

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**ESTRATÉGIAS PARA O AVANÇO DO MANEJO SUSTENTÁVEL  
DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NO BRASIL**

**ANAÍ FLORIANO VASCONCELOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa

São Carlos

2020

Vasconcelos, Anaí Floriano

Estratégias para o avanço do manejo sustentável de  
águas pluviais urbanas no Brasil / Anaí Floriano  
Vasconcelos -- 2020.  
210f.

Tese de Doutorado - Universidade Federal de São Carlos,  
campus São Carlos, São Carlos

Orientador (a): Ademir Paceli Barbassa

Banca Examinadora: Ademir Paceli Barbassa, Marcelo  
Gomes Miguez, Nilo de Oliveira Nascimento, Priscilla  
Macedo Moura, Bernardo Arantes do Nascimento  
Teixeira

Bibliografia

1. Manejo sustentável de águas pluviais urbanas. 2.  
Implantação. 3. Brasil. I. Vasconcelos, Anaí Floriano. II.  
Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Anai Floriano Vasconcelos, realizada em 06/11/2020.

**Comissão Julgadora:**

Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa (UFSCar)

Prof. Dr. Marcelo Gomes Miguez (UFRJ)

Prof. Dr. Nilo de Oliveira Nascimento (UFMG)

Prof. Dr. Priscilla Macedo Moura (UFMG)

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira (UFSCar)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Ademir pela orientação sempre disponível, constante e paciente ao longo do doutorado.

À Maria Fernanda Nóbrega dos Santos pela companhia cibernética e são-carlense nas horas duras e solitárias de trabalho na tese. E também por todo o apoio e parceria nas discussões técnicas sobre o trabalho e na elaboração de artigos. Certamente foi a presença virtual mais constante dos últimos anos na minha vida e uma amiga que ganhei no doutorado.

Ao Rodrigo pela parceria cotidiana que, de tanto ouvir do assunto, é capaz de apresentar, justificar e defender o manejo sustentável de águas pluviais urbanas mesmo não tendo nada a ver com a sua área de formação ou atuação profissional.

A minha mãe e irmã por serem meu porto seguro, a quem recorro desde o preenchimento de questionários piloto até para choramingar minhas angústias com a pesquisa e com o cenário nacional.

À UFSCar pelo afastamento das atividades de docência para dedicação exclusiva à pesquisa e escrita da tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo financiamento parcial desta pesquisa (Código de Financiamento 001).

Aos amigos do Centro de Ciências da Natureza Mônica, Julia, Cláudia, Moysés e Natan pelas diversas ajudas ao longo do período de doutorado.

À Prof. Dra. Cecília Candolo, do Departamento de Estatística da UFSCar, pelas contribuições na elaboração dos questionários.

Aos profissionais de prefeituras e empresas privadas, professores universitários e à população da Bacia do Córrego do Gregório que colaboraram respondendo aos questionários e participaram das entrevistas.

À Jacqueline Low-beer pela revisão do projeto de pesquisa.

À banca de qualificação (Prof. Dr. Nilo de Oliveira Nascimento e Prof.<sup>a</sup> Dra. Maryam Imani), que trouxe ótimas contribuições para o fechamento da pesquisa.

À banca de defesa da tese pelas sugestões para o seu fechamento e pelas contribuições para o avanço com a pesquisa.

Aos amigos de São Carlos que me acolheram e tornaram todo o processo de doutoramento muito mais leve e agradável. Em especial à Isa, Beto, Marina, Dani, Genja, Marisa, Fabi, Greg, Bia e Gui.

Aos amigos que me acolheram em suas casas em Curitiba (Ciça e Inácio), Porto Alegre (Betina, Joana, Marília, Pedro, Tiago e Luana) e Rio de Janeiro (Rogerio e Giovanna) para a realização das entrevistas, já que o dinheiro para pesquisa no PPGEU infelizmente está escasso e hospedagem custa caro. As entrevistas ainda ocorreram no limiar do início da pandemia de Covid-19, o que foi mais um desafio para lidarmos.

Aos amigos e parceiros de pesquisa e risadas do G-Hidro.

A todos os amigos presentes nessa fase, sempre acompanhando o andamento do trabalho, dando sugestões e ouvindo minhas dúvidas, ajudando com revisão de texto, me motivando a cada dia. Especialmente aos amigos da escalada, meu contraponto em momentos de dificuldade.

# **ESTRATÉGIAS PARA O AVANÇO DO MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NO BRASIL**

## **RESUMO**

O manejo sustentável de águas pluviais urbanas (SUSM) é estudado há algumas décadas e sua adoção é crescente. No entanto, apesar dos benefícios comprovados, não se observa a sua adoção em larga escala no Brasil. Desta forma, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a situação do SUSM no Brasil e propor estratégias para sua ampliação. Neste sentido, foi realizado um levantamento das barreiras ao SUSM e de soluções possíveis de serem adotadas para a sua transposição e efetiva adoção de SUSM no Brasil. Foram identificadas 20 barreiras, sendo que cinco delas foram consideradas muito importantes: “Faltam padrões de projeto e de manutenção”, “Falta planejamento em longo prazo”, “Falta divulgação e conhecimento”, “Resistência à mudança” e “Faltam incentivos”. As barreiras “Falta de capacidade ou experiência” e “Legislação inadequada” também foram consideradas principais por se relacionarem com todas as outras barreiras investigadas, resultando, portanto, em maiores benefícios, se transpostas. A busca por soluções às barreiras culminou na identificação de oito estratégias de solução e 80 medidas de implantação destas estratégias. As estratégias de solução foram correlacionadas com as barreiras investigadas, disponibilizando soluções para a superação de barreiras ao SUSM para quaisquer locais, não somente para o Brasil. A avaliação da situação atual e da aplicabilidade das estratégias/medidas ao Brasil foi realizada por meio de entrevistas com profissionais técnicos de prefeituras brasileiras com experiência em SUSM (Belo Horizonte – MG, Curitiba – PR, Porto Alegre – RS, Rio de Janeiro – RJ, São Carlos – SP, e São Paulo – SP). Apesar de os municípios pesquisados possuírem diferentes experiências, algumas medidas adotadas eram similares, como “Controle de quantidade de água de escoamento superficial” e “Leis que obrigam a adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições de pré-desenvolvimento”, as quais foram consideradas mais fáceis de serem adotadas. Isto levou à conclusão de que a experiência influencia na percepção de viabilidade da medida e, portanto, na resistência a sua adoção. Dentre as experiências dos municípios pesquisados, algumas se destacaram: a recente universalização da obrigatoriedade de adoção de SUSM em Belo Horizonte; o Departamento de Esgotos Pluviais em Porto Alegre; e a recente busca pela integração entre planejamento urbano e manejo de águas pluviais em Belo Horizonte e Porto Alegre. Ademais, um olhar para a cidade com foco no aproveitamento de

oportunidades para a adoção de SUSM também é recomendado. Ao se avaliar o avanço de SUSM no Brasil de forma mais ampla, 11 estratégias/medidas foram consideradas como oportunidades de ação. A adoção destas contemplaria todas as estratégias/medidas recomendadas para a transposição da barreira “Resistência à mudança”, essencial para a mudança de paradigma no manejo das águas pluviais urbanas. Destas, as medidas “Leis que obrigam adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições pré-desenvolvimento” e “Divulgação de SUSM” são as que colaborariam com a transposição de um maior número de barreiras e, portanto, poderiam ser priorizadas. Para o avanço de SUSM no país é necessário que mais estudos sobre o tema sejam realizados, em especial sobre a documentação e compartilhamento dos esforços empreendidos em municípios brasileiros.

**Palavras-chave:** Manejo sustentável de águas pluviais urbanas; Barreira; Desafio; Dificuldade; Estratégia; Solução; Implantação; Adoção; Brasil.

# **STRATEGIES FOR THE PROGRESS OF SUSTAINABLE URBAN STORMWATER MANAGEMENT IN BRAZIL**

## **ABSTRACT**

*Sustainable urban stormwater management (SUSM) has been studied for some decades and its adoption is growing. However, despite the benefits, its adoption in Brazil is not widespread. Thus, this research aimed to assess the status of SUSM in Brazil and propose strategies for its progress. In this sense, a survey about the SUSM-related barriers in Brazil and the solutions available to their overcoming and effective adoption of SUSM was carried out. Twenty barriers were identified, five of which were considered very important: “Lack of design and maintenance standards”, “Lack of long-term planning”, “Lack of dissemination and knowledge”, “Reluctance to change”, and “Lack of incentives”. The barriers “Lack of capacity or experience” and “Lack of proper laws” also composed the main barriers list, because they are related to all the other barriers investigated. Hence, their overcoming would lead to greater benefits. The search for solutions to the barriers identified eight solution strategies and 80 implementation measures. The solution strategies were correlated with the investigated barriers, providing solutions for overcoming SUSM-related barriers for any location, not only for Brazil. The assessment of the current situation and of the applicability of the strategies/measures to Brazil was carried out through interviews with technical professionals from Brazilian city halls with experience in SUSM (Belo Horizonte – MG, Curitiba – PR, Porto Alegre – RS, Rio de Janeiro – RJ, São Carlos – SP, and São Paulo – SP). Although the municipalities have different experiences, some measures adopted were similar, such as “Runoff quantity control” and “Laws that require SUSM adoption and preservation of pre-development hydrological conditions in new development and renovations”, which were considered easier to be adopted. This led to the conclusion that the experience influences the perception of viability of the measure adoption and, therefore, the resistance to its implementation. Among the experiences of the surveyed cities, some stand out: the recent universalization of the mandatory adoption of SUSM, in Belo Horizonte; the Department of Stormwater Sewers, in Porto Alegre; and the recent search for integration between urban planning and stormwater management, in Belo Horizonte and Porto Alegre. In addition, looking for opportunities for the adoption of SUSM in each city is also recommended. Considering the progress in the whole scenario of SUSM in Brazil, 11 strategies/measures were considered as action opportunities. Their adoption would comprise*



*all the strategies/measures recommended for the overcoming of the barrier “Reluctance to change”, essential for the paradigm shift in the urban stormwater management. Among the action opportunities, the measures "Laws that require SUSM adoption and preservation of pre-development hydrological conditions in new development and renovations" and "Propagation of SUSM" would help to overcome a greater number of barriers and, therefore, should be prioritized. For the progress of SUSM in the country, more studies on the theme should be carried out, especially regarding documentation and sharing of the efforts in SUSM adoption in the Brazilian municipalities.*

**Keywords:** *Sustainable urban stormwater management; Barrier; Challenge; Difficulty; Strategy; Solution; Implementation; Adoption; Brazil.*

## **Lista de figuras**

Figura 1: Fluxograma do método da pesquisa. ....	9
--	---

## **Lista de siglas**

**BMP** - *best management practices*

**DEP** - Departamento de Esgotos Pluviais

**GI** - *green infrastructure*

**IUWM** - *integrated urban water management*

**LID** - *low impact development*

**LIUDD** - *low impact urban design and development*

**SUDS** - *sustainable urban drainage system*

**SUSM** - *sustainable urban stormwater management*

**SUWM** - *sustainable urban water management*

**WSUD** - *water sensitive urban design*

## Sumário

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Hipóteses.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Referências bibliográficas.....	5
<b>CAPÍTULO 2 – ETAPAS METODOLÓGICAS E ORGANIZAÇÃO DA TESE .....</b>	<b>8</b>
2.1 Organização da tese .....	11
<b>CAPÍTULO 3 – <i>BARRIERS TO SUSTAINABLE URBAN STORMWATER MANAGEMENT IN DEVELOPING COUNTRIES: THE CASE OF BRAZIL</i> .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 4 – <i>STRATEGIES TO OVERCOME BARRIERS AND TO EFFECTIVELY ACHIEVE SUSTAINABLE URBAN STORMWATER MANAGEMENT: A REVIEW</i>.....</b>	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO 5 – VALIDAÇÃO DE BARREIRAS E EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS DE ADOÇÃO DE MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS .....</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO 6 – ESTRATÉGIAS E OPORTUNIDADES DE AÇÃO PARA ADOÇÃO DE MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NO BRASIL .....</b>	<b>96</b>
<b>CAPÍTULO 7 – CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>124</b>
<b>CAPÍTULO 8 – OUTRAS PRODUÇÕES .....</b>	<b>131</b>
8.1 Artigos completos publicados em periódicos .....	132
8.2 Resumos publicados em anais de eventos .....	133
8.3 Capítulos de livros publicados .....	133
8.4 Artigos completos submetidos a periódicos .....	133
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS SOBRE BARREIRAS .....</b>	<b>134</b>
Carta convite para a população .....	135
Carta convite para os profissionais de instituições públicas .....	136
Carta convite para os profissionais de instituições privadas.....	138
Carta convite para os professores universitários.....	140
Termo de consentimento para a população .....	142
Termo de consentimento para os profissionais de instituições públicas.....	144

Termo de consentimento para os profissionais de instituições privadas.....	146
Termo de consentimento para os professores universitários.....	148
Questionário para a população .....	150
Questionário para os profissionais de instituições públicas.....	157
Questionário para os profissionais de instituições privadas.....	168
Questionário para os professores universitários.....	178
<b>APÊNDICE B – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS .....</b>	<b>188</b>

# **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

Este capítulo introduz o trabalho desenvolvido ao longo do doutorado, suas hipóteses e objetivos.

# 1 INTRODUÇÃO

A associação entre mudança de uso do solo e degradação dos recursos hídricos é evidente e já foi amplamente estudada (VARGAS, 1999; CARNEIRO, 2008; LOPERFIDO et al, 2014). A urbanização implica em maior concentração de construções e, conseqüentemente, no aumento de áreas impermeabilizadas. Em termos hidrológicos, este processo acarreta no aumento do volume de água que esco superficialmente, além da diminuição dos tempos de concentração das bacias urbanas devido ao aumento da velocidade de escoamento. Isto aumenta significativamente as vazões de pico de cheias em bacias com áreas urbanas e, conseqüentemente, a frequência de inundações (DUARTE et al, 2003; TUCCI, 2005). Com o crescimento descontrolado das cidades, comumente são povoadas as planícies de inundação, o que limita ainda mais o espaço de espraiamento das cheias e agrava as conseqüências do adensamento populacional tanto para o meio ambiente, quanto para a população, que sofrem com o constante risco de inundações. Além dos impactos quantitativos, a qualidade da água também é afetada pela urbanização, devido ao carreamento de poluentes das superfícies urbanas e do acréscimo de sedimentos transportados, oriundos da erosão dos corpos hídricos pelo aumento das vazões (MDE, 2009).

Para minimizar os impactos negativos associados à urbanização, é importante tratar a drenagem urbana de forma integrada ao crescimento urbano, aliado ao planejamento urbano e ambiental sustentável (SIMON et al, 2003; MIGUEZ et al, 2015). Como o problema em questão é agravado por intervenções nas características originais do ambiente, resultantes de ações distribuídas ao longo da bacia hidrográfica, as soluções devem ser pensadas nesta mesma escala (REZENDE et al, 2013; SILVA et al, 2014). Para aumentar a sustentabilidade hidrológica de uma cidade, recomenda-se manter as características hidrológicas das bacias o mais próximo possível de sua ocupação natural, de modo a não transferir para jusante as conseqüências resultantes da ocupação (SOUZA et al, 2012; BALLARD et al, 2015).

Neste sentido há diversas propostas que buscam contemplar de forma mais sustentável as águas pluviais urbanas, como, por exemplo, técnicas compensatórias, técnicas alternativas, *best management practices* (BMP), *integrated urban water management* (IUWM), *sustainable urban water management* (SUWM), *low impact urban design and development* (LIUDD), *low impact development* (LID), *water sensitive urban design* (WSUD), *green infrastructure* (GI) e *sustainable urban drainage system* (SUDS) (FLETCHER et al, 2015), todas sintetizadas neste estudo pelo termo manejo sustentável de águas pluviais urbanas (do inglês *sustainable urban stormwater management* – SUSM).

Cada um destes conceitos adota estratégias de atuação distintas, mas que convergem no que diz respeito às medidas não estruturais e estruturais passíveis de serem adotadas para minimizar o impacto hidrológico da mudança de uso de solo (PITT & CLARK, 2008). As medidas não estruturais consistem basicamente no planejamento ambiental e hidrológicamente adequado do uso do solo e suas alterações, o que inclui políticas públicas e a legislação específica para sua implementação. As medidas estruturais, por sua vez, focam no controle das alterações hidrológicas ocasionadas pela mudança de uso do solo de forma distribuída ao longo da bacia hidrográfica, o mais próximo possível da fonte geradora (BAPTISTA et al, 2005). Para tanto, podem ser adotadas estruturas de grande porte que atendam uma área extensa, como reservatórios de retenção, ou estruturas pequenas, que atendam uma rua ou mesmo um único terreno, próximo à fonte geradora do escoamento superficial extra, como é o caso de valas drenantes ou de jardins de chuva.

Já existem algumas cidades no Brasil que têm leis para controle na fonte de escoamentos superficiais, como é o caso de Belo Horizonte (2020), Porto Alegre (2014), São Paulo (2016), Curitiba (2007), Rio de Janeiro (2004) e também cidades de pequeno e médio porte, como São Carlos - SP (2003; 2011). No entanto, o alcance destas regulamentações ainda é reduzido, visto que, além de não existirem para todos os municípios, em alguns casos só se aplicam para empreendimentos que atendam alguns requisitos, como por exemplo, área construída superior a 500 m<sup>2</sup>. Dessa forma, verifica-se a necessidade da criação de leis, normas e especificações técnicas para a regulamentação da implantação de medidas de controle na fonte que contemplem uma parcela maior de empreendimentos.

Sobre a criação de políticas públicas eficazes para a gestão sustentável de águas pluviais urbanas, Tominaga (2013) propõe que os estudos que as subsidiam, sejam desenvolvidos por centros de pesquisa e universidades, baseados em conhecimento acadêmico e projetos piloto adaptados às condições meteorológicas locais e de uso e ocupação. Esta colocação da autora reforça a necessidade de estudos nesta área do conhecimento.

Além disso, independentemente do tipo de medidas a serem adotadas, observam-se dificuldades práticas para a sua implantação. Neste sentido, alguns autores, como Brown e Farrelly (2009) e Marlow et al (2013) apresentam um levantamento sobre as barreiras enfrentadas para a gestão sustentável das águas urbanas no exterior. Entende-se que conhecer a situação existente e a dinâmica da mudança de paradigma para um manejo mais sustentável das águas pluviais seja fundamental para a melhoria da sustentabilidade e incremento da resiliência das águas pluviais urbanas. No entanto, ainda há poucos trabalhos no Brasil neste sentido, como os de Parkinson et al (2003) e Souza (2013) que apontam aspectos a serem



considerados para a gestão sustentável das águas pluviais urbanas, mas não especificamente as barreiras.

Com base no exposto, para avançar no sentido de uma gestão de águas pluviais urbanas mais sustentável, propõe-se investigar as barreiras existentes e estudar possíveis soluções para transpô-las no contexto brasileiro, onde o conceito de SUSM ainda não é amplamente difundido e as condições de planejamento, projeto, fiscalização e manutenção não são, na maioria das cidades, as ideais.

## **1.1 Hipóteses**

A mudança de uso do solo para atividades antrópicas altera o ciclo hidrológico e necessita ser planejada de forma a minimizar este impacto. Existem dificuldades práticas para a ampla adoção de SUSM, especialmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, em que os intentos são incipientes e os estudos sobre o assunto ainda são escassos. Neste contexto, a hipótese 1 deste estudo é de que existem barreiras no Brasil para a ampla adoção de SUSM. E a hipótese 2 é de que existem medidas adotadas internacionalmente viáveis de serem adotadas para transpor estas barreiras e avançar com a adoção de SUSM no contexto brasileiro atual.

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo geral**

O presente estudo teve por objetivo avaliar a situação atual e as dificuldades enfrentadas para a adoção de SUSM e analisar soluções para o seu avanço no Brasil, dadas as especificidades locais.

### **Objetivos específicos**

- Identificar as barreiras para a adoção de SUSM em outros países e diagnosticar as enfrentadas no Brasil;
- Levantar as estratégias de solução adotadas em outros países para transposição das barreiras e efetiva adoção de SUSM;
- Conhecer a situação atual do Brasil com relação à transposição de suas principais barreiras ao SUSM;

- Avaliar a aplicabilidade das estratégias de solução e respectivas medidas de implantação adotadas em outros países e nos municípios brasileiros para a transposição das principais barreiras ao SUSM no Brasil.

### 1.3 Referências bibliográficas

- BALLARD, B. W.; WILSON, S.; UDALE-CLARKE, H.; ILLMAN, S.; SCOTT, T.; ASHLEY, R.; KELLAGHER, R. **The SuDS Manual**. London, 2015.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N; BARRAUD, S., 2005. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2a edição revisada: 2011. ABRH. Porto Alegre. 318 p.
- BELO HORIZONTE. **Decreto nº 17.273, de 4 de fevereiro de 2020**. Regulamenta os Títulos V a IX da Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019, sobre parcelamento do solo, ocupação do solo, uso do solo, áreas de interesse ambiental e patrimônio cultural e urbano no Município, e dá outras providências.
- BROWN, R. R., & FARRELLY, M. A. Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. **Water Science and Technology**, 59(5), 839-846, 2009.
- CARNEIRO, P. R. F. **Controle de inundações em bacias metropolitanas, considerando a integração do planejamento do uso do solo à gestão dos recursos hídricos. Estudo de caso: bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008. 296 p.
- CURITIBA. **Decreto nº 176, de 20 de março de 2007**. Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção e cheias.
- DUARTE, R. X. M.; MIGUEZ, M.; MASCARENHAS, F. Modelação matemática de controle de cheias urbanas com uso de reservatórios de lote. In: **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos ABRH**, 15., 2003, Curitiba.
- FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANGER, M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542, 2015.

- LOPERFIDO, J. V.; NOE, G. B.; JARNAGIN, S. T.; HOGAN, D. M. Effects of distributed and centralized stormwater best management practices and land cover on urban stream hydrology at the catchment scale. **Journal of Hydrology**, n. 519, 2584-2595, 2014.
- MARLOW, D. R.; MOGLIA, M.; COOK, S.; BEALE, D. Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. **Water Research**, n. 47, 7150-7161, 2013.
- MDE. **Maryland Stormwater Design Manual: Volumes I e II**. Maryland Department of the Environment. Water Management Administration. Maryland, 2009.
- MIGUEZ, M. G., REZENDE, O. M., & VEROL, A. P. (2015). City Growth and Urban Drainage Alternatives: Sustainability Challenge. **Journal of Urban Planning and Development**, 141(3).doi: 10.1061/(asce)up.1943-5444.0000219
- PARKINSON, J.; MILOGRANA, J.; CAMPOS, L. C.; CAMPOS, R. **Drenagem Urbana Sustentável no Brasil: Relatório do Workshop em Goiânia – GO**. Goiânia, 2003.
- PITT, R.; CLARK, S. E. Integrated Storm-Water Management for Watershed Sustainability. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, n. 134, 548-555, set./out. 2008.
- PORTO ALEGRE. **Decreto nº 18.611, de 9 de abril de 2014**. Regulamenta o controle da drenagem urbana e revoga os itens 4.8.6, 4.8.7 e 4.8.9 do Decreto nº 14.786, de 30 de dezembro de 2004 – Caderno de Encargos do DEP – e o Decreto nº 15.371, de 17 de novembro de 2006.
- REZENDE, O. M.; MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P. Manejo de águas urbanas e sua relação com o desenvolvimento urbano em bases sustentáveis integradas – estudo de caso dos rios Pilar-Calombé, em Duque de Caxias/RJ. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 18(2), 149-163, 2013.
- RIO DE JANEIRO (Município). **Lei nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004**. Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Diário Oficial Rio, 02 de fevereiro de 2004.
- SÃO CARLOS. **Lei nº 13.246 de 27 de novembro de 2003**. Dispõe sobre a construção de reservatório de detenção ou retenção de águas em conjuntos habitacionais, áreas comerciais e industriais, loteamentos ou parcelamentos em áreas urbanas.
- SÃO CARLOS. **Lei nº 15.958, de 29 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre o código de obras e edificações do Município de São Carlos, e dá outras providências.
- SÃO PAULO (Município). **Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016**. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 - Plano Diretor Estratégico (PDE).

- SILVA, S. P.; TEIXEIRA, B. A. N.; BARBASSA, A. P.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. Principles of sustainability as guidelines of actions for the solution of stormwater management related problems. In: **6<sup>th</sup> International Conference on Flood Management**, 2014, São Paulo.
- SIMON, A., CORDOVA, T., COOKE, J., AGUILERA-HARWOOD, P., & MIERA, B. A dialogue for sustainability: people, place and water. In E. Tiezzi, C. A. Brebbia & J. L. Uso (Eds.), **Ecosystems and Sustainable Development** IV, Vols 1 and 2, V. 18-19, 1165-1174, 2003.
- SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 17(2), 9-18, 2012.
- SOUZA, V. C. B. Gestão da drenagem urbana no Brasil: Desafios para a sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, 1(1), 57-72, 2013.
- TOMINAGA, E. N. S. **Urbanização e cheias: medidas de controle na fonte. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. São Paulo, 2013. 137 p.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.
- VARGAS, M. C. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. **Ambiente & Sociedade**, ano II, n. 5, p. 109-134, 1999.

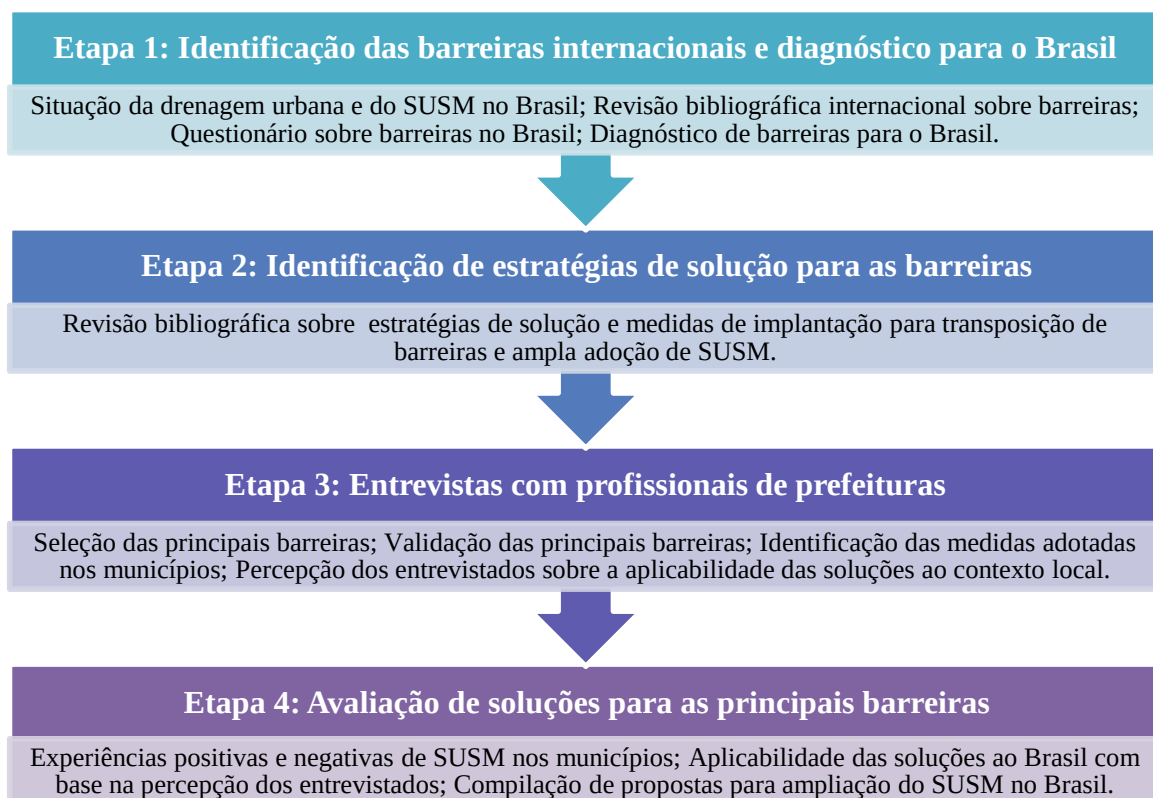
## **CAPÍTULO 2 – ETAPAS METODOLÓGICAS E ORGANIZAÇÃO DA TESE**

Este capítulo apresenta as etapas metodológicas adotadas para desenvolvimento da pesquisa e a organização da tese.

## 2 ETAPAS METODOLÓGICAS E ORGANIZAÇÃO DA TESE

Com o objetivo de compreender o cenário do SUSM no Brasil e avaliar possíveis soluções para as barreiras diagnosticadas, a metodologia deste estudo contempla as etapas apresentadas na Figura 1.

**Figura 1: Fluxograma do método da pesquisa.**



A Etapa 1 da pesquisa consistiu em identificar as barreiras ao SUSM em âmbito internacional e, posteriormente, no Brasil. Para tanto foi realizada uma revisão de literatura sobre a situação do SUSM no Brasil e no mundo e dos estudos existentes sobre as barreiras para a sua ampla adoção. Como ainda não existiam estudos sobre barreiras ao SUSM no Brasil, os questionários foram utilizados para verificação da validade das barreiras internacionais para o Brasil. Eles foram enviados para quatro grupos de atores, para compreender as variadas perspectivas sobre o tema. São eles: profissionais de instituições públicas municipais que atuem com drenagem urbana, profissionais de instituições privadas que atuem com projetos e obras de drenagem urbana, professores universitários que lecionem ou pesquisem sobre drenagem urbana e a população de uma bacia que sofre recorrentes problemas de alagamentos e inundações. Desta forma, obteve-se, pelo olhar destes grupos de

atores, isoladamente e de forma integrada, a percepção sobre as barreiras ao SUSM vigentes no Brasil.

A Etapa 2 visou identificar, por meio de uma revisão bibliográfica, as estratégias de solução e medidas de implantação destas estratégias passíveis de serem adotadas para a superação das barreiras. Nesta etapa, as estratégias de solução também foram correlacionadas com as barreiras que poderiam ser transpostas com a sua implantação. Esta correlação resultou em uma matriz que pode ser consultada por qualquer agente interessado em estratégias de solução para a superação de barreiras ao SUSM específicas para a sua realidade local.

A Etapa 3 consistiu em um conjunto de entrevistas com profissionais de prefeituras com experiência em SUSM para aprofundamento do conhecimento sobre a realidade brasileira no assunto. Para tanto, foram selecionadas, com base nos resultados da Etapa 1, as principais barreiras ao SUSM no Brasil, as quais foram verificadas nas entrevistas. As entrevistas também visaram identificar quais as medidas já adotadas pelos municípios para a superação destas barreiras e quais, dentre as medidas identificadas na Etapa 2, seriam aplicáveis aos municípios. De modo geral, esta etapa visou verificar, segundo a opinião dos entrevistados, a aplicabilidade da experiência internacional à realidade dos municípios brasileiros.

A Etapa 4 foi uma análise integrada dos resultados das entrevistas realizadas na Etapa 3, de modo a embasar discussões sobre possíveis soluções para a transposição das principais barreiras ao SUSM no Brasil, dadas as especificidades locais. Para tanto, avaliaram-se as experiências com SUSM dos municípios e a facilidade de aplicação de cada estratégia de solução e medida de implantação, segundo a opinião integrada de todos os profissionais entrevistados. Com base na análise das estratégias e medidas consideradas de mais fácil adoção e que colaborariam com a transposição de mais barreiras principais, foram identificadas as melhores oportunidades de ação para superação de barreiras e ampliação da adoção de SUSM no Brasil.

A execução das etapas da pesquisa resultou em quatro artigos, sendo que cada um deles respondeu a um objetivo específico. Estes artigos foram submetidos a periódicos e eventos científicos da área e foram apresentados na íntegra em capítulos dedicados a eles. Desta forma, as informações completas de cada etapa (revisão bibliográfica, metodologia e resultados) estão disponibilizadas nos referidos artigos, nos próximos capítulos desta tese.

## 2.1 Organização da tese

A presente tese está organizada em oito capítulos e dois apêndices, sendo que os capítulos 3 a 6 são apresentados na forma de artigos no formato de submissão para as revistas e eventos em questão. Seguem os conteúdos apresentados em cada um dos capítulos da tese:

- **Capítulo 1:** Introdução  
Breve contextualização sobre o manejo das águas pluviais urbanas no Brasil e apresentação das justificativas, hipóteses e objetivos da pesquisa.
- **Capítulo 2:** Etapas metodológicas e organização da tese  
Apresentação das etapas de execução da pesquisa e de sua disposição na tese.
- **Capítulo 3:** Artigo “*Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: the case of Brazil*”  
Apresentação de um artigo sobre as barreiras para ampla adoção de SUSM no Brasil e em países em desenvolvimento, onde este assunto ainda é incipiente. Este artigo compõe os resultados desta pesquisa.
- **Capítulo 4:** Artigo “*Strategies to overcome barriers and to effectively achieve sustainable urban stormwater management: a review*”  
Apresentação de um artigo com uma revisão bibliográfica sobre soluções para transposição das barreiras e efetiva adoção de SUSM, também resultado parcial desta pesquisa.
- **Capítulo 5:** Artigo “Validação de barreiras e experiências municipais de adoção de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”  
Apresentação de um artigo sobre a validação das principais barreiras ao SUSM no Brasil para os seis municípios que tiveram seus profissionais entrevistados e as suas experiências para transposição destas barreiras e adoção de SUSM. Este artigo compõe os resultados desta pesquisa e foi apresentado no XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas.
- **Capítulo 6:** Artigo “Estratégias e oportunidades de ação para adoção de manejo sustentável de águas pluviais urbanas no Brasil”  
Apresentação de um artigo sobre a avaliação da aplicabilidade das soluções para transposição das principais barreiras ao SUSM do Brasil, com a proposição de oportunidades de ação para o avanço de SUSM. Este artigo é parte dos resultados desta pesquisa.
- **Capítulo 7:** Conclusão geral



Compilação das conclusões dos artigos dos capítulos 3 a 6, de modo a responder, de forma integrada, aos objetivos da pesquisa.

- **Capítulo 8:** Outras produções

Apresentação de outras atividades e produções realizadas ao longo do doutorado que também contribuíram para a formação da doutoranda.

- **Apêndice A:** Questionários sobre barreiras

Apresentação das cartas convite, dos termos de consentimento livre e esclarecido e dos questionários *online* utilizados para levantamento das barreiras ao SUSM no Brasil, que foram respondidos por profissionais de instituições públicas e privadas, professores universitários e a população entre outubro e novembro de 2018.

- **Apêndice B:** Roteiro das entrevistas

Apresentação do roteiro das entrevistas realizadas com profissionais de seis prefeituras brasileiras entre fevereiro e março de 2020.

## **CAPÍTULO 3 – *BARRIERS TO SUSTAINABLE URBAN STORMWATER MANAGEMENT IN DEVELOPING COUNTRIES: THE CASE OF BRAZIL***

Este artigo apresenta um levantamento de barreiras para ampla adoção de SUSM no Brasil e amplia a discussão para países em desenvolvimento, onde este assunto ainda está em fase inicial. Para o levantamento, foi realizada uma ampla revisão bibliográfica e foram aplicados questionários para os diferentes grupos de atores envolvidos com a drenagem urbana. Foram investigadas 31 barreiras, das quais 20 foram confirmadas para o Brasil e cinco foram reconhecidas como muito importantes.

Artigo submetido a periódico da área e em fase de revisão. Seu *preprint* foi publicado com DOI [10.31224/osf.io/9e5sy](https://doi.org/10.31224/osf.io/9e5sy). A versão final do artigo será vinculada ao referido *preprint*.

# **Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: the case of Brazil**

Anaí Floriano Vasconcelos<sup>1a\*</sup>, Ademir Paceli Barbassa<sup>1b</sup>, Maria Fernanda Nóbrega dos Santos<sup>1c</sup>, Maryam Imani<sup>2d</sup>

<sup>1</sup> Department of Civil Engineering, Federal University of São Carlos (UFSCar), Washington Luis Highway, km 235, 13565-905, São Carlos, SP, Brazil

<sup>2</sup> School of Engineering & the Built Environment, Anglia Ruskin University, Bishop Hall Lane, Chelmsford, CM1 1SQ, Essex, UK

<sup>a</sup> anai\_vas@yahoo.com.br

<sup>b</sup> barbassa@ufscar.br

<sup>c</sup> mfnsantos@yahoo.com.br

<sup>d</sup> maryam.imani@aru.ac.uk

\* Corresponding author

## **Abstract**

Urban stormwater management is one of the key challenges concerning the sustainability in urban areas. Through several approaches, sustainable urban stormwater management (SUSM) is becoming widely adopted around the world and is proving its effectiveness in enhancing sustainability and quality of life in the cities. Nevertheless, these strategies are still not widespread in developing countries, such as Brazil, where more than 40% of municipalities reported pluvial flooding in the last five years. Inspired by international experiences, this paper presents the barriers to the widespread adoption of SUSM in Brazil, as a developing country case study with severe urban stormwater management problems. A thorough literature review has been conducted. Surveys relating to urban stormwater management have been completed by different stakeholder groups to investigate the factors involved in the problem, such as institutional issues, professional capacity, and resource availability. “Lack of design and maintenance standards”, “Lack of long-term planning”, “Lack of dissemination and knowledge”, “Lack of incentives”, and “Reluctance to change” have been recognized as the most challenging barriers by 80% of the respondents. Overcoming the common barriers is the prelude to effective SUSM solutions to increase urban stormwater sustainability in Brazil and in other developing countries with similar challenges.

## **Keywords**

Barriers, Brazil, runoff source control measures, stormwater, sustainable urban stormwater management, urban sustainability

## 1. Introduction

Anthropic activities affect soil use, resulting in interference in the physical phenomena of the hydrological cycle (Salvadore et al., 2015). Urban development is directly associated with the increase in impervious areas. Given the population growth, particularly in developing countries and its concentration in urban areas (UN, 2010), it is essential to plan and control the expansions to minimize its impact on the hydrological cycle.

To increase hydrological sustainability in urban areas, some approaches have been proposed around the world. According to Fletcher et al. (2015), the concept of alternative or compensatory drainage technologies has emerged in North America and Europe in the 1970s with the aim of minimizing the negative effects of urbanization on hydrological processes. Initially, these technologies were intended to control runoff volume to prevent flooding. With their evolution, the approaches have started to consider other aspects, such as problems related to water quality deterioration due to urbanization. Drawing on these, sustainable urban stormwater management (SUSM) has been globally recognized as effective strategies to tackle development-induced environmental challenges which need to be applied and assessed.

Currently, several terminologies are used around the globe for SUSM. Although they have small conceptual differences, they are similar in terms of objectives (Fletcher et al., 2015). For our purposes here, SUSM comprises green infrastructure (GI), low-impact development (LID), sustainable urban drainage systems (SUDS), alternative techniques, compensatory techniques, best management practices (BMPs), stormwater control measures, source control, water-sensitive urban design (WSUD), integrated urban water management (IUWM), sustainable urban water management (SUWM), and low impact urban design and development (LIUDD).

Although the effectiveness of SUSM has been extensively studied (e.g. Zimmer et al., 2007; Loperfido et al., 2014; Li et al., 2017), but their wider adoption and implementation is still growing even in countries with a more developed urban drainage system, such as Australia and US (Brown and Farrelly, 2009; Dhakal and Chevalier, 2017). Brazil has high rainfall indexes (FAO, 2010), and more than 40% of its cities suffer from stormwater management problems (Brasil, 2018). Despite this, Brazilian legislation only initially addresses issues related to SUSM and the implementation of effective measures to improve these problems.

To understand why SUSM measures have not been widely adopted, some global researches have focused on assessing the barriers to their implementation (e.g. Roy et al., 2008; Dhakal and Chevalier, 2017; Qiao et al., 2018). It is important to highlight that all these

studies have been carried out in countries where the concept of SUSM is more widespread. This means that their problems and potential solutions are biased towards country-specific conditions. This is not the case in Brazil and other developing countries. In this context, it is important to study a local reality that has not yet been explored and that seems to be more likely in other countries that have not been studied, such as the other countries in Latin America and countries in Africa and Asia. According to Barbosa et al. (2012), this is the way to support decision making on stormwater management when there is insufficient time or financial resources to conduct studies and provide the necessary data. Studies such as those by Parkinson et al. (2003), Souza (2013), and Almeida (2014) have indirectly addressed some of the obstacles to SUSM in Brazil. However, as identifying the barriers to SUSM is not the main objective of the studies mentioned, a broad and specific study on the subject has not been carried out. Brazilian urban stormwater management (USM) problems are representative of those in several other countries around the world. The mass migration of people from rural to urban areas in recent decades in Brazil and other developing countries has led to necessary urban expansion. As a result, stormwater drainage systems, where they exist, have become inadequate in terms of water capacity and water quality preservation.

Considering the importance of knowing the existing barriers in order to increase SUSM, this work aims to conduct a systematic evaluation and discuss the barriers to SUSM in Brazil, a typical developing country with an important role to play in the global water resources management, since it has worldwide important water reserves. This is accomplished by a thorough literature review and surveying USM stakeholder groups.

## 2. Materials and methods

This study is formed of three stages, namely the identification and classification of the barriers, the survey process and comparative assessment of the survey results on the barriers' components, as illustrated in Figure 1.

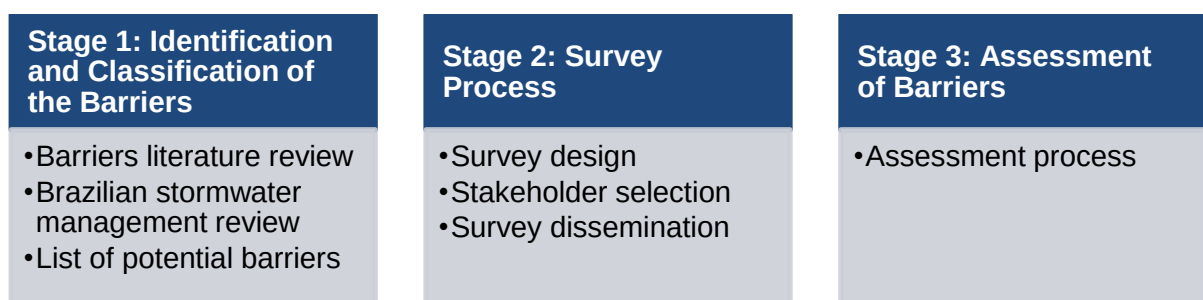


Figure 1. Research methodology for the assessment of barriers

## **2.1. Stage 1: Identification and classification of the barriers**

A literature review is conducted to identify the existing SUSM-related barriers around the world. The studies have shown lack of thorough revisions on SUSM barriers, particularly in relation to Brazilian regulation and policies. A further in-depth investigation by the authors has revealed a few studies in relation to urban drainage regulations in Brazil by which barriers on SUSM adoption could be identified. To enrich the investigations, the research domain has been expanded to international reviews, aiming to identify the barriers that can potentially correspond to Brazilian context, given local specificities. Table 1 provides a summary of the reviews in numbers and the detailed list of the barriers is presented as supplementary material. It should be noted that the numbers in Table 1 include the barriers identified internationally but may have not been necessarily identified, reviewed or cited in Brazilian documents. It does not mean that they do not exist in this country, since they were not systematically investigated until now.

Country/Region	Reference	Barrier Type(s)	Number of Barrier(s)	Number of These Barriers Cited on Brazilian Context Studies
Asia, Europe, Oceania, and US	Chang et al. (2018)	Political	2	1
Australia	McManus (2009)	Regulatory, Technical	7	2
	Farrelly and Brown (2011)	Governance	3	0
Australia, Canada, China, Germany, South Korea, UK, and US	Li et al. (2019)	Technical, Institutional, Community, Regulatory, and Financial	22	11
Australia, UK, and US	Dhokal and Chevalier (2017)	Political	6	4
Australia and US	Roy et al. (2008)	Financial, Technical, Institutional, Strategic vision, and Regulatory	7	4
Australia and other no specific countries	Brown and Farrelly (2009)	Institutional	12	8
	Marlow et al. (2013)	Strategic vision, Technical, Financial, and Institutional	6	4
China	Jiang et al. (2017)	Institutional	5	5
Germany	Dierkes et al. (2015)	Technical and Regulatory	3	2
Israel	Goulden et al. (2018)	Social and Institutional	4	3
New Zealand	Van Roon et al. (2005)	Technical, Regulatory, Financial, And Strategic vision	8	4
UK	Heal et al. (2009)	Technical	1	1
US	National Research Council (2008)	Financial, Technical, and Regulatory	11	5
	Chaffin et al. (2016)	Social and political	5	2
	Subramanian (2016)	Regulatory	3	3
	Cousins (2017)	Institutional	12	3
	Maeda et al.,(2018)	Social	1	1
No specific country	Barbosa et al. (2012)	Regulatory, Technical, and Financial	3	0
	Sage et al. (2015)	Technical	2	2
	Qiao et al. (2018)	Governance	22	10

**Table 1. Number of SUSM barriers: international scale vs Brazilian scale**

Floods are a chronic problem in Brazilian urban areas (Brasil, 2011) and USM is still based on the traditional concept of collecting runoff and carrying it as quickly as possible to a final destination (Souza, 2013), what worsen the problem. In this context, there are incipient initiatives being taken to implement SUSM in the Brazilian cities, which are presented in Table 2. In this table, the state and municipal initiatives presented focus on the state of São Paulo, particularly the city of São Carlos where the Gregório stream model catchment is located. This catchment is used as a reference in this study to survey the population (better explained on the section 2.2). These initiatives are important as a starting point to the paradigm shift, but as their implementation is not monitored, it is not possible to know their real impacts on urban drainage system. However, analyzing the technical aspects of these

regulations can give directions of their potential impacts. São Paulo's Law 12.526 of 2007 contemplates quantitative technical aspects for retention systems, but its calculation methodology does not use the reduction of peak flow as a parameter, which does not contribute effectively and directly to flood control. In addition, this law covers only large buildings in regions directly controlled by the state or metropolitan regions. Outside these limits, municipalities need to establish their own laws. Some municipalities have already done it (e.g. São Paulo, 2002; São Carlos, 2003; Rio de Janeiro, 2004), but with the same practical problems. The Municipal Law No. 16.402 (São Paulo, 2016) is also applicable only to lots larger than 500 m<sup>2</sup>. Yet in the lot scale measures there are the São Carlos' municipal laws that propose infiltration wells only for new buildings or renovations and a reduction of just 4% as an incentive to sustainable initiatives.

There are drainage manuals with pre-design procedures for source control measures in Brazil (e.g. Paraná, 2002; Porto Alegre, 2005; São Paulo, 2012). These manuals are part of the municipal Drainage Master Plan. Only 20.2% of the Brazilian municipalities have these plans (Brasil, 2018) and they do not necessarily include drainage manuals neither sustainable stormwater management. Most part of these plans also does not have laws and regulations to implement them. These are examples of regulatory barriers existing in Brazil and they are in accordance with many cited references.

The observations in Table 1 and Table 2 show that, although there are common barriers to the implementation of SUSM globally, there are other concurrent country-specific factors that can be considered as barriers. The supplementary material provided presents some specific barriers, identified only in Brazilian studies. It is the case of “Not enough work in small cities to justify the quantity of technical professionals needed to form a properly trained team”, “Lack of knowledge about the existing urban drainage system”, and “Lack of knowledge about the physical processes related to the urban drainage“ (Parkinson et al., 2003); and “Structures need to be constructed” to adopt source control measures, and the “Lack of institutional actions to implement politics related to monitoring the adoption of the laws” created to implement SUSM (Almeida, 2014). Some of the barriers identified per international studies and not per Brazilian literature refer to specific aspects related to the SUSM implementation, which Brazil is just starting to have contact, with its new stormwater politics (Table 2).





















Scale	Initiative	Description	References
Federal	Principles of Sustainable Urban Stormwater Management	It is a part of the "Sustainable Urban Drainage Systems and Stormwater Management Proposal Submission Manual", a reference for urban drainage projects supported by the federal government.	Brasil (2012)
	Statute of the City	It presents urban policy instruments that can be used for more sustainable management of the water resources in urban areas, such as land use plans.	Brasil (2001)
	Federal Law No. 11.445	It establishes the basic national sanitation guidelines and opens new institutional perspectives for the design and management of stormwater systems.	Brasil (2007)
State (São Paulo)	State Law No. 12.526	It requires that new settlements with more than 500 m <sup>2</sup> of impervious surface area implement a stormwater retention system.	São Paulo (2007)
State (Paraná)	Urban Drainage Manual – Metropolitan Region of Curitiba – PR	The manual is part of the Iguazu River Basin Drainage Master Plan and presents some source control measures, their conditionings and applicability, and pre-design procedures.	Paraná (2002)
Municipal (São Paulo)	Drainage and stormwater management manual: Technical aspects; Design guidelines	The manual presents some source control measures, their restrictions, applicability, and pre-design procedures.	São Paulo (2012)
Municipal (Porto Alegre)	Urban Drainage Manual	The document is a volume of the Urban Drainage Master Plan and presents infiltration and storage source control measures and their design procedures, based on international references.	Porto Alegre (2005)
Municipal	Many municipal laws	These laws require the construction of detention or retention systems in lots with a significant impervious area.	e.g. São Paulo (2002); São Carlos (2003); and Rio de Janeiro (2004)*
Municipal (São Paulo)	Municipal Law No. 16.402	It establishes a minimum value for the "environmental quota" for new buildings or renovations with an increase of more than 20% of constructed area.	São Paulo (2016)
Municipal (São Carlos)	Municipal Law No. 13.692	It gives a reduction of up to 4% on the urban land tax for buildings with trees on their property and a permeable area on the lot.	São Carlos (2005)
	Municipal Law No. 15.958	It requires infiltration wells in all new buildings or renovations	São Carlos (2011)

\* There are more which can be provided upon a request.

**Table 2. Brazilian regulations to drive SUSM implementation**

The most common barriers identified in Table 1, have been selected and categorized in six types, according to their source as shown in Table 3. The “Municipality issues” focuses on the institutional problems on the city scale, since the urban stormwater management occurs within the city. The state and federal governments propose wider politics to drive the local ones. These wider politics barriers have been included in the “Laws and regulations” type.

Barrier types	Barrier	Description
Municipality issues	Lack of coordination and collaboration 	Lack of coordination and collaboration among the institutions involved in urban drainage
	Lack of autonomy 	Lack of autonomy of the urban drainage division
	Lack of administrative continuity 	Lack of administrative continuity because when a new mayor comes into power the projects are not continued
	Urban drainage is not a priority	Municipality does not consider urban drainage a priority
	Lack of capacity or experience 	Lack of capacity or experience of the municipalities in managing problems (uncertainties and risks) related to innovative solutions, such as sustainable urban drainage structures
	Dearth of technical professionals	Lack of technical professionals (quantity) in public institutions to carry out the activities related to sustainable urban drainage management, such as design review and inspection
	Small cities without properly trained teams 	Not enough work in small cities to justify the quantity of technical professionals needed to form a properly trained team
Strategic vision	Lack of long-term planning	Lack of strategic vision and long-term planning to justify the sustainable urban drainage strategies
	Poorly defined economic benefits	Poorly defined economic benefits of sustainable urban drainage, which makes it hard to justify money and urban space for the implementation
	Reluctance to change	Reluctance to change from the well-known conventional drainage strategies to other more sustainable ones
	There is no space 	No space in the city for the implementation of sustainable urban drainage structures
Laws and regulations	Lack of proper laws 	Lack of proper laws for sustainable urban stormwater management
	Assignment conflict	Assignment conflict among the institutions involved in urban drainage
	Laws applicable only to new development	Sustainable urban stormwater laws applicable only to new development
	Lack of incentives 	Lack of incentives for the shift from conventional to sustainable urban drainage
Financial resources	Lack of financial resources 	Lack of investment in sustainable urban drainage
	Construction costs fall on the owners 	Construction costs in private areas fall on the owners and may not be accepted
Community engagement	Lack of dissemination and knowledge 	Lack of dissemination and knowledge about conventional urban drainage issues, sustainable urban drainage benefits, and how to implement sustainable urban drainage
	Lack of community engagement 	Lack of community engagement in finding solutions
	Population would play a role in the maintenance	Population would have to help with maintaining the distributed structures, which raises some concerns
	Access issue regarding inspection	An issue regarding access to stormwater management structures for inspection in private areas
Urban drainage knowledge	SUSM is not learned in higher education	Sustainable urban drainage is not part of the professionals' higher education
	Untrained professionals 	Public and private professionals are not properly trained to work in the area of sustainable urban stormwater management
	Lack of design and maintenance standards 	Lack of design and maintenance standards for sustainable structures
	Unknown costs 	Costs of sustainable stormwater management structures are unknown
	Limited knowledge about the maintenance 	Limited knowledge about the maintenance that will be needed for the structures
	Uncertain long-term performance 	Uncertain long-term performance of sustainable stormwater management structures
	Limited knowledge about the catchment-scale results	Limited knowledge about the catchment-scale hydrologic results of stormwater distributed by structures
	Gap between theoretical and practical	The big gap between the theoretical knowledge and the practical implementation of sustainable urban stormwater management
	Existing drainage system unknown 	Lack of knowledge about the existing urban drainage system and its performance, which would be useful for a data-driven paradigm shift
	Safety concerns	Safety, aesthetic, and integration concerns about the structures in the urban context

\* Brazil flags indicate barriers identified by at least one Brazilian study.

**Table 3. Literature common barriers those are coherent with the Brazilian context**

## 2.2. Stage 2: Survey process

### • Survey design

This study has adopted a joint qualitative-quantitative surveying method for data collection aiming to investigate the perceptions of different stakeholder groups involved in USM regarding the barriers to implementing SUSM in Brazil.

Due to the sheer size of the Brazil, web-based, online and personally-administered surveys have shown as effective methods to reach a broader range of stakeholders (Lindhjem and Navrud, 2011). Drawing on this, this study has adopted the above methods to design and conduct the survey for data and information collection at Stage 2 in Figure 1. The online survey methods are challenged in terms of their inclusivity (e.g. no or very limited access to internet) leading to no or low response rate. However, according to Scheuren (2004), the response rate can be improved by accurately assessing potential respondents. Furthermore, according to Leedy and Ormrod (2009), the answers are more reliable if participants' anonymity is guaranteed. Therefore, this study uses both strategies to promote the response rate.

Figure 2 demonstrates the designed survey structure, formed of four parts. The first part is the survey introduction, focusing on the presentation of the research challenge, the survey, and the SUSM concept. The second part focuses on the initial questions, specific to each group aiming to verify the respondents' connection with USM and to identify specific barriers. Building on results of the Part 2, a list of potential barriers, either confirmed or refuted by the respondents, are drawn in Part 3. The last part is an open question about the other barriers with space for general comments on the subject thought to comprise barriers or experiences of the stakeholders that have not been identified in previous studies.

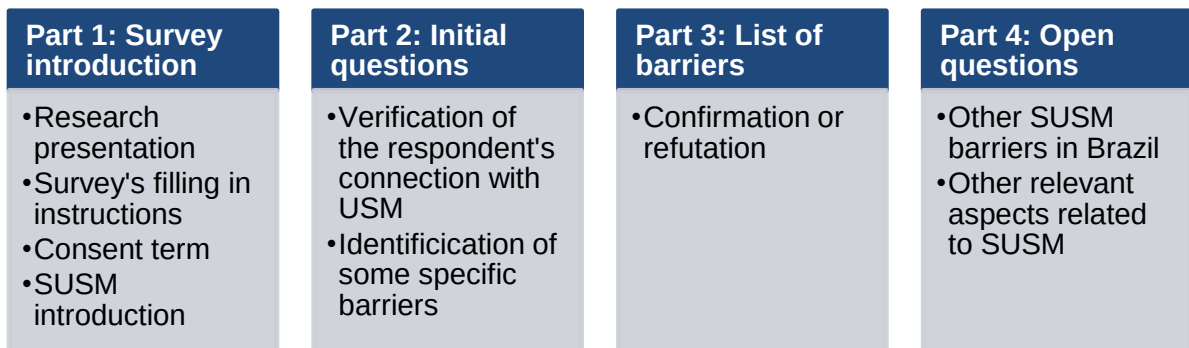


Figure 2. Survey structure

- **Stakeholder selection**

In this study, all potential stakeholders (i.e. survey recipients) have been divided into the following four groups and each group has received a survey with the same structure but with a content adjusted to suit the expertise and level of knowledge on the subject in that group:

- Public professionals group (*Publ*): Professionals whose work relates to municipal urban drainage of the Brazilian cities with more than 200,000 inhabitants;
- Private professionals group (*Priv*): Private companies or self-employed professionals that work in the design, construction, or maintenance of urban drainage systems;
- Teachers group (*Teac*): Teachers at higher education and research institutions who work in urban drainage and who are therefore directly connected to the professionals qualification;
- Population group (*Popu*): Residents who live in Gregório stream catchment in São Carlos, São Paulo, which historically deals with flooding and other drainage problems (Mendes and Mendiondo, 2007).

- **Survey dissemination**

Prior to the broad dissemination of the surveys, pilot questionnaires have been sent to two members of each of the stakeholder groups. This approach could further clarify the survey objectives and the corresponding questions aiming to minimize the chance of any bias response.

The invitation letters, containing the survey's access link and instructions, have been distributed per electronic mail or in person, in the case of *Popu*. They also have informed recipients of the research purpose and ensured respondents' anonymity (no personal data has been collected). In this study, the well-known snowball method (Noy, 2008) has been utilized to reach wider range of participants by an active circulation of the survey in the same stakeholder group and through the first recipient stakeholders.

The Internet-based surveys have been made available for a duration of two months (Oct-Nov 2018). The spatial distribution of the invitation letters has covered the whole Brazilian territory (Figure 3), thus gathering the opinions of stakeholders in the most varied contexts.

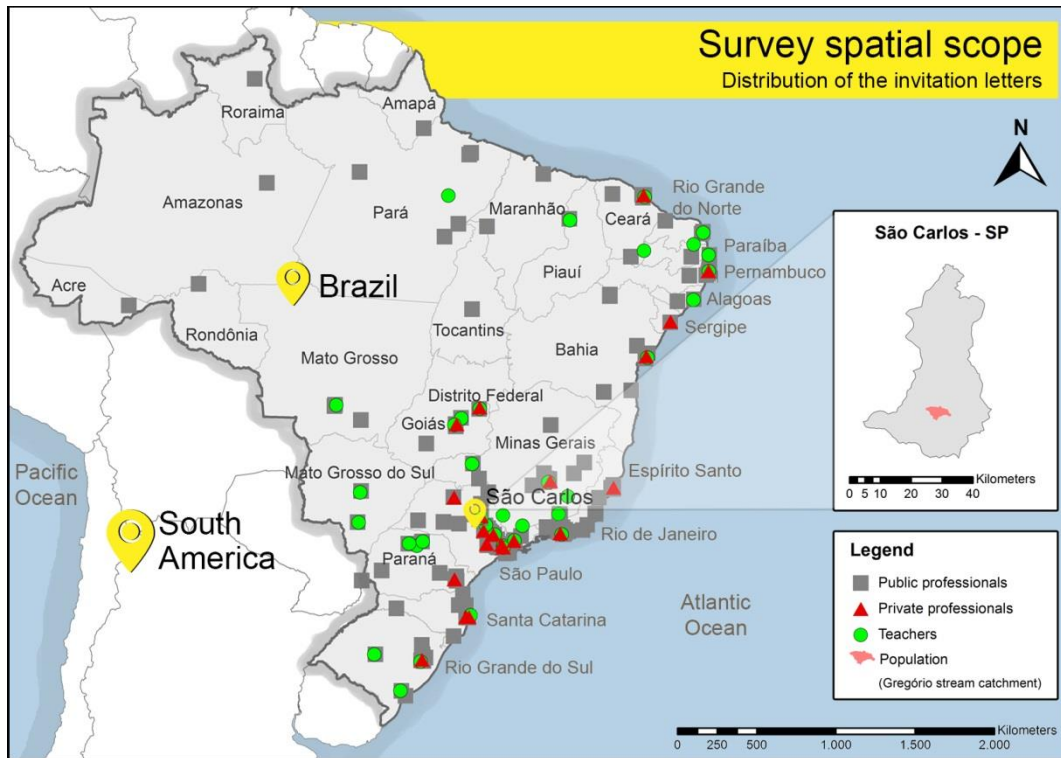


Figure 3. Spatial distribution of the survey invitation letters sent

### 2.3. Stage 3: Assessment of barriers

- **Assessment process**

The flowchart in Figure 4 illustrates the survey assessment process used to analyze the survey results when completed. Description of each step as follows:

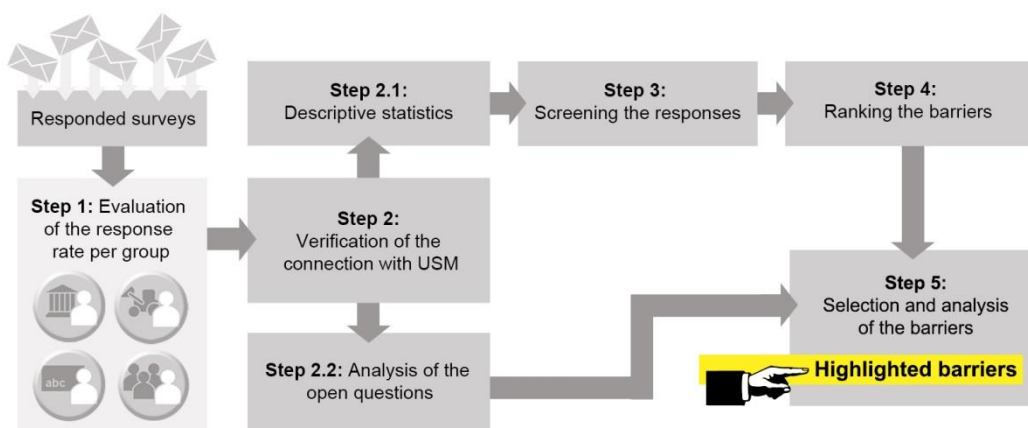


Figure 4. Flowchart of the process for analyzing the survey answers

#### *Step 1: Evaluation of the response rate per group*

The response rate indicates the representativeness of the responses for each stakeholder group. It is determined as the number of surveys responded (i.e. received) to the number of invitations sent, in percentage.

#### *Step 2: Verification of the connection with USM*

The connection between the respondents, their stakeholder group and the research topic has been verified through the initial questions. If any of the respondents does not correspond to the expected group, their responses are discarded. These questions have been also responsible to raise some specific potential barriers per group. Their response rates have been computed separately.

##### *Step 2.1: Descriptive statistics*

The responses regarding potential barriers, outlined in Table 3, have been computed using descriptive statistics to organize, summarize, and facilitate the interpretation of the results. The word "obstacle" has been used synonymously with "barrier".

##### *Step 2.2: Analysis of the open questions*

Responses to the open questions have been individually analyzed aiming to identify any new barriers or other relevant concerns related to SUSM in Brazil. The new barriers have been also categorized as Table 3.

#### *Step 3: Screening the responses*

The ratio of the number of affirmative responses to the number of negative responses ("Yes"/"No" rate) for each barrier, is used to measure the relevance of the barrier disregarding the answers from the respondents that do not feel confident to their opinion. This implies that the neutral response of "I do not have opinion" should be ignored. Hence, if this rate is less than or equal to 1.5, the barrier is not considered important. However, if there is at least 80% affirmative responses, it is considered a very important barrier.

#### *Step 4: Ranking the barriers*

To evaluate the relevance of each barrier to their types, they have been ordered from highest to lowest average of affirmative responses. The barrier types have been also ordered using the same criteria. This results in a general barriers and barrier types ranking. Next, the mean (*M*) and standard deviation (*SD*) of the percentages of affirmative responses for each barrier type have been calculated to identify the features of the most important barriers.

#### *Step 5: Selection and analysis of the barriers*

The study has identified three groups of relevant barriers:

1. The barriers with at least 80% affirmative responses (total or in one specific stakeholder group);
2. The barriers with a much higher percentage of affirmative responses per group than the total *M*;
3. The barriers obtained from the open questions.

These barriers have been highlighted, related to previous studies, and discussed in the Brazilian context.

### 3. Results and analysis

#### 3.1. Survey response results

Table 4 outlines the population size of the stakeholder groups and the survey's response rates.

Stakeholder group	Population size	Subgroup size	Number of invitations sent	Number of responses received	Response rate (%)
<i>Publ</i>	5570 municipalities*	149	119	26	22
<i>Priv</i>	unknown	50	50	10	20
<i>Teac</i>	unknown	81	81	19	23
<i>Popu</i>	21009 residences**	774	774	32	4
<b>General</b>	<b>unknown</b>	<b>1054</b>	<b>1024</b>	<b>86</b>	<b>8</b>

\* IBGE (2017); \*\* IBGE (2011)

**Table 4. Summary of survey responses in each stakeholder group**

The response rate presented in Table 4, is calculated based on the invitations sent. However, due to the snowball strategy, it is possible that this value is lower. The response rates obtained for the *Publ*, *Priv*, and *Teac* groups are consistent with the surveying methodology used (Kwak and Radler, 2002; Sills and Song, 2002). This good response rate reinforces the representativeness of the collected data and the importance of the topic for the surveyed stakeholders. However, the *Popu* group's response rate is lower (4%), possibly because of the smaller salience of the issue for this group compared to the others. The *Popu* group has the highest number of responses, which guarantees diversity of the opinions.

- **Initial questions**

A summary of the response rates to the initial questions (see Part 2) is presented for each group in Figure 5. The overall observations of the results show the compatibility of the targeted audiences to their associated groups. These results are discussed together with the results presented in section 3.2.

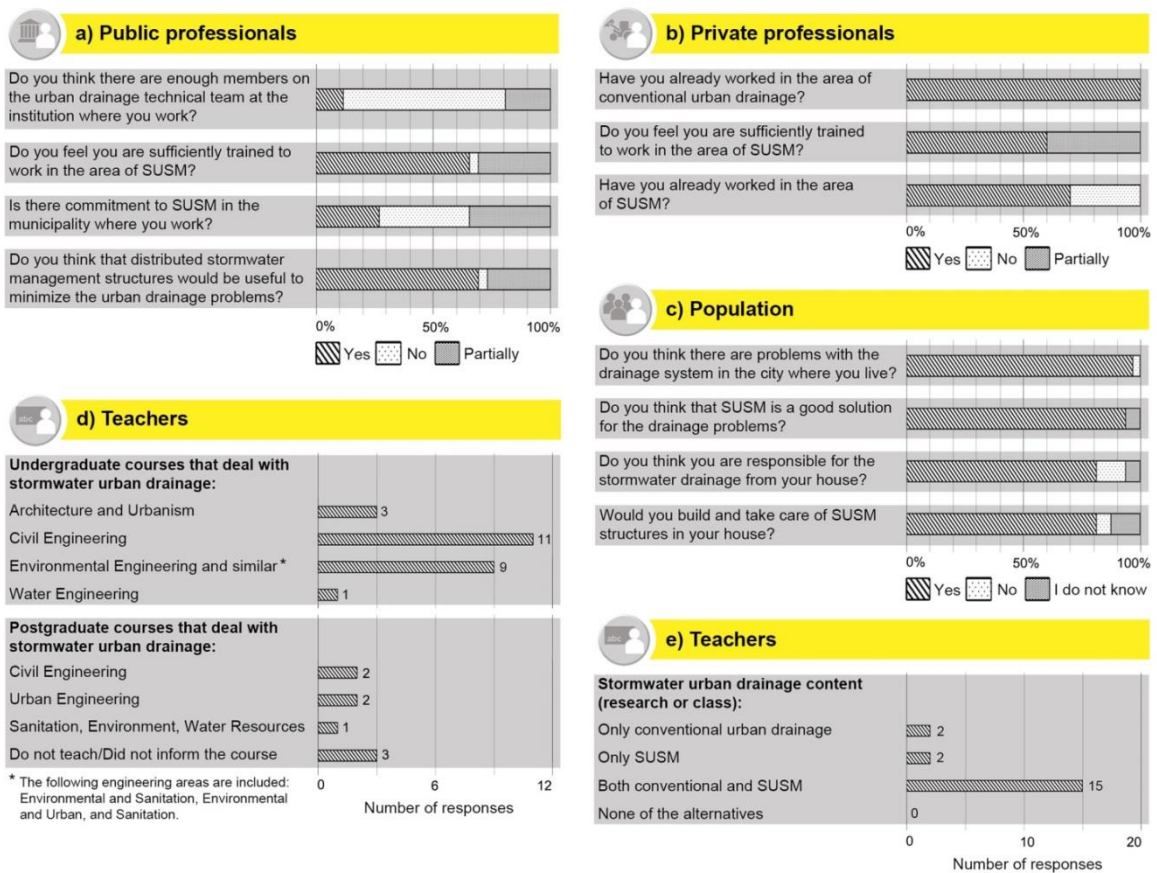
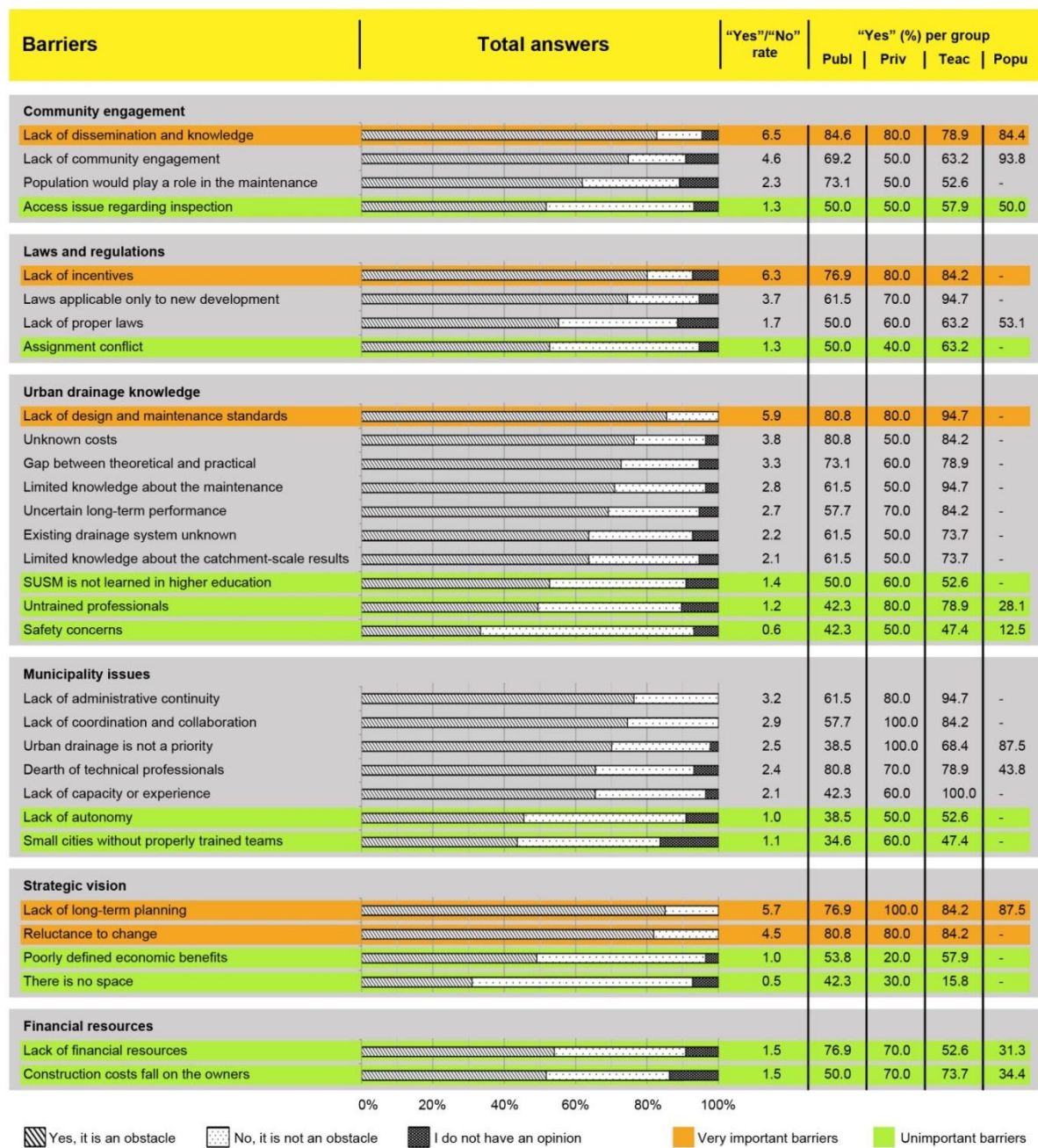


Figure 5. Summary of responses to the initial questions

### 3.2. Barriers ranking

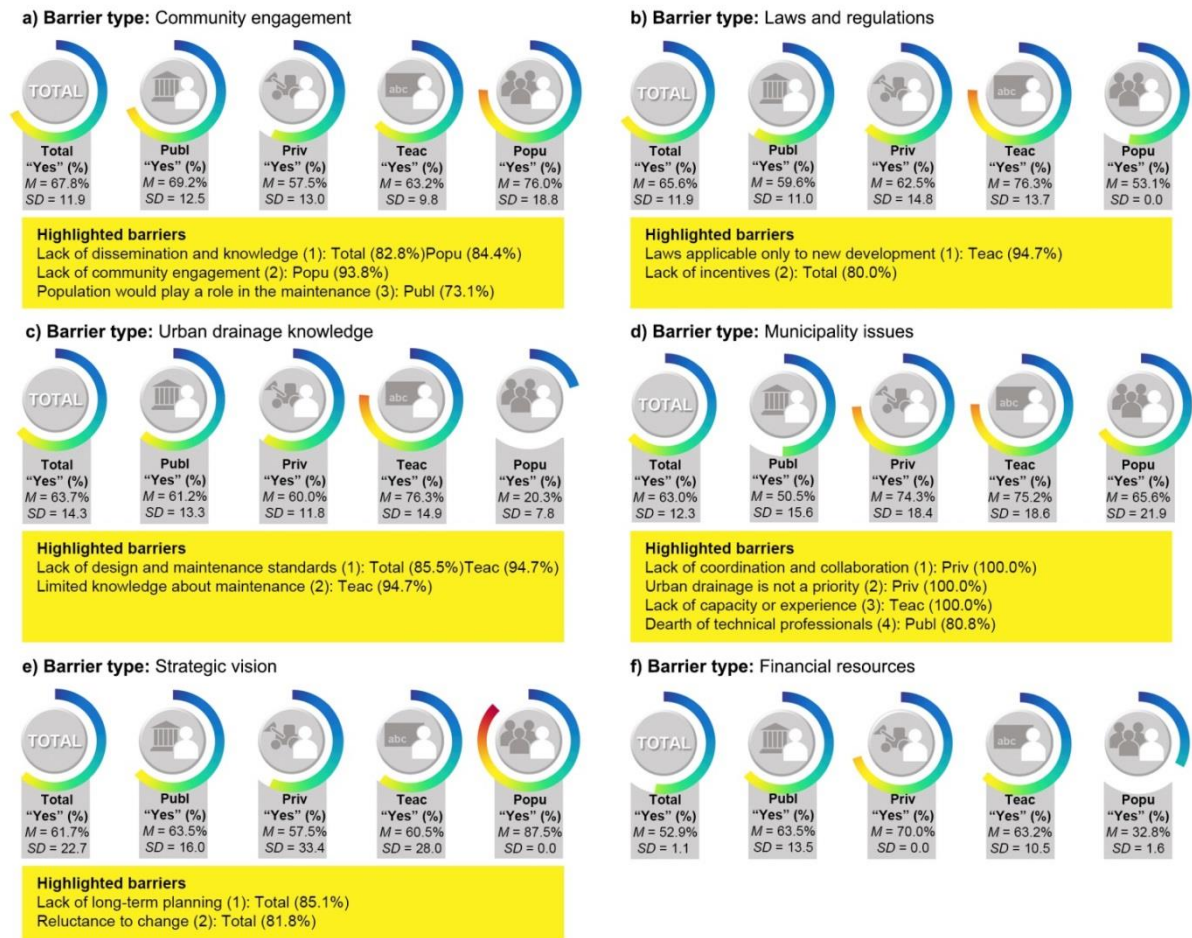
The potential barriers, identified by the surveys and their descriptions, are presented in Table 3. Figure 6 shows a ranked summary of the respondents' perceptions about the potential barriers.





**Figure 6. Summary of survey responses in relation to the potential barriers**

In addition to the general ranking, the barriers have been analyzed per type and evaluated per stakeholder group. This can help with better understanding of the problem and its source leading to producing appropriate solutions. For this purpose, the *M* and *SD* per barrier type and stakeholder group are presented in Figure 7.



**Figure 7. Summarized survey analysis results for each barrier type a) Community engagement; b) Laws and regulations; c) Urban drainage knowledge; d) Municipality issues; e) Strategic vision; f) Financial resources**

- **Community engagement**

Although the *Popu* group is expected to be engaged with the urban drainage problems (Figure 5c), it can be observed in Figure 7a that the barrier type "Community engagement" has the highest total *M*, what means that it is a relevant obstacle to be tackled. The *Popu* group's *M* is almost 10% percentage points higher than the total *M*. The higher values are observed for barriers that do not rely on the population actions to be solved ("Lack of dissemination and knowledge" and "Lack of community engagement") and that have not been investigated via the initial questions. This indicates the *Popu* group's discontent with the current participation.

In relation to the highlighted barriers, although 84.4% of the *Popu* group have reported the "Lack of dissemination and knowledge" of the subject, 93.8% of this group's respondents have acknowledged SUSM as a good solution (Figure 5c). This is reinforced by some comments made by the *Popu* group in the open question at the end of the survey.

Regarding the *Popu* group's answers to the initial questions (Figure 5c), 81.3% of respondents have stated they would build and take care of SUSM structures on their lots and only 6.2% have said they would not. This conflicts with the perceptions of the other stakeholder groups, as 61.8% have recognized "Population would play a role in the maintenance" of the structures as a barrier. Still, based on the answers to the initial questions, it is verified that the same 81.3% of the population feel responsible for their houses' stormwater drainage and 12.5% do not. The response rate difference between those who do not feel responsible and those who would not adopt and take care of the structures also shows that, although some people do not feel it is their responsibility, they might cooperate. Therefore, from its own point of view the population does not represent a barrier to the use of SUSM. These results corroborate those of Mendes and Mendiõdo (2007) and de Almeida (2014).

- **Laws and regulations**

The results in Figure 7b show the "Laws and regulations" as the second most recognized barrier type. In this case, the *Teac* group has the highest *M*, although they suffer less interference from laws and regulations in their daily work compared to the *Publ* and *Priv* groups. However, it is believed that the *Teac* group may have knowledge about the situation in other places where SUSM is already more developed and therefore can see strategies to overcome this barrier type.

- **Urban drainage knowledge**

The barrier type "Urban drainage knowledge" has a high *SD* due to a big discrepancy in the perceptions about its barriers (Figure 7c). For the *Teac* group, this is an important barrier type because they have the highest *M*, and two barriers ("Lack of design and maintenance standards" and "Limited knowledge about maintenance") have gotten more than 94% affirmative answers. When correlating the responses to the barriers with the initial questions, some aspects deserve particular attention. In the initial answers (Figure 5e), 89.5% of the teachers have stated they teach or research SUSM. However, 52.6% have considered "SUSM is not learned in higher education" a barrier. This indicates that although the courses address the issue, it may not be enough. It is also possible that SUSM is only a research topic for these teachers and does not reach the classrooms. The barrier "Untrained professionals" is not considered an important barrier, with a "Yes"/"No" rate of 1.2. It is confirmed through the answers to the initial questions, where the professionals have felt at least partially able to

work in the area of SUSM (65.4% of the *Publ* group have answered "Yes" and 30.8% have answered "Partially", and 60.0% of the *Priv* group have answered "Yes" and 40.0% have answered "Partially"). This indicates that these stakeholder groups do not recognize 'lack of professional qualification' as a problem. This apparent capacitation does not reflect itself in SUSM implementation and is also not coherent with the poor guidelines existing for the country, which implies that these professionals do not even know the magnitude of the theme.

- **Municipality issues**

Figure 7d shows that the *Publ* respondents see the functioning of their institutions as the least important/relevant barrier to SUSM adoption. For this group, the "Dearth of technical professionals" stands out as a barrier, which has also been cited by previous international studies. This indicates that this it is not an exclusively Brazilian problem. This barrier has also been identified via the initial questions for the *Publ* group. The "Lack of coordination and collaboration" has been highlighted as an important barrier in the "Municipality issues" which needs more attention and no effort in this regard is identified in the public policies in force in Brazil.

The highest *M* values, for this barrier type, are related to the *Priv* and *Teac* groups. This indicates that these two groups perceive the barriers to SUSM implementation a municipality-related/ level problem. This emphasizes that each stakeholder group has greater sensitivity to the barriers that directly affect their daily businesses and lives. Also, Figure 7d shows that the "Urban drainage is not a priority" is an unanimous barrier for the *Priv* group but has received low recognition by the *Publ* group (38.5%). However, correlating with the initial questions (Figure 5a), it can be seen that the *Publ* group does not see a SUSM efforts in the institutions where they work (only 26.9% answered "Yes"). Hence, it can be concluded that, regardless of urban drainage being a priority for municipalities, SUSM is not incorporated into the institutional culture of USM in Brazil.

- **Strategic vision**

Figure 7e shows that the "Lack of long-term planning" and "Reluctance to change" have received a very high percentage of affirmative responses. It should be noted that they have been widely recognized by previous studies as well. However, the answers to the initial questions from *Publ* group (Figure 5a) show that most municipalities' professionals believe that USM, using distributed structures, would minimize city's stormwater drainage problems.

This can be positively interpreted that in general professionals are not reluctant to a paradigm shift in SUSM adoption.

- **Financial resources**

The "Financial resources" barrier type has received the lowest percentage of affirmative answers (Figure 7f), and its two barriers are not considered important. The *Popu* group is the group that least see this aspect as a barrier, even when it is to assume the costs of any interventions. This underlines the population's willingness to help improve urban drainage conditions. However, the *Priv* group has responded positively with the highest percentage, perhaps because they deal daily with the budget constraints imposed by clients when proposing projects involving SUSM strategies and consequently directly suffer the impacts.

- **Open questions barriers**

The barriers pointed out through the open questions are presented in Table 5.

Answers to the open question on barriers		Barrier types
a.	There is no specific urban drainage management agency	Municipality issues
b.	The most inexpensive solution is adopted rather than the most cost-effective one	Strategic vision
c.	Common grant for paving and drainage, and the government prioritizes the paving	Municipality issues
d.	The SUSM structures are not included in the municipalities' budget spreadsheets for public works, which makes them impossible to be adopted by the designers	Municipality issues
e.	When necessary, the environmental licensing of the structures can be a barrier	Laws and regulations
f.	The federal government retains a large part of the money targeted to the states and municipalities, what precludes the Stormwater Management Plan implementation	Financial resources

**Table 5. Summary of responses to the open question about barriers and their types**

The absence of a specific urban drainage management agency (barrier "a") has been already identified as a barrier by Chaffin et al. (2016). Barrier "b" is related to the lack of strategic vision and long-term planning, one of the barriers identified in the survey. Barriers "c", "d", "e", and "f" are consequences of the nature of Brazilian public works. It is suggested that these barriers should be validated in future investigations.

### **3.3. Implications of the barriers for urban policies and cities**

Analyzing the complete responses of the survey it is possible to note that the percentage of "I do not have opinion" answers is low, which confirms that the respondents have felt able to opine on each of the potential barriers investigated. In general, at least 30% of the respondents have considered that all the potential barriers are indeed obstacles for SUSM. But it does not mean that they are all important and the "Yes" / "No" rate should be evaluated. Table 6 overviews the existing policy in Brazil and other countries in order to better

understand the international experiences in relation to the common barriers seeking for shared solutions and interventions particularly from the regulatory aspect.

<b>Barrier</b>	<b>Brazilian situation</b>	<b>International experience</b>
Lack of dissemination and knowledge	There are no information materials focused on the community engagement. NEED TO BE CREATED	Politics: <ul style="list-style-type: none"> <li>Green Infrastructure Municipal Handbook – US (US-EPA, 2008)</li> <li>A Citizen’s Guide to Stormwater Management in Maryland – US (Chesapeake Bay Foundation, 2004)</li> </ul> Experiments: <ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptative management – US (Chaffin et al., 2016)</li> </ul>
Lack of incentives	There are small local initiatives, such as São Carlos (2005). NEED TO BE CREATED	Politics: <ul style="list-style-type: none"> <li>Urban Stormwater Management in the United States – US (National Research Council, 2008)</li> <li>Overlapping and reinforcing incentives and requirements – Germany (Buehler et al., 2011)</li> </ul>
Lack of design and maintenance standards	There are some technical manuals to the professionals (e.g. Paraná, 2002; Porto Alegre, 2005; São Paulo, 2012) based on the international literature and that do not include all the necessary information. NEED TO BE UPGRADED	Politics: <ul style="list-style-type: none"> <li>States WSUD guidelines – Australia (Chang et al., 2018)</li> <li>Urban Stormwater Management in the United States – US (National Research Council, 2008)</li> <li>The SuDs Manual – UK (Ballard et al., 2015)</li> <li>Beijing’s guidelines, laws, politics and regulations – China (Vojunovic and Huang, 2014)</li> </ul> Experiments: <ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptative management – US (Chaffin et al., 2016)</li> </ul>
Lack of long-term planning	The Urban Drainage Master Plans are a trial to plan in long-term and integrated to the urban planning, but the most part of the cities do not have one and, that which have, do not implement them. NEED TO BE UPGRADED	Politics: <ul style="list-style-type: none"> <li>European Union’s Water Framework – EU (Council of European Communities, 2000)</li> <li>Sponge Cities – China (China State Council, 2015 apud Chang et al., 2018)</li> </ul>
Reluctance to change	There are no initiatives in this sense. NEED TO BE CREATED	Experiments: <ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptative management – US (Chaffin et al., 2016)</li> </ul>

**Table 6. Policies to overcome the most important barriers**

Accordingly to Brown and Farrelly (2009) the barriers are inter-dependent, what means that they are likely less responsive to mutually exclusive programmes of change. Chang et al. (2018) has comprehensively reviewed some politics that address the role SUSM paradigm and can serve as reference, since they have good practical results. All of them have correlate laws and regulations, essential to implement the politics. It is also interesting to note that the main related barriers in countries where SUSM is more widespread (supplementary material) are not the same as the highlighted in Table 6, since they already have their politics for some years and therefore face other kind of challenges. So, when purposing politics and strategies

to overcome the developing countries barriers, it is important to take into account the barriers related to the politics used as reference and so learn with their experience. As overviewed here, the barriers overcoming is a complex subject that need to be better discussed in a dedicated study.

#### **4. Conclusions**

This study has conducted a survey research to investigate the barriers to the widespread adoption of SUSM internationally with a particular focus on Brazil as a case study. The outcomes of this research could be used to develop effective shared solutions to SUSM adoption, particularly in other developing countries with similar challenges.

Many aspects are related to the difficulty of implementing SUSM in Brazil. Of the 31 potential barriers evaluated by the survey, 20 are classified as barriers. The very important barriers, validated by more than 80% of the consulted stakeholders, are the "Lack of design and maintenance standards", "Lack of long-term planning", "Lack of dissemination and knowledge", "Reluctance to change", and "Lack of incentives". They are distributed into four of the six barrier types, namely: strategic vision (2), laws and regulations (1), community engagement (1), and urban drainage knowledge (1). Any of the "municipality issues" and "financial resources" barriers has reached 80% of affirmative responses, hence they are not considered very important by the participant stakeholders. As the very important barriers do not belong all to the same barrier type, it might hinder resolution efforts and request an integrated solution analysis and purposing.

The Brazilian federal government is aware of the need for SUSM, and efforts have been made in this regard. At the state and municipal levels, this trend has not been universally adopted but is growing, with new public policies being proposed. This paper contributes to this progress because it investigates and compiles the Brazilian barriers, which have not yet been systematically studied to date. Eight of the 20 barriers, raised per this study, have not even been cited per Brazilian urban drainage studies before.

The information available in this paper about the Brazilian barriers, the overall barriers, and the politics adopted in countries where SUSM is more widespread are the basis to the search and proposition of efficient and integrated solutions, important object of future studies.

## Acknowledgements

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001 and by PROAP-CAPES. We thank Professor Cecília Candolo for her valuable help in elaborating the surveys and planning their execution and all the people who completed the surveys.

## References

- Almeida, M.F. (2014). Aplicação de técnicas compensatórias na drenagem urbana, sob a ótica dos usuários do espaço: estudo de caso em São Carlos–SP. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos. 132 p.
- Ballard, B.W., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Scott, T., Ashley, R., Kellagher, R. (2015). The SuDS Manual. CIRIA.
- Barbosa, A.E., Fernandes, J.N., David, L.M. (2012). Key issues for sustainable urban stormwater management. *Water Res.*, 46, 6787-6798. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.05.029>
- Brasil. (2001). Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
- Brasil. (2007). Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
- Brasil. (2011). Atlas de saneamento 2011.
- Brasil. (2012). Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais. Programa–2040: Gestão de riscos e resposta a desastres.
- Brasil. (2018). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Águas Pluviais Urbanas – 2015.
- Brown, R.R., Farrelly, M.A. (2009). Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. *Water Sci. Technol.*, 59(5), 839-846. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.028>



- Buehler, R., Jungjohann, A., Keeley, M., Mehling, M. (2011). How Germany became Europe's green leader: A look at four decades of sustainable policymaking. *Solutions J.*, 2(5), 51-63.
- Carneiro, P.R.F. (2008). Controle de inundações em bacias metropolitanas, considerando a integração do planejamento do uso do solo à gestão dos recursos hídricos. Estudo de caso: bacia dos Rios Iguaçu/Sarapuí na região metropolitana do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 296 p.
- Chaffin, B.C., Shuster, W.D., Garmestani, A.S., Furio, B., Albro, S.L., Gardiner, M., Spring, M.; Green, O.O. (2016). A tale of two rain gardens: Barriers and bridges to adaptive management of urban stormwater in Cleveland, Ohio. *J. Environ. Manage.*, 183, 431-441. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.025>
- Chang, N., Lu, J., Chui, T.F.M., Hartshorn, N. (2018). Global policy analysis of low impact development for stormwater management in urban regions. *Land Use Policy*, 70, 368-383. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.024>
- Chesapeake Bay Foundation. (2004). A citizen's guide to stormwater management in Maryland.
- Cousins, J.J. (2017). Of floods and droughts: The uneven politics of stormwater in Los Angeles. *Political Geogr.*, 60, 34-46. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2017.04.002>
- Cruz, M.A.S., Souza, C.F., Tucci, C.E.M. (2007). Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH.
- Dierkes, C., Lucke, T., Helmreich, B. (2015). General technical approvals for decentralised sustainable urban drainage systems (SUDS)—The current situation in Germany. *Sustainability*, 7, 3031–3051. <https://doi.org/10.3390/su7033031>
- Dhakal, K.P., Chevalier, L.R. (2017). Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. *J. Environ. Manage.*, 203, 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.065>
- FAO. (2010). National Rainfall Index in the 1961-2002 period. Rome.
- Farrelly, M., Brown, R. (2011). Rethinking urban water management: Experimentation as a way forward? *Global Environ. Change, Special Issue on The Politics and Policy of Carbon Capture and Storage*, 21(2), 721–732. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.007>
- Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J., Mikkelsen, P.S., Rivard, G.,

- Uhl, M., Dagenais, D., Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water J.*, 12(7), 525-542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Forgiarini, F.R. (2010). Incentivos econômicos à sustentabilidade da drenagem urbana: o caso de Porto Alegre – RS. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 244 p.
- Goulden, S., Portman, M.E., Carmon, N., Alon-Mozes, T. (2018). From conventional drainage to sustainable stormwater management: Beyond the technical challenges. *J. Environ. Manage.*, 219, 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.066>
- Heal, K.V., Bray, R., Willingale, S.A.J., Briers, M., Napier, F., Jefferies, C., Fogg, P. (2009). Medium-term performance and maintenance of SUDS: A case-study of Hopwood Park Motorway Service Area, UK. *Water Sci. Technol.*, 59(12), 2485-2494. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.288>
- IBGE. (2011). Censo Demográfico 2010: Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro. <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html> Accessed 23 June 2018.
- IBGE. (2017). Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da Federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2017. Rio de Janeiro. <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2017/default.shtm> Accessed 23 June 2018.
- Jiang, Y., Zevenbergen, C., Fu, D. (2017). Understanding the challenges for the governance of China’s “sponge cities” initiative to sustainably manage urban stormwater and flooding. *Nat. Hazards*, 89, 521-529. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2977-1>
- Kwak, N., Radler, B. (2002). A Comparison Between Mail and Web Surveys: Response Pattern, Respondent Profile, and Data Quality. *J. Off. Sta.*, 18(2), 257-273.
- Leedy, P.D., Ormrod, J.E. (2009). *Practical research: planning and design*. 9th ed., Pearson Education, New Jersey.
- Lengler, C. (2012). Instrumentos tributários imobiliários municipais aplicados à drenagem urbana: estudo de caso de taxa, contribuição de melhoria e benefício fiscal em Porto Alegre, RS. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 160 p.
- Li, C., Peng, C., Chiang, P.-C., Cai, Y., Wang, X., Yang, Z. (2019). Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review. *J. Hydrol.*, 568, 626-637. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.074>

- Li, C., Fletcher, T.D., Duncan, H.P., Burns, M.J. (2017). Can stormwater control measures restore altered urban flow regimes at the catchment scale? *J. Hydrol.*, 549, 631-653. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.037>
- Lindhjem, H., Navrud, S. (2011). Are Internet surveys an alternative to face-to-face interviews in contingent valuation? *Ecol. Econ.*, 70(9), 1628-1637. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.04.002>
- Lisbôa, É. G.; Barp, A. R. B.; Duarte, A. A. M. (2012). A Cobrança de Taxa como Alternativa de Financiamento para um Plano de Drenagem Urbana no município de Belém/PA. *Rev. Bras. Rec. Hídr.*, 17(2), 53–67. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.o53-67>
- Loperfido, J.V., Noe, G.B., Jarnagin, S.T., Hogan, D.M. (2014). Effects of distributed and centralized stormwater best management practices and land cover on urban stream hydrology at the catchment scale. *J. Hydrol.*, 519, 2584-2595. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.07.007>
- Maeda, P.K., Chanse, V., Rockler, A., Montas, H., Shirmohammadi, A., Wilson, S., Leisnham, P.T. (2018). Linking stormwater Best Management Practices to social factors in two suburban watersheds. *PLoS ONE*, 13(8):e0202638. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202638>
- Marlow, D.R., Moglia, M., Cook, S., Beale, D.J. (2013). Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. *Water Res.*, 47, 7150-7161. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.046>
- Martins, L.G.B. (2017). Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. 197 p.
- McManus, R. (2009). Water Sensitive Urban Design barriers and opportunities in Darwin - Discussion paper. [http://www.equatica.com.au/Darwin/reports-pdfs/Final%20Docs/8005\\_Darwin%20WSUD%20Barriers%20Opportunities%20Discussion%20Paper%20FINAL%20\\_May09\\_.pdf](http://www.equatica.com.au/Darwin/reports-pdfs/Final%20Docs/8005_Darwin%20WSUD%20Barriers%20Opportunities%20Discussion%20Paper%20FINAL%20_May09_.pdf) Accessed 3 April 2019.
- Mendes, H.C., Mendiondo, E.M. (2007). Histórico da Expansão Urbana e Incidência de Inundações: o Caso da Bacia do Gregório, São Carlos–SP. *Rev. Bras. Rec. Hídr.*, 12(1), 17-27. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v12n1.p17-27>.
- Miguez, M.G., Rezende, O.M., Veról, A.P. (2015). City growth and urban drainage alternatives: Sustainability challenge. *J. Urban Plann. Dev.*, 141(3):04014026. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000219](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000219)

- National Research Council. (2008). *Urban Stormwater Management in the United States*, The National Academies Press, Washington. [https://www3.epa.gov/npdes/pubs/nrc\\_stormwaterreport.pdf](https://www3.epa.gov/npdes/pubs/nrc_stormwaterreport.pdf) Accessed 20 April 2018.
- Noy, C. (2008). Sampling Knowledge: The Hermeneutics of Snowball Sampling in Qualitative Research. *International J. Social Res. Method.*, 11(4), 327-44. <https://doi.org/10.1080/13645570701401305>
- Paraná. (2002). *Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba: Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba – PR.*
- Parkinson, J., Milograna, J., Campos, L.C., Campos, R. (2003). *Drenagem Urbana Sustentável–Relatório do Workshop em Goiânia–GO.* [http://semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem\\_urbana\\_no\\_brasil-workshop\\_relatorio081003.pdf](http://semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem_urbana_no_brasil-workshop_relatorio081003.pdf) Accessed 8 January 2019.
- Porto Alegre. (2005). *Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana – Volume VI.*
- Qiao, X., Kristoffersson, A., Randrup, T.B. (2018). Challenges to implementing urban sustainable stormwater management from a governance perspective: A literature review. *J. Cleaner Prod.*, 196, 943-952. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.049>
- Rio de Janeiro. (2004). Lei nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004. Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.
- Roy, A.H., Wenger, S.J., Fletcher, T.D., Walsh, C.J., Ladson, A.R., Shuster, W.D., Thurston, H.W., Brown, R.R. (2008). Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: Lessons from Australia and the United States. *Environ. Manage.*, 42, 344-359. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9119-1>
- Sage, J.; Berthier, E.; Gromaire, M.C. (2015). Stormwater management criteria for on-site pollution control: A comparative assessment of international practices. *Environ. Manage.*, 56(1), 66–80. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0485-1>
- Salvadore, E., Bronders, J., Batelaan, O. (2015). Hydrological modelling of urbanized catchments: a review and future directions. *J. Hydrol.*, 529, 62-81. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.06.028>
- Santos, M.F.N., Reis, M.R.M., Paiva, S.B., Gonçalves, L.M., Barbassa, A.P. (2016). *Descentralizando o manejo das águas pluviais: como promover a participação da*

- comunidade? In: 7o Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Maceió, Brasil.
- São Carlos. (2005). Lei nº 13.692, de 25 de novembro de 2005. Institui a Planta Genérica de Valores do Município, define critérios para lançamento do Imposto Predial e Territorial Urbano, e dá outras providências.
- São Carlos. (2011). Lei nº 15.958, de 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre o código de obras e edificações do Município de São Carlos, e dá outras providências.
- São Carlos. (2003). Lei nº 13.246, de 27 de novembro de 2003. Dispõe sobre a construção de reservatório de detenção ou retenção de águas em conjuntos habitacionais, áreas comerciais e industriais, loteamentos ou parcelamentos em áreas urbanas.
- São Paulo. (2002). Lei nº 13.276, de 04 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>.
- São Paulo. (2007). Lei nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais.
- São Paulo. (2012). Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos. 128p. il. v.3.
- São Paulo. (2016). Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014–Plano Diretor Estratégico.
- Scheuren, F. (2004). What is a Survey? <http://www.amstat.org/sections/srms/pamphlet> Accessed 15 January 2019.
- Sills, S.J., Song, C. (2002). Innovations in Survey Research: An Application of Web-Based Surveys. *Social Sci. Comput. Rev.*, 20(1), 22-30. <https://doi.org/10.1177/089443930202000103>
- Souza, V.C.B. (2013). Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 1(1), 57-72. <https://doi.org/10.17565/gesta.v1i1.7105>
- Subramanian, R. (2016). Rained out: Problems and solutions for managing urban stormwater runoff. *Ecol. Law Q.*, 43, 421–448. <https://doi.org/10.15779/Z389C6S134>
- Tucci, C.E. (2004). Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. *Rev. Gest. Agua Am. Lat.*, 1(1), 59–73. <https://doi.org/10.21168/reg.v1.n1.p59-73>
- Tucci, C.E. (2007). Regulação das águas pluviais urbanas. *Rev. Gest. Agua Am. Lat.*, 4(1), 75–89.

- United Nations–UN.(2010). World Population Prospects: The 2009 Revision. New York.
- US-EPA. (2008). Green Infrastructure Municipal Handbook.
- Van Roon, M., Dixon, J., Van Roon, H. (2005). Reformulating planning tools to promote low impact urban design and development. In: New Zealand Water and Waste Association 4th South Pacific Conference on Stormwater and Aquatic Resource Protection. Auckland, New Zealand.
- Vojinovic, Z., Huang, J. (2014). Unflooding Asia: The Green Cities Way. Asian Developing Bank. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/149304/unflooding-asia.pdf> Accessed 3 April 2019.
- Zimmer, C.A., Heathcote, I.W., Whiteley, H.R., Schroeter, H. (2007). Low-Impact-Development Practices for Stormwater: Implications for Urban Hydrology. *Can. Water Resour. J.*, 32(3), 193-212. <https://doi.org/10.4296/cwrj3203193>

# **Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: the case of Brazil**

## **Research data**

**Table 1. Sustainable urban stormwater management (SUSM) barriers on the Brazilian scale**

Reference	Barrier type(s)	Barrier(s)
Parkinson et al. (2003)	Institutional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No integrated management between the urban sanitation components</li> <li>• Technical inadequacy of the technical team</li> <li>• Not enough work in small cities to justify the quantity of technical professionals needed to form a properly trained team</li> <li>• Lack of knowledge about the existing urban drainage system</li> <li>• Lack of knowledge about the physical processes related to the urban drainage</li> <li>• Drainage division fragility due to the lack of autonomy and administrative continuity and the inadequacy of the financial resources flux</li> <li>• Fragmented and duplicated actions related to drainage due to the multiplicity of involved actors and the inadequacy of information flux</li> <li>• Inadequacy regarding intercity and metropolitan issues</li> <li>• Deficiency in juridical structure</li> </ul>
Tucci (2004)	Regulatory	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inadequate politics</li> </ul>
Cruz et al. (2007)	Institutional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of technical capacity in institutional teams</li> <li>• Lack of integration between the drainage division and the others acting on urban space</li> <li>• Lack of integration between stormwater management and land use regulation</li> </ul>
Tucci (2007)	Regulatory	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stormwater management scale: watershed versus municipality</li> </ul>
Carneiro (2008)	Institutional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of coordination</li> </ul>
Forgiarini (2010)	Financial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of economic incentives</li> </ul>
Lengler (2012)	Financial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of financial resources</li> <li>• Lack of incentives</li> </ul>
Lisbôa et al. (2012)	Financial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of financial resources</li> </ul>
Souza (2013)	Institutional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of knowledge (technical and public)</li> <li>• Disconnection between legal instruments</li> <li>• Technical fragility of the institutions involved in urban drainage</li> <li>• Lack of design guidance</li> <li>• Lack of data about long-term performance, maintenance routines, monitoring, and global costs evaluation</li> </ul>
Almeida (2014)	General	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of information</li> <li>• Implementation costs</li> <li>• Need for space in the lot</li> <li>• Structures need to be constructed</li> <li>• Need for maintenance</li> <li>• Lack of institutional actions to implement politics related to: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Management system adequacy</li> <li>○ Public and private professional training</li> <li>○ Monitoring the adoption of the laws</li> <li>○ Maintenance of the structures</li> <li>○ Programs to non-structural measures implementation</li> </ul> </li> </ul>
Miguez et al. (2015)	Regulatory	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of integration between innovative stormwater drainage practices and urban planning process</li> </ul>
Santos et al. (2016)	Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of community involvement</li> </ul>
Martins (2017)	Technical and Regulatory	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of available space for the structures</li> <li>• Lack of integration between stormwater management and urban planning</li> </ul>



**Table 2. SUSM Barriers: international scale vs Brazilian scale (to be continued)**

Country	Reference	Barrier type(s)	Barrier(s)	Brazilian reference (when existing)
Asia, Europe, Oceania, and US	Chang et al. (2018)	Political	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of knowledge about SuDS performance and maintenance costs</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Tools that allow to estimate life cycle costs are needed</li> </ul>	Souza (2013)
Australia	McManus (2009)	Regulatory, Technical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of information on the cost and practices of WSUD elements</li> </ul>	Souza (2013)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Impact on the affordability of housing</li> </ul>	Almeida (2014)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Public health</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Low interest of the industry</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Differences between the tropics and temperate climates, where the stormwater treatment systems have been designed and constructed</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of data on the performance of systems for the wet/dry tropics</li> </ul>	
Australia	Farrelly and Brown (2011)	Governance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limitations in experimenting with new technologies and practices when operating within a hierarchical and market-based governance paradigm</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Industry conservatism and the dominant risk-based management approach</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Concerns about public health and financial implications</li> </ul>	
Australia, Canada, China, Germany, South Korea, UK, and US	Li et al. (2019)	Technical, Institutional, Community, Regulatory, and Financial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of knowledge and technical skills</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Souza (2013); Almeida (2014)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of education and awareness (professional, political, and community)</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Uncertainty regarding hydrologic performance</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Difficulties in design and construction</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of local technical guidance</li> </ul>	Souza (2013)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of a sound research foundation</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>No long-term structure for maintenance</li> </ul>	Almeida (2014)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Unclear relationship among agencies and departments</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Carneiro (2008)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of legislation, regulation, and governance</li> </ul>	Tucci (2004); Souza (2013)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Regulatory impediments</li> </ul>	Souza (2013); Almeida (2014)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of inter-agency cooperation at the local level</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistance to change</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Inertia of traditional approaches</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Ineffective communication</li> </ul>	Parkinson et al. (2003)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Low prices of water</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Inflexibility of manuals and ordinances</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of data on cost and benefit analysis</li> </ul>	Souza (2013)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of incentives</li> </ul>	Lengler (2012)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Unsecure funding for maintenance</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Limited access to finance</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Almeida (2014)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Perceived high costs</li> </ul>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Inadequate investment and return estimates</li> </ul>				

**Table 2. SUSM Barriers: international scale vs Brazilian scale (continued)**

Country	Reference	Barrier type(s)	Barrier(s)	Brazilian reference (when existing)	
Australia, UK, and US	Dhakal and Chevalier (2017)	Political	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gap between knowledge and practical</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Federal and state policy, including constitutional protection of private property, responsibility versus authority dilemma, decoupling of intercoupled jurisdictions, and lack of design and maintenance standards</li> </ul>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• City policy, including regulatory threshold, use restriction, requirement to use gray system, restriction on rainwater harvesting, and lack of financial incentives</li> </ul>		Tucci (2004); Forgiarini (2010); Almeida (2014); Martins (2017)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Governance, including pro-gray arrangements, fragmented governance, lack of coordination, and lack of public engagement</li> </ul>		Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Carneiro (2008); Souza (2013)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resource, including lack of financial resources, lack of data on cost and performance, and dearth of human resource</li> </ul>		Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Lengler (2012); Lisbôa et al. (2012); Souza (2013); Almeida (2014)
Australia and US	Roy et al. (2008)	Financial, Technical, Institutional, Strategic vision, and Regulatory	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uncertainties in performance and cost</li> </ul>	Souza (2013)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insufficient engineering standards and guidelines</li> </ul>	Souza (2013)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragmented responsibilities</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Carneiro (2008)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of institutional capacity</li> </ul>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of legislative mandate</li> </ul>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of funding and effective market incentives</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Lengler (2012); Lisbôa et al. (2012); Almeida (2014)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistance to change</li> </ul>		
Australia and other no specific countries	Brown and Farrelly (2009)	Institutional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uncoordinated institutional framework</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Carneiro (2008)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limited community engagement, empowerment and participation</li> </ul>	Santos et al. (2016)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limits of regulatory framework</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Tucci (2004); Souza (2013); Almeida (2014)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insufficient resources (capital and human)</li> </ul>	Lengler (2012); Lisbôa et al. (2012)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unclear, fragmented roles and responsibilities</li> </ul>	Parkinson et al. (2003)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poor organizational commitment</li> </ul>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of information, knowledge and understanding in applying integrated, adaptive forms of management</li> </ul>	Souza (2013); Almeida (2014)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poor communication</li> </ul>	Parkinson et al. (2003)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• No long-term vision, strategy</li> </ul>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technocratic path dependencies</li> </ul>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Little or no monitoring and evaluation</li> </ul>	Souza (2013)	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lack of political and public will</li> </ul>		

**Table 2. SUSM Barriers: international scale vs Brazilian scale (continued)**

Country	Reference	Barrier type(s)	Barrier(s)	Brazilian reference (when existing)
Australia and other no specific countries	Marlow et al. (2013)	Strategic vision, Technical, Financial, and Institutional	• Difficulties in predicting the system effects of innovations	
			• Lack of institutional capacity to manage uncertainties and risk	
			• Practical challenges in managing innovations in technologies and service provision strategies, including increased management complexity, diffuse responsibilities, uncertain performance, and community resistance to change	Souza (2013)
			• Concerns relating to end-user involvement in management systems	Santos et al. (2016)
			• Financial considerations	Parkinson et al. (2003)
			• The effect of bias and advocacy on the promotion of technologies and management paradigms	Souza (2013)
China	Jiang et al. (2017)	Institutional	• Technical complexity and management capacity	Souza (2013)
			• Fragmented governance and planning	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Miguez et al. (2015); Martins (2017)
			• Difficulties in investment financing and public private partnership	Parkinson et al. (2003); Lengler (2012); Lisboa et al. (2012)
			• Implementation pathways and organization	Almeida (2014)
Germany	Dierkes et al. (2015)	Technical and Regulatory	• Lack of monitoring, information support, and project evaluation	Souza (2013)
			• Uncertainty regarding long-term performance	Souza (2013)
Israel	Goulden et al. (2018)	Social and Institutional	• Legislative requirements for SUDS approval and testing	Souza (2013)
			• Lack of clear guidance	Souza (2013)
			• Obsolete laws	Tucci (2004)
New Zealand	Van Roon et al. (2005)	Technical, Regulatory, Financial, And Strategic vision	• Public ownership of all water in the country	
			• Uncoordinated management at the regional level	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Carneiro (2008); Almeida (2014)
			• Lack of expertise professionals	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Souza (2013); Almeida (2014)
			• Inadequate professional teams	Parkinson et al. (2003); Souza (2013); Almeida (2014)
			• Short-term planning	
			• Lack of professional knowledge and awareness	Cruz et al. (2007); Souza (2013); Almeida (2014)
			• Lack of flexibility on the councils' requirements	
			• Lack of incentives	Lengler (2012)
• Avoidance of risk and liability possibilities				
UK	Heal et al. (2009)	Technical	• Limited information on the effectiveness and long-term maintenance costs	Souza (2013)
			• Lack of definition of how the costs might be apportioned to councils and homeowners	
			• Concern about performance and maintenance costs	Almeida (2014)

**Table 2. SUSM Barriers: international scale vs Brazilian scale (continued)**

Country	Reference	Barrier type(s)	Barrier(s)	Brazilian reference (when existing)
US	National Research Council (2008)	Financial, Technical, and Regulatory	• Developing costs	Lengler (2012); Lisbôa et al. (2012); Souza (2013); Almeida (2014)
			• Long-term maintenance	Souza (2013); Almeida (2014)
			• Lack of design guidance	Souza (2013)
			• Lack of professional training	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Souza (2013); Almeida (2014)
			• Different standards in different jurisdictions that are within the same watershed	Parkinson et al. (2003); Tucci (2007)
			• Water rights that conflict with stormwater management	
			• Urban development and sprawl	
			• Safety and aesthetic concerns	
			• Market acceptance	
			• Backyard flooding	
			• Nuisance conditions	
US	Chaffin et al. (2016)	Social and political	• Absence of a single, regional entity for implementing stormwater infrastructure projects	
			• Lack of incentives	Lengler (2012)
			• Low institutional experience integrating infrastructure and with the community involvement	Souza (2013)
			• As GI's performance and value cannot be easily communicated and measured it is difficult to find a place for GI within traditional community land use planning	
			• Lack of public knowledge about GI	Souza (2013)
US	Subramanian (2016)	Regulatory	• Fragmented water governance	Parkinson et al. (2003); Tucci (2007)
			• Lack of knowledge and data	Cruz et al. (2007); Souza (2013)
			• Lack of adequate processes	Almeida (2014)

**Table 2. SUSM Barriers: international scale vs Brazilian scale (continued)**

Country	Reference	Barrier type(s)	Barrier(s)	Brazilian reference (when existing)
US	Cousins (2017)	Institutional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Increased regulation</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>No space for many types of GI</li> </ul>	Almeida (2014); Martins (2017)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of the data for the GI's adoption and to quantify its performance</li> </ul>	Almeida (2014)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>It is needed economic instruments to put a value on stormwater</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of integrated management approach</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Distributed projects are not effective because they will never meet the level of stormwater abatement needed</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>It is hard to justify money for stormwater management</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>It is needed to focus on the existing development and encourage retrofitting rather than focusing on new development</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Stormwater engineers see only engineering solutions and GI is not part of that</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Stricter laws and regulations are needed to address stormwater because change is not going to happen voluntarily</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Stormwater fees are problematic and are not enough for successful implementation in the long-term</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Centralized urban water systems area maladapted to address climate change impacts and environmental stressors</li> </ul>	
US	Maeda et al. (2018)	Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of familiarity with BMPs</li> </ul>	Souza (2013)
No specific country	Barbosa et al. (2012)	Regulatory, Technical, , and Financial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limited knowledge about long-term potentially harmless effects</li> <li>Local authorities could use decentralized solutions to free themselves from the obligation of maintaining water infrastructures</li> <li>Difficulties and costs to operate coexisting centralized and decentralized stormwater systems</li> </ul>	
No specific country	Sage et al. (2015)	Technical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of technical expertise</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007); Souza (2013); Almeida (2014)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of sufficient guidelines</li> </ul>	Souza (2013)

**Table 2. SUSM Barriers: international scale vs Brazilian scale (continued)**

Country	Reference	Barrier type(s)	Barrier(s)	Brazilian reference (when existing)
No specific country	Qiao et al. (2018)	Governance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unclear leadership and responsibilities</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Difficult to engage stakeholders</li> </ul>	Santos et al. (2016)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Difficult to cooperate with different stakeholders</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of public understanding of their role in stormwater management</li> </ul>	Souza (2013)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of institutional capacity</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of experienced expertise</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Disagreement with the effectiveness or the means of achieving planning goals</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of funding</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Lengler (2012); Lisbôa et al. (2012); Almeida (2014)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of cost data on SSM solutions</li> </ul>	Souza (2013)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of effective market incentives</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of space and knowledge</li> </ul>	Almeida (2014); Martins (2017)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of staff and time</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of incorporation of SSM in legislative mandates</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Almeida (2014)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of uniform guidelines</li> </ul>	Souza (2013)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Fragmented environmental stakeholder network</li> </ul>	Parkinson et al. (2003); Cruz et al. (2007)
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Perceived risk in cost and performance</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of identifiable environmental values</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of awareness of the adaptability of SSM technologies and policies</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Engineering culture</li> </ul>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistance to change</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of congruence between political and hydrological considerations</li> </ul>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lack of stakeholder participation</li> </ul>	Santos et al. (2016)			

## References

- Almeida, M.F. (2014). Aplicação de técnicas compensatórias na drenagem urbana, sob a ótica dos usuários do espaço: estudo de caso em São Carlos–SP. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos. 132 p.
- Barbosa et al. (2012)
- Brown, R.R., Farrelly, M.A. (2009). Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. *Water Sci. Technol.*, 59(5), 839-846. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.028>
- Carneiro, P.R.F. (2008). Controle de inundações em bacias metropolitanas, considerando a integração do planejamento do uso do solo à gestão dos recursos hídricos. Estudo de caso: bacia dos Rios Iguaçu/Sarapuí na região metropolitana do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 296 p.
- Chaffin, B.C., Shuster, W.D., Garmestani, A.S., Furio, B., Albro, S.L., Gardiner, M., Spring, M.; Green, O.O. (2016). A tale of two rain gardens: Barriers and bridges to adaptative management of urban stormwater in Cleveland, Ohio. *J. Environ. Manage.*, 183, 431-441. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.025>
- Chang, N., Lu, J., Chui, T.F.M., Hartshorn, N. (2018). Global policy analysis of low impact development for stormwater management in urban regions. *Land Use Policy*, 70, 368-383. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.024>
- Cousins (2017)
- Cruz, M.A.S., Souza, C.F., Tucci, C.E.M. (2007). Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH.
- Dhakal, K.P., Chevalier, L.R. (2017). Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. *J. Environ. Manage.*, 203, 171-181. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.065>
- Farrelly and Brown (2011)
- Dierkes, C., Lucke, T., Helmreich, B. (2015). General technical approvals for decentralised sustainable urban drainage systems (SUDS)—The current situation in Germany. *Sustainability*, 7, 3031–3051. <https://doi.org/10.3390/su7033031>
- Forgiarini, F.R. (2010). Incentivos econômicos à sustentabilidade da drenagem urbana: o caso de Porto Alegre – RS. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 244 p.
- Goulden, S., Portman, M.E., Carmon, N., Alon-Mozes, T. (2018). From conventional drainage to sustainable stormwater management: Beyond the technical challenges. *J. Environ. Manage.*, 219, 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.066>

- Heal, K.V., Bray, R., Willingale, S.A.J., Briers, M., Napier, F., Jefferies, C., Fogg, P. (2009). Medium-term performance and maintenance of SUDS: A case-study of Hopwood Park Motorway Service Area, UK. *Water Sci. Technol.*, 59(12), 2485-2494. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.288>Jiang et al. (2017)
- Lengler, C. (2012). Instrumentos tributários imobiliários municipais aplicados à drenagem urbana: estudo de caso de taxa, contribuição de melhoria e benefício fiscal em Porto Alegre, RS. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 160 p.
- Li, C., Peng, C., Chiang, P.-C., Cai, Y., Wang, X., Yang, Z. (2019). Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review. *J. Hydrol.*, 568, 626-637. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.074>
- Lisbôa, É. G.; Barp, A. R. B.; Duarte, A. A. M. (2012). A Cobrança de Taxa como Alternativa de Financiamento para um Plano de Drenagem Urbana no município de Belém/PA. *Rev. Bras. Rec. Hídr.*, 17(2), 53–67. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.o53-67>Maeda et al.,(2018)
- Marlow, D.R., Moglia, M., Cook, S., Beale, D.J. (2013). Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. *Water Res.*, 47, 7150-7161. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.046>
- Martins, L.G.B. (2017). Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. 197 p.
- McManus, R. (2009). Water Sensitive Urban Design barriers and opportunities in Darwin - Discussion paper. [http://www.equatica.com.au/Darwin/reports-pdfs/Final%20Docs/8005\\_Darwin%20WSUD%20Barriers%20Opportunities%20Discussion%20Paper%20FINAL%20\\_May09\\_.pdf](http://www.equatica.com.au/Darwin/reports-pdfs/Final%20Docs/8005_Darwin%20WSUD%20Barriers%20Opportunities%20Discussion%20Paper%20FINAL%20_May09_.pdf) Accessed 3 April 2019.
- Miguez, M.G., Rezende, O.M., Veról, A.P. (2015). City growth and urban drainage alternatives: Sustainability challenge. *J. Urban Plann. Dev.*, 141(3):04014026. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000219](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000219)
- National Research Council. (2008). *Urban Stormwater Management in the United States*, The National Academies Press, Washington. [https://www3.epa.gov/npdes/pubs/nrc\\_stormwaterreport.pdf](https://www3.epa.gov/npdes/pubs/nrc_stormwaterreport.pdf) Accessed 20 April 2018.
- Parkinson, J., Milograna, J., Campos, L.C., Campos, R. (2003). Drenagem Urbana Sustentável–Relatório do Workshop em Goiânia–GO. [http://semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem\\_urbana\\_no\\_brasil-workshop\\_relatorio081003.pdf](http://semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem_urbana_no_brasil-workshop_relatorio081003.pdf) Accessed 8 January 2019.



- Qiao, X., Kristoffersson, A., Randrup, T.B. (2018). Challenges to implementing urban sustainable stormwater management from a governance perspective: A literature review. *J. Cleaner Prod.*, 196, 943-952. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.049>
- Roy, A.H., Wenger, S.J., Fletcher, T.D., Walsh, C.J., Ladson, A.R., Shuster, W.D., Thurston, H.W., Brown, R.R. (2008). Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: Lessons from Australia and the United States. *Environ. Manage.*, 42, 344-359. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9119-1>
- Sage, J.; Berthier, E.; Gromaire, M.C. (2015). Stormwater management criteria for on-site pollution control: A comparative assessment of international practices. *Environ. Manage.*, 56(1), 66–80. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0485-1>
- Santos, M.F.N., Reis, M.R.M., Paiva, S.B., Gonçalves, L.M., Barbassa, A.P. (2016). Descentralizando o manejo das águas pluviais: como promover a participação da comunidade? In: 7o Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Maceió, Brasil.
- Souza, V.C.B. (2013). Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 1(1), 57-72. <https://doi.org/10.17565/gesta.v1i1.7105>
- Subramanian, R. (2016). Rained out: Problems and solutions for managing urban stormwater runoff. *Ecol. Law Q.*, 43, 421–448. <https://doi.org/10.15779/Z389C6S134>
- Tucci, C.E. (2004). Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. *Rev. Gest. Agua Am. Lat.*, 1(1), 59–73. <https://doi.org/10.21168/reg.v1.n1.p59-73>
- Van Roon, M., Dixon, J., Van Roon, H. (2005). Reformulating planning tools to promote low impact urban design and development. In: New Zealand Water and Waste Association 4th South Pacific Conference on Stormwater and Aquatic Resource Protection. Auckland, New Zealand.

**CAPÍTULO 4 – STRATEGIES TO OVERCOME  
BARRIERS AND TO EFFECTIVELY ACHIEVE  
SUSTAINABLE URBAN STORMWATER  
MANAGEMENT: A REVIEW**

Este artigo apresenta a revisão bibliográfica sobre soluções para transposição das barreiras e efetiva adoção de SUSM. Foram identificadas 8 estratégias de solução e 80 medidas de implantação para estas estratégias.

Artigo submetido a periódico da área e em fase de revisão. Seu *preprint* foi publicado com DOI 10.31224/osf.io/mz47v. A versão final do artigo será vinculada ao referido *preprint*.

# **Strategies to overcome barriers and to effectively achieve sustainable urban stormwater management: A review**

**Anaí Floriano Vasconcelos\***

Centre of Exact Sciences and Technology, Federal University of São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brazil

Natural Science Centre, Federal University of São Carlos, Buri, São Paulo, Brazil

ORCID ID: 0000-0002-0596-8251

\* Corresponding author: E-mail address: anai\_vas@yahoo.com.br

**Ademir Paceli Barbassa**

Centre of Exact Sciences and Technology, Federal University of São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brazil

ORCID ID: 0000-0003-1689-4873

## **Abstract**

Sustainable urban stormwater management (SUSM) is essential to urban sustainability. However, barriers to adopting it are observed even in places where SUSM is more widespread. Recent studies have evaluated strategies for overcoming some types of barriers (e.g., financial resources, urban drainage knowledge, etc.). However, no study has systematically analyzed the strategies available for overcoming the most common barriers, contributing to widely adopting SUSM. Thus, this article aimed to provide a literature review on these strategies. Sixty-six documents were evaluated, resulting in eight solution strategies (e.g., capacity building, technical guidelines, etc.), detailed by 80 implementation measures, which were critically analyzed. The interrelationships among the solution strategies and their applicability to overcome the SUSM-related barriers were evaluated. This analysis showed that the solution strategies are interdependent, so it would be inefficient to adopt the strategies in isolation. On the other hand, adopting a strategy can help overcome several barriers, also enhancing other strategies, and consequently contributing to the global scenario of effective SUSM adoption. The research scope is global and the availability of this systematized information can help to break through common barriers, optimizing efforts to adopt SUSM where it is incipient, situation of the majority of the developing countries.

**Keywords:** Stormwater management, Sustainability, Urban drainage, Strategies, Barriers

## 1. Introduction

Sustainable urban stormwater management (SUSM) is a comprehensive and integrated approach to manage urban water, which addresses not only traditional sanitary aspects, but also environmental and quality of life issues (Fletcher et al. 2015). SUSM comprises several concepts, such as compensatory techniques, alternative techniques, best management practices (BMP), integrated urban water management (IUWM), sustainable urban water management (SUWM), low impact urban design and development (LIUDD), low impact development (LID), water sensitive urban design (WSUD), green infrastructure (GI), nature based solutions (NBS), and the sustainable urban drainage system (SUDS). This approach has several benefits when compared to conventional urban drainage (Ballard et al. 2015), however it has not yet been adopted worldwide.

The paradigm shift from conventional urban drainage to SUSM faces several barriers, which have already been observed in some places where SUSM is more widespread. Vasconcelos et al. (2020) carried out a literature review of the barriers to widely adopting SUSM. These barriers have several sources, such as local government issues, strategic vision, laws and regulations, financial resources, community engagement, and urban drainage knowledge.

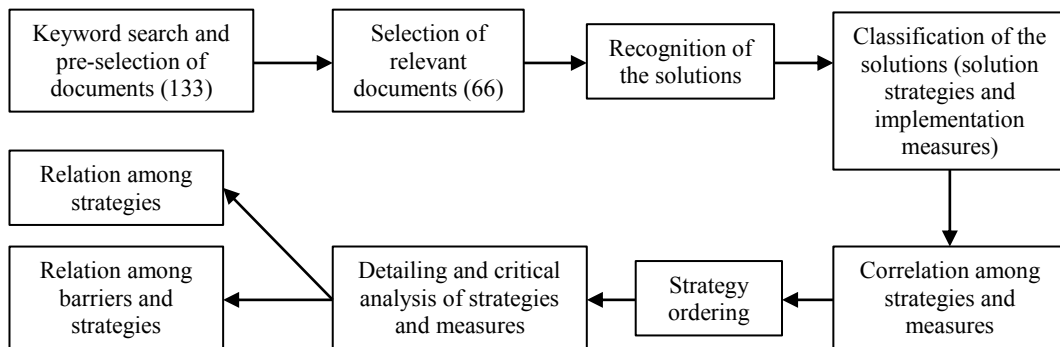
Guidance on SUSM adoption can be found in guidelines, e.g. from Maryland (Chesapeake Bay Foundation 2004) in the US, as well as from the UK (Ballard et al. 2015). Moreover, there are some studies that discuss overcoming some barrier types, especially related to technical aspects and governance (e.g., Petrucci et al. 2013; Sage et al. 2015; Dhakal and Chevalier 2017; Qiao et al. 2018). However, they do not embrace a broad, updated and integrated view of the existing strategies to overcome the common barriers to SUSM from various types of barriers. The barriers are interrelated and, therefore, their solution strategies must also be integrated to have greater chances of being successfully adopted (Brown and Farrelly 2009). Compiling this information is important both for countries that are more advanced in SUSM to overcome their barriers, as well as for countries that are beginning their transition, which is the case of the most part of the developing countries (Vasconcelos et al 2020), enabling them to learn from the other places experience and optimize their efforts.

In this context, this article aims to fill a gap of integrated and updated information on strategies for overcoming barriers and effectively implementing SUSM. This study builds upon the barriers pointed out by Vasconcelos et al. (2020). Thus, the specific objectives of the paper are: to develop strategies to overcome barriers and implement SUSM based on a

literature review; to critically analyze these strategies; and to evaluate the interrelationship among the strategies and their applicability to overcome the SUSM-related barriers.

## 2. Methods

The research consisted of a literature review on the existing strategies for adopting SUSM that have the potential to collaborate with overcoming SUSM-related barriers. A flowchart showing the methodology is illustrated in Figure 1.



**Fig. 1 Flowchart showing methodology**

The literature search was carried out in the Web of Science and Google Scholar databases in the first semester of 2019. The following keywords were searched: sustainable stormwater management, compensatory techniques, alternative techniques, BMP, source control, stormwater control measures, IUWM, SUWM, LIUDD, LID, WSUD, GI, SUDS, sustainable drainage, water, and urban. Variations in word spelling were considered (e.g., stormwater, storm water, and storm-water) and also combinations between the terms, aiming to refine the results. Documents in English and in Portuguese were considered. The documents' reference lists and those that cited them were also evaluated, aiming to identify any relevant documents that were not found in the searches. Thus, based on their titles and abstracts cohesion with the theme, 133 documents were pre-selected.

The pre-selected documents included articles from peer-reviewed scientific journals, official documents, such as legislation and manuals, critical reviews of these documents, and academic theses. After reading their abstracts and conclusions and evaluating their relevance to the objectives of the study, 66 documents were selected to compose this literature review. For each selected document, the following items were identified: location of the study; if SUSM-related barriers were analyzed; for which barriers it presented solutions (among the 31 identified by Vasconcelos et al. (2020)); the proposed solutions; if the proposed solutions

have already been applied; if the solutions have already been applied, what results have been obtained. The broader solutions were called solution strategies. The details of how to implement them, based on the ideas found in the literature review, resulted in the implementation measures. The strategies were ordered in a potential implementation sequence, based on sectorial studies (Roy et al. 2008; McManus 2009). The solution strategies and their respective implementation measures were described and discussed to provide information to support adopting them in other locations. Then, each solution strategy was related to the others and to the barriers that could be overcome by adopting it, based on the information presented throughout the discussion.

### **3. Strategies for SUSM adoption and overcoming barriers**

The literature review enabled us to identify eight solution strategies and 80 implementation measures, which were summarized in Table 1 and discussed in the following sections. The strategies were presented in a potential order of implementation.

**Table 1 Solution strategies and their implementation measures (to be continued)**

<b>Strategy 1. Information generation</b>
1.1. Knowledge of existing system
1.1.1. Registration of existing structures
1.1.2. Monitoring
1.2. Research and availability of local and reliable knowledge about SUSM
1.2.1. Cost and benefit research
1.2.2. Long-term performance research
1.2.3. Maintenance research
1.3 Pilot projects
1.3.1. Adoption of SUSM strategies in public buildings
1.3.2. Adaptative management
<b>Strategy 2. Capacity building</b>
2.1. Comprise SUSM in higher education courses
2.2. Technical training for SUSM
2.3. Institutional teams trained for SUSM
2.3.1. Drainage expert in the municipality's drainage sector
2.3.2. Multidisciplinary professional teams
2.3.3. External support to small town teams
<b>Strategy 3. Decision support tools</b>
3.1. Sustainability indicators for urban stormwater management
3.2. Catchment scale modeling
3.3. Assessment of the suitability of each space for SUSM
3.4. Dialogue among the stakeholders
3.4.1. Community participation in SUSM initiative selection
3.4.2. Consideration of developers' needs for SUSM adoption
3.4.3. Open co-governance
<b>Strategy 4. Technical guidelines</b>
4.1. Urban Drainage Manual comprising SUSM
4.1.1. Clearly establish the SUSM objectives
4.2. Runoff quality control
4.2.1. Retention of frequent rain
4.3. Runoff quantity control
4.3.1. Preservation of pre-development flow
4.3.2. Vegetation recovery in strategic areas
4.4. Maintenance routine
4.5. Optimization
4.5.1. Take into account ease of maintenance in the design criteria
4.5.2. Consider safety, aesthetics and city integration in the project phase
4.6. Overview
4.6.1. Integrated approach (considering hydraulic, hydrological, environmental, sanitary, landscape, and other aspects)
4.6.2. River restoration
4.6.3. Predict, in the design phase, the possibility of failure and design redundancy for the most sensitive structures – those with the greatest potential of impact in a failure event

**Table 1 Solution strategies and their implementation measures (continued)**

<b>Strategy 5. Legislation</b>
5.1. Implement existing laws
5.1.1. Proper regulation to implement the laws
5.1.2. Regulation based on hydrological criteria
5.2. Incorporate SUSM into existing relevant laws
5.2.1. Review existing legislation to dismiss conflicts regarding SUSM adoption
5.2.2. Urban drainage manual that includes SUSM linked to the master plans
5.3. Laws that require SUSM adoption and preservation of pre-development hydrological conditions in new development and renovations
5.3.1. Legislation should be flexible to allow simple projects that address ecological processes and stakeholders' interests
5.3.2. Address local government specificities regarding SUSM device's design and maintenance
5.3.3. Require SUSM in renovations
5.3.4. Ensure long-term policies
5.3.5. Ensure fair liability sharing between runoff generators
5.4. Integration between legislation and investment program
5.4.1. Stable long-term fund source
5.5. Urban stormwater management integrated to urban planning and in catchment scale
5.5.1. Avoid impact propagation downstream at the municipal level
5.5.1.1. Drainage district (intersection between municipality and catchment boundaries) aiming at integrated catchment management
5.5.1.2. Use of hydrological modeling for integrated planning
5.5.2. Land use regulation that ensures SUSM adoption
5.5.2.1. Planning green areas
5.5.2.2. City development based on hydrological criteria
5.5.2.3. Integrating rainwater and other urban sectors
5.5.3. Integrated management at different government levels
5.6. Maintenance planning and support
5.6.1. Maintenance and inspection plan, ensuring the owners' responsibility of keeping devices working well and the public authority's permission to inspect them
5.6.2. Maintenance support program, providing information, reminders and instructions
5.7. Incentives for SUSM adoption, followed by obligatoriness
5.7.1. Economic incentives
5.7.2. Awards and recognition programs
<b>Strategy 6. Community engagement</b>
6.1. Survey on public attitudes about stormwater management and on existing SUSM structures
6.2. Education and awareness about SUSM programs to the population
6.2.1. Empower the community to be included in the decision making process
6.2.2. Empower the community to inspect the SUSM devices
6.3. Propagation of SUSM
6.4. Multifunctional structures
6.4.1. Embrace the needs of several sectors
<b>Strategy 7. Financing</b>
7.1. Fees and taxes
7.2. Municipal fund resources
7.3. Financial resources provided by federal and state governments to regional agencies responsible for infrastructure and sanitation
7.4. Public financing mechanisms, through loans from development banks
7.5. Private financing, e.g. from companies to which SUSM adoption is important for the success of their activities
<b>Strategy 8. Inspection</b>
8.1. Punishment for violating SUSM strategies



### **3.1. Strategy 1: Information generation**

SUSM implementation depends on knowledge about the current drainage conditions and the existing SUSM structures, applied to the local context (Subramanian 2016). Thus, it is important to have a register of existing drainage systems (Subramanian 2016) and to monitor their behavior (Li et al. 2017).

Local and reliable knowledge about SUSM is also essential to be widely adopted. Therefore, this research field must be fostered (Qiao et al 2018). It should focus on developing broad (national) and specific (local) guidelines for the design, construction and maintenance of SUSM structures (Dhakal and Chevalier 2017) in the local language (Brazil 2005). A good example of this type of material is The SuDS Manual, from the UK, which includes technical details for different devices for the local context (Ballard et al. 2015). Creating a regional agency for research and education – for professional stakeholders and population – can collaborate with these objectives (Dhakal and Chevalier 2017).

Besides the guidelines, the barriers presented by Vasconcelos et al. (2020) point to the need of researching costs and benefits, long-term performance and maintenance. These data are essential to justify the SUSM adoption and are scarce for many contexts. For example, it is believed that SUSM costs less in the long term than conventional drainage (US EPA 2008a; Chang et al. 2018), but not having data regarding the costs, it is difficult to verify. There are studies, such as those by Forgiarini (2010), Lengler (2012), Lisbôa et al. (2012), and Zhang et al. (2015), which present some BMP costs data. A publication by the UK's environmental agency provides a large database of costs for this country (Keating et al. 2015).

Computational modeling can be used to simulate the long-term performance (Li et al. 2017), but the ideal would be to collect real information, based on monitoring activities. Long-term performance and proper maintenance are directly related. A US environmental agency document presents a study on water quality control in BMPs over time (Tetra Tech, Inc. 2010). Studies from the Chesapeake Bay Foundation (2004), Lim and Lu (2016), and Mehring and Bridgeman (2019) provide some information on the necessary maintenance.

Pilot projects are also very useful tools for generating information about incipient technologies. They still help to approach the community (technique and population) to these initiatives and, therefore can significantly enhance the SUSM adoption process (Van Roon et al. 2005; Cruz et al. 2007; Buehler et al. 2011). Because SUSM is still under explored in some places and surrounded by uncertainties, public policies can be adopted to encourage experimentation and support possible failures (Farrelly and Brown 2011). As a starting point, SUSM strategies could be adopted in public buildings (Cruz et al. 2007; Bitting and Kloss

2008; Chang et al. 2018) or in local government projects (McManus 2009). Chaffin et al. (2016) propose adopting a strategy called adaptive management, which includes the adoption of monitored demonstration projects and the implementation of broader projects in stages, with incremental local learning. It would help to overcome several barriers related to SUSM adoption. Overall, it can be observed that generating local information and knowing the existing drainage system is essential for progress in SUSM and supports the proper planning.

### **3.2. Strategy 2: Capacity building**

In conjunction with the information needed to safely and effectively adopt SUSM, technical professionals (institutional and private) must be trained (Brown and Farrelly 2009; McManus 2009). SUSM should be included in higher education courses (Van Roon et al. 2005). Furthermore, entrepreneurs, designers, constructors, maintenance teams, and drainage system managers must be properly trained (Cruz et al. 2007; Heal et al. 2009). The training program could be based on the local barriers (Brown and Farrelly 2009) and be promoted through workshops (Roy et al. 2008) or courses that lead to certification (Lim and Lu 2016).

At the institutional level, capacity building should consider the organizational structure. Inter-sectorial training should be promoted (Brown and Farrelly 2009), covering technical, political, and institutional skills related to SUSM's daily life. A multidisciplinary institutional team (Van Roon et al. 2005) with a drainage specialist in the sector responsible for implementing SUSM (Cruz et al. 2007) is also important. In the case of small cities, a regional team can be structured for their support, so that they are assisted by trained professionals, despite their small technical team (Parkinson et al. 2003). Training should be planned at all levels, as it is necessary and different for the various stakeholders, such as designers, maintenance workers, and managers, who need political and institutional skills.

### **3.3. Strategy 3: Decision support tools**

Technical support for decision-making is required for effective SUSM implementation. It is provided by decision support tools and could help local governments in planning and developing their SUSM projects (Subramanian 2016). It could consist of a framework with tools and guidelines to support the planning of new development (McManus 2009). Thus, an example of a decision support tool would be the sustainability indicators for urban stormwater management (Silva 2016).

The tool must also consider the local characteristics, such as its physical restrictions, current use, and the area's slope (Galderisi and Trecozzi 2017). Some drainage manuals present suitability matrices from different SUSM structures that serve as decision support tools, such as the São Paulo (São Paulo 2012) and Curitiba (SUDERHSA and CH2M Hill 2002) manuals in Brazil. Using available spaces should also be considered, such as vacant areas (Qiao et al. 2018), and the adoption of SUSM in multifunctional public infrastructures, without changing their original function (Ballard et al. 2015). Combining the use of existing spaces with their skills, the US Green Infrastructure Municipal Handbook (US EPA 2008b) indicates that as streets are the main sources of diffuse pollution in urban areas and they have great potential for adopting green infrastructure, one should take advantage of this potential and adopt SUSM in these locations to mitigate impacts at the source. In addition, vegetation and the narrowing of streets result in many benefits for the population (Van Roon et al. 2005).

The dialogue among the stakeholders, directly or indirectly involved in the urban stormwater management, is essential to implement SUSM successfully. Therefore, it must also be used as a support tool in the decision-making process. Hence, functional communication mechanisms at each level of governance and also with other stakeholders should be established (Dhakal and Chevalier 2017). The community must actively participate in choosing measures to be adopted (Van Roon et al. 2005; Ballard et al. 2015), which may increase the approval and engagement. One way of putting this into practice, which has already been shown to be ineffective, is through participatory budgeting (Parkinson et al. 2003).

Participation can increase the active involvement of the community, including the financing of structures and the possibility of using private land to implement SUSM (Qiao et al. 2018). It would also enhance the fair division of responsibilities (Costa Junior and Barbassa 2006; Ballard et al. 2015). The needs of developers must also be considered (McManus 2009). As an integrated solution for all these aspects, Qiao et al. (2018) propose a form of governance called open co-governance which is based on dialogue and active participation of different stakeholders, and would be more suitable for the effective implementation of SUSM. In this scenario, researchers would mediate communication between public and private sectors, acting as knowledge brokers. This measure would be very comprehensive with regard to overcoming SUSM-related barriers, therefore its documentation and sharing, when implemented, would be of great value. In short, decision support tools optimize SUSM, and community participation legitimizes choices and enhances their effectiveness.

### **3.4. Strategy 4: Technical guidelines**

Technical norms and manuals must comprise the SUSM guidelines. Each location has its specific characteristics, hence, it requires targeted guidance. The SUSM guidelines must clearly explain its objectives, and methods that should be adopted to overcome each impact (Tucci 2007; McManus 2009). For example, the objectives may be to reduce impervious surfaces in densely urbanized areas to prevent further soil imperviousness and to restore the river ecosystem (Galderisi and Treccozi 2017). Therefore, aiming at these objectives, some impacts should be mitigated. To minimize the impact of increasing the pollutants load in the water, the suspended solids load must be reduced. For floods, it is recommended to maintain the pre-development peak flow (Tucci 2007).

Quality control is one of the main objectives of SUSM because urban areas contaminate the runoff and, consequently, the surface and groundwater bodies. The type and level of contamination are directly related to the land use. Hence, in North Rhine Westphalia (Germany) the level of treatment required for runoff is defined according to the land use of the contribution area (Dierkes et al. 2015).

However, most guidelines for quality control recommend the retention of frequent rain. This is the case of Maryland and Los Angeles, in the US, which request the retention of the first inch of rain (Chesapeake Bay Foundation 2004), and of 0.75 inch or 85% of a 24-hour rain (County of Los Angeles 2014), respectively. In the UK, the interception of the first 5 mm of rain is required, which actually comprises more than 50% of the country's precipitation events (Ballard et al. 2015).

Quantity control (volume and flow) of the runoff in urban areas is another of SUSM's main goals. It is even more relevant in regions where the precipitation volumes are high, such as Brazil, China, India and Singapore, and, therefore, suffer constantly with floods. Interventions to control the water quantity must be planned at the local basin scale. The combined effect of all the planned interventions should also be verified through hydraulic-hydrological modeling, to avoid possible adverse effects, such as the combination of delayed flows (Tucci 2007; Petrucci et al. 2013). The Chesapeake Bay Foundation (2004) and Petrucci et al. (2013) advise that priority should be given to infiltration structures, which enable the permanent interception of water and also collaborate with the improvement of its quality (Sage et al. 2015).

The strategies proposed for the runoff volume control must adequately address the established objectives. For example, Martins (2017) states that compensatory techniques are efficient for events of up to five years of return period and, for storms greater than 10 years of

return period, the performance of medium and large detention basins is better. In addition, Tucci (2007) states that distributed structures are effective in areas smaller than 10 ha, and for larger areas, a specific study is necessary to determine which strategies should be adopted. Detention basins could be built in squares, as multifunctional structures, through their lowering and preparation for water infiltration (Ballard et al. 2015; Miguez et al. 2015). Ballard et al. (2015) also suggests using marginal roads areas and parking lots, separated by elevated guides, to retain the water.

Another commonly adopted strategy to control the quantity of water is its harvesting, which can be beneficial in places where the volume of precipitated water is less than the consumption of non-potable water. Gerolin et al. (2010) concluded that the relation between the average annual rainfall and the annual demand for non-potable water should be considered. If this ratio is less than 1.0, the benefits of reuse are significant. However, if this value is greater than 1.5, the effects of controlling the runoff volume are negligible. In addition, if the rainfalls occur concentrated at certain times of the year, it is more hydrologically and economically viable to adopt two reservoirs, one for controlling runoff and the other for storage to use the water (Gerolin et al. 2010). In addition, the authors suggest the joint adoption of cisterns and green roofs in places with high rainfall indexes.

Regarding quantity control, the ideal goal should be to keep the pre-development flows and volumes (Cruz et al. 2007; Chang et al. 2018). Thus, the UK recommends, in addition to the interception of the first 5 mm of precipitation, the control of a 100-year return period and six-hour duration rainfalls at pre-development levels (Ballard et al. 2015). In this case, the volume of extreme rainfalls can be retained and released later, at controlled flow. In the US, however, the recommendation is to control peak flows to pre-development levels from a minimum return period of 10 years (National Research Council 2008). However, this requirement applies differently according to the location. In Maryland, for example, the same volume of water must be infiltrated into the soil that it did before the occupation (Chesapeake Bay Foundation 2004). In Pennsylvania, it is established that the peak flows of high return periods must be kept equal to those of pre-development, and the volumes of two-year return periods and 24-hour duration rainfalls must be retained and not released (e.g., infiltration, evapotranspiration, or water use), aiming at the joint control of water quality (National Research Council 2008).

The rainfall volumes for the same design criteria vary, therefore it is necessary to establish the control guidance according to the local rainfall characteristics, land use and economic viability. In regions with higher rainfall, if considered the same design criteria as

regions with lower rates, control structures would have impracticable sizes in terms of economic and urban space use (Lim and Lu 2016). Thus, Chang et al. (2018) recommend that the objectives of SUSM for arid and humid climates should be different. In drier climates, the control of water quality becomes more important than that of quantity and the potential to use rainwater as an alternative and economically viable source of water resources must be emphasized, as pointed out by Gerolin et al. (2010) and Steffen et al. (2013). These criteria differences are also evident when observing that in Singapore the SUSM structures are required to support only three-month return period rainfalls. The rest of the flow must be driven to the drainage pipes, which are dimensioned for a 10-year return period (Lim and Lu 2016). In a study on how to control the runoff volume in India, Gogate et al. (2017) proposed adopting infiltration wells and rain gardens for houses and green roofs for commercial areas.

Van Roon et al. (2005) affirm that the best way to maintain flows and volumes at pre-development levels is through urban design and the appropriate relation between impervious and vegetated areas. However, in urbanized areas, it is difficult to apply it. In these cases, strategies that fit the existing land cover could be adopted. Martins (2017) suggests the combined adoption of linear and centralized devices. Palla and Gnecco (2015) point out that a reduction of at least 5% of the impervious area is necessary to obtain hydrological benefits. This could be achieved by recovering vegetation in strategic areas (Miguez et al. 2015), such as flood plain areas, which can be combined with linear parks and multifunctional structures.

In addition to water quantity and quality, the guidelines must comprise the maintenance procedures and routine, necessary for the proper performance of SUSM structures. Research institutions and companies could provide maintenance guidelines and technical support (Li et al. 2019). A maintenance manual for the population, with appropriate language and content, should also be developed (Chesapeake Bay Foundation 2004; Mehring and Bridgeman 2019).

SUSM regulation must also consider optimization of the structures, addressing several aspects, such as water quality, quantity, economics, ecosystem services and the population's quality of life (Ballard et al. 2015). Thus, Birgani et al. (2013) performed a multicriteria analysis considering quality, quantity and economics, and recommended the adoption of detention basins and permeable pavements. However, Galderisi and Trecozzi (2017) pointed out that GI have advantages over gray infrastructure, even though they are both SUSM structures. By this bias, bio-retention systems, green roofs, and rain gardens would be more advantageous, in addition to being multifunctional structures, which use spaces that are normally available in urban areas (Lim and Lu 2016). Optimization should be considered in the design phase. One example could be the use of wetlands instead of detention basins, and

the division in two parts of their storage volume, to improve the water quality (Chang et al. 2018). Ease of maintenance (Heal et al. 2009), safety, aesthetics, and integration into the urban landscape (Ballard et al. 2015) must also be part of the design criteria. Projects with filter strips, that facilitate the sediment removal (Heal et al. 2009), and that use spontaneous vegetation (Chang et al. 2018), for example, are more likely to receive adequate maintenance, as it is simpler.

An overview of the project context should also be considered. Loperfido et al. (2014) pointed out that distributed SUSM structures reproduce pre-development conditions better than centralized ones. They also conclude that the increase in the forested area and the reduction of impervious areas are more important than the spatial distribution of structures. Restoration of rivers, as stated by the Active, Beautiful, Clean (ABC) Waters Program, in Singapore, also has a very broad positive impact (Lim and Lu 2016), despite its practical implementation challenges. In addition, combining optimization and an overview of the project, the structures' failure probability and relative impacts could be assessed, and a redundancy for the most sensitive structures – with the greatest negative impact in the event of failure – could be included in the project (Bahrami et al. 2019). In general, the standardization directs and guides the use of SUSM through organization and technical communication and consists of a link between stakeholders.

### **3.5. Strategy 5: Legislation**

The existence of laws – including policies, plans, and programs – and the appropriate regulations to the SUSM adoption is essential for its effective implementation. Many places already have laws on SUSM and, in these cases, an effective and continuous communication of them is necessary (Buehler et al. 2011). The regulation is necessary for the law's enforcement, by detailing it enough to be applicable. When existing laws are not properly regulated, their adoption is not feasible. The regulation must be based on hydrological criteria (Dhakar and Chevalier 2017). In a scenario of widespread adoption of SUSM, stormwater would transit between the properties, because, analogously to the natural cycle, water does not follow political limits. To make this dynamic possible, the Los Angeles County in the US establishes that stormwater management plans should include formal agreements between neighbors, as a property commitment, which comprise receiving runoff from adjacent properties (County of Los Angeles 2014).

In addition to the regulation of existing laws, it is necessary to incorporate SUSM into relevant laws that do not yet address it, which is a reality in most places where SUSM is

incipient. Therefore, support for the proposal of these laws and regulations is necessary (Roy et al. 2008), both in the political sphere, and among professionals and the community. It is also important to review the SUSM-related laws, so that eventual conflicts are corrected. SUSM adoption should be mandatory in new development and reforms, aiming to keep the pre-development conditions, for new developments, and to fit the storm-sewer pipes capacity, in case of reforms in fully urbanized areas. Legislation must be flexible, to allow the adoption of simple projects, which address the SUSM requirements, and according to the interests of the stakeholders (Van Roon et al. 2005). It is important to ensure fair liability sharing between the runoff generators and that the laws consider the combined effect of the requirements in the basin scale. Attention should also be paid to local specificities (e.g., physical, climatic, and governance) (McManus 2009). An example of this is reported by Chang et al. (2018), by pointing out that Western countries usually prioritize water quality control in their SUSM strategies, while Eastern countries give more importance to quantity control and the use of rainwater.

To foster the wide adoption of SUSM policies, its long term validity must be ensured (Dhawal and Chevalier 2017). They also need to be attached to a stable source of financial resources (National Research Council 2008), as is case of some policies adopted in Europe (European Commission 2013). Resources for operation and maintenance must be specially planned by the government (Li et al. 2019), since the good performance of the structures depends on this.

There are some programs, laws and regulations in place that serve as a reference. On a continental scale, there is the European Union's Water Framework (2014/101/EU) (Council on European Community 2014), which is a framework for stormwater quality management in Europe. In this continent, Germany stands out in the request and incentives for SUSM adoption (Chang et al. 2018). This country has federal laws dealing with the quality of water infiltrated into the soil, and which require compensation for the occupation of natural areas (Dierkes et al. 2015). Its states also have landscape plans, which require the adoption of GI (Buehler et al. 2011).

In Australia, the states are responsible for their policies and regulations – establishing SUSM guidelines – and local authorities determine project-specific provisions for development (Chang et al. 2018). China has recently adopted the sponge city policy, which aim to retain 70% of the stormwater volume in situ (Chang et al. 2018). Since 2006 (regulated in 2011), Singapore has had the ABC Waters Program, aiming to improve urban water management and the population's quality of life through the SUSM adoption. This program



requires developments from 0.2 ha to control its peak effluent flow for a 10-year return period and a 4-hour rain duration (Chang et al. 2018) and foresees, in addition to the adoption of BMPs, restoration of rivers and the use of rainwater (Lim and Lu 2016).

In the US, several cities already have their own SUSM laws. Los Angeles and Maryland, for example, require a stormwater management plan for constructions and reforms (Chesapeake Bay Foundation 2004; County of Los Angeles 2014). In Seattle, it is required to maintain natural drainage patterns, care for flood-prone areas, minimize their floods risk, protect water bodies, and the install BMPs for all projects (Seattle 2016).

In Porto Alegre, Brazil, legislation requires hydrological studies for projects larger than 100 ha (Porto Alegre 2005), however its applicability is low, given the scarcity of projects with such dimensions in urban areas. Los Angeles, in the US, solve this issue by requiring stormwater control for all projects, but with different complexities: a volume of water to be retained is established for projects with more than four residences; for smaller projects, a list of BMPs is available, of which at least two must be implemented, not requiring a specific study (County of Los Angeles 2014).

Water resources management must occur at the hydrographic basin scale. However, due to political arrangements, it is often subdivided by political boundaries, such as municipalities. Thus, the legislation might integrate the municipality and the hydrographic basin water resources management – including urban stormwater – to avoid the transfer of impacts downstream (Tucci 2007). Therefore, the US has a watershed permitting framework for managing stormwater (National Research Council 2008). Another proposal for the integration of management is by establishing drainage districts, which consist of the intersection between the limits of the municipality and those of the hydrographic basin (SUDERHSA and CH2M Hill 2002). Dhakal and Chevalier (2016) propose the concept of a two-tier governance model that includes an integrated government between the municipality and the drainage district, in addition to being more decentralized and involving stakeholders, characteristics favorable to the management of SUSM. Despite being a measure that collaborates with the overcoming of several SUSM-related barriers, it has not yet been implemented on a full scale. To avoid the transfer of impacts downstream, hydrological modeling can also be used as an urban planning tool (Bahrami et al. 2019). This can be feasible through partnerships between researchers and the drainage sector (Farrelly and Brown 2011).

The planning and development of the cities must consider hydrological criteria (Tucci 2007), incorporating the natural processes of the rivers and hydrological features into the

urban design and providing explanations to the population (Liao et al. 2016). Land use regulation must preview SUSM (Baptista et al. 2013), ensuring its adoption in new developments (SUDERHSA and CH2M Hill 2002). Thereby, the areas to be kept vegetated must be planned in order to preserve the infiltration capacity in strategic places (Van Roon et al. 2005). Parkinson et al. (2003) recommend allocating about 2% of the public area of new developments to SUSM. In settled urbanized areas, it is only possible to propose mitigating devices (SUDERHSA and CH2M Hill 2002).

In order for integrated management to occur more effectively, it is recommended that the rainwater sector be integrated with the others operating in the urban space (Cruz et al. 2007). Carneiro (2008) suggests a single institutional management body for related issues, for example a regional agency composed by a public consortium for infrastructure and sanitation management in metropolitan regions – which could also serve to generate local information on SUSM. This would make it possible to make regional investments (Tucci 2004). However, other configurations, such as the establishment of a stormwater management committee (Li et al. 2019), are also possible. Singapore created a water agency, the Public Utilities Board (PUB), to implement the ABC Waters Program (Lim and Lu 2016). Beyond the municipal scale, SUSM should be integrated at different government levels (Buehler et al. 2011), where each level complements the one before, but honoring the local specificities (McManus 2009).

The long term performance of the devices must be ensured to compute their hydrological contribution in a scenario of widespread adoption of SUSM. Thus, adequate planning and support for the operation and maintenance of the structures must be carried out (National Research Council 2008). A maintenance and inspection plan – which establishes the owner’s responsibility to maintain the structures, and the public authority’s role to inspect them – can be developed (Seattle 2016). The plan’s maintenance activities must be aligned with the local government (McManus 2009).

Inspection of the devices’ operation can also be carried out by the community – which must be trained to do so – and not only by the public authorities (Chesapeake Bay Foundation 2004). The local population has daily contact with the structures, and does not depend on public institutions’ employees, which are commonly scarce (also pointed out as one of the SUSM-related barriers by Vasconcelos et al. (2020)). To train the population, a maintenance support program must be created, providing information, reminders and instructions (Bitting and Kloss 2008; Li et al. 2019).

A way to foster community collaboration is through SUSM adoption incentives. They could address the local barriers to SUSM, monitoring and adjusting them, when necessary (Bitting and Kloss 2008). At an early implementation stage, incentives should be prioritized over punitive measures (Goulden et al. 2018). Thus, it is believed that the wide adoption of SUSM in Germany is due to a policy of overlapping incentives, which deal with various urban issues in an integrated manner (Buehler et al. 2011). After widespread use of incentives, the adoption of SUSM may become mandatory, because there will probably be less rejection and greater commitment from the population (Buehler et al. 2011).

Economic incentives are the most common, which can be direct, such as subsidies, or indirect, such as reduced rates (Chang et al. 2018; Li et al. 2019). In Japan, for example, there are subsidies for stormwater harvesting (Chang et al. 2018). Rates according to the impervious area are a common and effective way of indirect economic incentive, adopted in Germany (Chang et al. 2018). Positive incentives consist of financial compensation for the population to adopt and pay for SUSM devices (Forgiarini 2010). Hence, credits or discounts on materials and services, or taxes reductions, for example, can be provided for those who adopt mitigating measures (Cruz et al. 2007; National Research Council 2008; US EPA 2009; Dierkes et al. 2015; Dhakal and Chevalier 2017). Market-based incentives calculate the prices of the externalities related to the adopted design, so that SUSM would be encouraged (Miguez et al. 2015). Thus, models of economic benefits for the catchment can be created to guide collaborative investments in SUSM (Subramanian 2016), or to commercialize the controlled effluent (water volume or contaminants retained) (National Research Council 2008). Other viable incentives are the recognition and award programs (Bitting and Kloss 2008; Dhakal and Chevalier 2017), such as the certification of constructions (Cruz et al. 2007), and the priority in obtaining licenses (Bitting and Kloss 2008). Therefore, legislation - combined with guidelines - requires and guides the SUSM adoption, and the combined use of incentives enhances its effectiveness.

### **3.6. Strategy 6: Community engagement**

The population is one of the main stakeholder groups who need to be engaged with SUSM for it to perform well, because the devices need to be built, maintained, and inspected. Thus, policies and plans for community engagement must be established (Ballard et al. 2015; Pradhananga and Davenport 2017). According to Ballard et al. (2015), there are several engagement possibilities, namely: information, consultation, involvement, collaboration and empowerment.

To facilitate participation, the community must have easy interaction with government agencies responsible for adopting SUSM, as already mentioned in Section 3.3 (Ballard et al. 2015; Dhakal and Chevalier 2017). The government and specialized companies must provide technical support and guidance for design, construction, operation, and maintenance of the devices. In new developments, the SUSM structures and each owner's responsibilities must be clear and formalized in the contracts (Ballard et al. 2015).

To foster community engagement, it is necessary to understand, through targeted research, the public attitudes about stormwater management and the existing SUSM structures (Goulden et al. 2018). Therefore, education and awareness programs may be proposed and come into force (Ballard et al. 2015; Maeda et al. 2018), using information campaigns (Almeida 2014), population targeted guidelines (Chesapeake Bay Foundation 2004), signs next to the existing SUSM devices, awareness and instruction activities when new structures are installed (Santos et al. 2016), teaching SUSM in schools (Dhakal and Chevalier 2017), and effective communication of the policies (Buehler et al. 2011) (also useful for implementing the existing legislation in Section 3.5). The creation of a regional agency to support research and education, suggested as a way to encourage the generation of information (Section 3.1), could help implement all these activities (Dhakal and Chevalier 2017).

In a study on population awareness strategies on SUSM, Maeda et al. (2018) concluded that residents of the neighborhoods studied in the US prefer that the dissemination of educational content is done without needing to go somewhere or receive someone at home, by distributing leaflets in homes or videos on the internet, for example. Education programs must include empowerment of the community to participate in decision-making processes (Brown and Farrelly 2009), and to inspect the operation of existing SUSM structures in their neighborhood (Chesapeake Bay Foundation 2004; Ballard et al. 2015).

In addition to awareness and training in SUSM, its dissemination to all stakeholders is also essential for its widespread. The adoption of SUSM in public buildings (measure already presented in Section 3.1) (Cruz et al. 2007; Bitting and Kloss 2008; Chang et al. 2018) can collaborate with the dissemination. SUSM guidelines to specific groups (e.g., population, entrepreneurs, technical professionals, and institutional teams), with appropriate language and knowledge level, may also be developed. Multifunctional structures can be used to foster the propagation of SUSM and community engagement, overcoming barriers related to the lack of priority of urban drainage, and lack of space and money for SUSM structures (Cruz et al. 2007; Vojinovic and Huang 2014; Subramanian 2016). Considering its adoption, the needs of

different sectors can be met (Buehler et al. 2011) and it is possible to contemplate the expectations of multiple uses of the population, such as leisure areas combined with the SUSM structures. As well as collaborating in decision making (strategy 3), community engagement and participation also increase the effectiveness of SUSM measures that depend on the collaboration of the population, such as construction, maintenance and inspection of structures. It has several correlated benefits, and therefore should receive persistent trials.

### **3.7. Strategy 7: Financing**

Financing is essential for implementing SUSM, from generating the necessary information to the hiring of trained teams and the construction of structures. Thus, the solution of financial resources issues can contribute to the overcoming of several barriers. In this sense, it is necessary to establish financial sources, incentives, or assistance programs, for all activities related to the SUSM adoption, including its operation and long-term maintenance (US EPA 2008a; Li et al. 2019).

The money source depends on the organizational and financial structure in force at each location. Carneiro (2008) proposes, for example, that the funds for implementing SUSM should come from federal and state governments to regional agencies, which are responsible for infrastructure and sanitation in metropolitan regions. Baptista et al. (2013) suggests using the municipal fund and the Chesapeake Bay Foundation (2004) guides the use of the fund for maintenance and renovation of existing drainage systems.

A local government investment strategy experiment for SUSM structures was carried out in Cincinnati, US, and obtained a good result. A survey on the acceptance of residents to install cisterns and rain gardens in their homes, without construction costs for them, was conducted in the project area. They could also request some money for this installation. However, the owners would be responsible for maintaining the devices, with technical support and reminders from the responsible governmental agency. Based on the survey's answers, the best properties for installing the structures were selected, considering costs and hydrological efficiency, and they were installed by the local government. This experiment resulted in the construction of a large number of SUSM structures at a low cost (most owners did not even ask for an extra amount for the installation) (National Research Council 2008).

Another way of financing commonly used is collection fees (National Research Council 2008; Dierkes et al. 2015), which may be linked to the use of the public drainage system (Cruz et al. 2007), to the impervious area of the property (National Research Council 2008; Chang et al. 2018), the inspection of the drainage system (National Research Council 2008) or

the granting of licenses (Dhakal and Chevalier 2017). In the US, an average fee is charged for all houses in the same category, which eases the levying system, but does not encourage the owners to adopt SUSM devices (Chang et al. 2018). In Germany, as already reported in Section 3.5, the charge is proportional to the impervious area of each property (Buehler et al. 2011; Chang et al. 2018), which also incentivises the community to adopt SUSM structures. However, it is important to note that the population is often opposed to collection fees due to corruption and the common inefficiency of public agencies in using resources properly. Thus, if this measure is to be adopted, it must be combined with an effective and transparent policy in terms of using the resources and boosting the population's confidence in the local government (Forgiarini 2010).

Public financing mechanisms and private financing are also financing possibilities. They can occur through loans from development banks or by companies interested in adopting SUSM to preserve the quality or good functioning of their activities, respectively. The European Commission (2013) reported a case of a mineral water company that financed the adoption of SUSM in a hydrographic basin upstream to its water source to guarantee the quality of its products. Financing is essential for adopting SUSM, as it is related to and is necessary for all strategies.

### **3.8. Strategy 8: Inspection**

To ensure the effectiveness of SUSM, the inspection of devices is necessary, both construction and functioning, already addressed in Section 3.5 (National Research Council 2008). The community can play an important role in the inspection. In the case of violation of SUSM strategies, when other less offensive measures were unsuccessful, some penalty must be applied, such as formal complaints, fines, or civil and criminal penalties (Chesapeake Bay Foundation 2004). The inspection, combined with the incentives, presented in Section 3.5, enhances the SUSM adoption.

## **4. Applicability of the solution strategies to the barriers**

Table 2 presents an influence matrix among the solution strategies. The adoption of a strategy may be necessary or enhance the effectiveness of others, and its implementation planning must consider these relationships. Accordingly to Brown and Farrelly (2009) the barriers are inter-dependent implying that they are likely to be less responsive to mutually exclusive programmes of change. It is observed, for example, that the strategy "1. Information generation" collaborates directly or indirectly with all the other seven strategies and,

therefore, must be included in an effective policy for SUSM adoption. This highlights the importance of considering wider aspects when planning SUSM policies, embracing all the urban sectors related to drainage, as also stated by Bohman et al. (2020).

**Table 2 Solution strategies influence matrix**

		INFLUENCES							
		1. Information generation	2. Capacity building	3. Decision support tools	4. Technical guidelines	5. Legislation	6. Community engagement	7. Financing	8. Inspection
IS INFLUENCED <sup>a</sup>	1. Information generation						I	D	I
	2. Capacity building	D		I	D			D	
	3. Decision support tools	I	I				D	D	
	4. Technical guidelines	D	D	D		D		D	I
	5. Legislation	I	D	D	D		I	D	I
	6. Community engagement	D	D	I	D	D		D	D
	7. Financing	I	D	D		D	D		
	8. Inspection	I	D		D	D	D	D	

<sup>a</sup> D: direct influence; I: indirect influence

Identified the local SUSM-related barriers, the next step is to know the solution strategies available to overcome them. The applicability of the eight solution strategies to overcome the barriers identified by Vasconcelos et al. (2020) is shown in Table 3, built on the information presented in Section 3. The correlation between barriers and solution strategies provides a practical source of information for managers to seek solutions to overcome their local barriers. As the barriers do not necessarily belong all to the same barrier type, it might hinder resolution efforts and request an integrated solution analysis and purposing. Note that to overcome any of the barriers, it would be necessary to adopt more than one strategy. For example, to overcome the barrier “Population would play a role in the maintenance”, the adoption of the strategies 4 to 8 would be required. It is necessary to establish the maintenance activities routine guidelines (strategy 4), which shall be enforced by the laws (strategy 5). However, if the community is not engaged in playing its role in the maintenance, this will compromise the hydrological and environmental performance of the device. One way to verify this lack of community collaboration would be through inspection (strategy 8) and, eventually, with financing (strategy 7). This reinforces the need for a broad and integrated approach to advance in an effective adoption of SUSM. The implementation measures to be adopted to overcome a barrier depend on the local context and the preferences of the stakeholders. If the approach is not broad and integrated, effort and money can be wasted, as SUSM measures will not bring the expected benefits. Nevertheless, these systematized data can contribute to the optimization of SUSM adoption efforts in any place, especially in incipient ones, such as the developing countries.

**Table 3 Relation among barriers and solution strategies**

Barrier types	Barriers	Solution strategies							
		1. Information generation	2. Capacity building	3. Decision support tools	4. Technical guidelines	5. Legislation	6. Community engagement	7. Financing	8. Inspection
Municipality issues	Lack of coordination and collaboration		X			X		X	X
	Lack of autonomy		X			X		X	
	Lack of administrative continuity		X	X	X	X	X	X	X
	Urban drainage is not a priority		X	X		X	X	X	X
	Lack of capacity or experience	X	X	X	X	X		X	
	Dearth of technical professionals		X			X	X	X	
	Small cities without properly trained teams		X	X	X	X	X	X	
Strategic vision	Lack of long-term planning	X	X	X	X	X		X	
	Poorly defined economic benefits	X	X				X		
	Reluctance to change	X	X	X	X	X	X	X	X
	There is no space	X	X	X	X	X	X	X	
Laws and regulations	Lack of proper laws	X	X	X	X	X		X	X
	Assignment conflict	X	X	X	X	X		X	
	Laws applicable only to new development		X	X	X	X	X	X	
	Lack of incentives	X		X		X	X	X	X
Financial resources	Lack of financial resources	X	X	X	X	X	X	X	
	Construction costs fall on the owners			X	X	X	X	X	
Community engagement	Lack of dissemination and knowledge	X	X		X	X	X	X	X
	Lack of community engagement		X		X	X	X	X	X
	Population would play a role in the maintenance				X	X	X	X	X
	Access issue regarding inspection				X	X	X		X
Urban drainage knowledge	SUSM is not learned in higher education		X		X	X			
	Untrained professionals	X	X	X	X	X			
	Lack of design and maintenance standards	X	X	X	X	X		X	
	Unknown costs	X						X	
	Limited knowledge about the maintenance	X			X		X		X
	Uncertain long-term performance	X			X		X		X
	Limited knowledge about the catchment-scale results	X		X	X		X		X
	Gap between theoretical and practical	X	X	X	X	X	X	X	X
	Existing drainage system unknown	X	X			X	X	X	X
	Safety concerns	X	X	X	X	X	X		X

## 5. Conclusion

This article presents systematized and updated information on strategies to overcome barriers and widely adopt SUSM. Eight solution strategies and 80 implementation measures were identified. Therefore, a long list of alternatives is available and can be used in various contexts, according to the interests and demands of the local stakeholders.



Adopting isolated solution strategies would be inefficient, since they are interdependent. Thus, an effective proposal to overcome barriers and adopt SUSM must include several strategies. Each strategy adopted can collaborate with the overcoming of more than one barrier and with the improvement of the urban stormwater management sustainability scenario as a whole. Besides the city governments, some strategies apply to other stakeholders, such as developers, property owners, and SUSM-related product suppliers, which have a co-responsibility on their implementation and maintenance.

The correlation between barriers and solution strategies provides a practical source of information for managers to seek solutions to overcome their local barriers. These systematized data also contribute to the optimization of SUSM adoption efforts in any place, including in developing countries.

Research on barriers is recent, as it is usually identified with effectively implementing SUSM. Thus, as it advances, other barriers and solutions will emerge and it is important that they continue to be documented. This includes theoretical implementation measures, such as open co-governance and two-tier governance model.

## References

- Almeida MF (2014) Aplicação de técnicas compensatórias na drenagem urbana, sob a ótica dos usuários do espaço: estudo de caso em São Carlos–SP. Dissertation, Universidade Federal de São Carlos (in Portuguese)
- Bahrami M, Bozorg-Haddad O, Loáiciga HA (2019) Optimizing stormwater low-impact development strategies in an urban watershed considering sensitivity and uncertainty. *Envir Monit Assess* 191(6):340-353. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7488-y>
- Ballard BW, Wilson S, Udale-Clarke H, Illman S, Scott T, Ashley R, Kellagher R (2015) *The SuDS Manual*. CIRIA, London
- Baptista LFS, Gonçalves LM, Barbassa AP, Felipe MC, Tecedor N (2013) Contemporary urban parameters in the application and design of LID (low impact development). In: XX *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Bento Gonçalves (in Portuguese)
- Birgani YT, Yazdandoost F, Moghadam M (2013) Role of Resilience in Sustainable Urban Stormwater Management. *J Hydraulic Struct* 1(1):42–50. <https://doi.org/10.22055/jhs.2013.10074>
- Bitting J, Kloss C (2008) *Green Infrastructure Retrofit Policies – EPA-833-F-08-008*. Environmental Protection Agency, United States

- Bohman A, Glaas E, Karlson M (2020) Integrating sustainable stormwater management in urban planning: ways forward towards institutional change and collaborative action. *Water* 12: 203. <https://doi.org/10.3390/w12010203>
- Brasil (2005) Gestão de águas pluviais urbanas. Ministério das Cidades, Brasília (in Portuguese)
- Brown RR, Farrelly MA (2009) Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face. *Water Sci Technol* 59(5):839-846. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.028>
- Buehler R, Jungjohann A, Keeley M, Mehling M (2011) How Germany became Europe's green leader: A look at four decades of sustainable policymaking. *Solutions J* 2(5):51-63.
- Carneiro PRF (2008) Flood control in metropolitan water basins considering the integration of land use planning with water resources management. Case study: Iguaçú/Sarapuí basins/Rio de Janeiro Metropolitan. Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro (in Portuguese)
- Chaffin BC, Shuster WD, Garmestani AS, Furio B, Albro SL, Gardiner M, Spring M, Green OO (2016) A tale of two rain gardens: Barriers and bridges to adaptive management of urban stormwater in Cleveland, Ohio. *J Environ Manage* 183:431-441. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.025>
- Chang N, Lu J, Chui TFM, Hartshorn N (2018) Global policy analysis of low impact development for stormwater management in urban regions. *Land Use Policy* 70:368-383. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.024>
- Chesapeake Bay Foundation (2004) A citizen's guide to stormwater management in Maryland. Maryland
- Costa Junior LL, Barbassa AP (2006) Design parameters for micro reservoir, for porous pavements and for forecast of urban flow. *Rev Eng Sanit Amb* 11(1):1-9 (in Portuguese).
- Council on European Community (2014) Commission Directive 2014/101/EU of 30 October 2014 amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- County of Los Angeles (2014) Low Impact Development Standards Manual. Los Angeles
- Cruz MAS, Souza CF, Tucci CEM (2007) Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, São Paulo (in Portuguese)
- Dhakal KP, Chevalier LR (2016) Urban Stormwater Governance: The Need for a Paradigm Shift. *Environ Manage* 57:1112-1124. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0667-5>

- Dhakal KP, Chevalier LR (2017) Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. *J Environ Manage* 203:171-181. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.065>
- Dierkes C, Lucke T, Helmreich B (2015) General technical approvals for decentralised sustainable urban drainage systems (SUDS) — The current situation in Germany. *Sustainability* 7:3031–3051. <https://doi.org/10.3390/su7033031>
- European Commission (2013) Building a Green Infrastructure for Europe. Belgium
- Farrelly M, Brown R (2011) Rethinking urban water management: Experimentation as a way forward? *Global Environ Change Special Issue on The Politics and Policy of Carbon Capture and Storage* 21(2):721–732. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.007>
- Fletcher TD, Shuster W, Hunt WF, Ashley R, Butler D, Arthur S, Trowsdale S, Barraud S, Semadeni-Davies A, Bertrand-Krajewski J, Mikkelsen PS, Rivard G, Uhl M, Dagenais D, Viklander M (2015) SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water J* 12(7):525-542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Forgiarini FR (2010) Incentivos econômicos à sustentabilidade da drenagem urbana: o caso de Porto Alegre – RS. Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (in Portuguese)
- Galderisi A, Trecozzi E (2017) Green Strategies for Flood Resilient Cities: The Benevento Case Study. *Procedia Envir Sci* 37:655–666. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.052>
- Gerolin A, Kellagher RB, Faram MG (2010) Rainwater harvesting systems for stormwater management: Feasibility and sizing considerations for the UK. In: *Novatech International Conference*. Lyon
- Gogate NG, Kalbar PP, Raval PM (2017) Assessment of stormwater management options in urban contexts using Multiple Attribute Decision-Making. *J Clean Prod* 142:2046–2059. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.079>
- Goulden S, Portman ME, Carmon N, Alon-Mozes T (2018) From conventional drainage to sustainable stormwater management: Beyond the technical challenges. *J Environ Manage* 219:37–45. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.066>
- Heal KV, Bray R, Willingale SAJ, Briers M, Napier F, Jefferies C, Fogg P (2009) Medium-term performance and maintenance of SUDS: A case-study of Hopwood Park Motorway Service Area, UK. *Water Sci Technol* 59(12):2485-2494. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.288>

- Keating K, Keeble H, Pettit A, Stark D (2015) Delivering benefits through evidence - Cost estimation for SuDS - Summary of evidence - Report – SC080039/R9. Environment Agency Bristol
- Lengler C (2012) Instrumentos tributários imobiliários municipais aplicados à drenagem urbana: estudo de caso de taxa, contribuição de melhoria e benefício fiscal em Porto Alegre, RS. Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (in Portuguese)
- Li C, Fletcher TD, Duncan HP, Burns MJ (2017) Can stormwater control measures restore altered urban flow regimes at the catchment scale? *J Hydrol* 549:631-653. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.037>
- Li C, Peng C, Chiang PC, Cai Y, Wang X, Yang Z (2019) Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review. *J Hydrol* 568:626-637. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.074>
- Liao K, Le TA, Nguyen KV (2016) Urban design principles for flood resilience: Learning from the ecological wisdom of living with floods in the Vietnamese Mekong Delta. *Landsc Urban Plann* 155:69–78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.01.014>
- Lim HS, Lu XX (2016) Sustainable urban stormwater management in the tropics: An evaluation of Singapore’s ABC Waters Program. *J Hydrol* 538:842–862. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.04.063>
- Lisbôa ÉG, Barp ARB, Duarte AAM (2012) A Cobrança de Taxa como Alternativa de Financiamento para um Plano de Drenagem Urbana no município de Belém/PA. *Rev Bras Rec Hídr* 17(2):53–67(in Portuguese). <https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.o53-67>
- Loperfido JV, Noe GB, Jarnagin ST, Hogan DM (2014) Effects of distributed and centralized stormwater best management practices and land cover on urban stream hydrology at the catchment scale. *J Hydrol* 519:2584-2595. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.07.007>
- Maeda PK, Chanse V, Rockler A, Montas H, Shirmohammadi A, Wilson S, Leisnham PT (2018) Linking stormwater Best Management Practices to social factors in two suburban watersheds. *PLoS ONE* 13(8):e0202638. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202638>
- Martins LGB (2017) Assessment of application potential of compensatory techniques in consolidated urban areas. Dissertation, Universidade de São Paulo (in Portuguese)
- McManus R. (2009) Water Sensitive Urban Design barriers and opportunities in Darwin - Discussion paper. [http://www.equatica.com.au/Darwin/reports-pdfs/Final%20Docs/8005\\_Darwin%20WSUD%20Barriers%20Opportunities%20Discussion%20Paper%20FINAL%20\\_May09\\_.pdf](http://www.equatica.com.au/Darwin/reports-pdfs/Final%20Docs/8005_Darwin%20WSUD%20Barriers%20Opportunities%20Discussion%20Paper%20FINAL%20_May09_.pdf). Accessed 3 April 2019

- Mehring P, Bridgeman T (2019) Simple SuDS for local people - A guide to sustainable drainage in developments. [https://www.susdrain.org/files/resources/other-guidance/simple\\_suds\\_28th\\_july\\_2019\\_v1.pdf](https://www.susdrain.org/files/resources/other-guidance/simple_suds_28th_july_2019_v1.pdf). Accessed 12 September 2019
- Miguez MG, Rezende OM, Veról AP (2015) City growth and urban drainage alternatives: Sustainability challenge. *J Urban Plann Dev* 141(3):04014026. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000219](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000219)
- National Research Council (2008) Urban Stormwater Management in the United States. The National Academies Press. [https://www3.epa.gov/npdes/pubs/nrc\\_stormwaterreport.pdf](https://www3.epa.gov/npdes/pubs/nrc_stormwaterreport.pdf). Accessed 20 April 2018
- Palla A, Gnecco I (2015) Hydrologic modeling of Low Impact Development systems at the urban catchment scale. *J Hydrol* 528:361–368. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.06.050>
- Parkinson J, Milograna J, Campos LC, Campos R (2003) Drenagem Urbana Sustentável– Relatório do Workshop em Goiânia–GO. [http://semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem\\_urbana\\_no\\_brasil-workshop\\_relatorio081003.pdf](http://semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem_urbana_no_brasil-workshop_relatorio081003.pdf). Accessed 8 January 2019 (in Portuguese)
- Petrucci G, Rioust E, Deroubaix JF, Tassin B (2013) Do stormwater source control policies deliver the right hydrologic outcomes? *J Hydrol* 485:188–200. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.06.018>
- Porto Alegre (2005) Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana – Volume VI. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Porto Alegre (in Portuguese)
- Pradhananga AK, Davenport MA (2017) Community attachment, beliefs and residents’ civic engagement in stormwater management. *Landsc Urban Plann* 168:1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.10.001>
- Qiao X, Kristoffersson A, Randrup TB (2018) Challenges to implementing urban sustainable stormwater management from a governance perspective: A literature review. *J Cleaner Prod* 196:943-952. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.049>
- Roy AH, Wenger SJ, Fletcher TD, Walsh CJ, Ladson AR, Shuster WD, Thurston HW, Brown RR (2008) Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: Lessons from Australia and the United States. *Environ Manage* 42:344-359. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9119-1>
- Sage J, Berthier E, Gromaire MC (2015) Stormwater management criteria for on-site pollution control: A comparative assessment of international practices. *Environ Manage* 56(1):66–80. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0485-1>

- Santos MFN, Reis MRM, Paiva SB, Gonçalves LM, Barbassa AP (2016) Descentralizando o manejo das águas pluviais: como promover a participação da comunidade? In: 7o Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Maceió (in Portuguese)
- São Paulo (Município) (2012) Plano Municipal e Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo: Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Aspectos Tecnológicos: Diretrizes para Projetos – Volume III. Prefeitura Municipal de São Paulo, São Paulo (in Portuguese)
- Seattle (2016) City of Seattle Stormwater Manual. Seattle
- Silva SP (2016) Ferramenta de apoio ao manejo de águas pluviais urbanas com base em indicadores de sustentabilidade – SAMSAP. Dissertation, Universidade Federal de São Carlos (in Portuguese)
- Steffen J, Jensen M, Pomeroy CA, Burian SJ (2013) Water Supply and Stormwater Management Benefits of Residential Rainwater Harvesting in U.S. Cities. J American Water Resour Assoc 49(4):810–824. <https://doi.org/10.1111/jawr.12038>
- Subramanian R (2016) Rained out: Problems and solutions for managing urban stormwater runoff. Ecol Law Q 43:421–448. <https://doi.org/10.15779/Z389C6S134>
- SUDERHSA, CH2M Hill (2002) Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba – Manual de Drenagem Urbana. Paraná (in Portuguese)
- Tetra Tech, Inc (2010) Stormwater Best Management Practices (BMP) Performance Analysis. United States Environmental Protection Agency, Boston
- Tucci CE (2004) Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. Rev Gest Agua Am Lat 1(1):59–73. <https://doi.org/10.21168/reg.v1.n1.p59-73> (in Portuguese).
- Tucci CE, Meller A (2007) Regulação das águas pluviais urbanas. Rev Gest Agua Am Lat 4(1):75–89 (in Portuguese).
- US EPA (2008a) Municipal Handbook: Funding Options - EPA-833-F-08-007. Environmental Protection Agency, United States
- US EPA (2008b) Municipal Handbook: Green Streets - EPA-833-F-08-009. Environmental Protection Agency, United States
- US EPA (2009) Municipal Handbook: Incentive Mechanisms - EPA-833-F-09-001. Environmental Protection Agency, United States
- Van Roon M, Dixon J, Van Roon H (2005) Reformulating planning tools to promote low impact urban design and development. In: New Zealand Water and Waste Association 4th South Pacific Conference on Stormwater and Aquatic Resource Protection. Auckland

- Vasconcelos AF, Barbassa AP, Santos MFN, Imani M (2020) Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: the case of Brazil. <https://doi.org/10.31224/osf.io/9e5sy>
- Vojinovic Z, Huang J (2014) Unflooding Asia: The Green Cities Way. Asian Developing Bank. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/149304/unflooding-asia.pdf>. Accessed 3 April 2019
- Zhang D, Gersberg RM, Ng WJ, Tan SK (2015) Conventional and decentralized urban stormwater management: A comparison through case studies of Singapore and Berlin, Germany. *Urban Water J* 14(2):113-124. <http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2015.1076488>

## **CAPÍTULO 5 – VALIDAÇÃO DE BARREIRAS E EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS DE ADOÇÃO DE MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**

Este artigo apresenta a validação das principais barreiras ao SUSM do Brasil para os seis municípios que tiveram seus profissionais entrevistados e as suas experiências para transposição das barreiras e adoção de SUSM. O compartilhamento destas experiências e de sua percepção por parte dos profissionais das prefeituras pode colaborar com a proposição de medidas de adoção efetiva de SUSM em outros locais.

Artigo apresentado no XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas em 20 de outubro de 2020. Versão final disponível nos anais do evento, no endereço <http://anais.abrhidro.org.br/works/7094>



# VALIDAÇÃO DE BARREIRAS E EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS DE ADOÇÃO DE MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Anaí Floriano Vasconcelos <sup>1</sup>; Maria Fernanda Nóbrega dos Santos <sup>2</sup> & Ademir Paceli Barbassa <sup>3</sup>

**RESUMO** – O manejo sustentável de águas pluviais urbanas (SUSM) vem sendo internacionalmente adotado devido às suas inúmeras vantagens quando comparado à drenagem convencional. No entanto, a sua adoção no Brasil ainda é incipiente. O conhecimento das barreiras existentes para a adoção de SUSM, assim como os esforços já empreendidos e os resultados obtidos são essenciais para o seu avanço no país. Este estudo visou validar as barreiras ao SUSM para o Brasil e levantar as medidas já tomadas para sua transposição, por meio de entrevistas com profissionais técnicos de prefeituras que já tenham experiência com SUSM (Belo Horizonte/MG, Curitiba/PR, Porto Alegre/RS, Rio de Janeiro/RJ, São Carlos/SP e São Paulo/SP). Verificou-se que os municípios pesquisados empreenderam alguns esforços para o avanço do SUSM, mas as barreiras ainda os limitam. As iniciativas existentes, segundo a opinião dos entrevistados, não contemplam adequadamente a adoção efetiva de SUSM. A eficácia das medidas em vigor não é monitorada, o que dificulta a sua validação como boa estratégia a ser disseminada. O monitoramento é recomendado para embasar a proposição de melhorias para o próprio local e para colaborar com o avanço do SUSM no país.

**ABSTRACT** – Sustainable urban stormwater management (SUSM) is increasingly adopted worldwide due to its several advantages over conventional drainage. However, its adoption in Brazil is still incipient. Knowing the existing barriers to SUSM adoption, the efforts already undertaken to implement SUSM, and the results obtained is essential for SUSM progress in Brazil. Therefore, this study aimed to validate the barriers to SUSM for Brazil and to raise the measures already taken for their overcoming. The goals were tackled through interviews with technical professionals from city halls, which already have experience with SUSM (Belo Horizonte/MG, Curitiba/PR, Porto Alegre/RS, Rio de Janeiro/RJ, São Carlos/SP, and São Paulo/SP). It was found that these municipalities made some efforts to advance in SUSM, but the barriers still limit them. According to the professionals' opinion, the existing initiatives do not address the effective adoption of SUSM. The effectiveness of the existing measures is not monitored, making it difficult to validate them as good strategies to be disseminated. The monitoring is recommended to support the proposal of improvements for the city and to collaborate with the progress of SUSM in Brazil.

**Palavras-Chave** – manejo sustentável de águas pluviais urbanas, barreiras, experiência brasileira

---

<sup>1</sup>) Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos, Buri/SP, CEP 18290-000, Brasil, (15)981096682, anai\_vas@yahoo.com.br

<sup>2</sup>) Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru/SP, CEP 17033-360, Brasil, (14)997652507, mfnasantos@yahoo.com.br

<sup>3</sup>) Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, CEP 13565-905, Brasil, (16)993983016, barbassa@ufscar.br

## 1. INTRODUÇÃO

O manejo de águas pluviais urbanas no Brasil ainda consiste na drenagem convencional (Souza, 2013). No entanto, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (Ministério das Cidades, 2018) aponta problemas com alagamentos e inundações em grande parte dos municípios brasileiros. O manejo sustentável de águas pluviais urbanas (do Inglês, *sustainable urban stormwater management* – SUSM) poderia ser adotado para transpor estes problemas, por tratar o manejo das águas pluviais urbanas de forma mais abrangente e integrada. Este tipo de abordagem possui vários benefícios quando comparado à drenagem urbana convencional (Ballard *et al.*, 2015) e a sua eficácia já foi comprovada por diversos estudos, como Li *et al.* (2017), Loperfido *et al.* (2014) e Zimmer *et al.* (2007).

No entanto, o SUSM ainda é incipiente no Brasil e existem diversas barreiras para a sua ampla adoção. Brown e Farrelly (2009) apontam a importância de se conhecer as barreiras ao SUSM para se avançar com a sua adoção. Vasconcelos *et al.* (2020) realizaram um levantamento sistemático destas barreiras e as validaram para o Brasil. Além disso, o contexto local e os esforços já empreendidos para avanço do SUSM também deve ser considerados. Souza (2013) fez um panorama sobre os desafios para a sustentabilidade da drenagem urbana no Brasil. A presença de SUSM na legislação brasileira é recente e pouco abrangente. Na esfera federal, o Estatuto da Cidade (Brasil, 2001) trouxe a possibilidade de planejamento integrado e mais sustentável das águas urbanas. Posteriormente, a Lei Federal nº 11.445 (Brasil, 2007) abriu novas perspectivas de projeto e manejo de sistemas de águas pluviais. Finalmente, em 2012, o Ministério das Cidades (2012) publicou o “Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais”, que deve ser seguido por projetos com financiamento federal.

No entanto, além das iniciativas federais não tratarem de forma objetiva e efetiva a questão do SUSM, a drenagem urbana costuma ficar a cargo dos municípios, de modo que é necessário que sejam realizadas ações nesta esfera para o avanço do SUSM. Com a percepção da problemática e o direcionamento do governo federal, alguns municípios já propuseram medidas com vistas ao aumento da sustentabilidade do manejo de suas águas pluviais. Para avançar com o SUSM é necessário validar as barreiras – levantadas por Vasconcelos *et al.* (2020) – e conhecer as medidas adotadas (e os resultados obtidos) pelos municípios para a sua superação. Isto foi feito por meio de entrevistas com profissionais técnicos de prefeituras de municípios com experiência com SUSM.

## 2. METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida pela realização das etapas apresentadas na Figura 1.

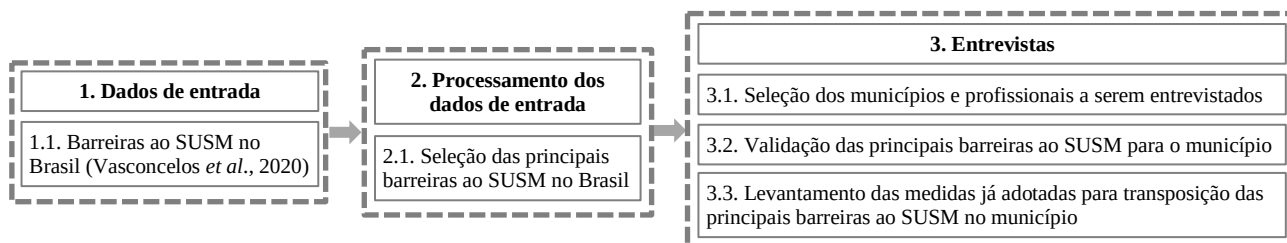


Figura 1 – Fluxograma da metodologia de pesquisa.

As barreiras ao SUSM no Brasil foram levantadas por Vasconcelos *et al.* (2020) por meio de questionários *online* com profissionais de instituições públicas e privadas, professores universitários e população. Nesta pesquisa cinco barreiras foram consideradas muito importantes: “Falta planejamento em longo prazo”, “Resistência à mudança”, “Faltam incentivos”, “Falta divulgação e conhecimento” e “Faltam padrões de projeto e de manutenção”. Os autores também observaram que as barreiras se relacionam entre si, de modo que a transposição de uma barreira pode colaborar com a superação de outras. Por isso, as barreiras “Falta de capacidade ou experiência” e “Legislação inadequada”, que se relacionam com todas as outras barreiras investigadas, também foram consideradas principais para o Brasil. Combinando estes dois critérios, a lista de principais barreiras ao SUSM a serem transpostas no Brasil foi composta por sete barreiras.

Após a seleção das principais barreiras, foram realizadas entrevistas com profissionais de prefeituras que já tenham experiência com a adoção de SUSM, a saber: Belo Horizonte/MG, Curitiba/PR, Porto Alegre/RS, Rio de Janeiro/RJ, São Carlos/SP e São Paulo/SP. Os profissionais entrevistados trabalhavam nas secretarias responsáveis por projetos e obras de drenagem urbana do município e foram submetidos às mesmas questões, para possibilitar a comparação das respostas. Nas entrevistas, a pesquisa foi brevemente apresentada e então as principais barreiras ao SUSM no Brasil foram indagadas. As perguntas realizadas para cada barreira foram:

1. “Esta é ou já foi uma barreira para este município?”, em que o entrevistado respondia “Sim” ou “Não”. Comentários adicionais também foram anotados;
2. “Alguma estratégia já foi adotada para superar esta barreira?”, onde o entrevistado também respondia “Sim” ou “Não”;
3. “Qual estratégia?”, em caso de resposta afirmativa à pergunta anterior. As anotações

relacionadas a esta pergunta contemplaram a experiência prática dos profissionais entrevistados, incluindo os aspectos positivos e negativos de cada estratégia adotada.

Os percentuais de respostas afirmativas para as perguntas 1 e 2 foram calculados e as medidas relatadas pelos entrevistados foram pesquisadas, de modo a embasar as discussões do artigo.

### 3. A EXPERIÊNCIA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

As entrevistas presenciais foram realizadas em fevereiro e março de 2020 com nove técnicos de carreira das áreas de projetos e obras públicas das prefeituras. A percepção dos entrevistados sobre as sete principais barreiras a serem transpostas para adoção de SUSM no Brasil é apresentada na Tabela 1. É importante observar que as respostas foram preservadas, sem juízo de valor do entrevistador. Ou seja, é possível que a resposta para a pergunta sobre a adoção de alguma estratégia para a superação da barreira seja “Não”, mesmo que algumas iniciativas pontuais já tenham sido tomadas. Por outro lado, pode ser que a resposta seja tenha sido “Sim”, mesmo que a estratégia adotada seja incipiente e não tenha obtido nenhum resultado mensurável para a superação da barreira. Com base nestas respostas foi possível verificar que as sete barreiras averiguadas ainda ocorrem na maioria dos municípios, mesmo neste recorte de cidades, que já estão mais avançadas no assunto. Também foram levantadas as estratégias já adotadas para superar estas barreiras. As experiências relatadas pelos entrevistados para superação de cada uma das barreiras investigadas foram descritas nos subitens a seguir.

**Tabela 1 – Percepção dos profissionais entrevistados sobre as principais barreiras ao SUSM.**

Barreiras	É ou já foi uma barreira para este município?	Alguma estratégia foi adotada para superar esta barreira?
	Sim (%)	Sim (%)
Faltam padrões de projeto e de manutenção	100,0	83,3
Falta de capacidade ou experiência	66,7	33,3
Legislação inadequada	83,3	66,7
Faltam incentivos	100,0	33,3
Falta planejamento em longo prazo	83,3	50,0
Resistência à mudança	100,0	33,3
Falta divulgação e conhecimento	66,7	50,0

#### 3.1 Faltam padrões de projeto e de manutenção

Os esforços empreendidos para a transposição da barreira “Faltam padrões de projeto e de manutenção” estão relacionados às leis sobre controle de escoamento na fonte e aos manuais de drenagem vinculados aos planos diretores de drenagem, melhor descritos no

subitem 3.3. Com relação aos padrões de projeto, à época das entrevistas, a Prefeitura de Belo Horizonte estava trabalhando em conjunto com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) para a elaboração de instruções técnicas adequadas para SUSM. Sobre os padrões de manutenção, o Rio de Janeiro estava empreendendo esforços em monitorar o funcionamento dos reservatórios de detenção existentes e otimizar a sua operação e funcionamento com base nos aprendizados práticos.

### **3.2 Falta de capacidade ou experiência**

Sobre a “Falta de capacitação técnica e experiência” dos profissionais do poder público, observou-se bastante iniciativa individual em se aprofundar no tema de SUSM, mas foi relatado pouco incentivo e abertura para aproveitar este conhecimento por parte dos gestores. A Prefeitura de São Paulo trabalha em parceria com empresas privadas especializadas para suprir esta demanda, pois acredita que seja inviável para qualquer prefeitura ter em seu quadro permanente profissionais tão especializados, independentemente da área demandante. A Prefeitura de Belo Horizonte trabalha em parceria com a UFMG para superar esta barreira, que, neste caso, está mais relacionada à escassez de profissionais no setor do que a sua incapacidade técnica.

### **3.3 Legislação inadequada**

Todos os municípios pesquisados possuem leis que exigem a adoção de algumas estratégias que colaboram para o SUSM para determinados tipos de ocupação. Entretanto, segundo a opinião dos entrevistados, estas leis não são adequadas e nem suficientes para a sua ampla adoção, por diversos motivos. Algumas destas leis só se aplicam a novos empreendimentos ou reformas de grandes construções, além de não contemplarem áreas públicas e privadas, incluindo vias públicas. Também faltam regulamentações e estratégias de implantação e operacionalização para as leis existentes. Na maioria destes municípios existe um percentual mínimo de área a ser mantida permeável dentro do lote e em calçadas (Quadro 1). Os municípios também preveem a instalação de reservatórios de detenção e outras medidas de controle de escoamento na fonte em novas construções e reformas de maior porte (Quadro 2).

**Quadro 1 – Leis sobre obrigatoriedade de manutenção de área permeável.**

Município	Descrição	Aplicabilidade	Permite compensação	Referência
Belo Horizonte	10 a 95% da área do lote permeável, dependendo da zona e do tamanho do lote	Todos os terrenos do município	Não	Belo Horizonte, 2019
Curitiba	25 a 50% da área do lote permeável, dependendo da zona	Todos os terrenos, exceto os menores que 360 m <sup>2</sup> em setor especial de habitação de interesse social	Sim, com reservatório de detenção	Curitiba, 2019
	Faixas permeáveis gramadas nas calçadas	Sempre que possível, na construção e reconstrução de calçadas	Não especificado	Curitiba, 2005; 2006
Porto Alegre	7 a 56% da área do lote permeável, dependendo da zona	Terrenos maiores que 150 m <sup>2</sup> , não pertencentes ao centro histórico	Sim, com telhados verdes, pavimentos semipermeáveis nas áreas abertas do terreno e canteiros vegetados nas calçadas	Porto Alegre, 1999; 2010
São Carlos	15 a 50% da área do lote permeável, dependendo da zona	Todos os terrenos do município	Não	São Carlos, 2016
São Paulo	Taxa de permeabilidade mínima de 15 a 30%, integrada à quota ambiental, que requer a adoção de estratégias para melhoria da drenagem, microclima e biodiversidade	Taxa de permeabilidade mínima obrigatória para todos os terrenos; Quota ambiental obrigatória para terrenos > 500 m <sup>2</sup>	Sim, de até 50% da área mínima permeável, por meio da quota ambiental	São Paulo, 2016
	30% das áreas de calçadas permeáveis	Novos loteamentos	Não especificado	São Paulo, 2016

**Quadro 2 – Leis sobre controle de escoamentos na fonte.**

Município	Tipo de estrutura	Condicionantes	Áreas aplicáveis	Referência
Belo Horizonte	Caixa de captação, que pode ser complementada por telhado verde e jardim drenante	Todos os empreendimentos devem manter vazão de pré-ocupação	Públicas e privadas; Novos empreendimentos e reformas	Belo Horizonte, 2020
Curitiba	Reservatório de detenção	Todos os empreendimentos em áreas de especial importância para a drenagem	Públicas e privadas; Novos empreendimentos e reformas	Curitiba, 2007
Porto Alegre	Reservatório de detenção, que pode ser complementado com pavimentos permeáveis, desconexão do telhado e trincheiras de infiltração	Lotes maiores que 600 m <sup>2</sup> , vazão de saída máxima de 20,8 L/(s.ha), equivalente à pré-ocupação	Públicas e privadas	Porto Alegre, 2014
Rio de Janeiro	Reservatório de lote e aproveitamento de águas pluviais	Área impermeável maior ou igual a 500 m <sup>2</sup> . Aproveitamento da água em reservatório separado	Públicas e privadas; Novos empreendimentos	Rio de Janeiro, 2004; 2005
São Carlos	Reservatório de detenção e poço de infiltração	Novos empreendimentos com mais de um hectare devem ter reservatório de detenção; Lotes urbanos com mais de 50% da área impermeabilizada devem ter poço de infiltração com volume de 5 L/m <sup>2</sup> impermeabilizado	Novos empreendimentos e reformas	São Carlos, 2003; 2011
São Paulo	Reservatório de detenção ou retenção	Lotes maiores que 500 m <sup>2</sup> devem regular vazão de saída para um valor estabelecido por uma fórmula para período de retorno de 10 anos; Novos loteamentos devem controlar o seu escoamento com reservatórios	Não especifica	São Paulo, 2016

Um problema relatado pelos entrevistados com relação às leis de reservatórios de lote e bacias de detenção em loteamentos é a falta de operacionalização da manutenção das estruturas existentes. Na maioria dos casos, nos reservatórios de detenção de loteamentos, a manutenção fica a cargo das prefeituras, que tem dificuldades de cuidar adequadamente. Outro problema reportado é a falta de esgotamento sanitário, o que interfere na qualidade da água armazenada e, conseqüentemente, pode gerar problemas sociais e de saúde pública. Os profissionais de Porto Alegre relataram colaboração da legislação ambiental para manutenção de áreas permeáveis na cidade, a qual restringe a ocupação em áreas adjuntas a canais naturais. No entanto, sua operacionalização também é inadequada, devido à falta de fiscalização das ocupações irregulares.

Para finalizar as iniciativas existentes nas leis e regulamentações dos municípios sobre SUSM, existem os manuais de drenagem, integrantes dos Planos Diretores de Drenagem, alguns dos quais contemplam SUSM, mesmo que de forma superficial. Em São Carlos, as estratégias de SUSM são apenas citadas no manual (São Carlos, 2010). Em Curitiba (Curitiba, 2017) e em São Paulo (São Paulo, 2012), os manuais apresentam métodos de pré-dimensionamento de estruturas de controle de escoamento na fonte. Já em Porto Alegre (Porto Alegre, 2005), o manual aborda o tema de forma mais abrangente, de modo a subsidiar tecnicamente o projetista na adoção de SUSM. No entanto, para todos estes casos, falta regulamentação para a ampla adoção destas estratégias.

### **3.4 Faltam incentivos**

Foram identificados três tipos de incentivos para adoção de SUSM, descritos no Quadro 3. Outros projetos de lei sobre Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) Verde ou Ecológico abarcam o SUSM de forma mais direta que o de São Carlos, com captação e aproveitamento de águas pluviais e adoção de telhados verdes. Eles foram encontrados para Belo Horizonte, Curitiba, Porto Alegre, Rio de Janeiro e São Paulo, mas não estão em vigor e tiveram seus processos arquivados. Desta forma, conclui-se que os incentivos ainda são tímidos, mas começam a encorpar.

**Quadro 3 – Incentivos à adoção de SUSM.**

<b>Município</b>	<b>Incentivo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Benefícios</b>	<b>Situação</b>	<b>Referência</b>
Belo Horizonte	Certificação em Sustentabilidade Ambiental de Empreendimentos (Selo BH Sustentável)	Adoção de medidas de redução do consumo de água, energia, emissões de gases de efeito estufa e redução/reciclagem de resíduos sólidos. Contempla mecanismos de gestão de águas pluviais, como pisos permeáveis, telhados verdes e aproveitamento.	Selo Ouro, Prata, Bronze ou Certificado de Boas Práticas Ambientais	Em vigor, com 49 empreendimentos certificados de 2012 a 2016	Belo Horizonte, 2009; 2012
	Gentileza urbana	Adoção de soluções projetuais que incluam área permeável vegetada e áreas residenciais com tecnologias de resiliência e sustentabilidade, entre outros.	Potencial construtivo adicional	Em vigor	Belo Horizonte, 2019
Rio de Janeiro	Qualiverde	Adoção de sistemas de infiltração, de retardo e de aproveitamento de águas pluviais, entre outros.	Benefícios fiscais sobre tributos municipais	Em vigor, mas com poucas adesões devido a sua complexidade	Rio de Janeiro, 2012
São Carlos	IPTU Verde	Preservação de áreas permeáveis no lote e árvores nas calçadas	Desconto de até 4% no IPTU	Em vigor	São Carlos, 2005

### **3.5 Falta planejamento em longo prazo**

Para combater a barreira “Falta planejamento em longo prazo”, todos os municípios possuem planos diretores e órgãos de planejamento que, no entanto, não conseguem executar as atividades previstas nos planos, devido à falta de continuidade administrativa e de recursos financeiros. Não foi relatada nenhuma estratégia eficaz para a superação desta barreira pelos profissionais dos municípios consultados na entrevista.

### **3.6 Resistência à mudança**

A resistência à mudança foi relatada pelos profissionais entrevistados como um problema que ocorre com diversos grupos de atores envolvidos com o manejo de águas pluviais urbanas, sendo que, em alguns municípios os técnicos percebem boa aceitação da comunidade e dos profissionais técnicos de instituições públicas e privadas, e, em outros, isto é uma barreira. Uma forma de contornar esta resistência, adotada pela Prefeitura de São Paulo, é a apresentação de um estudo de alternativas para os projetos questionados pelo Ministério Público.

### **3.7 Falta divulgação e conhecimento**

Porto Alegre foi o único município pesquisado que possuía (até 2017) um setor dedicado ao manejo de águas pluviais, o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), o qual contemplava, sob uma mesma direção, as áreas de projetos, obras e manutenção das redes de



drenagem. Isto facilitava a integração entre estas áreas, aspecto importante para o SUSM e recomendado por Dhakal e Chevalier (2017). O DEP possuía uma assessoria comunitária e uma equipe de educação ambiental, as quais atuavam junto às comunidades na divulgação e conscientização dos assuntos relacionados à drenagem e, segundo a opinião dos entrevistados, a participação e colaboração da sociedade eram boas (e melhores do que à época das entrevistas, após a extinção do DEP), demonstrando eficácia destas medidas.

#### **4. CONCLUSÃO**

Com base nas entrevistas, verificou-se que todas as barreiras investigadas foram validadas por pelo menos quatro dos seis municípios pesquisados. Além disso, verificou-se que cada município se encontra em um ponto do processo de adoção de SUSM e investiu em medidas diferentes. Todas as barreiras tiveram medidas empreendidas para a sua superação por pelo menos dois dos municípios. Entretanto, estas medidas não foram suficientes para superar as barreiras, já que elas continuaram sendo percebidas pelos entrevistados.

As barreiras “Faltam padrões de projeto e de manutenção” e “Legislação inadequada” foram as que tiveram mais cidades que já adotaram medidas para a sua transposição. Em geral, as medidas adotadas consistem em leis que obrigam a adoção de estruturas de controle de escoamento na fonte para novos empreendimentos e reformas de grande porte, juntamente com suas regulamentações. Isto inclui os manuais de drenagem vinculados aos planos diretores de drenagem. Ademais, foram relatados problemas práticos de operacionalização destas medidas – como a responsabilidade pela manutenção das estruturas de SUSM e sua fiscalização – que podem ser amenizados por meio de esforços coordenados. As medidas que focam em uma visão mais ampla de SUSM – não apenas controle de escoamentos na fonte – são recentes e também não beneficiam diretamente áreas já densamente urbanizadas, por serem aplicáveis apenas a novas ocupações. Soma-se a estes aspectos que a eficácia das medidas em vigor não é monitorada, o que pode dificultar a sua validação como boa estratégia a ser disseminada. O monitoramento é recomendado para embasar a proposição de melhorias para o próprio local e para colaborar com o avanço do SUSM no país.

**AGRADECIMENTOS** - O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- BALLARD, B.W.; WILSON, S.; UDALE-CLARKE, H.; ILLMAN, S.; SCOTT, T.; ASHLEY, R.; KELLAGHER, R. (2015). *The SuDS Manual*. CIRIA, London – UK, 968 p.
- BELO HORIZONTE. (2009). Deliberação Normativa nº 66, de 29 de dezembro de 2009. Institui o Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental e estabelece medidas de sustentabilidade, combate às mudanças climáticas e gestão de emissões de gases de efeito estufa no âmbito da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte e dá outras providências.
- BELO HORIZONTE. (2012). Portaria SMMA nº 06, de 2 de maio de 2012. Dispõe sobre o Regulamento do Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental – “Selo BH Sustentável” da Secretaria Municipal de Meio Ambiente.
- BELO HORIZONTE. (2019). Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências.
- BELO HORIZONTE. (2020). Decreto nº 17.273, de 4 de fevereiro de 2020. Regulamenta os Títulos V a IX da Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019, sobre parcelamento do solo, ocupação do solo, uso do solo, áreas de interesse ambiental e patrimônio cultural e urbano no Município, e dá outras providências.
- BRASIL. (2001). Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
- BRASIL. (2007). Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
- BROWN, R.R.; FARRELLY, M.A. (2009). “*Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face*”. *Water Science & Technology* 59(5), pp. 839-846.
- CURITIBA. (2005). Lei nº 11.596, de 24 de novembro de 2005. Dispõe sobre a construção, reconstrução e conservação de calçadas, vedação de terrenos, tapumes e stands de vendas, cria o Programa Caminhos da Cidade – readequação das calçadas de Curitiba e o Fundo de Recuperação de Calçadas – FUNRECAL, revoga a Lei nº 8.365 de 22 de dezembro de 1993, e dá outras providências.
- CURITIBA. (2006). Decreto nº 1.066, de 25 de setembro de 2006. Regulamenta a Lei nº 11.596/05 e estabelece critérios para a construção ou reconstrução de passeios nos locais que especifica.
- CURITIBA. (2007). Decreto nº 176, de 20 de março de 2007. Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção e cheias.
- CURITIBA. (2017). Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba: Volume IV – Manual de Drenagem. Prefeitura Municipal de Curitiba, IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, SMOP – Secretaria Municipal de Obras Públicas, SMMA – Secretaria Municipal de Meio Ambiente.
- CURITIBA. (2019). Lei nº 15.511, de 10 de outubro de 2019. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba e dá outras providências.
- DHAKAL, K.P.; CHEVALIER, L.R. (2017). “*Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application*”. *Journal of Environmental Management* 203, pp. 171-181.
- LI, C.; FLETCHER, T.D.; DUNCAN, H.P.; BURNS, M.J. (2017). “*Can stormwater control measures restore altered urban flow regimes at the catchment scale?*”. *Journal of Hydrology* 549, pp. 631-653.

- LOPERFIDO, J.V.; NOE, G.B.; JARNAGIN, S.T.; HOGAN, D.M. (2014). “*Effects of distributed and centralized stormwater best management practices and land cover on urban stream hydrology at the catchment scale*”. *Journal of Hydrology* 519, pp. 2584-2595.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. (2012). *Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais. Programa-2040: Gestão de riscos e resposta a desastres*. MCIDADES.SNSA, Brasília, 26 p.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. (2018). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Águas Pluviais Urbanas – 2015*. MCIDADES.SNSA, Brasília, 190 p.
- PORTO ALEGRE. (1999). Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999, atualizada e compilada até a Lei Complementar nº 667, de 3 de janeiro de 2011, incluindo a Lei Complementar 646, de 22 de julho de 2010.
- PORTO ALEGRE. (2005). Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana – Volume VI. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, DEP – Departamento de Esgotos Pluviais.
- PORTO ALEGRE. (2010). Lei Complementar nº 646, de 22 de julho de 2010. Altera e inclui dispositivos, figuras e anexos na Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999 – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (PDDUA) –, e alterações posteriores, e dá outras providências.
- PORTO ALEGRE. (2014). Decreto nº 18.611, de 9 de abril de 2014. Regulamenta o controle da drenagem urbana e revoga os itens 4.8.6, 4.8.7 e 4.8.9 do Decreto nº 14.786, de 30 de dezembro de 2004 – Caderno de Encargos do DEP – e o Decreto nº 15.371, de 17 de novembro de 2006.
- RIO DE JANEIRO (Município). (2004). Decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004. Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.
- RIO DE JANEIRO (Município). (2005). Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001, de 27 de janeiro de 2005. Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004.
- RIO DE JANEIRO (Município). (2012). Decreto nº 35.745, de 06 de junho de 2012. Cria a qualificação QUALIVERDE e estabelece critérios para sua obtenção.
- SÃO CARLOS. (2003). Lei nº 13.246, de 27 de novembro de 2003. Dispõe sobre a construção de reservatório de detenção ou retenção de águas em conjuntos habitacionais, áreas comerciais e industriais, loteamentos ou parcelamentos em áreas urbanas.
- SÃO CARLOS. (2005). Lei nº 13.692, de 25 de novembro de 2005. Institui a Planta Genérica de Valores do Município, define critérios para lançamento do Imposto Predial e Territorial Urbano, e dá outras providências.
- SÃO CARLOS. (2010). Plano Diretor de Drenagem Urbana Ambientalmente Sustentável do Município de São Carlos: Atividade 13 – Manual de Drenagem Urbana. Prefeitura Municipal de São Carlos, Secretaria Municipal de Obras Públicas.
- SÃO CARLOS. (2011). Lei nº 15.958, de 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre o código de obras e edificações do Município de São Carlos, e dá outras providências.
- SÃO CARLOS. (2016). Lei nº 18.053, de 19 de dezembro de 2016. Estabelece o Plano Diretor do Município de São Carlos, e dá outras providências.
- SÃO PAULO (Município). (2012). Plano Municipal e Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo: Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Aspectos Tecnológicos: Diretrizes para Projetos – Volume III. Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano.
- SÃO PAULO (Município). (2016). Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016. Disciplina o

parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 - Plano Diretor Estratégico (PDE).

SOUZA, V.C.B. (2013). “*Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade*”. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais 1(1), pp. 57-72.

VASCONCELOS, A.F.; BARBASSA, A.P.; SANTOS, M.F.N; IMANI, M. (2020). “*Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: the case of Brazil*”. <<https://engrxiv.org/9e5sy>>

ZIMMER, C.A.; HEATHCOTE, I.W.; WHITELEY, H.R.; SCHROETER, H. (2007). “*Low-Impact-Development Practices for Stormwater: Implications for Urban Hydrology*”. Canadian Water Resources Journal 32(3), pp. 193-212.

## **CAPÍTULO 6 – ESTRATÉGIAS E OPORTUNIDADES DE AÇÃO PARA ADOÇÃO DE MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NO BRASIL**

Este artigo apresenta a avaliação da aplicabilidade das soluções para transposição das principais barreiras ao SUSM do Brasil. Foram investigadas oito estratégias de solução e 80 medidas de implantação, que, aliadas à experiência dos profissionais entrevistados, culminaram na proposição de oportunidades de ação para o avanço de SUSM no Brasil.

Artigo submetido a periódico da área e em fase de revisão.

**Estratégias e oportunidades de ação para adoção de manejo sustentável de águas pluviais urbanas no Brasil**  
***Strategies and action opportunities for sustainable urban stormwater management adoption in Brazil***

**Anaí Floriano Vasconcelos<sup>a\*</sup>**

<sup>a</sup> Engenheira Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Doutoranda em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); Professora do Centro de Ciências da Natureza da UFSCar.

\*Autor correspondente: Departamento de Engenharia Civil, UFSCar, Rodovia Washington Luis, km 235, CEP 13565-905, São Carlos – SP, Brasil. E-mail: anai\_vas@yahoo.com.br. Telefone: (15)98109-6682

**Maria Fernanda Nóbrega dos Santos<sup>b</sup>**

<sup>b</sup> Arquiteta e Urbanista pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Mestre em Engenharia de Produção pela UNESP. Doutora em Engenharia Urbana pela UFSCar. Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UNESP.

**Ademir Paceli Barbassa<sup>c</sup>**

<sup>c</sup> Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre e doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP. Pós-doutor pela Colorado University. Professor titular do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar.

## **RESUMO**

O manejo sustentável de águas pluviais urbanas (SUSM) vem sendo internacionalmente adotado devido às suas inúmeras vantagens em relação à drenagem convencional. No entanto, a sua adoção no Brasil ainda é incipiente devido a diversas barreiras. O conhecimento destas barreiras e das soluções disponíveis para a sua transposição é essencial para o avanço na sustentabilidade das águas pluviais urbanas. Devido à falta de experiência do país com o tema, foi necessário ouvir especialistas em drenagem urbana para avaliar a aplicabilidade das soluções adotadas em outros locais para o contexto brasileiro. Neste sentido, este artigo apresenta uma análise da aplicabilidade de estratégias de solução adotadas em outros locais para transposição das principais barreiras ao SUSM do Brasil. Foram identificadas sete barreiras principais ao SUSM no país e analisadas oito estratégias de solução e 80 medidas de implantação para a sua transposição. A aplicabilidade destas estratégias/medidas foi avaliada por meio de entrevistas com profissionais de seis prefeituras. Como resultado, recomendam-se 11 estratégias/medidas que seriam mais fáceis de ser adotadas e trariam maiores benefícios para a transposição das principais barreiras ao SUSM. As medidas que colaborariam com a transposição de mais barreiras são “Leis que obrigam adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições pré-desenvolvimento” e “Divulgação de SUSM”. Estas 11 estratégias/medidas foram avaliadas como oportunidades de ação para o avanço de SUSM e devem ser consideradas ao se planejar estratégias para uma mudança de paradigma no manejo de águas pluviais urbanas no Brasil.

**Palavras-chave:** Manejo sustentável de águas pluviais urbanas; Drenagem urbana sustentável; Brasil; Desafios; Estratégias

## **ABSTRACT**

*Sustainable urban stormwater management (SUSM) has been increasingly adopted worldwide because of its advantages over conventional drainage. However, SUSM adoption in Brazil is still incipient due to several barriers; knowing these barriers and the solutions*

*available for their overcoming is essential to progress with urban stormwater sustainability. Due to Brazil's lack of experience on SUSM, specialists in urban drainage were surveyed to assess if the solutions adopted in other countries could be applied to the Brazilian context. In this sense, this study presents an assessment of the applicability of solution strategies adopted where SUSM is more widespread to overcome the main SUSM-related barriers in Brazil. Seven main SUSM-related barriers were identified to Brazil; and eight solution strategies and 80 implementation measures for their overcoming were evaluated. The applicability of these strategies/measures was assessed through interviews with professionals from six city halls. The results suggested 11 strategies/measures that would be easier to be adopted and would bring greater benefits for overcoming the main SUSM-related barriers. The measures that would collaborate with the overcoming of more barriers were "Laws that require SUSM adoption and preservation of pre-development hydrological conditions in new development and renovations" and "Propagation of SUSM". These 11 strategies/measures were evaluated as action opportunities to advance in SUSM and should be considered when planning strategies for a paradigm shift in urban stormwater management.*

**Keywords:** *Sustainable urban stormwater management; Sustainable urban drainage; Brazil, Challenges; Strategies*

## **1. Introdução**

O manejo de águas pluviais urbanas no Brasil, de modo geral, ainda se baseia no conceito tradicional de recolher as águas escoadas superficialmente e conduzi-las a um destino final, da forma mais rápida possível (Souza, 2013). Segundo o mais recente Atlas de Saneamento (Brasil, 2011), as enchentes em áreas urbanas estão se tornando um problema crônico devido à falta de planejamento adequado dos sistemas de drenagem e à inadequação dos projetos de engenharia frente às necessidades das cidades. Esses dados são difíceis de precisar, tendo em vista que os cadastros dos sistemas de drenagem urbana e informações a respeito de seu funcionamento são escassos.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (Brasil, 2018), para a data base de 2015, 40,1% dos municípios relataram alagamentos ou inundações nos cinco anos antecedentes e 21,8% informam que existem domicílios no município em áreas com risco de inundação. O relatório também apontou que, no ano de 2015, 20,2% dos municípios possuía Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas, o que é um instrumento importante, por vislumbrar melhorias nas condições gerais da drenagem.

Neste sentido, o manejo sustentável de águas pluviais urbanas (do Inglês, *sustainable urban stormwater management* – SUSM) consiste em uma abordagem abrangente e integrada para o manejo das águas urbanas que, além dos aspectos sanitários, também contempla questões ambientais e de qualidade de vida da população (Fletcher et al., 2015). Este tipo de abordagem possui diversos benefícios quando comparado à drenagem urbana convencional (Ballard et al., 2015) e a sua adoção ao redor do mundo já é bastante difundida (Chang et al.,

2018). Além disso, a eficácia de sua adoção já foi comprovada por diversos estudos, como Li et al. (2017), Loperfido et al. (2014) e Zimmer et al. (2007).

No entanto, o SUSM ainda é incipiente no Brasil e existem diversas barreiras para a sua ampla adoção. Elas podem estar relacionadas a aspectos técnicos, políticos, de governança, de custos, dentre outros (Brown e Farrelly, 2009; Dhakal e Chevalier, 2017; Jiang et al., 2017). Para o Brasil, alguns estudos também relatam indiretamente estes obstáculos, como Cruz et al. (2007), Parkinson et al. (2003) e Souza (2013). Vasconcelos et al. (2020) realizaram um levantamento sistemático destas barreiras e as validaram para o Brasil. De acordo com os autores, estas barreiras possuem diversas origens, a saber: aspectos relacionados ao governo local, visão estratégica, leis e regulamentações, recursos financeiros, participação da comunidade e conhecimento sobre drenagem urbana.

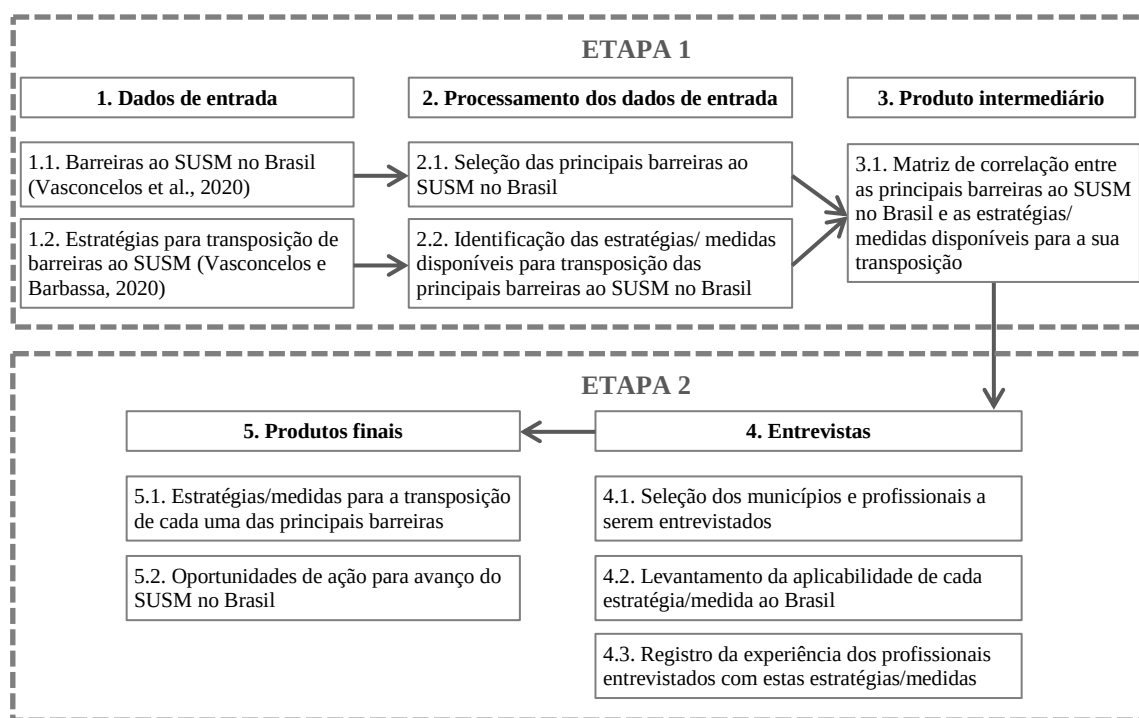
Propostas para transposição das barreiras e implantação efetiva de SUSM são encontradas na literatura mundial. Vasconcelos e Barbassa (2020) fizeram uma revisão bibliográfica de 66 documentos que abordam estas soluções. Entretanto, é importante destacar que as soluções levantadas não foram, na maioria dos casos, desenvolvidas para o contexto brasileiro. Por isso, para avançar com o SUSM no Brasil, é necessário avaliar a compatibilidade e aplicabilidade destas propostas para o contexto local.

Desta forma, este artigo apresenta uma análise da aplicabilidade ao Brasil das estratégias de solução levantadas por Vasconcelos e Barbassa (2020) para a transposição das suas principais barreiras ao SUSM, baseadas nas barreiras identificadas por Vasconcelos et al. (2020). Para tanto, foram realizadas entrevistas com profissionais de prefeituras brasileiras com experiência prévia na aplicação do SUSM, de modo a considerar a sua vivência profissional na avaliação das melhores oportunidades de ação para avanço de SUSM no país, objetivo final desta pesquisa.

## **2. Metodologia**

A pesquisa foi conduzida pela realização das etapas apresentadas na Figura 1.





**Figura 1. Fluxograma da metodologia de pesquisa**

## 2.1. Etapa 1: Dados de entrada para as entrevistas

A busca por soluções para o avanço do SUSM no Brasil passa, necessariamente, pelo conhecimento das barreiras existentes para a sua ampla adoção e das estratégias de solução e medidas de implantação (chamadas neste artigo de estratégias/medidas) disponíveis para a sua transposição. As estratégias de solução consistem em propostas mais amplas, que contemplam diversas medidas de implantação para a sua aplicação, as quais são escolhidas para se atacar problemas específicos. A Etapa 1 da metodologia tratou da coleta destas informações.

As barreiras para a adoção do SUSM no Brasil foram levantadas por Vasconcelos et al. (2020) por meio de questionários *online* com os diferentes grupos de atores envolvidos na gestão das águas pluviais urbanas (profissionais de instituições públicas e privadas, professores universitários e população). Nesta pesquisa foram identificadas 31 barreiras potenciais, das quais 20 foram confirmadas para o Brasil e cinco foram consideradas muito importantes (reconhecidas como barreiras por mais de 80% dos respondentes): “Falta planejamento em longo prazo” e “Resistência à mudança”, relacionadas à visão estratégica; “Faltam incentivos”, relacionada às leis e regulamentações; “Falta divulgação e conhecimento”, relacionada ao engajamento da comunidade; e “Faltam padrões de projeto e de manutenção”, relacionada ao conhecimento sobre SUSM. Os autores também observaram que as barreiras se relacionam entre si, de modo que a transposição de uma barreira pode colaborar com a superação de outras. Desta forma, mesmo que menos importantes, segundo a

classificação adotada por Vasconcelos et al. (2020), barreiras que se relacionem com um maior número de outras barreiras também foram consideradas prioritárias para serem transpostas por este estudo. Esta inter-relação foi avaliada pelos pesquisadores com base nas definições originais das barreiras e nas relações apontadas pelos estudos usados para o seu levantamento. Por exemplo, a barreira “Faltam padrões de projeto e de manutenção” está relacionada a barreiras como “Drenagem urbana não é uma prioridade”, “Resistência à mudança” e “Profissionais não capacitados”. Neste sentido, uma matriz de correlação entre as barreiras foi organizada, a qual resultou em um gráfico de quantidade de barreiras relacionadas com cada uma das barreiras (Anexo A). Desta forma, as barreiras “Falta de capacidade ou experiência” e “Legislação inadequada”, que se relacionam com todas as outras barreiras investigadas, foram adicionadas a lista de principais barreiras ao SUSM para o Brasil. Assim, a lista de principais barreiras ao SUSM no Brasil que foi considerada neste trabalho foi composta por sete barreiras.

As estratégias/medidas disponíveis para superação de barreiras e adoção efetiva de SUSM foram levantadas por Vasconcelos e Barbassa (2020). As estratégias de solução para transposição das principais barreiras ao SUSM no Brasil são apresentadas no Anexo B. A escolha das medidas de implantação para superação de cada barreira foi realizada com base nas descrições das estratégias/medidas apresentada por Vasconcelos e Barbassa (2020). Foram avaliadas oito estratégias de solução e 80 medidas de implantação. Cada estratégia/medida foi ainda classificada em essencial (E) ou complementar (C), dependendo da sua importância para a transposição da barreira em questão. Assim, a partir do processamento dos dados de entrada, obteve-se outra matriz que correlaciona as principais barreiras ao SUSM no Brasil e as estratégias/medidas disponíveis para a sua transposição, a qual compôs o cerne das entrevistas.

## **2.2. Etapa 2: Entrevistas**

Com as principais barreiras ao SUSM no Brasil e estratégias/medidas disponíveis para a sua transposição identificadas, foram realizadas entrevistas presenciais com profissionais de algumas prefeituras brasileiras. Foram selecionadas prefeituras, majoritariamente capitais de estados do Sul e Sudeste do país, que já tenham alguma experiência com a adoção de SUSM, a saber: Belo Horizonte – MG, Curitiba – PR, Porto Alegre – RS, Rio de Janeiro – RJ, São Carlos – SP, e São Paulo – SP. Foram entrevistados profissionais técnicos de carreira que trabalhavam nas secretarias responsáveis pelos projetos e obras de drenagem urbana do

município. Todos os entrevistados foram submetidos às mesmas questões de modo que as respostas pudessem ser comparadas.

As entrevistas iniciaram-se pela apresentação da pesquisa e de seus responsáveis, das etapas já realizadas e dos objetivos da entrevista. A partir de então, foram apresentadas e indagadas, uma a uma, as estratégias/medidas disponíveis para a superação das principais barreiras ao SUSM no Brasil. Os profissionais entrevistados receberam a matriz de correlação entre as barreiras investigadas e as estratégias disponíveis para que pudessem acompanhar melhor a entrevista. As perguntas realizadas para cada estratégia/medida foram:

1. “Você já ouviu falar desta estratégia/medida?”, em que o entrevistado respondia “Sim” ou “Não”;
2. “Na sua opinião, qual é a dificuldade de implantação desta estratégia/medida para este município?”, onde as opções de resposta eram “Fácil” (F), “Média” (M), “Difícil” (D), “Inviável” (Inv) ou “Inadequada” (Inad).

Os comentários que acompanharam as respostas, que consistiam na experiência prática do profissional em questão com a estratégia/medida, também foram registrados, assim como outras sugestões – além das investigadas – para a transposição das barreiras e avanço do SUSM.

O processamento dos resultados das entrevistas visou avaliar as estratégias/medidas mais favoráveis para a transposição de cada uma das principais barreiras ao SUSM do Brasil. Para isso, avaliou-se, inicialmente, a familiaridade dos profissionais entrevistados com SUSM (pergunta 1). A estratégia/medida foi considerada amplamente conhecida pelos entrevistados se obteve mais de 83% de respostas afirmativas. A partir de então, classificou-se, com base nas respostas à pergunta 2, cada uma das estratégias/medidas de acordo com a sua dificuldade de implantação. Esta classificação se deu com base nos critérios apresentados na Tabela 1. Estratégias/medidas avaliadas como “Inviável” ou “Inadequada” não foram consideradas compatíveis com o contexto brasileiro e, portanto, foram excluídas das recomendações.

**Tabela 1. Critérios para classificação de dificuldade de implantação de cada estratégia/medida**

	F	M	D	Inv	Inad
<b>Estratégia/medida</b>	%F > 66%	(%F + %M) > 66%	(%F + %M + %D) > 66%	%Inv > 50%	%Inad > 50%

Com base nas dificuldades de implantação obtidas para cada estratégia/medida, foi possível avaliar quais delas seriam mais viáveis de serem adotadas no contexto brasileiro para a transposição de cada uma das principais barreiras. Estas foram consideradas as

estratégias/medidas recomendadas para a superação da barreira em questão. No entanto, assim como as barreiras possuem relação entre si, as suas soluções também devem ser analisadas de forma integrada, para que se tenham maiores chances de sucesso (Brown & Farrelly, 2009). Desta forma, além das estratégias/medidas consideradas de mais fácil adoção, também foram recomendadas estratégias “Médias” que colaborassem diretamente com a efetividade da adoção de outras estratégias/medidas recomendadas, de acordo com as inter-relações apresentadas por Vasconcelos e Barbassa (2020).

Após a seleção das estratégias/medidas recomendadas para a superação das principais barreiras, estas foram analisadas de forma integrada, com o objetivo de identificar as melhores oportunidades de ação no sentido de avançar na adoção de SUSM no Brasil. Foram consideradas as estratégias/medidas que, dentre as recomendadas para superação de alguma das principais barreiras, colaborariam com mais de uma das barreiras avaliadas a serem transpostas.

### **3. Aplicabilidade das estratégias ao Brasil**

As entrevistas presenciais foram realizadas em fevereiro e março de 2020 com nove técnicos de carreira das áreas de projetos e obras públicas das prefeituras. Apresenta-se na Tabela 2 os resultados das entrevistas. As células coloridas categorizam as estratégias/medidas da seguinte forma: azul – amplamente conhecidas; verde – fácil implantação; amarela – média dificuldade de implantação; vermelha – difícil implantação. Na Tabela 2 também são apresentadas a aplicabilidade das estratégias/medidas para cada uma das principais barreiras a serem transpostas.

**Tabela 2. Aplicabilidade e percepção dos técnicos entrevistados sobre as estratégias/medidas para o município em que trabalham (continua)**

Estratégias de solução e medidas de implantação	Barreiras*							Já ouviu falar? (%)	Dificuldade de implantação (%)					
	1	2	3	4	5	6	7		F	M	D	Inad	Inv	
1. Geração de informações	E	E	C	E	E	E	E							
1.1. Conhecimento do sistema existente	E	E	C		E	E		100,0	16,7	33,3	50,0	0,0	0,0	
1.1.1. Cadastro das estruturas existentes	E		C					100,0	16,7	33,3	50,0	0,0	0,0	
1.1.2. Monitoramento	E		C		C			100,0	16,7	33,3	50,0	0,0	0,0	
1.2. Pesquisa e disponibilização de conhecimento local e confiável sobre SUSM	E	E	E		C	E	E	66,7	50,0	0,0	50,0	0,0	0,0	
1.2.1. Pesquisa sobre custos e benefícios	E			E	E	E		83,3	33,3	16,7	50,0	0,0	0,0	
1.2.2. Pesquisa sobre desempenho em longo prazo	E				E	E		66,7	16,7	16,7	66,7	0,0	0,0	
1.2.3. Pesquisas sobre manutenção	E				E	E		83,3	33,3	16,7	50,0	0,0	0,0	
1.3. Projetos piloto	C	E	C		C	E	C	83,3	0,0	83,3	0,0	0,0	16,7	
1.3.1. Adoção de estratégias de SUSM em construções públicas	C	C			C	C	C	83,3	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	
1.3.2. Manejo adaptativo, com adoção de projetos piloto estratégicos e monitorados e aperfeiçoamento das técnicas adotadas, até virarem políticas mais amplas	C	C	C		C	C	C	16,7	0,0	40,0	60,0	0,0	0,0	
2. Capacitação	E	E	E		E	E	E	100,0	16,7	66,7	16,7	0,0	0,0	
2.1. Incluir SUSM nos cursos de formação profissional superior		E			E	E		50,0	16,7	66,7	16,7	0,0	0,0	
2.2. Treinamento de profissionais da área técnica para SUSM	E	E			E	E	E	100,0	50,0	16,7	33,3	0,0	0,0	
2.3. Equipes institucionais capacitadas em SUSM	E	E	E		E	E	E	83,3	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	
2.3.1. Especialista em drenagem no setor responsável		E	E			E		100,0	33,3	0,0	66,7	0,0	0,0	
2.3.2. Equipes profissionais multidisciplinares		E	C			C		100,0	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	
2.3.3. Apoio externo às equipes de pequenas cidades		C	C			C		66,7	33,3	16,7	50,0	0,0	0,0	
3. Ferramentas de suporte à decisão	C	E	C	C	C	E								
3.1. Indicadores de sustentabilidade para o manejo de águas pluviais urbanas	C	C	C		C			66,7	16,7	66,7	16,7	0,0	0,0	
3.2. Modelagem em escala de bacia	E	C	C		E			100,0	50,0	33,3	16,7	0,0	0,0	
3.3. Avaliação e aproveitamento da aptidão de cada espaço para SUSM	E	C						66,7	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	
3.4. Diálogo entre os grupos de atores		E	E		E	E	E							
3.4.1. Participação da comunidade na escolha de iniciativas a serem adotadas		C	C	C	C	E	C	100,0	0,0	16,7	66,7	0,0	16,7	
3.4.2. Consideração das necessidades dos incorporadores para adoção de SUSM		C	C	C		C		83,3	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	
3.4.3. Open co-governance, uma forma de governança onde atores públicos e privados, como empresas e ONGs, atuam conjuntamente na tomada de decisões e coparticipam na implementação das ações definidas		C	C		C	C	C	16,7	0,0	16,7	83,3	0,0	0,0	
4. Normatização	E	E	E		E	E	E							
4.1. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM	E	E	E		E	E	E	100,0	16,7	66,7	16,7	0,0	0,0	
4.1.1. Estabelecer claramente os objetivos do SUSM	E	E	E		E	E	E	83,3	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	
4.2. Controle de qualidade da água de escoamento superficial	E	E	E					100,0	0,0	0,0	83,3	0,0	16,7	
4.2.1. Retenção das chuvas frequentes	E	E	E					83,3	16,7	33,3	33,3	0,0	16,7	
4.3. Controle de quantidade de água de escoamento superficial	E	E	E					100,0	66,7	33,3	0,0	0,0	0,0	
4.3.1. Preservação da vazão de pré-ocupação	E	E	E					83,3	50,0	16,7	33,3	0,0	0,0	
4.3.2. Recuperação da vegetação em áreas estratégicas	C	C	E					100,0	33,3	16,7	50,0	0,0	0,0	
4.4. Procedimentos e rotina de manutenção	E	E	E		E	E	E	100,0	20,0	40,0	40,0	0,0	0,0	
4.5. Otimização	C	C	C			C								
4.5.1. Considerar facilidade de manutenção nos critérios de projeto	C	C	C			C		100,0	33,3	50,0	16,7	0,0	0,0	
4.5.2. Considerar segurança, estética e integração à cidade no projeto	C	E	C			C		100,0	50,0	33,3	16,7	0,0	0,0	

**Tabela 2. Aplicabilidade e percepção dos técnicos entrevistados sobre as estratégias/medidas para o município em que trabalham (continuação)**

Estratégias de solução e medidas de implantação	Barreiras aplicáveis*							Já ouviu falar? (%)	Dificuldade de implantação (%)					
	1	2	3	4	5	6	7		F	M	D	Inad	Inv	
4.6. Visão ampla	C	C	C			C								
4.6.1. Abordagem integrada (considera aspectos hidráulicos, hidrológicos, ambientais, sanitários, paisagísticos etc)	C	E	C			C		100,0	50,0	33,3	16,7	0,0	0,0	
4.6.2. Renaturalização de rios	C	C						100,0	0,0	16,7	83,3	0,0	0,0	
4.6.3. Prever a possibilidade de falha no projeto e projetar redundância para as estruturas mais sensíveis e com maior potencial de impacto em caso de falha	C	C						50,0	0,0	66,7	16,7	16,7	0,0	
5. Legislação	E	E	E	E	E	E	E							
5.1. Implementar a legislação existente			E					100,0	16,7	66,7	16,7	0,0	0,0	
5.1.1. Regulamentação adequada para que a legislação seja colocada em prática		E	E			E		100,0	33,3	50,0	16,7	0,0	0,0	
5.1.2. Regulamentação baseada em critérios hidrológicos		E	E		C			100,0	50,0	33,3	16,7	0,0	0,0	
5.2. Incorporar SUSM nas leis pertinentes já existentes		E	E		E	E	E	100,0	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	
5.2.1. Revisar legislação existente para corrigir conflitos com relação à adoção de SUSM		E	E		E	E		83,3	0,0	66,7	33,3	0,0	0,0	
5.2.2. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM vinculado aos planos diretores		E	E		E	E	E	100,0	16,7	66,7	16,7	0,0	0,0	
5.3. Leis que obriguem adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições pré-desenvolvimento		E	E	E	E	E	E	100,0	66,7	33,3	0,0	0,0	0,0	
5.3.1. Legislação deve ser flexível, para contemplar projetos simples e que contemplem processos ecológicos de acordo com os interesses dos grupos de atores			C			C		83,3	33,3	0,0	66,7	0,0	0,0	
5.3.2. Contemplar especificidades do governo local sobre projeto e manutenção	C	C	E			C		83,3	66,7	0,0	33,3	0,0	0,0	
5.3.3. Requerer SUSM em reformas			C	C	C	C		100,0	33,3	16,7	50,0	0,0	0,0	
5.3.4. Garantir políticas de longo prazo			E	E	E	E		100,0	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0	
5.3.5. Garantir compartilhamento de responsabilidade justo entre os geradores de escoamento superficial	E	E	E	E	E	E	C	83,3	16,7	16,7	66,7	0,0	0,0	
5.4. Integração entre legislação e programa de investimento			E	E	E	E		83,3	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	
5.4.1. Fonte estável de recursos em longo prazo			E	E	E	E		100,0	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0	
5.5. Manejo de águas pluviais integrado ao planejamento urbano e em escala de bacia			E		E			100,0	16,7	66,7	16,7	0,0	0,0	
5.5.1. Evitar a transferência de impactos para jusante, na escala de municípios	E	E	E		E			100,0	0,0	0,0	66,7	33,3	0,0	
5.5.1.1. Distrito de drenagem (interseção entre o município e os limites da bacia) para gestão integrada na bacia			C					50,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	
5.5.1.2. Uso de modelagem hidrológica para planejamento integrado		C	C		C			100,0	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	
5.5.2. Regulação de uso e ocupação do solo que garanta adoção de SUSM		E	E		E	E		100,0	33,3	50,0	16,7	0,0	0,0	
5.5.2.1. Planejamento de áreas a serem mantidas verdes		C	C		E			100,0	16,7	33,3	50,0	0,0	0,0	
5.5.2.2. Desenvolvimento das cidades baseado em critérios hidrológicos		C	C		E			83,3	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0	
5.5.2.3. Integrar o setor de águas pluviais com os demais atuantes no espaço urbano		E	E					100,0	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	
5.5.3. Gestão integrada nos diferentes níveis governamentais		E	E					33,3	0,0	16,7	83,3	0,0	0,0	
5.6. Planejamento e apoio à manutenção		E	E		E	E	E	66,7	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	
5.6.1. Plano de manutenção e inspeção, que assegure a responsabilidade do proprietário de manter as estruturas funcionando e o poder público de fazer inspeções de seu adequado funcionamento			E		E			66,7	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0	
5.6.2. Programa de apoio à manutenção, com disponibilização de informações, lembretes e instruções			C	C	C	E	E	33,3	0,0	33,3	66,7	0,0	0,0	
5.7. Incentivos à adoção de SUSM na fase inicial, seguidos por obrigatoriedade de adoção			E	E		C	C	66,7	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	
5.7.1. Incentivos econômicos			C	C		C	C	100,0	16,7	50,0	33,3	0,0	0,0	
5.7.2. Prêmios e programas de reconhecimento			C	C		C	C	66,7	33,3	50,0	16,7	0,0	0,0	

**Tabela 2. Aplicabilidade e percepção dos técnicos entrevistados sobre as estratégias/medidas para o município em que trabalham (continuação)**

Estratégias de solução e medidas de implantação	Barreiras aplicáveis*							Já ouviu falar? (%)	Dificuldade de implantação (%)					
	1	2	3	4	5	6	7		F	M	D	Inad	Inv	
6. Engajamento da comunidade				C		E	E	100,0	0,0	40,0	60,0	0,0	0,0	
6.1. Pesquisa sobre atitudes públicas sobre manejo de águas pluviais e sobre estruturas de SUSM implantadas						C	C	20,0	0,0	40,0	60,0	0,0	0,0	
6.2. Programas de educação e conscientização da população sobre SUSM				C		E	E	100,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	
6.2.1. Capacitar a comunidade para participar das tomadas de decisão						C	C	80,0	0,0	40,0	60,0	0,0	0,0	
6.2.2. Capacitação da comunidade para inspecionar o bom funcionamento das estruturas de SUSM						C	C	60,0	0,0	60,0	40,0	0,0	0,0	
6.3. Divulgação de SUSM				E		E	E	83,3	33,3	50,0	16,7	0,0	0,0	
6.4. Estruturas multifuncionais				C		C	C	100,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	
6.4.1. Focar nas necessidades de vários setores						C		83,3	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	
7. Financiamento	E	E	E	E	E	C	E							
7.1. Cobrança de taxas dos proprietários				C	C		C	83,3	0,0	33,3	33,3	33,3	0,0	
7.2. Uso de recursos do fundo municipal				C				100,0	40,0	40,0	20,0	0,0	0,0	
7.3. Verba disponibilizada pelos governos federal e estadual para agências regionais responsáveis por infraestrutura e saneamento				C				83,3	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0	
7.4. Mecanismos de financiamento público, por meio de empréstimos de bancos de fomento				C		C		100,0	0,0	66,7	33,3	0,0	0,0	
7.5. Financiamento privado, como o de empresas a quem interesse a adoção de SUSM para o bom funcionamento de suas atividades				C		C		33,3	0,0	16,7	83,3	0,0	0,0	
8. Fiscalização				C	C		E	E	83,3	0,0	66,7	33,3	0,0	0,0
8.1. Punição em caso de violação das estratégias de SUSM				C	C		E	E	66,7	0,0	16,7	66,7	16,7	0,0

\*1: Faltam padrões de projeto e de manutenção; 2: Falta de capacidade ou experiência; 3: Legislação inadequada; 4: Faltam incentivos; 5: Falta planejamento em longo prazo; 6: Resistência à mudança; 7: Falta divulgação e conhecimento; E: essencial; C: complementar.

Em uma análise geral, observa-se que 73,8% das estratégias/medidas avaliadas eram amplamente conhecidas pelos entrevistados. Medidas mais inovadoras, ainda teóricas e não adotadas em maior escala eram as menos conhecidas. É o caso de:

- a) “1.3.2. Manejo adaptativo” (*adaptive management*) (Chaffin et al., 2016), que consiste na adoção de projetos piloto estratégicos e monitorados e aperfeiçoamento das técnicas adotadas, para serem convertidas em políticas mais amplas;
- b) “3.4.3. *Open co-governance*” (Qiao et al., 2018), que é uma forma de governança onde atores públicos e privados atuam conjuntamente na tomada de decisões e coparticipam na implementação das ações definidas; e
- c) “6.1. Pesquisa sobre atitudes públicas sobre manejo de águas pluviais e sobre estruturas de SUSM implantadas” para embasar iniciativas de conscientização da população sobre o tema (Goulden et al., 2018).

De modo geral, os entrevistados manifestaram interesse em saber mais sobre estas novas estratégias, demonstrando uma busca individual por aprimorar o conhecimento sobre SUSM.

Além disso, 3,7% das estratégias/medidas foram consideradas de fácil implantação, 43,8% de média, e 52,5% de difícil implantação. Nenhuma estratégia/medida foi considerada inadequada ou inviável. As estratégias/medidas mais conhecidas e que os entrevistados já tinham mais experiência (municípios já haviam adotado alguma iniciativa semelhante) foram consideradas, em geral, de mais fácil implantação. Esta observação enfatiza a importância da divulgação e capacitação em SUSM. A partir da opinião dos entrevistados sobre a aplicabilidade das estratégias/medidas (Tabela 2) foram discutidas formas para transposição das principais barreiras ao SUSM no Brasil, apresentadas nos subitens a seguir.

### **3.1. Transposição da barreira “Faltam padrões de projeto e de manutenção”**

Para a transposição da barreira “Faltam padrões de projeto e de manutenção” de estruturas de SUSM recomenda-se a adoção de 25 estratégias/medidas essenciais e 14 complementares (Tabela 2). Os padrões de projeto e de manutenção são estabelecidos por meio da normatização (estratégia 4), a qual depende diretamente da geração de informações (estratégia 1). Desta forma, a maioria das medidas a serem adotadas para transposição desta barreira está associada a estas duas estratégias.

As medidas relacionadas à estratégia de geração de informações foram, em sua maioria, consideradas de difícil adoção (Tabela 2). Apenas as medidas “1.3. Projetos piloto” e “1.3.1. Adoção de estratégias de SUSM em construções públicas” foram avaliadas como de média



dificuldade de implantação. Ambas foram consideradas complementares para a superação desta barreira, no entanto, apesar de serem uma forma menos direta de se obter informações específicas sobre SUSM, podem colaborar significativamente com a geração de informação local e divulgação de SUSM se bem monitoradas e documentadas. Os profissionais entrevistados relataram dificuldade prática de utilização de projetos piloto, especialmente de obter financiamento, por não se tratar de uma atividade fim. Além disso, não faz parte da cultura das prefeituras a construção e monitoramento de estruturas, o que faz com que alguns projetos pilotos já implantados – como cisternas em escolas, jardins de chuva em praças, trincheiras de infiltração e *wetlands* em Belo Horizonte – não sejam monitorados. Por outro lado, Curitiba estava, à época das entrevistas, com um projeto piloto de secagem *in loco* do material dragado das lagoas dos parques, para facilitar a sua destinação final.

Com relação às medidas vinculadas à normatização, houve uma medida essencial que foi considerada de fácil implantação: “4.3. Controle de quantidade de água de escoamento superficial”. Este resultado reflete a experiência dos municípios entrevistados que já possuem algum tipo de legislação em vigor para controle de escoamento superficial (ver, por exemplo, Belo Horizonte, 2020; Curitiba, 2007; Porto Alegre, 2014) e, portanto, conseguem visualizar mais facilmente a adoção desta medida. Isto fica evidente ao se comparar a percepção dos entrevistados sobre a dificuldade de implantação das medidas de controle de quantidade e de qualidade da água, visto que as medidas de controle de qualidade (“4.2. Controle de qualidade da água de escoamento superficial” e “4.2.1. Retenção das chuvas frequentes”) foram consideradas de difícil adoção. Os entrevistados argumentaram que não adianta controlar a poluição difusa enquanto houver problemas de falta de esgotamento sanitário e de resíduos sólidos nos corpos hídricos, realidade relatada por todos os municípios pesquisados. No entanto, o controle de qualidade da água de escoamento superficial pode ser integrado nas estruturas de controle de quantidade de água, por meio de interceptação permanente (Sage et al., 2015) dos primeiros milímetros de chuva (medida 4.2.1).

Outras medidas essenciais relacionadas à normatização do SUSM que foram consideradas de média dificuldade de adoção foram a “4.1. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM” e “4.1.1. Estabelecer claramente os objetivos de SUSM”, as quais estão intimamente ligadas e compõem a base da normatização. Neste sentido, os entrevistados relataram que a elaboração do manual em si, não seria de muita dificuldade, por não depender de grande investimento financeiro. No entanto, requer o envolvimento coordenado de vários setores, e, conseqüentemente, o comprometimento dos gestores com SUSM. Após a elaboração do manual, outros desafios subsequentes foram citados, como a incorporação

política, a resistência de adoção por parte dos empreendedores e do próprio poder público municipal, os quais devem ser focados na superação da barreira “Resistência à mudança”.

A partir do andamento das medidas recomendadas, outras serão necessárias e, para tanto, pode-se consultar, na Tabela 2, as medidas relacionadas a elas e que seriam requeridas para cada caso específico.

### **3.2. Transposição da barreira “Falta de capacidade ou experiência”**

Para a superação da “Falta de capacidade ou experiência” dos profissionais que lidam com drenagem urbana e, conseqüentemente, com SUSM recomenda-se a adoção de 36 estratégias/medidas essenciais e 19 complementares (Tabela 2). A principal estratégia vinculada à superação desta barreira é a “2. Capacitação”. Ao se avaliar as medidas vinculadas a esta estratégia, os entrevistados relataram observar maior dificuldade em reunir equipes institucionais capacitadas em SUSM do que de profissionais privados. No âmbito institucional, foi relatada falta de verba para capacitação e dificuldade de manter na instituição o pessoal capacitado, devido à rotatividade de técnicos, em especial quando o mercado de engenharia está aquecido.

Neste contexto, pode-se priorizar as medidas “2.1. Incluir SUSM nos cursos de formação profissional superior” e “2.2. Treinamento de profissionais da área técnica para SUSM”, as quais foram consideradas de média dificuldade de adoção. A inclusão de SUSM nas diretrizes curriculares da engenharia e a criação de demanda de mercado podem colaborar com este avanço. As medidas de capacitação aliadas à normatização, requerida para a superação da barreira “Faltam padrões de projeto e de manutenção”, e a existência de leis sobre SUSM, devem, ainda, fomentar a capacitação das equipes institucionais. Além disso, um dos entrevistados pontuou que a adoção de SUSM não depende apenas dos projetistas e de sua capacitação, mas também da legislação e de demandas de clientes, aspectos tratados pelas barreiras “Legislação inadequada”, “Resistência à mudança” e “Falta divulgação e conhecimento”.

### **3.3. Transposição da barreira “Legislação inadequada”**

Para a transposição da barreira “Legislação inadequada” sobre SUSM seria útil a adoção de 36 estratégias/medidas essenciais e 35 complementares (Tabela 2). Isto significa que mais de 80% das estratégias/medidas levantadas colaborariam com a superação desta barreira. Entretanto, a estratégia “5. Legislação” é a mais diretamente relacionada e, portanto, foi analisada mais profundamente.

Duas medidas da estratégia 5 foram consideradas de fácil implantação e, portanto, devem ser priorizadas: “5.3. Leis que obrigam a adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições de pré-desenvolvimento” e “5.3.2. Contemplar especificidades do governo local sobre projeto e manutenção”. Assim como a medida “4.3. Controle de quantidade de água de escoamento superficial”, a medida 5.3 também já possui iniciativas em todos os municípios pesquisados, o que diminui a sua percepção de dificuldade de adoção. Nos casos dos municípios pesquisados, as leis variam com relação a sua aplicabilidade (tamanho do lote, áreas públicas e privadas, novas construções e reformas, zona de localização, entre outros critérios), mas podem ser usadas como base para serem aprimoradas. Com relação à universalização da obrigatoriedade de adoção de SUSM, o município de Belo Horizonte (2020) avançou bastante neste sentido e pode ser usado como referência. No entanto, a medida não resolve o problema das áreas já urbanizadas e com excesso de escoamento superficial, que talvez possa ser amenizado por meio da superação da barreira “Faltam incentivos”.

Com relação a medida “5.3.2. Contemplar especificidades do governo local sobre projeto e manutenção”, apesar de ter sido considerada de fácil implantação, nenhum dos municípios pesquisados tem procedimentos claros de como executá-la, que poderiam servir de referência. Em Porto Alegre, foi relatado que a integração necessária para conhecer as especificidades locais ocorria melhor na época do Departamento de Esgotos Pluviais (DEP – extinto em 2017), o qual contemplava todos os setores relacionados à drenagem sob uma mesma diretoria e facilitava o fluxo de informações. Atualmente, existem comissões multidisciplinares de várias secretarias e setores para discutir os projetos, as quais não integram os setores tão bem quanto o DEP, mas facilitam o diálogo. Independentemente do fórum, o diálogo entre os setores, incluindo o de planejamento, é fundamental. Outro aspecto relatado nas entrevistas e que dificulta a implantação desta medida é a percepção, por parte dos entrevistados, de que a drenagem urbana ainda não é considerada importante.

Para aprimorar as leis existentes de modo a contemplar melhor os potenciais benefícios do SUSM, algumas medidas que tratam da adequação da legislação existente e foram consideradas de média dificuldade de implantação, também poderiam ser adotadas: “5.1. Implementar a legislação existente”, “5.1.1. Regulamentação adequada para que a legislação seja colocada em prática”, “5.1.2. Regulamentação baseada em critérios hidrológicos”, “5.2. Incorporar SUSM nas leis pertinentes já existentes”, “5.2.1. Revisar legislação existente para corrigir conflitos com relação à adoção de SUSM” e “5.2.2. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM vinculado aos planos diretores”. Para avançar neste sentido, os gestores

precisam ter conhecimento e reconhecer a importância da adoção de SUSM. Os entrevistados também enfatizaram a dificuldade prática de implementação das leis existentes, o que pode ser amenizado pela medida “5.1.1. Regulamentação adequada para que a legislação seja colocada em prática”, a qual não é foco da prefeitura em sua configuração atual. Além disso, falta tempo para a equipe técnica institucional regulamentar as leis, o que poderia ser contornado com a contratação de mais profissionais ou de consultorias para este propósito.

Com relação a medida “5.1.2. Regulamentação baseada em critérios hidrológicos”, eles são contemplados atualmente de duas formas: i. Por meio do conhecimento das restrições da macrodrenagem, resultados dos planos diretores de drenagem, utilizadas para planejamento de projetos estruturais nas bacias; ii. Nas regulamentações para controle de escoamentos na fonte, onde o dimensionamento das estruturas requeridas e a sua vazão de saída são norteadas pelas condições hidrológicas de antes da ocupação. Em alguns casos, como em Curitiba, o volume de escoamento superficial a ser reservado foi calculado para reter o volume extra a ser gerado pela impermeabilização da área ocupada (Curitiba, 2007). Em Porto Alegre, as leis atuais são baseadas na curva intensidade-duração-frequência menos favorável do município e nos coeficientes de escoamento superficial estabelecidos pelo plano diretor de drenagem (Porto Alegre, 2014).

Os aspectos supracitados de regulamentação inadequada se enquadram nos conflitos das leis existentes para adoção de SUSM (combatidos pela medida “5.2.1. Revisar legislação existente para corrigir conflitos com relação à adoção de SUSM”). Outro exemplo é a cobrança do IPTU progressivo em Curitiba para terrenos sem construções, mesmo que a sua vegetação seja preservada (Curitiba, 2017). Esta medida faz sentido no contexto do combate a ociosidade dos espaços urbanos e especulação imobiliária. Entretanto, é desfavorável para o SUSM, haja vista que estes terrenos poderiam colaborar para o incremento da infiltração em áreas urbanas. Observa-se ainda a questão já relatada da abrangência limitada das leis de controle de quantidade de água de escoamento superficial existentes, tanto no que tange às áreas em que são aplicáveis, quando ao fato de não contemplarem a qualidade da água.

Neste sentido, além de dirimir conflitos na legislação atual, seria importante a adoção da medida “5.2. Incorporar SUSM nas leis pertinentes já existentes”. Esta medida consiste na avaliação de oportunidades de inclusão de SUSM nas leis atuais e requer a integração entre setores das prefeituras e o foco nas suas diversas necessidades. Um exemplo relativamente simples que poderia ser adotado é a transformação das áreas de jardins da cidade em estruturas de infiltração (canteiros centrais, rotatórias, faixas vegetadas das calçadas, jardins dentro dos lotes etc), que se tornariam estruturas multifuncionais e aproveitariam as escassas

áreas disponíveis nas áreas urbanas em prol do SUSM. Ao se analisar a cidade com este olhar, certamente outras oportunidades surgirão.

Para finalizar as medidas propostas para superação da barreira “Legislação inadequada”, o manual de drenagem, que já foi recomendado para a superação da barreira sobre padrões de projeto e manutenção, precisaria apenas ser regulamentado como parte integrante do plano diretor de drenagem ou similar (“5.2.2. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM vinculado aos planos diretores”), respaldando tecnicamente os projetistas e o poder público na adoção de SUSM.

### **3.4. Transposição da barreira “Faltam incentivos”**

Para a superação da barreira “Faltam incentivos” recomendam-se 11 estratégias/medidas essenciais e 13 complementares (Tabela 2). As principais medidas relacionadas a incentivos estão associadas à legislação (estratégia 5) e são “5.7. Incentivos à adoção de SUSM na fase inicial, seguidos por obrigatoriedade de adoção”, “5.7.1. Incentivos econômicos” e “5.7.2. Prêmios e programas de reconhecimento”, todas consideradas de média dificuldade de implantação. A medida 5.7 foi considerada por diversos entrevistados uma boa alternativa, especialmente os incentivos econômicos (medida 5.7.1) e para áreas já urbanizadas. No entanto, os entrevistados demonstraram preocupação com relação à sua regulamentação e com a eventual perda de arrecadação pelo município, o que poderia gerar resistência por parte dos gestores municipais à proposição dessa medida.

Com relação aos prêmios e programas de reconhecimento (medida 5.7.2), é necessário deixar claras as orientações relacionadas ao SUSM e os benefícios associados a sua adesão, além de ampla divulgação, para que haja interesse dos empreendedores. Alguns dos municípios pesquisados já possuem iniciativas neste sentido (Belo Horizonte, 2012; Belo Horizonte, 2019; Rio de Janeiro, 2012). No entanto, ainda não foi observado um impacto significativo com relação à adoção de SUSM, o que poderia ser potencializado com a adoção da medida “6.3. Divulgação de SUSM”, também de média dificuldade de adoção. Propostas para resolver casos críticos específicos também podem ser avaliadas. Por exemplo, o município de Kinross, na Escócia, lançou um “*Raingardens Challenge*”, que propõe a construção de jardins de chuva em áreas próximas a pontos de alagamento da cidade, com apoio técnico da prefeitura (Susdrain, 2020).

### **3.5. Transposição da barreira “Falta planejamento em longo prazo”**

Para a transposição da barreira “Falta planejamento em longo prazo” recomenda-se a adoção de 32 estratégias/medidas essenciais e 15 complementares (Tabela 2). Pode-se dizer que o planejamento urbano e a forma como ele é comumente conduzido no Brasil é uma questão política, sendo que a falta de continuidade administrativa e visão estratégica dificultam a sua implantação. Estas também foram consideradas barreiras ao SUSM para o Brasil por Vasconcelos et al. (2020), mas apesar de diretamente relacionadas ao planejamento de longo prazo e a sua execução, não foram consideradas entre as mais importantes.

As medidas mais importantes para a superação desta barreira estão relacionadas à estratégia “5. Legislação”. A maioria destas medidas foi considerada pelos entrevistados difícil de ser implantada, o que reforça o hiato entre a necessidade de planejamento de longo prazo e a prática atual. Desta forma, foram priorizadas as medidas de média dificuldade de adoção como um ponto de partida para a superação desta barreira, a saber: “5.5. Manejo de águas pluviais integrado ao planejamento urbano e em escala de bacia”, “5.5.1.2. Uso de modelagem hidrológica para planejamento integrado” e “5.5.2. Regulação de uso e ocupação do solo que garanta a adoção de SUSM”.

Para implantar a medida 5.5 é necessário que os planos diretores urbano e de drenagem sejam vinculados e se retroalimentem. Uma forma de realizar esta integração é através da medida 5.5.2, que consiste na incorporação de SUSM nas leis urbanísticas, que regulamentam os padrões de uso e ocupação do solo. Isto já está em prática, de alguma forma, em Porto Alegre, onde as leis sobre controle de escoamento superficial são baseadas nos coeficientes de escoamento superficial estabelecidos pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana. À época das entrevistas, as orientações do Plano Diretor de Drenagem Urbana estavam sendo utilizadas para a revisão em andamento do Plano Diretor Ambiental e Urbano do município. Belo Horizonte também segue nesta linha.

Outra forma de possibilitar esta integração é por meio da medida “5.5.1.2. Uso de modelagem hidrológica para planejamento integrado”, a qual já foi amplamente utilizada na elaboração dos planos diretores de drenagem e, segundo os entrevistados, requer comprometimento político para o seu uso constante e efetivo na gestão das águas urbanas. Um aspecto a ser melhorado nas modelagens já realizadas trata de sua calibração, a qual não foi realizada em nenhum dos municípios investigados por falta de dados de monitoramento.

É importante ponderar que apenas a adoção destas medidas não seria capaz de superar a barreira em questão, mas poderia colaborar com a mudança de paradigma: de uma visão mais imediatista e local, para um planejamento mais amplo, essencial ao sucesso do SUSM.

### **3.6. Transposição da barreira “Resistência à mudança”**

Para diminuir a “Resistência à mudança” de paradigma da drenagem urbana convencional para o SUSM recomenda-se a adoção de 37 estratégias/medidas essenciais e 23 complementares (Tabela 2). Elas permeiam todas as estratégias apresentadas, devido à complexidade do tema. Assim, as ações para superar esta barreira devem ser integradas e conduzidas em diferentes frentes. As primeiras estratégias/medidas que poderiam ser adotadas, de fácil ou média dificuldade de implantação, são: “1.3. Projetos piloto”, “2. Capacitação”, “5.2.1. Revisar legislação existente para corrigir conflitos com relação à adoção de SUSM”, “5.2.2. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM vinculado aos planos diretores”, “5.3. Leis que obrigam adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições pré-desenvolvimento”, “5.5.2. Regulação de uso e ocupação do solo que garanta adoção de SUSM”, “5.7. Incentivos à adoção de SUSM na fase inicial, seguidos por obrigatoriedade de adoção”, “6.3. Divulgação de SUSM” e “6.4. Estruturas multifuncionais”. No entanto, apenas a medida 6.4 ainda não havia sido recomendada para a superação das principais barreiras ao SUSM no Brasil, de modo que o trabalho focado na transposição das outras barreiras também resultaria na diminuição da resistência à mudança.

Com relação à medida “6.4. Estruturas multifuncionais”, Belo Horizonte e Curitiba têm alguns reservatórios de detenção em áreas de parque ou com uso concomitante com outras funções, como áreas de lazer. Entretanto, os entrevistados relataram como dificuldade para a adoção de estruturas multifuncionais a falta de informação sobre o seu funcionamento após a implantação. Um exemplo é a questão de segurança e saúde pública em locais que funcionem como reservatórios e áreas de lazer. A falta de informações dificulta a tomada de decisão e a adoção destas estruturas, dado que o poder público geralmente não está disposto a assumir tais riscos. A medida “1.3. Projetos piloto”, já recomendada para a transposição da barreira “Faltam padrões de projeto e de manutenção”, poderia colaborar neste sentido.

O município de Porto Alegre avaliava, à época das entrevistas, a possibilidade de integrar aos reservatórios de detenção um pequeno sistema de coleta e tratamento da vazão em tempo seco (esgoto não coletado pelo sistema de esgotamento sanitário), o que seria uma função secundária do reservatório. A coleta e tratamento da vazão em tempo seco dos reservatórios de detenção – ou mesmo afluentes aos corpos hídricos, como em vários locais no município do Rio de Janeiro (Dias e Rosso, 2011) – pode ser uma boa medida para complementar a coleta do esgoto sanitário nos municípios e contribuir com a melhoria da qualidade da água.

### **3.7. Transposição da barreira “Falta divulgação e conhecimento”**

Para a transposição da barreira “Falta divulgação e conhecimento” recomendam-se 22 estratégias/medidas essenciais e 14 complementares (Tabela 2). Esta barreira trata especificamente do conhecimento da comunidade sobre SUSM, o que a relaciona com a estratégia “6. Engajamento da comunidade”. Desta forma, as medidas que poderiam ser adotadas como ponto de partida são: “6.2. Programas de educação e conscientização da população sobre SUSM”, “6.3. Divulgação de SUSM”, “6.4. Estruturas multifuncionais”, todas consideradas de média dificuldade de implantação. Os entrevistados veem a conscientização (medida 6.2) como necessária para a mudança de paradigma e para o comprometimento social, e alguns deles sugeriram que ela fosse realizada por meio das escolas. Em Porto Alegre, à época do DEP, havia programas de educação ambiental e assessoria comunitária com este objetivo, que foram extintos juntamente com o órgão.

Além destas medidas, a estratégia “8. Fiscalização”, também de média dificuldade de adoção, poderia ser implantada, de modo a reforçar as ações educativas. Para isso, seria necessário uma equipe, insumos e treinamento direcionados. Segundo os profissionais, a fiscalização consiste em uma despesa contínua com um resultado que não é imediato. Além disso, foram citadas a falta de estrutura do município para fiscalização e a falta de consciência da necessidade de se planejar e garantir a manutenção ao longo do tempo. Por isso, normalmente, são priorizadas as obras, que dão resultados assim que inauguradas e a fiscalização ocorre apenas motivada por solicitação ou denúncia específica.

## **4. Oportunidades para expansão de SUSM no Brasil**

Ao se avaliar de forma integrada as 26 estratégias/medidas recomendadas para a superação das principais barreiras, sumarizadas na Tabela 3, observa-se que 2 delas colaborariam com a superação de 3 das 7 barreiras, e 9 ajudariam na transposição de 2 barreiras. Se fossem adotadas as 2 estratégias/medidas que colaborariam com 3 barreiras, todas as barreiras principais, exceto “Faltam padrões de projeto e de manutenção” e “Falta planejamento em longo prazo”, seriam beneficiadas. No entanto, se as 11 estratégias/medidas que colaborariam com mais de uma barreira fossem implementadas, todas as barreiras principais receberiam alguma colaboração. Ademais, neste cenário, a “Resistência à mudança” teria todas as suas soluções recomendadas adotadas, o que consistiria em um avanço importante para a mudança de paradigma. Assim, considera-se a adoção destas 11 estratégias/medidas como oportunidades para o avanço de SUSM no Brasil. A sua descrição



mais detalhada e exemplos de adoção exitosa destas estratégias conduzidas em outros países podem ser encontrados em Vasconcelos e Barbassa (2020).

**Tabela 3. Estratégias de solução e medidas de implantação recomendadas para expansão de SUSM no Brasil**

	Barreiras para as quais as estratégias/medidas foram sugeridas					
	Faltam padrões de projeto e de manutenção	Falta de capacidade ou experiência	Legislação inadequada	Faltam incentivos	Falta planejamento em longo prazo	Resistência à mudança e Falta divulgação e conhecimento
<b>1.3. Projetos piloto</b>	X					X
1.3.1. Adoção de estratégias de SUSM em construções públicas	X					
<b>2. Capacitação</b>		X				X
2.1. Incluir SUSM nos cursos de formação profissional superior		X				
2.2. Treinamento de profissionais da área técnica para SUSM		X				
<b>4.1. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM</b>	X	X				
<b>4.1.1. Estabelecer claramente os objetivos do SUSM</b>	X	X				
4.2.1. Retenção das chuvas frequentes	X					
4.3. Controle de quantidade de água de escoamento superficial	X					
5.1. Implementar a legislação existente			X			
5.1.1. Regulamentação adequada para que a legislação seja colocada em prática			X			
5.1.2. Regulamentação baseada em critérios hidrológicos			X			
5.2. Incorporar SUSM nas leis pertinentes já existentes			X			
<b>5.2.1. Revisar legislação existente para corrigir conflitos com relação à adoção de SUSM</b>			X			X
<b>5.2.2. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM vinculado aos planos diretores</b>			X			X
<b>5.3. Leis que obrigam adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições pré-desenvolvimento</b>		X	X			X
5.3.2. Contemplar especificidades do governo local sobre projeto e manutenção			X			
5.5. Manejo de águas pluviais integrado ao planejamento urbano e em escala de bacia					X	
5.5.1.2. Uso de modelagem hidrológica para planejamento integrado					X	
<b>5.5.2. Regulação de uso e ocupação do solo que garanta adoção de SUSM</b>					X	X
<b>5.7. Incentivos à adoção de SUSM na fase inicial, seguidos por obrigatoriedade de adoção</b>				X		X
5.7.1. Incentivos econômicos				X		
5.7.2. Prêmios e programas de reconhecimento				X		
6.2. Programas de educação e conscientização da população sobre SUSM						X
<b>6.3. Divulgação de SUSM</b>				X		X
<b>6.4. Estruturas multifuncionais</b>						X
8. Fiscalização						X

\* Destacadas em negrito estratégias/medidas que colaboram com mais de uma barreira

É interessante ressaltar que a maioria dos municípios consultados na entrevista, a exceção de São Carlos, consiste em capitais de estados do Sul e Sudeste do país. Por serem capitais, têm maior potencial de influenciar e ajudar outras cidades do mesmo estado, e podem servir como referência em função da maior proximidade entre as equipes técnicas e políticas.

Outro aspecto que deve ser destacado é a importância do Ministério Público (MP) na mobilização dos municípios em direção ao SUSM, normalmente motivado pela cobrança da sociedade. Isto não ocorre necessariamente porque os técnicos dos municípios não queiram adotar estratégias de SUSM, mas, muitas vezes, pelo fato dos obstáculos serem maiores do

que a sua capacidade de atuação. A intervenção do MP viabiliza a adoção de SUSM em função de dois aspectos: i. Em termos financeiros, pois, devido à escassez de dinheiro, o atendimento às demandas do MP é priorizado pelos gestores e técnicos; ii. Na escolha de alternativas mais adequadas, haja vista o maior peso atribuído à sustentabilidade ambiental ou aos aspectos sociais, ao invés da priorização do menor custo e drenagem convencional. Isto reforça a importância da participação ativa e organizada da comunidade na cobrança do poder público.

## **5. Conclusões**

A pesquisa visou identificar soluções viáveis ao Brasil para a superação das principais barreiras e ampliação da adoção de SUSM com base na expertise de profissionais de prefeituras com experiência no assunto. Os municípios pesquisados possuíam diferentes experiências, mas algumas ações similares, como “Controle de quantidade de água de escoamento superficial” e “Leis que obrigam a adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições de pré-desenvolvimento”. Medidas já adotadas foram consideradas mais fáceis, o que leva à conclusão de que a experiência influencia na percepção de viabilidade da medida e, portanto, na resistência a sua adoção. Neste sentido, recomenda-se o uso das experiências exitosas por meio, por exemplo, da criação de uma rede de colaboração que fomentasse o diálogo entre estes municípios. Além disso, o fato de serem, em sua maioria, capitais de estados, pode facilitar a propagação da sua experiência para os municípios do interior.

Com relação ao aproveitamento das experiências positivas dos municípios pesquisados, algumas se destacam: a recente universalização da obrigatoriedade de adoção de SUSM em Belo Horizonte; o DEP em Porto Alegre; e a recente busca pela integração entre planejamento urbano e manejo de águas pluviais em Belo Horizonte e Porto Alegre. Ademais, um olhar para a cidade com foco no aproveitamento de oportunidades para a adoção de SUSM também colaboraria com o seu avanço em áreas já urbanizadas e considerando as especificidades locais.

De forma mais ampla, esta pesquisa apontou 11 estratégias/medidas como oportunidades de ação para o avanço de SUSM no Brasil. A adoção destas contemplaria todas as estratégias/medidas recomendadas para a transposição da barreira “Resistência à mudança”, essencial para a mudança de paradigma no manejo das águas pluviais urbanas. Entretanto, sugere-se iniciar o processo de adoção das estratégias/medidas pelas que colaborariam com a transposição de um maior número de barreiras, haja vista que tanto as

barreiras quanto as soluções se inter-relacionam e, portanto, colaboram com o avanço do SUSM como um todo. Neste sentido, as medidas “Leis que obrigam adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições pré-desenvolvimento” e “Divulgação de SUSM” colaborariam com a transposição de três barreiras cada uma e seriam, portanto, mais benéficas de serem inicialmente adotadas.

A adoção das estratégias/medidas em etapas e seu monitoramento contribuiriam com o conhecimento sobre SUSM no Brasil. Além disso, esta lógica também pode fomentar o diálogo e a interação entre os setores e atores envolvidos com o manejo das águas pluviais urbanas, fator importante para a efetividade do SUSM. Para o avanço de SUSM no país é necessário que mais estudos sobre o tema sejam realizados, em especial sobre a documentação e compartilhamento dos esforços empreendidos em municípios brasileiros. Ademais, é importante pontuar que o recorte de municípios pesquisados pode não representar adequadamente as especificidades locais, haja vistas as assimetrias regionais. Neste sentido, sugere-se que em trabalhos futuros sejam abordados o cenário e as especificidades do SUSM em outras cidades, ampliando a abrangência de contextos estudados.

### **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

### **Referências**

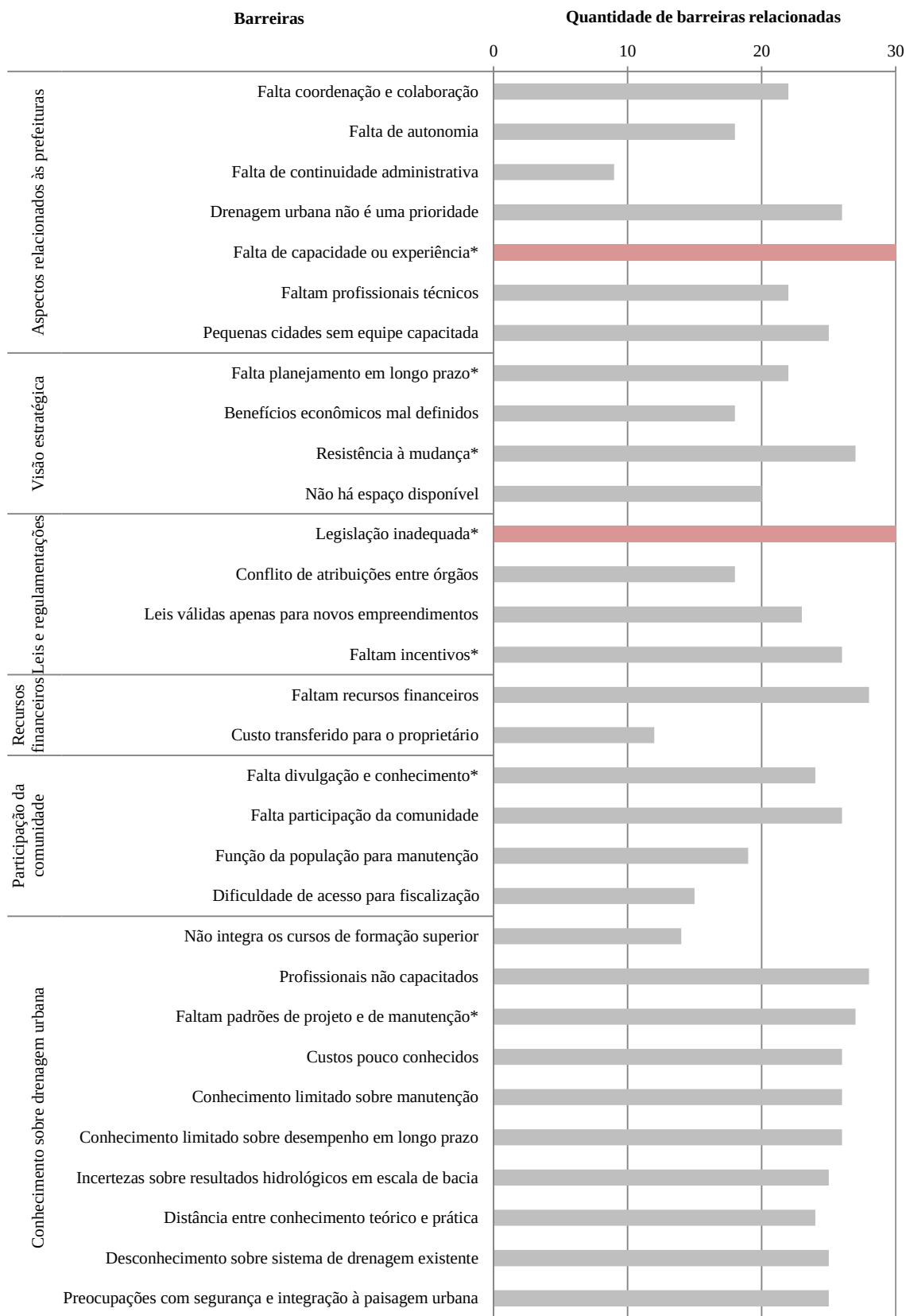
- BALLARD, B.W. et al., 2015. *The SuDS Manual*. CIRIA. Disponível em: <https://www.ciria.org/ItemDetail?iProductCode=C753F&Category=FREEPUBS> Acesso em 12 Mar. 2018.
- BELO HORIZONTE. Portaria SMMA nº 06, de 2 de maio de 2012. Dispõe sobre o Regulamento do Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental – “Selo BH Sustentável” da Secretaria Municipal de Meio Ambiente.
- BELO HORIZONTE. Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019. Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências.
- BELO HORIZONTE. Decreto nº 17.273, de 4 de fevereiro de 2020. Regulamenta os Títulos V a IX da Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019, sobre parcelamento do solo, ocupação do solo, uso do solo, áreas de interesse ambiental e patrimônio cultural e urbano no Município, e dá outras providências.

- BRASIL., 2011. *Atlas de saneamento 2011*. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=280933> Acesso em 20 Ago. 2020.
- BRASIL., 2018. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Águas Pluviais Urbanas – 2015*. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-aguas-pluviais/diagnostico-ap-2015> Acesso em 9 Jul. 2018.
- BROWN, R.R.; FARRELLY, M.A. *Delivering sustainable urban water management: a review of the hurdles we face*. Water Science and Technology, v. 59, n. 5, p. 839-846, 2009.
- CHAFFIN, B.C. et al. *A tale of two rain gardens: Barriers and bridges to adaptative management of urban stormwater in Cleveland, Ohio*. Journal of Environmental Management, 183, p. 431-441, 2016.
- CHANG, N. et al. *Global policy analysis of low impact development for stormwater management in urban regions*. Land Use Policy, v. 70, p. 368-383, 2018.
- CRUZ, M.A.S.; SOUZA, C.F.; TUCCI, C.E.M., 2007. *Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade*. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. São Paulo: ABRH.
- CURITIBA. Decreto nº 176, de 20 de março de 2007. Dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção e cheias.
- CURITIBA. Decreto nº 2.256, de 27 de dezembro de 2017. Aprova o regulamento do Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU, estabelecendo os critérios de cálculo do valor dos imóveis do Município de Curitiba.
- DHAKAL, K.P.; CHEVALIER, L.R. *Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application*. Journal of Environmental Management, v. 203, p. 171-181, 2017.
- DIAS, A.P.; ROSSO, T.C.A. *Análise dos elementos atípicos do sistema de esgoto – separador absoluto – na Cidade do Rio de Janeiro*. Engevista, v. 13, n. 3, p. 177-192, Dez. 2011.
- FLETCHER, T.D. et al. *SUDS, LID, BMPs, WSUD and more–The evolution and application of terminology surrounding urban drainage*. Urban Water Journal, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2015.

- GOULDEN, S. et al. *From conventional drainage to sustainable stormwater management: Beyond the technical challenges*. Journal of Environmental Management, v. 219, p. 37–45, 2018.
- JIANG, Y.; ZEVENBERGEN, C.; FU, D. *Understanding the challenges for the governance of China's "sponge cities" initiative to sustainably manage urban stormwater and flooding*. Natural Hazards, v. 89, p. 521-529, 2017.
- LI, C. et al. *Can stormwater control measures restore altered urban flow regimes at the catchment scale?* Journal of Hydrology, v. 549, p. 631-653, 2017.
- LOPERFIDO, J.V. et al. *Effects of distributed and centralized stormwater best management practices and land cover on urban stream hydrology at the catchment scale*. Journal of Hydrology, v. 519, p. 2584-2595, 2014.
- PARKINSON, J. et al., 2003. *Drenagem Urbana Sustentável–Relatório do Workshop em Goiânia–GO*. Disponível em: [http://semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem\\_urbana\\_no\\_brasil-workshop\\_relatorio081003.pdf](http://semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem_urbana_no_brasil-workshop_relatorio081003.pdf) Acesso em 8 Jan. 2019.
- PORTO ALEGRE. Decreto nº 18.611, de 9 de abril de 2014. Regulamenta o controle da drenagem urbana e revoga os itens 4.8.6, 4.8.7 e 4.8.9 do Decreto nº 14.786, de 30 de dezembro de 2004 – Caderno de Encargos do DEP – e o Decreto nº 15.371, de 17 de novembro de 2006.
- QIAO, X.; KRISTOFFERSSON, A.; RANDRUP, T.B. *Challenges to implementing urban sustainable stormwater management from a governance perspective: A literature review*. Journal of Cleaner Production, v. 196, p. 943-952, 2018.
- RIO DE JANEIRO (Município). Decreto nº 35.745, de 06 de junho de 2012. Cria a qualificação QUALIVERDE e estabelece critérios para sua obtenção.
- SAGE, J.; BERTHIER, E.; GROMAIRE, M.C. *Stormwater management criteria for on-site pollution control: A comparative assessment of international practices*. Environmental Management, v. 56, p. 66-80, 2015.
- SOUZA, V.C.B. *Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade*. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), v. 1, n. 1, p. 57-72, 2013.
- SUSDRAIN, 2020. *Kinross-shire Raingardens Challenge*. Disponível em: <https://susdrain.org./community/blog/kinross-raingardens-challenge/> Acesso em 16 Mai. 2020.

- VASCONCELOS, A.F. et al., 2020. *Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: the case of Brazil*. Disponível em: <https://engrxiv.org/9e5sy> Acesso em 3 Set. 2020.
- VASCONCELOS, A.F.; BARBASSA, A.P., 2020. *Strategies to overcome barriers and to effectively achieve sustainable urban stormwater management: a review*. Disponível em: <https://engrxiv.org/mz47v> Acesso em 3 Set. 2020.
- ZIMMER, C.A. et al. *Low-Impact-Development Practices for Stormwater: Implications for Urban Hydrology*. Canadian Water Resources Journal, v. 32, n. 3, p. 193-212, 2007.

## Anexo A



**Figura 1A. Inter-relação entre as barreiras (quantidades) e principais barreiras ao SUSM no Brasil (identificadas com um asterisco) (adaptado de Vasconcelos et al., 2020)**

## Anexo B

**Tabela 1B. Matriz de correlação entre as principais barreiras ao SUSM no Brasil e as estratégias de solução (adaptado de Vasconcelos e Barbassa, 2020)**

Principais barreiras ao SUSM no Brasil	Estratégias de solução							
	1. Geração de informações	2. Capacitação	3. Ferramentas de suporte à decisão	4. Normatização	5. Legislação	6. Engajamento da comunidade	7. Financiamento	8. Fiscalização
1. Faltam padrões de projeto e de manutenção	X	X	X	X	X		X	
2. Falta de capacidade ou experiência	X	X	X	X	X		X	
3. Legislação inadequada	X	X	X	X	X		X	X
4. Faltam incentivos	X		X		X	X	X	X
5. Falta planejamento em longo prazo	X	X	X	X	X		X	
6. Resistência à mudança	X	X	X	X	X	X	X	X
7. Falta divulgação e conhecimento	X	X		X	X	X	X	X



## **CAPÍTULO 7 – CONCLUSÃO GERAL**

Este capítulo apresenta a compilação das conclusões dos artigos dos capítulos 3 a 6, de modo a responder, de forma integrada, aos objetivos da pesquisa.

## 7 CONCLUSÃO GERAL

Cada um dos artigos que compõem a tese visou responder a um dos objetivos específicos da pesquisa. No capítulo 3, que apresenta o artigo “*Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: The case of Brazil*”, foi apresentada uma ampla revisão bibliográfica sobre as barreiras ao SUSM no mundo, a qual embasou a investigação e diagnóstico das barreiras brasileiras. Nesta etapa da pesquisa concluiu-se que existe algum nível de consciência em âmbito federal da necessidade e importância da adoção de SUSM, devido às iniciativas existentes. Em nível estadual e municipal esta consciência ainda não foi universalizada, mas observam-se avanços, tanto no número de cidades, quanto na complexidade e abrangência das estratégias adotadas. As leis federais servem para nortear as leis municipais, que, no entanto, muitas vezes, não conseguem colocar em prática as suas orientações. Um exemplo é a Lei Federal 6.766/79, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e orienta que não se deve construir em áreas alagadiças e sujeitas a inundações sem que sejam tomadas as medidas necessárias para o escoamento das águas. Mas tais áreas não são delimitadas para a maioria dos municípios e nem são estabelecidas as diretrizes para a sua drenagem e ocupação. Dessa forma, as leis municipais apenas repetem o que é apresentado na lei federal sem, no entanto, viabilizar a sua adoção prática. O avanço em nível municipal é essencial, pois é onde ocorre efetivamente a gestão das águas pluviais urbanas.

Dentre as 31 barreiras ao SUSM investigadas, 20 foram confirmadas para o Brasil, por meio de consulta a diferentes grupos de atores envolvidos no manejo das águas pluviais urbanas. A percepção das barreiras varia bastante por grupo de atores, de modo que as respostas separadas por grupo possibilitam análises isoladas para diversos fins, como intervenções para superação a barreiras direcionadas para um público específico. Além disso, cada grupo é mais sensível às dificuldades enfrentadas em seu cotidiano e, por isso, é importante analisar as suas opiniões separadamente. No caso específico da população, pode haver um enviesamento nas respostas, devido ao acesso à internet e disposição de preenchimento dos questionários, relacionados à renda e sensibilidade ao tema de pesquisa. Por isso, estes resultados devem ser utilizados com cautela.

Observa-se que muitas das barreiras identificadas estão relacionadas ao conhecimento sobre SUSM, o que é coerente com as barreiras apontadas pelos primeiros estudos internacionais sobre o tema, ratificando a etapa inicial de adoção de SUSM no país. Neste sentido, é importante reforçar que as respostas encontradas neste estudo são um retrato do

momento em que o questionário foi aplicado e a experiência pessoal de cada respondente e que, portanto, a percepção sobre as barreiras muda com o tempo e como avanço do SUSM.

Dentre as barreiras, cinco foram consideradas muito importantes, devido aos seus elevados índices de reconhecimento pelos atores consultados. São elas: “Faltam padrões de projeto e de manutenção”, “Falta planejamento em longo prazo”, “Falta divulgação e conhecimento”, “Resistência à mudança” e “Faltam incentivos”. Elas possuem origens diferentes – duas são do tipo “Visão estratégica”, uma está relacionada a “Leis e regulamentações”, uma a “Participação da comunidade” e uma a “Conhecimento sobre drenagem urbana” –, o que aumenta a complexidade dos esforços necessários para a sua transposição, por requerer soluções integradas. Nenhuma barreira dos tipos “Aspectos relacionados às prefeituras” e “Recursos financeiros” foi avaliada como muito importante, apesar de estarem intrinsicamente conectadas às barreiras reconhecidas como muito importantes e de serem amplamente citadas em estudos anteriores. A falta de reconhecimento das barreiras destes dois tipos também pode estar relacionada ao estágio de adoção de SUSM em que o Brasil se encontra, visto que pode não possuir experiência suficiente para perceber problemas como “Falta de coordenação e colaboração” e “Falta de continuidade administrativa”. Além disso, os recursos financeiros foram amplamente citados na literatura consultada e nas respostas abertas dos questionários, não necessariamente por sua escassez, mas sim, por não direcioná-los a aspectos relacionados ao SUSM, o que está mais relacionado à visão estratégica do que à falta de recursos financeiros em si. Em suma, nesta primeira etapa da pesquisa, a hipótese de que existem barreiras para a ampla adoção de SUSM no Brasil foi confirmada.

A luz das barreiras, buscou-se conhecer as possibilidades de soluções para transpô-las, por meio de uma revisão bibliográfica, apresentada no artigo “*Strategies to overcome barriers and to effectively achieve sustainable urban stormwater management: A review*” (capítulo 4). Por meio desta revisão foi possível identificar oito estratégias de solução e 80 medidas de implantação para transposição de barreiras e adoção efetiva de SUSM, as quais foram descritas para embasar a sua implementação. Esta etapa da pesquisa também culminou na verificação da interdependência entre as estratégias de solução, de modo que adota-las isoladamente seria, potencialmente, ineficaz. Desta forma, uma proposta efetiva para adoção de SUSM deve integrar diversas estratégias. Entretanto, mesmo as estratégias adotadas isoladamente poderiam colaborar com a transposição de mais de uma barreira e, conseqüentemente, com o avanço do cenário de sustentabilidade das águas pluviais urbanas como um todo.

Esta etapa da pesquisa foi finalizada com uma matriz de correlação entre as barreiras e as estratégias de solução, a qual pode ser consultada para conhecimento das estratégias de solução e medidas de implantação disponíveis para a superação de barreiras ao SUSM de quaisquer locais, não somente para o Brasil. Esta matriz é uma fonte prática de consulta de quaisquer atores interessados em buscar soluções para os seus problemas locais de adoção de SUSM. Estes dados sistematizados também podem contribuir com a otimização dos esforços integrados a serem adotados para a adoção de SUSM, em especial em locais onde ele é incipiente. Além disso, observou-se a importância do monitoramento e documentação contínuos das estratégias de adoção de SUSM empreendidas, de modo a contribuir com o conhecimento global sobre o tema e otimização dos esforços para o avanço de SUSM.

Conhecidas as barreiras e as soluções disponíveis para a sua transposição, o capítulo 5 apresentou a atual situação do Brasil com relação à transposição de suas principais barreiras, por meio do artigo “Validação de barreiras e experiências municipais de adoção de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”. Realizou-se um recorte de barreiras ao SUSM, chamado de principais barreiras, para as quais se direcionaram os esforços de buscas por soluções. Às cinco barreiras consideradas muito importantes, apresentadas no capítulo 3, somaram-se “Falta de capacidade ou experiência” e “Legislação inadequada”, que se relacionam com todas as outras barreiras investigadas e, portanto, se transpostas, colaborariam mais amplamente com o avanço do cenário de SUSM no país.

As entrevistas realizadas para embasar este artigo e o seguinte possibilitaram a validação das sete principais barreiras ao SUSM no Brasil e o conhecimento das iniciativas municipais para a sua transposição nos seis municípios pesquisados (Belo Horizonte – MG, Curitiba – PR, Porto Alegre – RS, Rio de Janeiro – RJ, São Carlos – SP, e São Paulo – SP). Todas as barreiras principais foram validadas por pelo menos quatro dos seis municípios. Além disso, verificou-se que cada município se encontra em um ponto do processo de adoção de SUSM e investiu em medidas diferentes, de modo que todas as barreiras tiveram medidas empreendidas para a sua superação em pelo menos dois dos municípios. Entretanto, estas medidas não foram suficientes para superar as barreiras, já que elas continuaram sendo percebidas pelos entrevistados.

As barreiras “Faltam padrões de projeto e de manutenção” e “Legislação inadequada” foram as que tiveram mais cidades que já adotaram medidas para a sua transposição. Em geral, as medidas adotadas consistem em leis que obrigam a adoção de estruturas de controle de escoamento na fonte para novos empreendimentos e reformas de grande porte, juntamente com suas regulamentações. Isto inclui os manuais de drenagem vinculados aos planos

diretores de drenagem. Ademais, foram relatados problemas práticos de operacionalização destas medidas – como a responsabilidade pela manutenção das estruturas de SUSM e sua fiscalização – que podem ser amenizados por meio de esforços coordenados. As medidas que focam em uma visão mais ampla de SUSM – não apenas controle de escoamentos na fonte – são recentes e também não beneficiam diretamente áreas já densamente urbanizadas, por serem aplicáveis apenas a novas ocupações. Soma-se a estes aspectos que a eficácia das medidas em vigor não é monitorada, o que pode dificultar a sua validação como boa estratégia a ser disseminada.

Após o conhecimento da situação atual do Brasil com relação às suas principais barreiras ao SUSM, o artigo “Estratégias e oportunidades de ação para adoção de manejo sustentável de águas pluviais urbanas no Brasil”, apresentado no capítulo 6, buscou identificar soluções viáveis para a sua superação e ampliação da adoção de SUSM. Apesar de os municípios pesquisados possuírem diferentes experiências, algumas medidas adotadas eram similares, como “Controle de quantidade de água de escoamento superficial” e “Leis que obrigam a adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições de pré-desenvolvimento”. Assim, observou-se que medidas já adotadas foram consideradas mais viáveis, o que leva à conclusão de que a experiência influencia na percepção de viabilidade da medida e, portanto, na resistência a sua adoção. Neste sentido, recomenda-se o uso das experiências exitosas por meio, por exemplo, da criação de uma rede de colaboração que fomente o diálogo entre os municípios. O fato de os municípios pesquisados serem, em sua maioria, capitais de estados, também pode facilitar a propagação da sua experiência para os municípios do interior.

Com relação ao aproveitamento das experiências positivas dos municípios pesquisados, algumas se destacaram: a recente universalização da obrigatoriedade de adoção de SUSM em Belo Horizonte; o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) em Porto Alegre; e a recente busca pela integração entre planejamento urbano e manejo de águas pluviais em Belo Horizonte e Porto Alegre. Ademais, um olhar para a cidade com foco no aproveitamento de oportunidades para a adoção de SUSM também colaboraria com o seu avanço em áreas já urbanizadas e considerando as especificidades locais.

Ao se avaliar as estratégias de solução e medidas de implantação mais favoráveis de serem adotadas no Brasil, com base em uma análise conjunta das opiniões dos entrevistados, 11 estratégias/medidas foram consideradas oportunidades de ação para o avanço de SUSM no Brasil. A adoção destas contemplaria todas as estratégias/medidas recomendadas para a transposição da barreira “Resistência à mudança”, essencial para a mudança de paradigma no

manejo das águas pluviais urbanas. Entretanto, sugere-se iniciar o processo de adoção das estratégias/medidas pelas que colaborariam com a transposição de um maior número de barreiras, haja vista que tanto as barreiras quanto as soluções se inter-relacionam e, portanto, colaboram com o avanço do SUSM como um todo. Neste sentido, as medidas “Leis que obrigam adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições pré-desenvolvimento” e “Divulgação de SUSM” colaborariam com a transposição de três barreiras cada uma e seriam, portanto, mais benéficas de serem inicialmente adotadas.

As experiências já implantadas nos municípios pesquisados e a percepção dos entrevistados de que é possível adotar algumas estratégias/medidas com potencial de colaborar significativamente com o cenário de SUSM nos municípios em questão (expansível para quaisquer outros locais, consideradas as especificidades locais), corrobora a segunda hipótese desta pesquisa, que trata da existência de medidas viáveis de serem adotadas para transpor as barreiras e avançar com a adoção de SUSM no contexto brasileiro atual.

A adoção das estratégias/medidas em etapas e seu monitoramento contribuiriam com o conhecimento sobre SUSM no Brasil. Além disso, esta lógica também pode fomentar o diálogo e a interação entre os setores e atores envolvidos com o manejo das águas pluviais urbanas, fator importante para a efetividade do SUSM. É importante pontuar que o recorte de municípios pesquisados pode não representar adequadamente as especificidades locais, haja vistas as assimetrias regionais e, portanto, deve-se ter cautela nesse sentido ao se utilizar os resultados desta pesquisa para o planejamento e proposição de estratégias para o avanço do SUSM. Ademais, a metodologia adotada (questionários e entrevistas com um grupo de atores) resulta em um retrato da situação de SUSM no país específico para o recorte utilizado. Ao se variar os atores consultados, a sua experiência com SUSM e o contexto nacional, as respostas obtidas por uma pesquisa semelhante potencialmente seriam diferentes. Isto deve ser levado em consideração na interpretação e utilização dos resultados desta pesquisa e pode embasar a sua continuidade.

Para o avanço de SUSM no país é necessário que mais estudos sobre o tema sejam realizados, em especial sobre a documentação e compartilhamento dos esforços empreendidos em municípios brasileiros. Uma dificuldade observada ao longo desta pesquisa foi da mensuração dos benefícios mais amplos da adoção de SUSM, o que dificulta a justificativa de sua adoção, quando se consideram apenas os custos e os benefícios hidrológicos. Neste sentido, estudos sobre estes benefícios também são recomendados. É de se esperar que as barreiras se modifiquem, dependendo do estágio evolutivo de implantação do SUSM, de modo que as estratégias também devem assumir um caráter escalonado/evolutivo, para cada

etapa de desenvolvimento. Assim, sugere-se também uma avaliação desta evolução ao longo do tempo, tanto das barreiras quanto das estratégias de solução disponíveis e adotadas. Há ações muito importantes que, no entanto, só fazem sentido após cumpridas algumas etapas de desenvolvimento e, outras ações são essenciais para a construção deste caminho. O avanço e a efetividade do SUSM não são um produto, mas sim um processo, que muda conforme evolui e, portanto, há de enfrentar diferentes desafios em cada estágio. O conhecimento do caminho e seus desafios típicos deve facilitar este percurso.

## **CAPÍTULO 8 – OUTRAS PRODUÇÕES**

Este capítulo apresenta outras atividades e produções realizadas ao longo do doutorado que também contribuíram para a formação da doutoranda.



## 8 OUTRAS PRODUÇÕES

A doutoranda Anaí Floriano Vasconcelos integrou durante todo o seu período de doutoramento o grupo de pesquisa G-Hidro – Sistemas Hídricos Urbanos, no qual interagiu com diversos integrantes, colaborando com suas pesquisas e resultando em alguns trabalhos em cooperação.

Outra colaboração relevante no período foi a participação no projeto “*Resilience-informed decision support framework for sustainability transitions in the developing world: Incorporating SuDS into the peri-urban áreas in Brazil and India (RESoURce@Brandia)*”, liderado pela Prof.<sup>a</sup> Dra. Maryam Imani, da Anglia Ruskin University, no Reino Unido. Esta colaboração culminou na apresentação de uma palestra no workshop “*Resilience-Informed Urban Planning and Sustainable Drainage Systems (SuDS)*” sobre os resultados parciais desta pesquisa e na publicação de um artigo no *Journal of Environmental Management*.

Durante a disciplina de “Projeto Cartográfico Geotécnico Urbano-Regional” foi elaborado um artigo, submetido à revista *Groundwater for Sustainable Development*, que está na segunda rodada de revisão.

A doutoranda também teve a oportunidade de participar e apresentar um trabalho em um evento de grande visibilidade para a área de modelagem em drenagem urbana em 2018, o *11th International Conference on Urban Drainage Modelling*, realizado em Palermo, na Itália.

### 8.1 Artigos completos publicados em periódicos

MCCLYMONT, K.; CUNHA, D. G. F.; MAIDMENT, C.; ASHAGRE, B.; VASCONCELOS, A. F.; MACEDO, M. B.; SANTOS, M. F. N.; GOMES JÚNIOR, M. N.; MENDIONDO, E. M.; BARBASSA, A. P.; RAJENDRAN, L.; IMANI, M. Towards urban resilience through Sustainable Drainage Systems: A multi-objective optimisation problem. **Journal of Environmental Management**, 275, 111173, 2020. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111173

SANTOS, M. F. N.; BARBASSA, A. P.; VASCONCELOS, A. F. Low impact development strategies for a low-income settlement: balancing flood protection and life cycle costs in Brazil. **Sustainable Cities and Society**, 102650, 2020. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102650

## 8.2 Resumos publicados em anais de eventos

VASCONCELOS, A. F.; FERREIRA, T. S.; SANTOS, M. F. N.; BARBASSA, A. P. Modeling Infiltration Wells in SWMM and Comparing Its Performance with a Real-Scale Well. In: **Proceedings of 11th International Conference on Urban Drainage Modelling**. 2018, Palermo, Italy.

SANTOS, M. F. N.; VASCONCELOS, A. F.; BARBASSA, A. P. Exploring the Use of Low Impact Development Strategies in a Low-Income Settlement in São Carlos, Brazil. In: **Proceedings of 11th International Conference on Urban Drainage Modelling**. 2018, Palermo, Italy.

## 8.3 Capítulos de livros publicados

BARBASSA, A. P.; MORUZZI, R. B.; VASCONCELOS, A. F. Estimativa e dinâmica da impermeabilização urbana e controles de enchentes na fonte e com o desenvolvimento urbano de baixo impacto. In: **25 Anos: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU : Universidade Federal de São Carlos – UFSCar**. Kátia Sakihama Ventura, Denise Balestrero Menezes, Thais de Cassia Martinelli Guerreiro, Luciana Márcia Gonçalves (organizadores). São Carlos: UFSCar/CPOI, 2020.

## 8.4 Artigos completos submetidos a periódicos

OLIVEIRA-ANDREOLI, E. Z.; MORAES, M. C. P.; FAUSTINO, A. S.; VASCONCELOS, A. F.; COSTA, C. W.; MOSCHINI, L. E.; MELANDA, E.; JUSTINO, E. A.; LOLLO, J.; LORANDI, R. Multi-temporal analysis of land use/cover interference in Environmental Fragility in a Mesozoic basin, southeastern Brazil. **Groundwater for Sustainable Development**. Submetido em 26 de julho de 2018.

VASCONCELOS, A. F.; FERREIRA, T. S.; SANTOS, M. F. N.; BARBASSA, A. P. Modeling infiltration-based LID controls in SWMM: a method to represent the exfiltration through the walls of the storage reservoir. **Urban Water Journal**. Submetido em 14 de abril de 2020.

SANTOS, M. F. N.; BARBASSA, A. P.; VASCONCELOS, A. F.; OMETTO, A. R. Stormwater management for highly urbanized areas: Life cycle assessment of low impact development practices. **Journal of Hydrology**. Submetido em 29 de junho de 2020.

## **APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS SOBRE BARREIRAS**

Este apêndice apresenta as cartas convite, os termos de consentimento livre e esclarecido e os questionários *online* utilizados para levantamento das barreiras ao SUSM no Brasil. Profissionais de instituições públicas e privadas, professores universitários e a população responderam a estes questionários entre outubro e novembro de 2018.

## **Carta convite para a população**

Entregues nas casas dos residentes e comerciantes da bacia do Córrego do Gregório, em São Carlos, SP, de 29 de outubro a 6 de novembro de 2018.

### **PESQUISA DA UFSCAR – CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO**

#### **ASSUNTO: Enchentes**

OLÁ!

Sou, Anaí, professora da UFSCar e aluna de pós-graduação em Engenharia Urbana. Estou fazendo uma **pesquisa sobre problemas da água da chuva nas cidades**, orientada pelo Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa.

Este é um convite para você colaborar com esta pesquisa com a sua **OPINIÃO**.

Para participar, é só responder a um curto questionário (cerca de 10 minutos), acessado na internet pelo endereço a seguir.

<https://goo.gl/forms/scjA1mQRwd0dxETp1>

Use celular, tablet ou computador.

Escreva o endereço acima em um navegador da internet (como Chrome, Firefox ou Internet Explorer) e aperte em IR.

Se preferir, me mande uma mensagem no **Whatsapp pelo número (xx)xxxxx-xxxx** que eu encaminho o link do questionário.

Quaisquer dúvidas, críticas ou sugestões, por favor, entre em contato comigo pelo e-mail [anaí.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anaí.vasconcelos@ufscar.br) ou pelo Whatsapp.

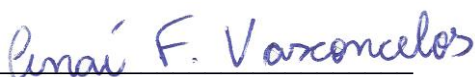
Devido aos prazos da pesquisa, caso opte por colaborar, por favor, preencha o questionário até o dia 31/11/2018.

**Nenhum dado pessoal será coletado. Todas as respostas são anônimas.**

**Sua OPINIÃO é muito importante para a melhoria da drenagem da cidade!**

Se você conhecer outras pessoas que morem perto da sua casa e também possam participar da pesquisa, será muito útil se você repassar este convite.

Muito obrigada!

  
\_\_\_\_\_  
ANAÍ FLORIANO VASCONCELOS  
Prof.<sup>a</sup> da UFSCar  
Doutoranda em Engenharia Urbana  
Mestre em Engenharia Civil  
Engenheira Ambiental

## **Carta convite para os profissionais de instituições públicas**

Enviadas por e-mail aos profissionais dos setores responsáveis pela drenagem urbana dos municípios brasileiros com mais de 200 mil habitantes. Os endereços de e-mail foram obtidos por contatos telefônicos e as cartas convite foram enviadas de 15 a 26 de outubro de 2018.

Assunto: CONVITE: Pesquisa sobre problemas na drenagem urbana

Prezado(a) profissional,

**Este é um convite para você participar de uma pesquisa sobre os problemas da drenagem urbana e manejo de água de chuva na cidade em que trabalha.**

Você foi selecionado por trabalhar em uma Prefeitura com drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

**Se você não trabalhar na área de drenagem urbana e puder repassar o e-mail para o(s) profissional(is) da área, lhe agradeço muito.**

**Para colaborar com a pesquisa, basta preencher um rápido questionário, disponível na internet através do seguinte endereço:**

<https://goo.gl/forms/y5SZJTBI05WmhP603>

Para acessar o questionário, é só clicar sobre o endereço acima.

O tempo estimado para o preenchimento do questionário é de 20 minutos. Devido aos prazos da pesquisa, caso opte por colaborar, por favor, preencha o questionário até o dia 15/11/2018.

**Nenhum dado pessoal é coletado pelo questionário. O anonimato de todos os participantes é garantido.**

Esta pesquisa é conduzida pela Prof.<sup>a</sup> Ma. Anaí Floriano Vasconcelos, aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), sob orientação do Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa. Mais informações sobre a pesquisa estão disponíveis no início do questionário. Quaisquer dúvidas, críticas ou sugestões

podem ser enviadas à pesquisadora responsável pelo e-mail [anai.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anai.vasconcelos@ufscar.br) ou pelo telefone (xx)xxxxx-xxxx.

A pesquisa tem como objetivo identificar os obstáculos existentes no Brasil para a adoção de manejo sustentável de águas pluviais em áreas urbanas e analisar possíveis soluções para a sua superação. Esta demanda é verificada no contexto de que as áreas urbanas alteram a dinâmica hidrológica natural e, por isso, trazem diversos problemas sociais, econômicos e ambientais, como enchentes e água de qualidade ruim. Para amenizar estes efeitos, estratégias mais sustentáveis de urbanização poderiam ser adotadas. No entanto, apesar de bastante estudadas, estas estratégias ainda não são amplamente adotadas no Brasil. Neste contexto, esta pesquisa pretende, com base nas respostas de um questionário, aplicado para diferentes grupos de atores envolvidos com a drenagem urbana, levantar quais são estas barreiras para, posteriormente, desenvolver soluções para superá-las.

Caso queira repassar esta carta-convite a outros profissionais da mesma instituição que trabalhem com águas pluviais ou de outros órgãos atuantes no assunto, fique a vontade. Esta disseminação será de grande valia! Quanto mais profissionais responderem ao questionário, melhores serão os resultados.

**Caso tenha interesse em receber os resultados dessa pesquisa, por favor, responda a este e-mail solicitando que enviarei os resultados quando prontos.**

Contamos com a sua participação. Ela é muito importante para a pesquisa e para a busca por melhorias nas condições de drenagem urbana e manejo de águas pluviais do país!

Atenciosamente,

Prof.<sup>a</sup> Ma. Aná Floriano Vasconcelos

## **Carta convite para os profissionais de instituições privadas**

Enviadas por e-mail a profissionais atuantes no setor de drenagem urbana. Os endereços de e-mail foram obtidos nas páginas das empresas na internet e as cartas convite foram enviadas em 26 de outubro de 2018.

Assunto: CONVITE: Pesquisa sobre problemas na drenagem urbana

Prezado(a) profissional,

**Este é um convite para você participar de uma pesquisa sobre os problemas existentes na drenagem urbana e manejo de águas pluviais no Brasil.**

Você foi selecionado por atuar profissionalmente na área técnica de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

**Se você não trabalhar na área de drenagem urbana, agradeço se puder repassar o e-mail para o(s) profissional(is) da área.**

**Para colaborar com a pesquisa, é necessário que você preencha um questionário, disponível na internet através do seguinte endereço:**

<https://goo.gl/forms/4NJxThUI90yFOIAC3>

O tempo estimado para o preenchimento do questionário é de 20 minutos. Devido aos prazos da pesquisa, caso opte por colaborar, por favor, preencha o questionário até o dia 15/11/2018.

**Nenhum dado pessoal é coletado pelo questionário. O anonimato de todos os participantes é garantido.**

Esta pesquisa é conduzida pela Prof.<sup>a</sup> Ma. Anaí Floriano Vasconcelos, aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), sob orientação do Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa. Mais informações sobre a pesquisa estão disponíveis no início do questionário. Quaisquer dúvidas, críticas ou sugestões podem ser enviadas à pesquisadora responsável pelo e-mail [anai.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anai.vasconcelos@ufscar.br).

A pesquisa tem como objetivo identificar os obstáculos existentes no Brasil para a adoção de manejo sustentável de águas pluviais em áreas urbanas e analisar possíveis soluções para a sua superação. Esta demanda é verificada no contexto de que as áreas urbanas alteram a

dinâmica hidrológica natural e, por isso, trazem diversos problemas sociais, econômicos e ambientais, como enchentes e água de qualidade ruim. Para amenizar estes efeitos, estratégias mais sustentáveis de urbanização poderiam ser adotadas. No entanto, apesar de bastante estudadas, estas estratégias ainda não são amplamente adotadas no Brasil. Neste contexto, esta pesquisa pretende, com base nas respostas de um questionário, aplicado para diferentes grupos de atores envolvidos com a drenagem urbana, levantar quais são estas barreiras para, posteriormente, desenvolver soluções para superá-las.

Caso queira repassar esta carta-convite a outros profissionais atuantes no assunto, fique a vontade. Esta disseminação será de grande valia! Quanto mais profissionais responderem ao questionário, melhores serão os resultados.

**Caso tenha interesse em receber os resultados dessa pesquisa, por favor, responda a este e-mail solicitando que enviarei os resultados quando prontos.**

Contamos com a sua participação. Ela é muito importante para a pesquisa e para a busca por melhorias nas condições de drenagem urbana e manejo de águas pluviais do país!

Atenciosamente,

Prof.<sup>a</sup> Ma. Anaí Floriano Vasconcelos



## **Carta convite para os professores universitários**

Enviadas por e-mail a professores universitários que lecionavam e/ou pesquisavam sobre drenagem urbana. Os endereços de e-mail foram obtidos nas páginas na internet das universidades e as cartas convite foram enviadas em 24 de outubro de 2018.

Assunto: CONVITE: Pesquisa sobre problemas de drenagem urbana

Prezado(a) professor(a),

**Este é um convite para você participar de uma pesquisa sobre os problemas existentes na drenagem urbana e manejo de águas pluviais no Brasil.**

Você foi selecionado por lecionar e/ou pesquisar na área de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

**Para colaborar com a pesquisa, é necessário que você preencha um questionário, disponível na internet através do seguinte endereço:**

<https://goo.gl/forms/RQvhr4ch3vbPClQ02>

O tempo estimado para o preenchimento do questionário é de 20 minutos. Devido aos prazos da pesquisa, caso opte por colaborar, por favor, preencha o questionário até o dia 15/11/2018.

**Nenhum dado pessoal é coletado pelo questionário. O anonimato de todos os participantes é garantido.**

Esta pesquisa é conduzida pela Prof.<sup>a</sup> Ma. Anaí Floriano Vasconcelos, aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), sob orientação do Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa. Mais informações sobre a pesquisa estão disponíveis no início do questionário. Quaisquer dúvidas, críticas ou sugestões podem ser enviadas à pesquisadora responsável pelo e-mail [anai.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anai.vasconcelos@ufscar.br).

A pesquisa tem como objetivo identificar os obstáculos existentes no Brasil para a adoção de manejo sustentável de águas pluviais em áreas urbanas e analisar possíveis soluções para a sua superação. Esta demanda é verificada no contexto de que as áreas urbanas alteram a dinâmica hidrológica natural e, por isso, trazem diversos problemas sociais, econômicos e ambientais, como enchentes e água de qualidade ruim. Para amenizar estes efeitos, estratégias

mais sustentáveis de urbanização poderiam ser adotadas. No entanto, apesar de bastante estudadas, estas estratégias ainda não são amplamente adotadas no Brasil. Neste contexto, esta pesquisa pretende, com base nas respostas de um questionário, aplicado para diferentes grupos de atores envolvidos com a drenagem urbana, levantar quais são estas barreiras para, posteriormente, desenvolver soluções para superá-las.

Caso queira repassar esta carta-convite a outros professores/pesquisadores atuantes no assunto, fique a vontade. Esta disseminação será de grande valia! Quanto mais profissionais responderem ao questionário, melhores serão os resultados.

**Caso tenha interesse em receber os resultados dessa pesquisa, por favor, responda a este e-mail solicitando que enviarei os resultados quando prontos.**

Contamos com a sua participação. Ela é muito importante para a pesquisa e para a busca por melhorias nas condições de drenagem urbana e manejo de águas pluviais do país!

Atenciosamente,

Prof.<sup>a</sup> Ma. Anaí Floriano Vasconcelos

## **Termo de consentimento para a população**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
POPULAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GREGÓRIO

**IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E SOLUÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE  
MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**

Este documento serve para informá-lo sobre seus direitos e riscos ao participar desta pesquisa.

### ESCLARECIMENTOS

#### **SOBRE ESTA CONSULTA:**

Este questionário é parte da pesquisa intitulada “Identificação de barreiras e soluções para implementação de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”, desenvolvida pela Prof.<sup>a</sup> Ma. Anaí Floriano Vasconcelos, para o seu doutorado em Engenharia Urbana na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), sob orientação do Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa.

As cidades mudam o ciclo natural da água e, por isso, trazem diversos problemas sociais, econômicos e ambientais, como enchentes e água contaminada. Para combater estes problemas, a água de chuva poderia ser tratada de uma forma mais sustentável. Existem maneiras de se fazer isso que, apesar de bastante estudadas, ainda não são muito usadas no Brasil. Neste sentido, esta pesquisa pretende entender o porquê das medidas mais sustentáveis de controle da água da chuva não serem adotadas no Brasil e avaliar algumas possibilidades de solução para os problemas de drenagem urbana.

Caso você decida participar da pesquisa, após aceitar este termo, deverá responder a um questionário virtual sobre como você enxerga a atual situação da drenagem urbana da água de chuva na região em que você mora. Você poderá abandonar o questionário a qualquer momento, caso deseje, sem consequências para você.

#### **SOBRE O USO DOS DADOS:**

Os seus dados pessoais não são coletados. Você não será identificado e os dados da pesquisa serão guardados em local seguro pela responsável pela pesquisa.

Os dados coletados poderão ser usados para publicações de trabalhos científicos em eventos e/ou publicações científicas.

## SOBRE SUA PARTICIPAÇÃO E SEUS DIREITOS:

Sua participação é voluntária, isto é, você pode desistir de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhuma consequência.

Você não terá nenhum gasto e nem receberá dinheiro para participar.

Os riscos para você por participar desta pesquisa são mínimos, mas pode ser que algumas perguntas do questionário lhe causem desconforto ao responder. Caso isso aconteça, você poderá optar por parar de responder o questionário na mesma hora. Mas, caso você sofra qualquer dano com a participação, você será indenizado pelo pesquisador.

A sua participação na pesquisa ajudará a aumentar o conhecimento científico sobre possíveis soluções para os problemas de drenagem da água da chuva a cidade e melhorar a situação existente no Brasil e as condições de vida das pessoas que moram nas cidades.

A qualquer momento, você poderá tirar dúvidas com a pesquisadora responsável, Aná Floriano Vasconcelos, pelo telefone (xx)xxxxxx-xxxx ou pelo e-mail [anai.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anai.vasconcelos@ufscar.br).

Você poderá salvar uma cópia deste termo, com o telefone e endereço de e-mail da pesquisadora responsável, e as dúvidas sobre o projeto ou sua participação poderão ser tiradas a qualquer momento.

## CONSENTIMENTO

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e que estou ciente de todos os meus direitos e concordo em participar da pesquisa intitulada “Identificação de barreiras e soluções para implementação de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”, e autorizo a divulgação das informações por mim fornecidas em eventos e/ou publicações científicas desde que mantido o meu anonimato.

São Carlos, 1 de outubro de 2018.



---

Aná Floriano Vasconcelos

**Termo de consentimento para os profissionais de instituições públicas**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
PROFISSIONAIS DE ÓRGÃOS PÚBLICOS

**IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E SOLUÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE  
MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**

ESCLARECIMENTOS

**SOBRE ESTA CONSULTA:**

Este questionário é parte integrante da pesquisa intitulada “Identificação de barreiras e soluções para implementação de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”, desenvolvida pela Prof.<sup>a</sup> Ma. Anaí Floriano Vasconcelos, para subsidiar sua tese de doutorado em Engenharia Urbana na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), sob orientação do Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa.

As áreas urbanas alteram a dinâmica hidrológica natural e, por isso, trazem diversos problemas sociais, econômicos e ambientais, como enchentes e água de qualidade ruim. Para amenizar estes efeitos, estratégias mais sustentáveis de manejo de águas pluviais poderiam ser adotadas. No entanto, apesar de bastante estudadas, estas estratégias ainda não são amplamente adotadas no Brasil. Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo identificar os obstáculos existentes no Brasil para a adoção de manejo sustentável de águas pluviais em áreas urbanas e analisar possíveis soluções para a sua superação.

Caso você decida participar da pesquisa, após aceitar este termo, deverá responder a um questionário virtual sobre a sua percepção da atual situação da drenagem urbana e do manejo de águas pluviais no município em que trabalha. Você poderá deixar de responder o questionário a qualquer momento, caso deseje, sem penalização ou constrangimento.

**SOBRE O USO DOS DADOS:**

Os seus dados pessoais não são coletados. Suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial. Não será utilizada nenhuma citação direta ou referência que possa comprometer seu anonimato na pesquisa.

Os dados coletados poderão ter seus resultados divulgados em eventos e/ou publicações científicas. Esses dados serão guardados pelo pesquisador responsável em local seguro e por 5 anos.

#### **SOBRE SUA PARTICIPAÇÃO E SEUS DIREITOS:**

Sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você pode recusar-se a responder qualquer pergunta que cause qualquer tipo de constrangimento ou desistir de participar e retirar seu consentimento, sem nenhum prejuízo.

Você não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras para participar.

Essa pesquisa apresenta riscos mínimos para você, porém considera-se a possibilidade de um risco subjetivo, pois algumas perguntas podem remeter à algum desconforto, evocar sentimentos ou lembranças desagradáveis ou levar à um leve cansaço após responder ao questionário. Caso algumas dessas possibilidades ocorra, você poderá optar pela suspensão imediata da atividade. Mas, caso venha a sofrer qualquer dano com a participação, você será indenizado pelo pesquisador.

O benefício relacionado à sua participação será o de aumentar o conhecimento científico para a área de pesquisa relacionada ao manejo sustentável de águas pluviais urbanas com vistas a desenvolver estratégias para melhorar a situação atualmente existente no Brasil e as condições de vida das populações residentes em áreas urbanas.

Em qualquer etapa do estudo, você poderá tirar dúvidas com a pesquisadora responsável, Anai Floriano Vasconcelos, que poderá ser encontrada através do telefone (xx)xxxxx-xxxx ou pelo e-mail [anai.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anai.vasconcelos@ufscar.br).

Você poderá salvar uma cópia deste termo, onde consta o telefone e endereço de e-mail da pesquisadora responsável, e quaisquer dúvidas sobre o projeto ou sua participação poderão ser esclarecidas com a pesquisadora, a qualquer momento.

#### **CONSENTIMENTO**

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e que estou ciente de todos os meus direitos e concordo em participar da pesquisa intitulada “Identificação de barreiras e soluções para implementação de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”, e autorizo a divulgação das informações por mim fornecidas em eventos e/ou publicações científicas desde que mantido o meu anonimato.

São Carlos, 1 de outubro de 2018.



---

Anai Floriano Vasconcelos

## **Termo de consentimento para os profissionais de instituições privadas**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
PROFISSIONAIS DE DRENAGEM URBANA

**IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E SOLUÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE  
MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**

### ESCLARECIMENTOS

#### SOBRE ESTA CONSULTA:

Este questionário é parte integrante da pesquisa intitulada “Identificação de barreiras e soluções para implementação de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”, desenvolvida pela Prof.<sup>a</sup> Ma. Anaí Floriano Vasconcelos, para subsidiar sua tese de doutorado em Engenharia Urbana na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), sob orientação do Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa.

As áreas urbanas alteram a dinâmica hidrológica natural e, por isso, trazem diversos problemas sociais, econômicos e ambientais, como enchentes e água de qualidade ruim. Para amenizar estes efeitos, estratégias mais sustentáveis de manejo de águas pluviais poderiam ser adotadas. No entanto, apesar de bastante estudadas, estas estratégias ainda não são amplamente adotadas no Brasil. Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo identificar os obstáculos existentes no Brasil para a adoção de manejo sustentável de águas pluviais em áreas urbanas e analisar possíveis soluções para a sua superação.

Caso você decida participar da pesquisa, após aceitar este termo, deverá responder a um questionário virtual sobre a sua percepção da atual situação da drenagem urbana e do manejo de águas pluviais no Brasil. Você poderá deixar de responder o questionário a qualquer momento, caso deseje, sem penalização ou constrangimento.

#### SOBRE O USO DOS DADOS:

Os seus dados pessoais não são coletados. Suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial. Não será utilizada nenhuma citação direta ou referência que possa comprometer seu anonimato na pesquisa.

Os dados coletados poderão ter seus resultados divulgados em eventos e/ou publicações científicas. Esses dados serão guardados pelo pesquisador responsável em local seguro e por 5 anos.

#### **SOBRE SUA PARTICIPAÇÃO E SEUS DIREITOS:**

Sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você pode recusar-se a responder qualquer pergunta que cause qualquer tipo de constrangimento ou desistir de participar e retirar seu consentimento, sem nenhum prejuízo.

Você não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras para participar.

Essa pesquisa apresenta riscos mínimos para você, porém considera-se a possibilidade de um risco subjetivo, pois algumas perguntas podem remeter à algum desconforto, evocar sentimentos ou lembranças desagradáveis ou levar à um leve cansaço após responder ao questionário. Caso algumas dessas possibilidades ocorra, você poderá optar pela suspensão imediata da atividade. Mas, caso venha a sofrer qualquer dano com a participação, você será indenizado pelo pesquisador.

O benefício relacionado à sua participação será o de aumentar o conhecimento científico para a área de pesquisa relacionada ao manejo sustentável de águas pluviais urbanas com vistas a desenvolver estratégias para melhorar a situação atualmente existente no Brasil e as condições de vida das populações residentes em áreas urbanas.

Em qualquer etapa do estudo, você poderá tirar dúvidas com a pesquisadora responsável, Anai Floriano Vasconcelos, que poderá ser encontrada através do telefone (xx)xxxxx-xxxx ou pelo e-mail [anai.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anai.vasconcelos@ufscar.br).

Você poderá salvar uma cópia deste termo, onde consta o telefone e endereço de e-mail da pesquisadora responsável, e quaisquer dúvidas sobre o projeto ou sua participação poderão ser esclarecidas com a pesquisadora, a qualquer momento.

#### **CONSENTIMENTO**

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e que estou ciente de todos os meus direitos e concordo em participar da pesquisa intitulada “Identificação de barreiras e soluções para implementação de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”, e autorizo a divulgação das informações por mim fornecidas em eventos e/ou publicações científicas desde que mantido o meu anonimato.

São Carlos, 1 de outubro de 2018.



---

Anai Floriano Vasconcelos



## **Termo de consentimento para os professores universitários**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
PROFESSORES E PESQUISADORES DE DRENAGEM URBANA

**IDENTIFICAÇÃO DE BARREIRAS E SOLUÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE  
MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**

### ESCLARECIMENTOS

#### SOBRE ESTA CONSULTA:

Este questionário é parte integrante da pesquisa intitulada “Identificação de barreiras e soluções para implementação de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”, desenvolvida pela Prof.<sup>a</sup> Ma. Anaí Floriano Vasconcelos, para subsidiar sua tese de doutorado em Engenharia Urbana na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), sob orientação do Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa.

As áreas urbanas alteram a dinâmica hidrológica natural e, por isso, trazem diversos problemas sociais, econômicos e ambientais, como enchentes e água de qualidade ruim. Para amenizar estes efeitos, estratégias mais sustentáveis de manejo de águas pluviais poderiam ser adotadas. No entanto, apesar de bastante estudadas, estas estratégias ainda não são amplamente adotadas no Brasil. Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo identificar os obstáculos existentes no Brasil para a adoção de manejo sustentável de águas pluviais em áreas urbanas e analisar possíveis soluções para a sua superação.

Caso você decida participar da pesquisa, após aceitar este termo, deverá responder a um questionário virtual sobre a sua percepção da atual situação da drenagem urbana e do manejo de águas pluviais no Brasil. Você poderá deixar de responder o questionário a qualquer momento, caso deseje, sem penalização ou constrangimento.

#### SOBRE O USO DOS DADOS:

Os seus dados pessoais não são coletados. Suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial. Não será utilizada nenhuma citação direta ou referência que possa comprometer seu anonimato na pesquisa.

Os dados coletados poderão ter seus resultados divulgados em eventos e/ou publicações científicas. Esses dados serão guardados pelo pesquisador responsável em local seguro e por 5 anos.

#### **SOBRE SUA PARTICIPAÇÃO E SEUS DIREITOS:**

Sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você pode recusar-se a responder qualquer pergunta que cause qualquer tipo de constrangimento ou desistir de participar e retirar seu consentimento, sem nenhum prejuízo.

Você não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras para participar.

Essa pesquisa apresenta riscos mínimos para você, porém considera-se a possibilidade de um risco subjetivo, pois algumas perguntas podem remeter à algum desconforto, evocar sentimentos ou lembranças desagradáveis ou levar à um leve cansaço após responder ao questionário. Caso algumas dessas possibilidades ocorra, você poderá optar pela suspensão imediata da atividade. Mas, caso venha a sofrer qualquer dano com a participação, você será indenizado pelo pesquisador.

O benefício relacionado à sua participação será o de aumentar o conhecimento científico para a área de pesquisa relacionada ao manejo sustentável de águas pluviais urbanas com vistas a desenvolver estratégias para melhorar a situação atualmente existente no Brasil e as condições de vida das populações residentes em áreas urbanas.

Em qualquer etapa do estudo, você poderá tirar dúvidas com a pesquisadora responsável, Anai Floriano Vasconcelos, que poderá ser encontrada através do telefone (xx)xxxxx-xxxx ou pelo e-mail [anai.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anai.vasconcelos@ufscar.br).

Você poderá salvar uma cópia deste termo, onde consta o telefone e endereço de e-mail da pesquisadora responsável, e quaisquer dúvidas sobre o projeto ou sua participação poderão ser esclarecidas com a pesquisadora, a qualquer momento.

#### **CONSENTIMENTO**

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e que estou ciente de todos os meus direitos e concordo em participar da pesquisa intitulada “Identificação de barreiras e soluções para implementação de manejo sustentável de águas pluviais urbanas”, e autorizo a divulgação das informações por mim fornecidas em eventos e/ou publicações científicas desde que mantido o meu anonimato.

São Carlos, 1 de outubro de 2018.



---

Anai Floriano Vasconcelos

# Questionário para a população

3/18/2019

Problemas de drenagem urbana e controle de enchentes na região do Córrego do Gregório

## Problemas de drenagem urbana e controle de enchentes na região do Córrego do Gregório

Este questionário é direcionado aos moradores e trabalhadores da bacia do Córrego do Gregório, em São Carlos-SP, e visa identificar as dificuldades práticas para o controle de enchentes na cidade.

\*Obrigatório

### INSTRUÇÕES

Nenhum dado pessoal será coletado pelo questionário. Todas as informações serão tratadas de forma anônima.

O questionário é composto por 2 páginas.

Ao final de cada página do questionário, você deverá apertar na opção "próximo".

Ao término do preenchimento, você deverá apertar na opção de "enviar", para registrar as suas respostas.

O tempo previsto para responder o questionário é de cerca de 10 minutos.

### TERMO DE CONSENTIMENTO

Para participar da pesquisa é necessário concordar com o termo de consentimento livre e esclarecido disponível no endereço abaixo.

<https://drive.google.com/file/d/1BJhVBQd6tFiLAHoDVSyOO39TA1Or0Vqb/view?usp=sharing>

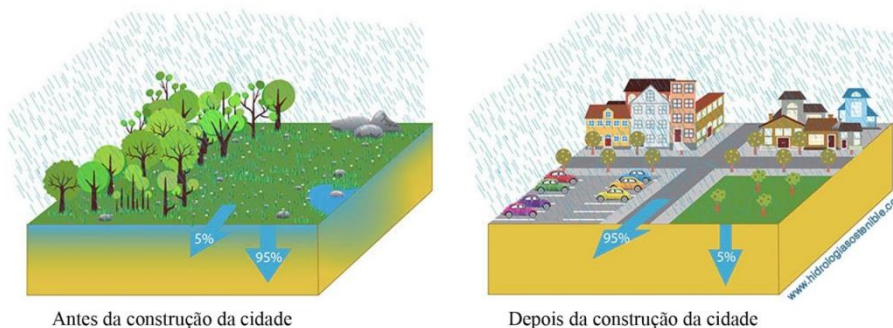
1. \*

Marque todas que se aplicam.

Declaro que li e estou de acordo com as condições de participação nesta pesquisa.

### A drenagem urbana

**A construção da cidade faz com que a água da chuva, que antes se infiltrava no solo, escorra pelas ruas e chegue aos rios rapidamente.**



**Isto causa problemas de alagamentos (nas ruas) e inundações (perto dos rios), além de contaminar a água dos rios com a**

[https://docs.google.com/forms/d/1qe\\_SJDg5ILcXiw4\\_oR0xyrNw\\_A1olyhx4yhI-lyIV38/edit](https://docs.google.com/forms/d/1qe_SJDg5ILcXiw4_oR0xyrNw_A1olyhx4yhI-lyIV38/edit)

1/7

**sujeira das ruas.**

**Para reduzir estes problemas, são construídas bocas de lobo e galerias de águas pluviais, para levar a água da chuva da cidade para os rios. Este sistema é chamado de “drenagem urbana convencional”.**



**Mas este sistema, muitas vezes, tem problemas de manutenção e não funciona adequadamente. Ele também aumenta o problema de inundações de regiões que ficam mais abaixo do rio que recebe a água.**



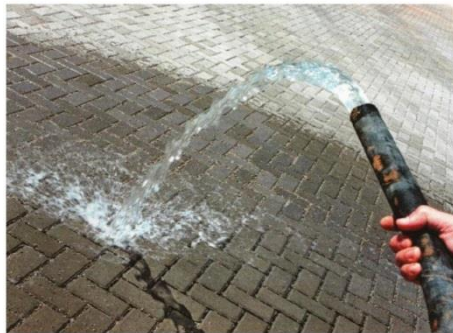
**Para ajudar a resolver todos estes problemas, existe a ideia de “drenagem urbana sustentável”, que busca armazenar e infiltrar a água da chuva no lugar em que ela cai, como acontecia antes de construir a cidade. Podem ser usados vários tipos de estruturas, como pavimentos permeáveis, cisternas, poços de infiltração, jardins de chuva, valas e trincheiras de infiltração e outros. Estas estruturas podem ser construídas nas ruas, calçadas e nos quintais de casas e prédios.**



Cisterna



Jardim de chuva



Pavimento permeável



Poço de infiltração



Trincheira de infiltração

### Fontes das figuras:

<http://hidrologiasostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds/>

[https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula\\_Drenagem%20Urbana.pdf](https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula_Drenagem%20Urbana.pdf)

[http://www.jmonline.com.br/novo/?noticias\\_2\\_CIDADE\\_36763](http://www.jmonline.com.br/novo/?noticias_2_CIDADE_36763)

<http://darcyvera.blogspot.com/2011/05/os-bueiros-e-o-barquinho.html>

<https://lajucas.com.br/aprovada-norma-de-pavimento-permeavel/>

<http://saojoao.pe.gov.br/programa-de-distribuicao-de-cisternas-beneficia-populacao-da-zona-rural/>

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; & BARRAUD, S., 2005. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre.

GUTIERREZ, L. A. R., 2011. Avaliação da qualidade da água de chuva e de um sistema filtro-vala-trincheira de infiltração no tratamento do escoamento superficial direto predial em escala real em São Carlos – SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

**Com base nas informações apresentadas, por favor, responda as perguntas a seguir:**

3/18/2019

Problemas de drenagem urbana e controle de enchentes na região do Córrego do Gregório

**2. Você acha que o sistema de drenagem da cidade em que mora tem problemas? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não  
 Não sei

**3. Você acha que a drenagem urbana sustentável, como apresentada nas figuras, é uma boa alternativa para os problemas de drenagem? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não  
 Não sei

**4. Você acha que você é responsável pela drenagem da água de chuva da casa ou prédio em que mora? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não  
 Não sei

**5. Você construiria e cuidaria de alguma destas estruturas de drenagem urbana sustentável na casa ou prédio em que mora? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não  
 Não sei

**6. Por que você acha que estas medidas sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas na cidade em que você vive? \***

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
A Prefeitura não se preocupa com o assunto e não cuida do funcionamento da drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A Prefeitura não pensa numa solução duradoura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A Prefeitura não conhece bem as informações sobre as medidas sustentáveis de drenagem urbana possíveis de serem adotadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não existem leis para ajudar a solucionar o problema da água de chuva nas cidades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam profissionais suficientes na Prefeitura para fazer os trabalhos necessários, como revisão de projetos, fiscalização e manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta dinheiro para projetos, construção, manutenção e fiscalização das estruturas de drenagem sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta divulgação e conhecimento sobre os problemas da drenagem convencional e sobre as vantagens da drenagem sustentável e também de como colocá-la em prática	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta participação da comunidade na escolha das soluções para os problemas de drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se as estruturas de drenagem sustentável forem construídas em terrenos particulares, pode ser difícil de fiscalizar se é feita a manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não é certo o dono da casa ter que gastar dinheiro para construir alguma estrutura para controlar a água da chuva dentro do seu terreno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



3/18/2019

Problemas de drenagem urbana e controle de enchentes na região do Córrego do Gregório

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
As novas técnicas podem ser perigosas para a população, feias e desconectadas da cidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**7. Outras dificuldades**

Se você achar que tem alguma outra dificuldade que impeça a adoção da drenagem urbana sustentável, por favor, escreva aqui

---

---

---

---

---

**8. Comentários**

Escreva qualquer coisa sobre o assunto que achar importante

---

---

---

---

---

**Muito obrigada pela sua participação e colaboração com a pesquisa.**

Powered by  
 Google Forms

# Questionário para os profissionais de instituições públicas

3/18/2019

Problemas de drenagem urbana

## Problemas de drenagem urbana

Este questionário é direcionado aos profissionais de instituições públicas que atuam na área de drenagem pluvial urbana.

\*Obrigatório

### OBJETIVOS

---

Identificar as dificuldades práticas para a adoção do manejo sustentável de águas pluviais urbanas.

### INSTRUÇÕES

---

Nenhum dado pessoal será coletado pelo questionário. Todas as informações serão tratadas de forma anônima.

Ao final de cada página do questionário, você deverá apertar na opção "próximo".  
Ao término do preenchimento, você deverá apertar na opção de "enviar", para registrar as suas respostas.  
O tempo previsto para responder o questionário é de cerca de 20 minutos.

### TERMO DE CONSENTIMENTO

---

Para participar da pesquisa é necessário concordar com o termo de consentimento livre e esclarecido disponível no endereço abaixo.

<https://drive.google.com/file/d/1fYYVW1Tyms20unJwh5hDP9c43Enc9zZ/view?usp=sharing>

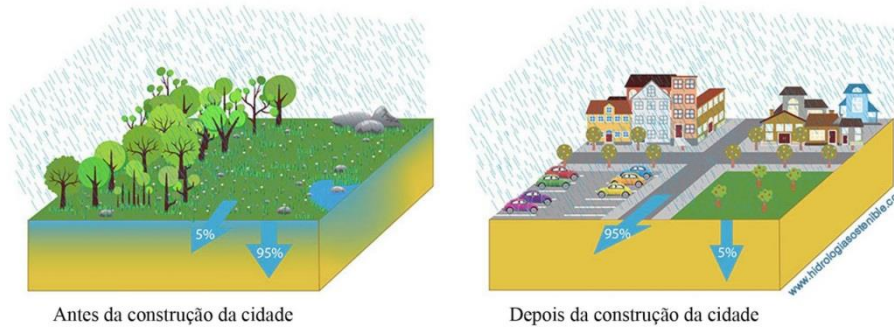
1. \*

*Marque todas que se aplicam.*

Declaro que li e estou de acordo com as condições de participação nesta pesquisa.

### A drenagem urbana

**A construção da cidade faz com que a água da chuva, que antes infiltrava no solo, escoe pelas ruas e chegue aos rios rapidamente. Isto causa problemas de alagamentos (nas ruas) e inundações (perto dos rios), além de contaminar a água dos rios.**



**Para reduzir estes problemas, são construídas normalmente bocas de lobo e galerias de águas pluviais, componentes da “drenagem urbana convencional”. Mas este sistema, muitas vezes, tem problemas de manutenção e não funciona adequadamente. Ele também aumenta o problema de inundações de regiões a jusante.**



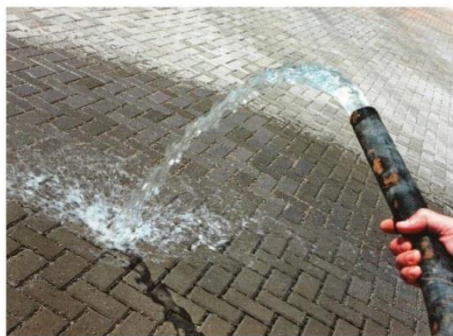
**Para ajudar a resolver todos estes problemas, existe a ideia de “drenagem urbana sustentável”, que busca armazenar e infiltrar a água da chuva no lugar em que ela cai, como acontecia antes de construir a cidade. Podem ser usados vários tipos de estruturas, como pavimentos permeáveis, cisternas, poços de infiltração, jardins de chuva, valas e trincheiras de infiltração e outros. Estas estruturas podem ser construídas nas ruas, calçadas e nos quintais de casas e prédios.**



Cisterna



Jardim de chuva



Pavimento permeável



Poço de infiltração



Trincheira de infiltração

### Fontes das figuras:

<http://hidrologiasostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds/>  
 FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual do Saneamento. Brasília: Funasa, 2015.  
[https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula\\_Drenagem%20Urbana.pdf](https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula_Drenagem%20Urbana.pdf)  
<http://www.jmonline.com.br/novo/?noticias,2,CIDADE,36763>  
<http://darcyvera.blogspot.com/2011/05/os-bueiros-e-o-barquinho.html>  
<https://lajucas.com.br/aprovada-norma-de-pavimento-permeavel/>  
<http://saojoao.pe.gov.br/programa-de-distribuicao-de-cisternas-beneficia-populacao-da-zona-rural/>  
 BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; & BARRAUD, S., 2005. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre.  
 GUTIERREZ, L. A. R., 2011. Avaliação da qualidade da água de chuva e de um sistema filtro-vala-trincheira de infiltração no tratamento do escoamento superficial direto predial em escala real em São Carlos – SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

### Perfil do respondente

**2. Você considera as suas atividades profissionais diretamente relacionadas com drenagem urbana? \***

Marcar apenas uma oval.

- Sim *Ir para a pergunta 4.*
- Não *Ir para a pergunta 3.*

**3. Você poderia encaminhar o questionário para algum profissional que trabalhe com drenagem urbana na mesma instituição em que você trabalha ou no mesmo município? \***

Marcar apenas uma oval.

- Sim, encaminharei o e-mail convite que recebi para outro profissional da área.
- Não

*Ir para "Muito obrigada pela sua participação e colaboração com a pesquisa."*

## **Equipe técnica**

---

**4. Você considera a equipe técnica da instituição em que trabalha relacionada com drenagem urbana suficiente em número de pessoas? \***

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Parcialmente
- Não
- Não tenho opinião sobre o assunto

**5. Você se sente capacitado a atuar com drenagem urbana sustentável? Este conceito mais sustentável inclui vários tipos de estruturas, como pavimentos permeáveis, cisternas, poços de infiltração, jardins de chuva, valas e trincheiras de infiltração para manejo da água de chuva. Estas estruturas podem ser construídas nas ruas, calçadas e nos quintais de casas e prédios. \***

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Parcialmente
- Não
- Não tenho opinião sobre o assunto

## **A drenagem urbana sustentável e seus desafios**

---

**6. Você identifica no município em que trabalha uma busca por soluções mais sustentáveis para a drenagem urbana, como as estruturas de controle de escoamento na fonte citadas anteriormente (pavimentos permeáveis, cisternas, poços de infiltração, jardins de chuva, valas e trincheiras de infiltração) \***

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Parcialmente
- Não
- Não tenho opinião sobre o assunto

3/18/2019

Problemas de drenagem urbana

7. **Você acha que estas estruturas distribuídas de manejo da água de chuva seriam úteis para melhorar os problemas de drenagem urbana no seu município? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Parcialmente
- Não
- Não tenho opinião sobre o assunto

### **Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis**

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas na cidade em que você trabalha?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**8. Aspectos relacionados às Prefeituras \***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Falta coordenação e colaboração entre os órgãos que cuidam da drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de autonomia do setor responsável pela drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de continuidade administrativa, pois quando troca de Prefeito os projetos não são continuados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A Prefeitura não considera a drenagem urbana uma prioridade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de capacidade ou experiência das Prefeituras em gerenciar problemas (incertezas e riscos) relacionados a soluções inovadoras, como as estruturas de drenagem urbana mais sustentáveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam profissionais técnicos (em quantidade) nas instituições públicas para realizar as atividades relacionadas ao manejo sustentável de água de chuva, como revisão de projetos e fiscalização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Em pequenas cidades, o reduzido volume de trabalho não justifica a quantidade de técnicos necessários para formar uma equipe devidamente capacitada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas na cidade em que você trabalha?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**9. Visão estratégica \***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Falta visão estratégica e planejamento de longo prazo para justificar as estratégias de drenagem urbana sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não é fácil saber se há ganhos econômicos com a adoção da drenagem sustentável, o que dificulta a sua justificativa na disputa por dinheiro e espaço urbano para implantação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe uma resistência à mudança de estratégias convencionais, já amplamente conhecidas, para as estratégias mais sustentáveis de drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não há espaço disponível para a implantação das estruturas sustentáveis de drenagem urbana na cidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas na cidade em que você trabalha?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.



**10. Leis e regulamentações \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Não existe legislação específica adequada para a adoção do manejo sustentável da água de chuva nas cidades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe conflito das atribuições de cada um dos órgãos vinculados à drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leis que obrigam a adoção de medidas sustentáveis para manejo da água da chuva são válidas apenas para novos empreendimentos, o que restringe a sua eficácia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam incentivos para que ocorra a mudança da drenagem urbana convencional para a mais sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis**

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas na cidade em que você trabalha?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**11. Recursos financeiros \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Faltam recursos financeiros para serem aplicados em atividades relacionadas à drenagem urbana sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quando as estruturas devem ser construídas em áreas particulares, o custo é transferido para o proprietário e pode não ser aceito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis**

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas na cidade em que você trabalha?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**12. Participação da comunidade \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Falta divulgação e conhecimento sobre os problemas da drenagem urbana convencional, dos benefícios da drenagem urbana sustentável e de como implementá-la	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta participação da comunidade na escolha das soluções a serem adotadas para um manejo mais sustentável da água de chuva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os moradores teriam que ajudar a cuidar das estruturas distribuídas de manejo de água da chuva, o que causa preocupação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe dificuldade de acesso para fiscalização de estruturas de manejo de água de chuva em áreas particulares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis**

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas na cidade em que você trabalha?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**13. Conhecimento sobre drenagem urbana sustentável \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
A drenagem urbana sustentável não é ensinada nos cursos que formam profissionais para a área de drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os profissionais da área (em Prefeituras, empresas projetistas e empreiteiras) não tem capacitação adequada para trabalhar com manejo sustentável de água de chuva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam padrões de projeto e de manutenção para as novas técnicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os custos das estruturas de manejo sustentável de água de chuva são pouco conhecidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conhecimento limitado sobre manutenção das estruturas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O conhecimento sobre o desempenho em longo prazo das estruturas de manejo sustentável de água de chuva é limitado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O conhecimento sobre os resultados hidrológicos em escala de bacia hidrográfica da adoção de estruturas distribuídas de manejo de água de chuva é limitado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe uma grande distância entre conhecimento teórico e colocação em prática dos conhecimentos sobre manejo sustentável de água de chuva em áreas urbanas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta conhecimento sobre o sistema de drenagem urbana existente e seu desempenho, o que embasa a percepção da necessidade de mudanças no sistema de drenagem adotado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3/18/2019

Problemas de drenagem urbana

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Existem preocupações relacionadas à segurança, estética e integração das estruturas de drenagem sustentável à paisagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**14. Outras dificuldades**

Se você achar que tem alguma outra dificuldade que impeça a adoção da drenagem urbana sustentável, por favor, escreva aqui

---

---

---

---

---

**15. Comentários**

Escreva qualquer coisa sobre o assunto que achar importante

---

---

---

---

---

**Muito obrigada pela sua participação e colaboração com a pesquisa.**

Powered by  
 Google Forms

# Questionário para os profissionais de instituições privadas

3/18/2019

Problemas de drenagem urbana

## Problemas de drenagem urbana

Este questionário é direcionado aos profissionais que atuam na área de drenagem pluvial urbana.

\*Obrigatório

### OBJETIVOS

---

Identificar as dificuldades práticas para a adoção do manejo sustentável de águas pluviais urbanas.

### INSTRUÇÕES

---

Nenhum dado pessoal será coletado pelo questionário. Todas as informações serão tratadas de forma anônima.

Ao final de cada página do questionário, você deverá apertar na opção "próximo".  
Ao término do preenchimento, você deverá apertar na opção de "enviar", para registrar as suas respostas.  
O tempo previsto para responder o questionário é de cerca de 20 minutos.

### TERMO DE CONSENTIMENTO

---

Para participar da pesquisa é necessário concordar com o termo de consentimento livre e esclarecido disponível no endereço abaixo.

<https://drive.google.com/file/d/1DBCnemLz9WeMgAmmSwlaw4W6Us8ikpWT/view?usp=sharing>

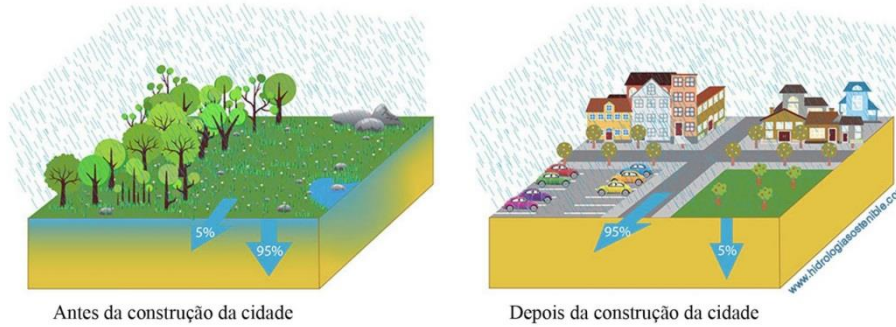
1. \*

*Marque todas que se aplicam.*

Declaro que li e estou de acordo com as condições de participação nesta pesquisa.

### A drenagem urbana

**A construção da cidade faz com que a água da chuva, que antes infiltrava no solo, escoe pelas ruas e chegue aos rios rapidamente. Isto causa problemas de alagamentos (nas ruas) e inundações (perto dos rios), além de contaminar a água dos rios.**



**Para reduzir estes problemas, são construídas normalmente bocas de lobo e galerias de águas pluviais, componentes da “drenagem urbana convencional”. Mas este sistema, muitas vezes, tem problemas de manutenção e não funciona adequadamente. Ele também aumenta o problema de inundações de regiões a jusante.**



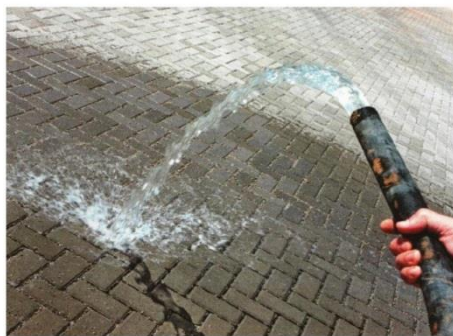
**Para ajudar a resolver todos estes problemas, existe a ideia de “drenagem urbana sustentável”, que busca armazenar e infiltrar a água da chuva no lugar em que ela cai, como acontecia antes de construir a cidade. Podem ser usados vários tipos de estruturas, como pavimentos permeáveis, cisternas, poços de infiltração, jardins de chuva, valas e trincheiras de infiltração e outros. Estas estruturas podem ser construídas nas ruas, calçadas e nos quintais de casas e prédios.**



Cisterna



Jardim de chuva



Pavimento permeável



Poço de infiltração



Trincheira de infiltração

### Fontes das figuras:

<http://hidrologiasostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds/>  
 FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual do Saneamento. Brasília: Funasa, 2015.  
[https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula\\_Drenagem%20Urbana.pdf](https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula_Drenagem%20Urbana.pdf)  
<http://www.jmonline.com.br/novo/?noticias,2,CIDADE,36763>  
<http://darcyvera.blogspot.com/2011/05/os-bueiros-e-o-barquinho.html>  
<https://lajucas.com.br/aprovada-norma-de-pavimento-permeavel/>  
<http://saojoao.pe.gov.br/programa-de-distribuicao-de-cisternas-beneficia-populacao-da-zona-rural/>  
 BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; & BARRAUD, S., 2005. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre.  
 GUTIERREZ, L. A. R., 2011. Avaliação da qualidade da água de chuva e de um sistema filtro-vala-trincheira de infiltração no tratamento do escoamento superficial direto predial em escala real em São Carlos – SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

### Perfil do respondente

2. **Você já trabalhou com técnicas convencionais de microdrenagem ou macrodrenagem em áreas urbanas (como bocas de lobo, sarjetas, galerias de águas pluviais, canalização etc)? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

3. **Você se sente capacitado a trabalhar com drenagem urbana sustentável? Este conceito mais sustentável inclui vários tipos de estruturas, como pavimentos permeáveis, cisternas, poços de infiltração, jardins de chuva, valas e trincheiras de infiltração para manejo da água de chuva. Estas estruturas podem ser construídas nas ruas, calçadas e nos quintais de casas e prédios. \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Parcialmente  
 Não

4. **Você já trabalhou com manejo sustentável de águas pluviais urbanas, como apresentado na questão anterior? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

### **Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis**

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.



**5. Aspectos relacionados às Prefeituras \***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Falta coordenação e colaboração entre os órgãos que cuidam da drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de autonomia do setor responsável pela drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de continuidade administrativa, pois quando troca de Prefeito os projetos não são continuados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A Prefeitura não considera a drenagem urbana uma prioridade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de capacidade ou experiência das Prefeituras em gerenciar problemas (incertezas e riscos) relacionados a soluções inovadoras, como as estruturas de drenagem urbana mais sustentáveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam profissionais técnicos (em quantidade) nas instituições públicas para realizar as atividades relacionadas ao manejo sustentável de água de chuva, como revisão de projetos e fiscalização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Em pequenas cidades, o reduzido volume de trabalho não justifica a quantidade de técnicos necessários para formar uma equipe devidamente capacitada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**6. Visão estratégica \***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Falta visão estratégica e planejamento de longo prazo para justificar as estratégias de drenagem urbana sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não é fácil saber se há ganhos econômicos com a adoção da drenagem sustentável, o que dificulta a sua justificativa na disputa por dinheiro e espaço urbano para implantação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe uma resistência à mudança de estratégias convencionais, já amplamente conhecidas, para as estratégias mais sustentáveis de drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não há espaço disponível para a implantação das estruturas sustentáveis de drenagem urbana na cidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**7. Leis e regulamentações \***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Não existe legislação específica adequada para a adoção do manejo sustentável da água de chuva nas cidades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe conflito das atribuições de cada um dos órgãos vinculados à drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leis que obrigam a adoção de medidas sustentáveis para manejo da água da chuva são válidas apenas para novos empreendimentos, o que restringe a sua eficácia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam incentivos para que ocorra a mudança da drenagem urbana convencional para a mais sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**8. Recursos financeiros \***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Faltam recursos financeiros para serem aplicados em atividades relacionadas à drenagem urbana sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quando as estruturas devem ser construídas em áreas particulares, o custo é transferido para o proprietário e pode não ser aceito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**9. Participação da comunidade \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Falta divulgação e conhecimento sobre os problemas da drenagem urbana convencional, dos benefícios da drenagem urbana sustentável e de como implementá-la	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta participação da comunidade na escolha das soluções a serem adotadas para um manejo mais sustentável da água de chuva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os moradores teriam que ajudar a cuidar das estruturas distribuídas de manejo de água da chuva, o que causa preocupação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe dificuldade de acesso para fiscalização de estruturas de manejo de água de chuva em áreas particulares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis**

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**10. Conhecimento sobre drenagem urbana sustentável \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
A drenagem urbana sustentável não é ensinada nos cursos que formam profissionais para a área de drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os profissionais da área (em Prefeituras, empresas projetistas e empreiteiras) não tem capacitação adequada para trabalhar com manejo sustentável de água de chuva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam padrões de projeto e de manutenção para as novas técnicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os custos das estruturas de manejo sustentável de água de chuva são pouco conhecidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conhecimento limitado sobre manutenção das estruturas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O conhecimento sobre o desempenho em longo prazo das estruturas de manejo sustentável de água de chuva é limitado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O conhecimento sobre os resultados hidrológicos em escala de bacia hidrográfica da adoção de estruturas distribuídas de manejo de água de chuva é limitado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe uma grande distância entre conhecimento teórico e colocação em prática dos conhecimentos sobre manejo sustentável de água de chuva em áreas urbanas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta conhecimento sobre o sistema de drenagem urbana existente e seu desempenho, o que embasa a percepção da necessidade de mudanças no sistema de drenagem adotado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3/18/2019

Problemas de drenagem urbana

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Existem preocupações relacionadas à segurança, estética e integração das estruturas de drenagem sustentável à paisagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**11. Outras dificuldades**

Se você achar que tem alguma outra dificuldade que impeça a adoção da drenagem urbana sustentável, por favor, escreva aqui

---

---

---

---

---

**12. Comentários**

Escreva qualquer coisa sobre o assunto que achar importante

---

---

---

---

---

**Muito obrigada pela sua participação e colaboração com a pesquisa.**

Powered by  
 Google Forms

# Questionário para os professores universitários

3/18/2019

Problemas de drenagem urbana

## Problemas de drenagem urbana

Este questionário é direcionado aos professores e pesquisadores que atuam na área de drenagem pluvial urbana.

\*Obrigatório

### OBJETIVOS

---

Identificar as dificuldades práticas para a adoção do manejo sustentável de águas pluviais urbanas.

### INSTRUÇÕES

---

Nenhum dado pessoal será coletado pelo questionário. Todas as informações serão tratadas de forma anônima.

Ao final de cada página do questionário, você deverá apertar na opção "próximo".  
Ao término do preenchimento, você deverá apertar na opção de "enviar", para registrar as suas respostas.  
O tempo previsto para responder o questionário é de cerca de 20 minutos.

### TERMO DE CONSENTIMENTO

---

Para participar da pesquisa é necessário concordar com o termo de consentimento livre e esclarecido disponível no endereço abaixo.

<https://drive.google.com/file/d/1b04L2yxx3dXwtwRQUCGd0PvswN4TXJcm/view?usp=sharing>

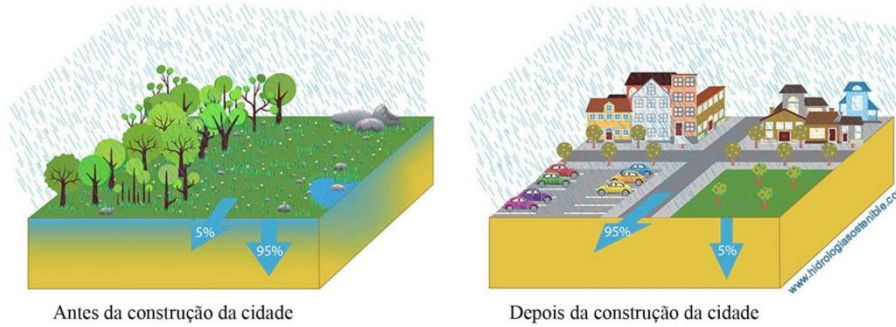
1. \*

*Marque todas que se aplicam.*

Declaro que li e estou de acordo com as condições de participação nesta pesquisa.

### A drenagem urbana

**A construção da cidade faz com que a água da chuva, que antes infiltrava no solo, escoe pelas ruas e chegue aos rios rapidamente. Isto causa problemas de alagamentos (nas ruas) e inundações (perto dos rios), além de contaminar a água dos rios.**



**Para reduzir estes problemas, são construídas normalmente bocas de lobo e galerias de águas pluviais, componentes da “drenagem urbana convencional”. Mas este sistema, muitas vezes, tem problemas de manutenção e não funciona adequadamente. Ele também aumenta o problema de inundações de regiões a jusante.**



**Para ajudar a resolver todos estes problemas, existe a ideia de “drenagem urbana sustentável”, que busca armazenar e infiltrar a água da chuva no lugar em que ela cai, como acontecia antes de construir a cidade. Podem ser usados vários tipos de estruturas, como pavimentos permeáveis, cisternas, poços de infiltração, jardins de chuva, valas e trincheiras de infiltração e outros. Estas estruturas podem ser construídas nas ruas, calçadas e nos quintais de casas e prédios.**

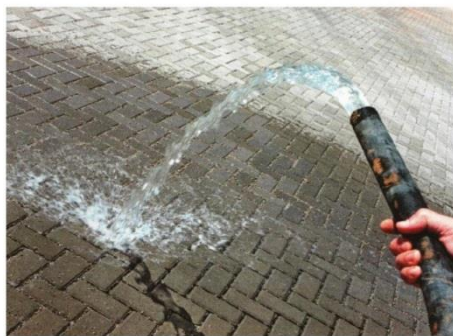




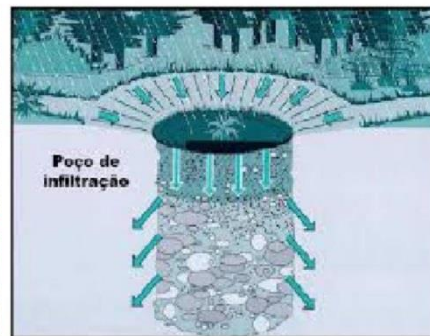
Cisterna



Jardim de chuva



Pavimento permeável



Poço de infiltração



Trincheira de infiltração

### Fontes das figuras:

<http://hidrologiasostenible.com/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible-suds/>  
 FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual do Saneamento. Brasília: Funasa, 2015.  
[https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula\\_Drenagem%20Urbana.pdf](https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula_Drenagem%20Urbana.pdf)  
<http://www.jmonline.com.br/novo/?noticias,2,CIDADE,36763>  
<http://darcyvera.blogspot.com/2011/05/os-bueiros-e-o-barquinho.html>  
<https://lajucas.com.br/aprovada-norma-de-pavimento-permeavel/>  
<http://saojoao.pe.gov.br/programa-de-distribuicao-de-cisternas-beneficia-populacao-da-zona-rural/>  
 BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; & BARRAUD, S., 2005. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre.  
 GUTIERREZ, L. A. R., 2011. Avaliação da qualidade da água de chuva e de um sistema filtro-vala-trincheira de infiltração no tratamento do escoamento superficial direto predial em escala real em São Carlos – SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

### Perfil do respondente

**2. Quais o(s) curso(s) em que ministra aulas sobre drenagem urbana? \***

---

---

---

---

---

**3. Você pesquisa ou ensina sobre: \***

Selecione tantas respostas quanto necessário  
Marque todas que se aplicam.

- Projetos convencionais de micro e macrodrenagem (bocas de lobo, sarjetas, galerias de águas pluviais, canalização etc)
- Manejo sustentável de águas pluviais (estruturas de infiltração, como poços, trincheiras e valas, ou de retenção e detenção, como bacias e reservatórios etc)
- Nenhuma das alternativas anteriores

**Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis**

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**4. Aspectos relacionados às Prefeituras \***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Falta coordenação e colaboração entre os órgãos que cuidam da drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de autonomia do setor responsável pela drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de continuidade administrativa, pois quando troca de Prefeito os projetos não são continuados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A Prefeitura não considera a drenagem urbana uma prioridade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de capacidade ou experiência das Prefeituras em gerenciar problemas (incertezas e riscos) relacionados a soluções inovadoras, como as estruturas de drenagem urbana mais sustentáveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam profissionais técnicos (em quantidade) nas instituições públicas para realizar as atividades relacionadas ao manejo sustentável de água de chuva, como revisão de projetos e fiscalização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Em pequenas cidades, o reduzido volume de trabalho não justifica a quantidade de técnicos necessários para formar uma equipe devidamente capacitada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**5. Visão estratégica \***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Falta visão estratégica e planejamento de longo prazo para justificar as estratégias de drenagem urbana sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não é fácil saber se há ganhos econômicos com a adoção da drenagem sustentável, o que dificulta a sua justificativa na disputa por dinheiro e espaço urbano para implantação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe uma resistência à mudança de estratégias convencionais, já amplamente conhecidas, para as estratégias mais sustentáveis de drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não há espaço disponível para a implantação das estruturas sustentáveis de drenagem urbana na cidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**6. Leis e regulamentações \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Não existe legislação específica adequada para a adoção do manejo sustentável da água de chuva nas cidades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe conflito das atribuições de cada um dos órgãos vinculados à drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leis que obrigam a adoção de medidas sustentáveis para manejo da água da chuva são válidas apenas para novos empreendimentos, o que restringe a sua eficácia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam incentivos para que ocorra a mudança da drenagem urbana convencional para a mais sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis**

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**7. Recursos financeiros \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Faltam recursos financeiros para serem aplicados em atividades relacionadas à drenagem urbana sustentável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Quando as estruturas devem ser construídas em áreas particulares, o custo é transferido para o proprietário e pode não ser aceito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis**

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**8. Participação da comunidade \***

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Falta divulgação e conhecimento sobre os problemas da drenagem urbana convencional, dos benefícios da drenagem urbana sustentável e de como implementá-la	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta participação da comunidade na escolha das soluções a serem adotadas para um manejo mais sustentável da água de chuva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os moradores teriam que ajudar a cuidar das estruturas distribuídas de manejo de água da chuva, o que causa preocupação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe dificuldade de acesso para fiscalização de estruturas de manejo de água de chuva em áreas particulares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Dificuldades para adotar soluções de drenagem urbana mais sustentáveis

Por que você acha que estas medidas mais sustentáveis de drenagem urbana ainda não são adotadas no Brasil?

Para responder a esta pergunta, abaixo estão listadas algumas possíveis dificuldades existentes para a adoção das medidas sustentáveis de drenagem urbana. Por favor, escolha a opção que representa a sua opinião para cada uma delas.

**9. Conhecimento sobre drenagem urbana sustentável \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
A drenagem urbana sustentável não é ensinada nos cursos que formam profissionais para a área de drenagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os profissionais da área (em Prefeituras, empresas projetistas e empreiteiras) não tem capacitação adequada para trabalhar com manejo sustentável de água de chuva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faltam padrões de projeto e de manutenção para as novas técnicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os custos das estruturas de manejo sustentável de água de chuva são pouco conhecidos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conhecimento limitado sobre manutenção das estruturas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O conhecimento sobre o desempenho em longo prazo das estruturas de manejo sustentável de água de chuva é limitado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O conhecimento sobre os resultados hidrológicos em escala de bacia hidrográfica da adoção de estruturas distribuídas de manejo de água de chuva é limitado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existe uma grande distância entre conhecimento teórico e colocação em prática dos conhecimentos sobre manejo sustentável de água de chuva em áreas urbanas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta conhecimento sobre o sistema de drenagem urbana existente e seu desempenho, o que embasa a percepção da necessidade de mudanças no sistema de drenagem adotado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3/18/2019

Problemas de drenagem urbana

	Sim, esta é uma dificuldade	Não, esta não é uma dificuldade	Não tenho opinião a respeito
Existem preocupações relacionadas à segurança, estética e integração das estruturas de drenagem sustentável à paisagem urbana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**10. Outras dificuldades**

Se você achar que tem alguma outra dificuldade que impeça a adoção da drenagem urbana sustentável, por favor, escreva aqui

---

---

---

---

---

**11. Comentários**

Escreva qualquer coisa sobre o assunto que achar importante

---


---

---

---

---

**Muito obrigada pela sua participação e colaboração com a pesquisa.**

Powered by  
 Google Forms



## **APÊNDICE B – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS**

Este apêndice apresenta o roteiro das entrevistas realizadas com profissionais de seis prefeituras brasileiras entre fevereiro e março de 2020.

## Entrevista

### Introdução:

Você autoriza a gravação do áudio desta entrevista para uso exclusivo para esta pesquisa?

### Apresentação do trabalho:

- Meu nome é Anaí Floriano Vasconcelos.
- Faço doutorado em Engenharia Urbana na Universidade Federal de São Carlos sob orientação do Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa.
- O meu projeto de pesquisa trata das barreiras e da proposição de soluções para a ampla adoção do manejo sustentável de águas pluviais urbanas (SUSM) no Brasil.
- Para isso, foram:
  - Levantadas as barreiras existentes para adoção de SUSM no Brasil
  - Levantadas as possíveis soluções para as barreiras identificadas.

### Apresentação do objetivo desta entrevista:

- Esta entrevista visa conhecer a opinião de profissionais de prefeituras mais experientes em SUSM no Brasil sobre as soluções para as barreiras adotadas em outros países, encontradas em uma revisão bibliográfica.
- Ou seja, saber se, para o contexto das nossas cidades, estas estratégias são aplicáveis.
- Os dados fornecidos por você serão utilizados apenas para esta pesquisa e a sua identidade será preservada.
- Está de acordo com a participação desta entrevista?
- Vou fazer uma rápida apresentação do que foi feito até agora na pesquisa, ok?

### Apresentação do SUSM:

- Para esta pesquisa, considera-se manejo sustentável de águas pluviais urbanas quaisquer estratégias, estruturais ou não estruturais, que visem a aproximação da hidrologia urbana de suas características de antes da ocupação.
- O manejo sustentável se difere do tradicional no sentido de que não busca apenas afastar a água da chuva de forma rápida e segura da cidade, mas sim, possibilitar o armazenamento e a infiltração de água no solo urbano.
- Isto tem como consequência o manejo da água próximo ao seu local de precipitação, não transferindo a água acumulada para jusante da bacia.

- Existem alguns conceitos que contemplam estratégias para este fim, como, por exemplo, Low Impact Development (LID), Sustainable Drainage Systems (SUDS), Water Sensitive Urban Design (WSUD), técnicas compensatórias e Best Management Practices (BMPs).
- Estratégias não estruturais: contemplam planejamento ambiental e hidrológicamente adequado do uso do solo e suas alterações, como políticas públicas e legislação específica para sua implementação, além de educação sobre o assunto e outras medidas complementares.
- Medidas estruturais: focam no controle do escoamento superficial de forma distribuída na bacia hidrográfica, o mais próximo possível da fonte geradora. Podem ser adotadas estruturas de grande porte que atendam uma área extensa, como reservatórios de retenção – os famosos piscinões –, ou estruturas pequenas, que atendam uma rua ou mesmo um único terreno, como valas drenantes ou jardins de chuva.

#### Apresentação da metodologia de levantamento das barreiras:

- Para conhecer as barreiras existentes no Brasil para a ampla adoção de SUSM, foi realizada uma pesquisa sobre trabalhos existentes sobre o assunto.
- Para o Brasil não tinha nenhum.
- Então, enviou-se um questionário para os diferentes grupos de atores relacionados ao manejo de águas pluviais urbanas para identificar as barreiras.
- Foram consultados profissionais de prefeituras e de empresas privadas, professores universitários e a população.

#### Apresentação da metodologia de levantamento das soluções:

- Com base na experiência dos países mais avançados em SUSM e em pesquisas sobre o assunto, foi feito um levantamento de possíveis estratégias de transposição das barreiras diagnosticadas para o Brasil.
- E agora vamos analisar se essas estratégias são aplicáveis ao nosso contexto por meio dessa entrevista.

Identificação do entrevistado:

Data: \_\_\_\_\_

Município: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Órgão em que trabalha: \_\_\_\_\_

Cargo/função: \_\_\_\_\_

Há quanto tempo trabalha na instituição com águas pluviais: \_\_\_\_\_

Contato (e-mail/telefone): \_\_\_\_\_

Barreiras:

Com base na etapa anterior desta pesquisa, foram identificadas 20 barreiras para a ampla adoção de SUSM no Brasil, sendo sete delas consideradas mais importantes de serem superadas. São elas:

LISTA DAS BARREIRAS – entregar para o entrevistado

ID	Tipo de barreira	Barreira
A	Conhecimento sobre drenagem urbana	Faltam padrões de projeto e de manutenção
B	Participação da comunidade	Falta divulgação e conhecimento
C	Visão estratégica	Resistência à mudança
D		Falta planejamento de longo prazo
E	Leis e regulamentações	Faltam incentivos
F		Não existe legislação específica adequada
G	Aspectos relacionados às Prefeituras	Falta de capacidade ou experiência

Eu gostaria de saber a sua opinião e experiência do município sobre estas barreiras.

ID	Barreira	É ou já foi uma barreira para este município?	Alguma estratégia foi adotada para superar esta barreira?	Qual estratégia? / Comentários
A	Faltam padrões de projeto e de manutenção	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
B	Falta divulgação e conhecimento	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
C	Resistência à mudança	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
D	Falta planejamento de longo prazo	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
E	Faltam incentivos	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
F	Não existe legislação específica adequada	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
G	Falta de capacidade ou experiência	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	

Soluções:

Com base no levantamento bibliográfico sobre estratégias adotadas para implementação de SUSM em outros países e para a transposição das barreiras identificadas, selecionamos algumas estratégias que consideramos potencialmente aplicáveis para o contexto brasileiro para transpor as nossas principais barreiras.

LISTA DE ESTRATÉGIAS DE SOLUÇÕES – entregar para o entrevistado

**Classificação de facilidade de implantação:**

**F – Fácil    M – Médio    D – Difícil    Inv - Inviável    Inad – Inadequado**

Pergunta ao final da entrevista:

Considerando a sua experiência prática com o assunto, você conhece alguma outra estratégia passível de ser adotada para o aumento da adoção de SUSM neste município e no Brasil?

Resposta:

Estratégias de solução	Barreiras aplicáveis							Já ouviu falar desta estratégia?	Facilidade de implantação	Comentários
	A	B	C	D	E	F	G			
1. Geração de informações	X	X	X	X	X	X	X			
1.1. Conhecimento do sistema existente	X		X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
1.1.1. Cadastro das estruturas existentes	X					X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
1.1.2. Monitoramento	X			X		X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
1.2. Pesquisa e disponibilização de conhecimento local e confiável sobre SUSM	X	X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
1.2.1. Pesquisa sobre custos e benefícios	X		X	X	X			<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
1.2.2. Pesquisa sobre desempenho em longo prazo	X		X	X				<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
1.2.3. Pesquisas sobre manutenção	X		X	X				<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
1.3. Projetos piloto	X	X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
1.3.1. Adoção de estratégias de SUSM em construções públicas	X	X	X	X			X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
1.3.2. Manejo adaptativo, com adoção de projetos piloto estratégicos e monitorados e aperfeiçoamento das técnicas adotadas, até virarem políticas mais amplas	X	X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
2. Capacitação	X	X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
2.1. Incluir SUSM nos cursos de formação profissional superior			X	X			X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
2.2. Treinamento de profissionais da área técnica para SUSM	X	X	X	X			X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
2.3. Equipes institucionais capacitadas em SUSM	X	X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
2.3.1. Especialista em drenagem no setor responsável			X			X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
2.3.2. Equipes profissionais multidisciplinares			X			X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
2.3.3. Apoio externo às equipes de pequenas cidades			X			X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	

Estratégias de solução	Barreiras aplicáveis							Já ouviu falar desta estratégia?	Facilidade de implantação	Comentários
	A	B	C	D	E	F	G			
3. Ferramentas de suporte à decisão	X		X	X	X	X	X			
3.1. Indicadores de sustentabilidade para o manejo de águas pluviais urbanas	X			X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
3.2. Modelagem em escala de bacia	X			X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
3.3. Avaliação e aproveitamento da aptidão de cada espaço para SUSM	X						X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
3.4. Diálogo entre os grupos de atores		X	X	X		X	X			
3.4.1. Participação da comunidade na escolha de iniciativas a serem adotadas		X	X	X	X	X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
3.4.2. Consideração das necessidades dos incorporadores para adoção de SUSM			X		X	X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
3.4.3. Open co-governance, uma forma de governança onde atores públicos e privados, como empresas e ONGs, atuam conjuntamente na tomada de decisões e coparticipam na implementação das ações definidas		X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4. Normatização	X	X	X	X		X	X			
4.1. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM	X	X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.1.1. Estabelecer claramente os objetivos do SUSM	X	X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.2. Controle de qualidade da água de escoamento superficial	X					X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.2.1. Retenção das chuvas frequentes	X					X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.3. Controle de quantidade de água de escoamento superficial	X					X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.3.1. Preservação da vazão de pré-ocupação	X					X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.3.2. Recuperação da vegetação em áreas estratégicas	X					X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.4. Procedimentos e rotina de manutenção	X	X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.5. Otimização	X		X			X	X			
4.5.1. Considerar facilidade de manutenção nos critérios de projeto	X		X			X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	



Estratégias de solução	Barreiras aplicáveis							Já ouviu falar desta estratégia?	Facilidade de implantação	Comentários
	A	B	C	D	E	F	G			
4.5.2. Considerar segurança, estética e integração à cidade no projeto	X		X			X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.6. Visão ampla	X		X			X	X			
4.6.1. Abordagem integrada (considera aspectos hidráulicos, hidrológicos, ambientais, sanitários, paisagísticos etc)	X		X			X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.6.2. Renaturalização de rios	X						X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
4.6.3. Prever a possibilidade de falha no projeto e projetar redundância para as estruturas mais sensíveis e com maior potencial de impacto em caso de falha	X						X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5. Legislação	X	X	X	X	X	X	X			
5.1. Implementar a legislação existente						X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.1.1. Regulamentação adequada para que a legislação seja colocada em prática			X			X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.1.2. Regulamentação baseada em critérios hidrológicos				X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.2. Incorporar SUSM nas leis pertinentes já existentes		X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.2.1. Revisar legislação existente para corrigir conflitos com relação à adoção de SUSM			X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.2.2. Manual de drenagem urbana que contemple SUSM vinculado aos planos diretores		X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.3. Leis que obrigam adoção de SUSM em novos empreendimentos e reformas e manutenção de condições pré-desenvolvimento		X	X	X	X	X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.3.1. Legislação deve ser flexível, para contemplar projetos simples e que contemplem processos ecológicos de acordo com os interesses dos grupos de atores			X			X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.3.2. Contemplar especificidades do governo local sobre projeto e manutenção	X		X			X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.3.3. Requerer SUSM em reformas			X	X	X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.3.4. Garantir políticas de longo prazo			X	X	X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	

Estratégias de solução	Barreiras aplicáveis							Já ouviu falar desta estratégia?	Facilidade de implantação	Comentários
	A	B	C	D	E	F	G			
5.3.5. Garantir compartilhamento de responsabilidade justo entre os geradores de escoamento superficial	X	X	X	X	X	X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.4. Integração entre legislação e programa de investimento			X	X	X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.4.1. Fonte estável de recursos em longo prazo			X	X	X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.5. Manejo de águas pluviais integrado ao planejamento urbano e em escala de bacia				X		X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.5.1. Evitar a transferência de impactos para jusante, na escala de municípios	X			X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.5.1.1. Distrito de drenagem (interseção entre o município e os limites da bacia) para gestão integrada na bacia						X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.5.1.2. Uso de modelagem hidrológica para planejamento integrado				X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.5.2. Regulação de uso e ocupação do solo que garanta adoção de SUSM			X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.5.2.1. Planejamento de áreas a serem mantidas verdes				X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.5.2.2. Desenvolvimento das cidades baseado em critérios hidrológicos				X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.5.2.3. Integrar o setor de águas pluviais com os demais atuantes no espaço urbano						X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.5.3. Gestão integrada nos diferentes níveis governamentais						X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.6. Planejamento e apoio à manutenção		X	X	X		X	X	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.6.1. Plano de manutenção e inspeção, que assegure a responsabilidade do proprietário de manter as estruturas funcionando e o poder público de fazer inspeções de seu adequado funcionamento				X		X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.6.2. Programa de apoio à manutenção, com disponibilização de informações, lembretes e instruções		X	X	X	X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.7. Incentivos à adoção de SUSM na fase inicial, seguidos por obrigatoriedade de adoção		X	X		X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
5.7.1. Incentivos econômicos		X	X		X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	

Estratégias de solução	Barreiras aplicáveis							Já ouviu falar desta estratégia?	Facilidade de implantação	Comentários
	A	B	C	D	E	F	G			
5.7.2. Prêmios e programas de reconhecimento		X	X		X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
6. Engajamento da comunidade		X	X		X			<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
6.1. Pesquisa sobre atitudes públicas sobre manejo de águas pluviais e sobre estruturas de SUSM implantadas		X	X					<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
6.2. Programas de educação e conscientização da população sobre SUSM		X	X		X			<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
6.2.1. Capacitar a comunidade para participar das tomadas de decisão		X	X					<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
6.2.2. Capacitação da comunidade para inspecionar o bom funcionamento das estruturas de SUSM		X	X					<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
6.3. Divulgação de SUSM		X	X		X			<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
6.4. Estruturas multifuncionais		X	X		X			<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
6.4.1. Focar nas necessidades de vários setores			X					<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
7. Financiamento	X	X	X	X	X	X	X			
7.1. Cobrança de taxas dos proprietários		X			X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
7.2. Uso de recursos do fundo municipal						X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
7.3. Verba disponibilizada pelos governos federal e estadual para agências regionais responsáveis por infraestrutura e saneamento						X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
7.4. Mecanismos de financiamento público, por meio de empréstimos de bancos de fomento				X		X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
7.5. Financiamento privado, como o de empresas a quem interesse a adoção de SUSM para o bom funcionamento de suas atividades				X		X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
8. Fiscalização		X	X		X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	
8.1. Punição em caso de violação das estratégias de SUSM		X	X		X	X		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Inv <input type="checkbox"/> Inad	