utilizados em cidades como Toronto, no Canadá, sob

a legislação *Green Roof Bylam*, fornecem isolamento térmico, reduzem o calor urbano e gerenciam de forma eficiente as águas pluviais (Portland, 2024). Os jardins de chuva são amplamente adotados em Portland, nos Estados Unidos, como parte do *Green Streets Program* da cidade, que prioriza a captação do escoamento em sua fonte (Portland, 2019). As trincheiras de infiltração, por sua vez, são utilizadas em Freiburg, na Alemanha, onde planejadores urbanos as integraram em empreendimentos habitacionais sustentáveis para melhorar a recarga do lençol freático.

Por fim, a técnica de reservatório de retenção foi utilizada por cerca de 2,9% dos respondents, semelhante as bacias de retenção no *Bishan-Ang Mo Kio Park*, em Singapura, que também funciona como área recreativa e ferramenta de mitigação de enchentes. No entanto, os sistemas de biorretenção e *bioswales* não foram selecionados nesta questão pelos técnicos, permanecendo em 0%. Isso contrasta com cidades como Seattle, nos Estados Unidos, onde as biovaletas são elementos centrais do *Natural Drainage Systems Program*, atuando na redução de poluentes e no manejo sustentável das águas.

Esses exemplos globais destacam a ampla aplicabilidade e os benefícios das técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID). Também ressaltam a necessidade de uma maior adoção e transferência de conhecimento nos municípios do sul do Brasil, onde a incorporação de uma gama mais diversificada de técnicas poderia fortalecer a resiliência urbana e a sustentabilidade.

Tabela 2 – Técnicas sustentáveis utilizadas pelos municípios.

Pavimento Permeável / Paver (88.2%)	Áreas Verdes e Paisagens (88.2%)	Escoamento de Água Pluviais (79.4%)	Telhados Verdes (8.8%)	Sistemas de Biorretenção/ Biovaletas (0%)	Jardim de Chuva (8.8%)	Tiras de grama vegetal/ Faixas de grama (58.8%)	Trincheiras de Infiltração (8.8%)	Reservatório de Detenção e Retenção (2,9%)
-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	------------------------	---	------------------------	---	-----------------------------------	--

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

Para concluir a pesquisa por meio do questionário, os participantes foram questionados sobre o nível de experiência que cada um tinha em relação às Técnicas de Baixo Impacto – LID (Tabela 3). Assim, a questão apresenta o nível de experiência dos participantes, utilizando uma escala de atitude de 5 pontos, pois 5 significa que o respondente tem domínio do conteúdo relacionado às técnicas LID e 1 significa que tem pouco ou nenhum conhecimento sobre essas técnicas sustentáveis.

Tabela 3 – Nível de Experiência dos participantes.

Escala de Conhecimento				
Pouco Conhecimento 1 (43%) 15 dos 35 participantes	Algum Conhecimento 2 (31,40%) 11 dos 35 participantes	Neutro 3 (23%) 8 dos 35 participantes	Muito Conhecimento 4 (2,90%) 1 dos 35 participantes	Domínio do Conhecimento 5 (0%) 0 dos 35 participantes

Fonte: Os Autores (2023).

Em relação à escala número 1, identificou-se que 43% dos participantes demonstraram que os próprios entrevistados ainda possuem falta de conhecimento sobre a técnica descrita. No que tange à escala número 2, 31,40% dos participantes declararam possuir algum conhecimento, enquanto 23% optaram pela escala número 3, indicando um conhecimento neutro sobre o tema. Em seguida, a escala número 4 foi selecionada por 2,90% dos respondentes, representando um conhecimento elevado sobre técnicas de baixo impacto, e 0% dos participantes escolheram a escala número 5, na qual o profissional teria total domínio sobre o tema das técnicas LID.

III. RESULTADOS EFETIVOS DA PESQUISA

A pesquisa forneceu insights valiosos sobre a adoção e a eficácia das técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) nos municípios do sul do Brasil. Técnicas como pavimentação permeável e áreas verdes/paisagismo destacaram-se como as mais amplamente aplicadas, com 88,2% dos respondentes reconhecendo sua eficácia na solução de desafios relacionados à drenagem urbana. Os sistemas de drenagem de águas pluviais também foram amplamente utilizados, com uma taxa de adoção relatada de 79,4%. Técnicas como jardins de chuva, telhados verdes e trincheiras de infiltração, embora menos comuns (8,8%), foram reconhecidas por seu potencial em drenagem urbana sustentável. Destaca-se, contudo, que métodos avançados, como sistemas de biorretenção e *bioswales*, permanecem inexplorados, apontando para áreas de implementação futura.

Em relação aos critérios de seleção das cidades pesquisadas, três fatores foram priorizados: (a) municípios localizados nos estados do sul do Brasil – Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; (b) cidades com ocorrência significativa de inundações urbanas; e (c) municípios com rios e córregos situados em áreas urbanas consolidadas e dentro do perímetro urbano. Embora esses critérios assegurem a relevância do estudo para centros urbanos enfrentando problemas urgentes de drenagem, é importante reconhecer que o critério (c) exclui, de forma inerente, cidades e municípios menores, onde as técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) poderiam ser aplicadas de maneira mais viável e econômica. Pesquisas futuras poderiam ampliar

o escopo para incluir esses municípios menores, que podem oferecer oportunidades promissoras para a adoção e sucesso mais amplo das estratégias LID.

Os resultados ressaltam, ainda, a importância de ampliar os investimentos públicos e desenvolver legislações abrangentes e diretrizes técnicas que apoiem a gestão sustentável da drenagem urbana. Ao suprir essas lacunas, os municípios do sul do Brasil podem fortalecer sua capacidade de integrar técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) e alcançar maior resiliência frente às inundações urbanas e aos desafios ambientais. Essa discussão refinada integra as fortalezas do estudo ao mesmo tempo que aborda suas limitações, abrindo caminho para aplicações mais amplas e inclusivas das técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID).

IV. CONCLUSÃO

Este estudo forneceu informações empíricas relevantes para a valorização e o reconhecimento das técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) no controle de inundações urbanas em municípios do sul do Brasil, com potencial de aplicação em outros municípios brasileiros.

A implementação das técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) apresentadas requer o apoio da gestão municipal e, portanto, demanda a compreensão por parte dos gestores públicos e da sociedade acerca das técnicas sustentáveis. Os resultados demonstraram que os técnicos municipais da região sul do Brasil valorizaram e reconheceram as técnicas apresentadas para projetos com aplicações de LID. Apesar da limitada familiaridade dos profissionais com as técnicas mencionadas, os respondentes ainda destacaram a ausência de legislações e normas na área sustentável, bem como a carência de manuais e publicações com aplicações urbanas sustentáveis voltadas para o desenvolvimento das cidades.

Em conclusão, os resultados deste estudo indicam que a aplicação das técnicas LID, conforme apresentadas, podem ser utilizadas nas realidades dos municípios do sul do Brasil, bem como em outras realidades urbanas, para uma melhor implementação de técnicas sustentáveis e para a conscientização acerca das técnicas de LID por parte das autoridades públicas, dos técnicos e dos municípios da região sul do Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem, de forma especial, o suporte administrativo e técnico fornecido pelo Programa de Pós Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PROPUR/UFRGS) e pela coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

V. REFERÊNCIAS

- BARBARO, G.; MIGUEZ, M.; DE SOUSA, M.; et al. Innovations in best practices: Approaches to managing urban areas and reducing flood risk in Reggio Calabria (Italy), *Sustainability*, v. 13, n. 6, p. 3463, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13063463>.
- BROWN, R. A.; SKAGGS, R. W.; HUNT, W. F. III. Calibration and validation of DRAINMOD to model bioretention hydrology, *Journal of hydrology*, v. 486, p. 430–442, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.02.017>.
- BROWN, R. R.; FARRELLY, M.; KEATH, N. Professional Perceptions on Institutional Drivers and Barriers to Advancing Diverse Water Options in Australia. In: 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, August 2008. <https://doi.org/10.1080/07900620802586090>.
- CHOCAT, B.; KREBS, P.; MARSALEK, J.; et al. Urban drainage redefined: from stormwater removal to integrated management, *Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research*, v. 43, n. 5, p. 61–68, 2001. <https://doi.org/10.2166/wst.2001.0251>.
- CLIMATE ACTION. Sustainable Water and Waste Management in Brazil. 2013. Disponível at: https://www.climateaction.org/climate-leader-papers/sustainable_water_and_waste_management_in_brazil Access in: 17 nov. 2024.
- COFFMAN, L. Low-impact development: An alternative stormwater management technology. *Handbook of Water Sensitive Planning and Design*. CRC Press, 2002.
- EPA - United States Environmental Protection Agency. Green Streets Handbook. EPA 841-B-18-001, March, 2021. Available at: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/green-street-handbook> Access in: 17 nov 2024.
- FLETCHER, T. D.; ANDRIEU, H.; HAMEL, P. Understanding, management and modeling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: a state of the art. *Adv. Water Resour.* 51, 261–279, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.09.001>.
- FRANCISCO, T. H. S.; MENEZES, O. V. C.; GUEDES, A. L. A. et al. The Main Challenges for Improving Urban Drainage Systems from the Perspective of Brazilian Professionals. *Infrastructures*, 8(1), 5, 2023. <https://doi.org/10.3390/infrastructures8010005>.
- JEMBERIE, M. A.; MELESSE, A. M. Urban flood management through urban land use optimization using LID techniques, city of Addis Ababa, Ethiopia, *Water*, v. 13, n. 13, p. 1721, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13131721>.
- MARENGO, J. A.; CAMARINHA, P. I.; ALVES, L. M.; et al. Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0 and 4.0 °C Global WARMING Scenarios: An Analysis for Brazil. *Frontiers in Climate*, 3, 610433, 2021. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.610433>.
- MAROSTICA, S. D. Método de Aplicação de Técnicas de Baixo Impacto (LID) no controle dos alagamentos urbanos: o caso da sub-bacia do Arroio Dilúvio, RS. 2023. Thesis (Master's Dissertation Graduate Program in Urban and Regional Planning) - Federal University of Rio Grande do Sul. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/265392>.
- NRCS – Natural Resources Conservation Service. Bioswales, 2005. Available at: <https://www.nrcs.usda.gov/> Access in: 27 sep. 2023.
- PALERMO, S. A.; TALARICO, V. C.; TURCO, M. On the LID systems effectiveness for urban stormwater

management: case study in Southern Italy, IOP conference series. Earth and environmental science, v. 410, n. 1, p. 012012, 2020. DOI 10.1088/1755-1315/410/1/012012.

PARASURAMAN, A. Marketing research. 2. ed. Addison Wesley Publishing Company, 1991.

PORTLAND.GOV. Green Street Stewards,2024. Disponível at: <https://www.portland.gov/bes/green-street-stewards> Access in: 17 nov 2024.

PORTLAND.GOV. Green Streets Policy and Green Streets Cross-Bureau Phase 2 Report. Disponível at: <https://www.portland.gov/policies/environment-built/sewer-stormwater-erosion-control/enb-419-green-streets-policy-and-green> Access in: 17 nov. 2024.

QI, J.; BARCLAY, N. Social Barriers and the Hiatus from Successful Green Stormwater Infrastructure Implementation across the US. *Hidrology*, 8(1), 10, 2021. <https://doi.org/10.3390/hydrology8010010>.

RECKZIEGEL, B. W. Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005 (Vol. I e II, p. 284). Thesis (Master's Dissertation Graduate Program in Geography) - Federal University of Santa Maria. <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/9268>.

ROY, A. H.; WENGER, S. J.; FLETCHER, T. D. et al. Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: lessons from Australia and the United States, *Environmental management*, v. 42, n. 2, p. 344–359, 2008. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9119-1>.

SINGAPORE. ABC Waters Design Guidelines. Public Utilities Board (“PUB”). 2ed., 2011. Disponível em: https://www.pub.gov.sg/Documents/ABC_Waters_Design_Guidelines.pdf Acesso em: 26 set. 2023.

TELLMAN, B.; MCDONALD, R. I.; GOLDSTEIN, J. H.; et al. Opportunities for Natural Infrastructure to improve Urban Water security in Latin America. *PLoS ONE*, 13(12), E0209470, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209470>.

TRINH, D. H.; CHUI, T. F. M. Assessing the hydrologic restoration of an urbanized area via an integrated distributed hydrological model, *Hydrology and earth system sciences*, v. 17, n. 12, p. 4789–4801, 2013. <https://doi.org/10.5194/hess-17-4789-2013>, 2013.

TROWSDALE, S. A.; SIMCOCK, R. Urban stormwater treatment using bioretention, *Journal of hydrology*, v. 397, n. 3–4, p. 167–174, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.11.023>.

TZOULAS, K.; KORPELA, K.; VENN, S.; et al. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review, *Landscape and urban planning*, v. 81, n. 3, p. 167–178, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>.

WALSH, T. C.; POMEROY, C. A.; BURIAN, S. J. Hydrologic modeling analysis of a passive, residential rainwater harvesting program in an urbanized, semi-air watershed. *J. Hydrol.* 508, 240–253, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.10.038>.

WILD, T.; BAPTISTA, M.; WILKER, J.; et al. Valuation of urban nature-based solutions in Latin American and European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 91, 128162, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128162>.