



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

INDICADORES DE SUORTE AO GERENCIAMENTO MUNICIPAL DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NO BRASIL

* Camila Angélica Baum¹
Joel Avruch Goldenfum¹

SUPPORT INDICATORS FOR MUNICIPAL MANAGEMENT OF URBAN STORMWATER IN BRAZIL

Recibido el 11 de agosto de 2022. Aceptado el 20 de febrero de 2023

Abstract

The use of indicators and indexes for the management of urban stormwater by Brazilian municipal managers has become widespread in recent years, although it is still incipient. However, high subjectivity and uncertainties associated with the elaboration of indicators and indices, interpretation and application of results by decision makers are observed. This work aims to propose a set of indicators based on problems related to the management of urban stormwater to assist in municipal decision-making, for the Brazilian reality. To achieve this objective, problems related to the management and handling of urban stormwater were identified, a set of simple indicators was structured, related to simple indicators and problems, in a systematic way and, finally, the validation was carried out. The set of indicators developed has 42 simple indicators with capacity of identifying 88.14% of the total of 59 problems listed related to the management of urban stormwater. The validation of the systematization showed satisfactory results, however, the lack of information and data is still a limiting factor for stormwater management tools in Brazil to be improved and widely used.

Keywords: index, management tool, public managers, decision making.

¹ Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

*Autor correspondente: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Prédio 44302, Porto Alegre-RS, CEP: 91501970. Email: eng.camilabaum@gmail.com

Resumo

A utilização de indicadores e índices para gerenciamento e manejo das águas pluviais urbanas pelos gestores municipais brasileiros tem se difundido nos últimos anos, apesar de ainda ser incipiente. No entanto, são observadas elevada subjetividade e incertezas associadas à elaboração dos indicadores e índices, interpretação e aplicação dos resultados pelos tomadores de decisão. Este trabalho tem por objetivo propor um conjunto de indicadores baseado nos problemas relacionados ao gerenciamento e manejo das águas pluviais urbanas para auxiliar na tomada de decisão municipal, para a realidade brasileira, aplicado a municípios com até cem mil habitantes. Para atingir este objetivo foram identificados os problemas relacionados ao gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas, foi estruturado um conjunto de indicadores simples, foram relacionados os indicadores simples e os problemas, de forma sistematizada e, por fim, foi realizada a validação. O conjunto de indicadores desenvolvido possui 42 indicadores simples com capacidade de identificar 88.14% do total de 59 problemas listados relacionados ao gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas. A validação da sistematização apresentou resultados satisfatórios, no entanto, a carência de informações e dados ainda é um fator limitante para que ferramentas de gerenciamento de águas pluviais no Brasil sejam aprimoradas e amplamente utilizadas.

Palavras-chave: índice, ferramenta de gerenciamento, gestores públicos, tomada de decisão.

Introdução

O acúmulo de águas pluviais no meio urbano foi, por muito tempo, visto como algo indesejável, de forma que as infraestruturas de drenagem eram implementadas para transportar as águas pluviais para fora da área urbana o mais rápido possível (Bertrand-Krajewski, 2021; McGrane, 2016; Porse *et al.*, 2022). Atualmente, o gerenciamento das águas pluviais objetiva atender o controle quantitativo e a qualidade da água e benefícios como paisagens aprimoradas (Porse *et al.*, 2022). Nesse contexto, a necessidade da consideração de diversos aspectos e condições existentes no meio urbano torna a gestão das águas pluviais complexa (Araújo *et al.*, 2017).

Atualmente, estratégias sustentáveis ainda não são difundidas em países em desenvolvimento, como o Brasil (Vasconcelos *et al.*, 2022). Há evidências de que os sistemas de águas urbanas evoluíram, adequando-se às necessidades que as cidades exigiam. De acordo com Fabrício *et al.* (2019), os planejadores urbanos geralmente atuam como solucionadores de problemas no ambiente urbano, o que significa que, ao invés de planejar a cidade para o futuro, eles tentam resolver ou mitigar os problemas existentes. No entanto, de acordo com a Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) brasileira, dentre os elementos essenciais para minimizar os impactos sofridos pelas populações em decorrência de eventos hidrológicos extremos está um adequado processo de planejamento e gestão dos serviços de manejo das águas pluviais (SNIS-AP, 2019).

No Brasil a gestão das águas pluviais é realizada, majoritariamente, pelos governos municipais (98.8%) (SNIS-AP, 2020) que, em maioria, carecem de uma estruturação institucional adequada, além de apresentarem escassez de recursos financeiros (Colombelli, 2018) e de técnicos

capacitados para tal (Oneda, 2018). Para suprir parcialmente essa deficiência, o uso de ferramentas e mecanismos de gerenciamento, como os indicadores, tem se difundido ao longo das últimas décadas. Os indicadores, se adequados para a realidade municipal e compreensíveis para os gestores públicos, tem potencial de auxiliar significativamente no gerenciamento das águas pluviais (Baum e Goldenfum, 2021).

Há atualmente uma elevada variedade de indicadores relacionados às águas pluviais para a realidade brasileira, desenvolvidos principalmente por pesquisadores, desde o início dos anos 2000. Baum e Goldenfum (2021), ao analisarem indicadores e índices relacionados às águas pluviais e inundações urbanas, desenvolvidos pela comunidade científica para a realidade brasileira, verificaram que, apesar dos esforços, muitos dos conjuntos de indicadores relacionados aos sistemas urbanos enfrentam problemas práticos para sua aplicação, destacando-se a exigência de informações complexas, que demandam ferramentas muito específicas para que sejam obtidas as informações e/ou dados necessários. Esse mesmo problema, dentre outros, foi apontado por Klopp e Petretta (2017) quando analisados indicadores para o objetivo do desenvolvimento urbano sustentável.

A exigência de informações complexas expõe a problemática envolvendo a capacidade técnica limitada nos órgãos e entidades responsáveis. Esta limitação impacta não só na confiabilidade dos dados utilizados no cálculo dos indicadores, como também na interpretação e utilização dos resultados dos indicadores pelos tomadores de decisão para realização de ações práticas. De acordo com Mayer (2008), se o nível de compreensão for reduzido, as decisões políticas podem aumentar as disparidades econômicas e os danos ambientais e diminuir as possibilidades de sustentabilidade a longo prazo. Conforme Baum e Goldenfum (2021), ferramentas para utilização por órgãos e entidades públicas brasileiras responsáveis pelas águas pluviais urbanas devem ser de fácil manuseio e exigirem informações de obtenção relativamente fácil, dada a capacidade limitada do quadro de servidores públicos para a área de águas pluviais existente nos municípios.

Se observa a ausência de estudos que busquem alternativas para a redução da subjetividade e de incertezas associadas à interpretação dos resultados dos indicadores para gerenciamento de águas pluviais urbanas pelos tomadores de decisão. A promoção de uma relação quantitativa entre indicadores que expliquem quais resultados são mais impactantes no sistema de águas pluviais urbanas é uma forma de auxiliar no suprimento dessa lacuna, além de tornar os indicadores mais atrativos aos gestores públicos. Atualmente a utilização de indicadores no gerenciamento de águas pluviais na esfera pública municipal no Brasil é incipiente, mesmo que, dentre os conteúdos mínimos que os Planos Diretores de Drenagem devam abranger, esteja um diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores, de acordo com a Lei Federal nº 11.445/2007 (Brasil, 2007).

Diante do exposto, esse trabalho propõe um conjunto de indicadores baseado nos problemas relacionados ao gerenciamento das águas pluviais urbanas para auxiliar na tomada de decisão municipal para a realidade brasileira, que indique quais os possíveis problemas existentes e aspectos que necessitam de intervenção. Busca-se contribuir cientificamente para a redução da subjetividade e de incertezas associadas à interpretação dos resultados dos indicadores pelos tomadores de decisão e, conseqüentemente, na evolução dos sistemas de indicadores para o gerenciamento das águas pluviais urbanas. Ademais, pretende-se fornecer aos municípios com até cem mil habitantes, que possuem poucos recursos humanos, técnicos e financeiros, uma ferramenta de suporte para o gerenciamento, que oriente a tomada de decisão, suprimindo assim, mesmo que parcialmente, a carência técnica na área de gerenciamento de águas pluviais existentes nas prefeituras municipais brasileiras.

Metodologia

Este estudo foi desenvolvido em três etapas principais:

- 1) identificação dos problemas relacionados ao gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas existentes em municípios de até cem mil habitantes;
- 2) estruturação do conjunto de indicadores simples;
- 3) associação entre indicadores simples e os problemas, de forma sistematizada.

Identificação dos problemas

Inicialmente foi realizada uma revisão da literatura para identificação dos problemas relacionados às águas pluviais urbanas em municípios brasileiros. Considerando que esse estudo foi desenvolvido para municípios com contingente populacional de até cem mil habitantes, com abrangência nacional, não foram consideradas situações específicas devido à ampla diversidade climática, fisiográfica, sociocultural e/ou econômica existente entre os municípios brasileiros. Em seguida, os problemas mais comuns (identificados na revisão de literatura) e coerentes com o contexto brasileiro foram categorizados em quatro aspectos temáticos: Ambiental, Econômico, Institucional e Social, que são os mesmos utilizados para ordenamento dos indicadores, posteriormente. Por fim, uma lista de problemas potenciais é apresentada, a qual foi utilizada em etapa seguinte do estudo.

Estruturação do conjunto de indicadores

O conjunto de indicadores foi desenvolvido utilizando com base nos problemas mais comuns existentes relacionados às águas pluviais urbanas em municípios brasileiros, identificados na etapa anterior. O marco ordenador, adotado para organizar o conjunto de indicadores neste trabalho é o de desenvolvimento sustentável: modelo temático, anteriormente utilizado para categorizar os problemas relacionados ao gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas. Esse marco ordenador foi adotado devido ao mesmo ser empregado pela Comissão de

Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (CSD, 2001) e utilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em suas publicações sobre desenvolvimento sustentável (IBGE, 2015). Na Figura 1 são apresentadas as etapas seguidas.

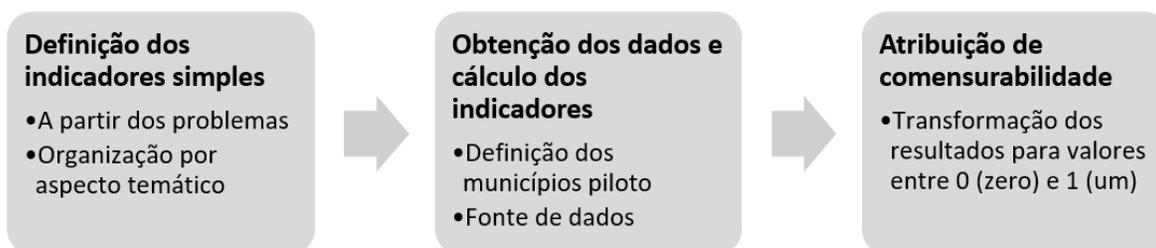


Figura 1. Sequência de etapas para estruturação do conjunto de indicadores.

Para cada problema foram relacionados indicadores que pudessem caracterizar, quantificar e/ou avaliar o problema ou que apresentassem potencial de diagnosticar situações problemáticas. Esses indicadores foram obtidos em estudos já publicados, avaliados por Baum e Goldenfum (2021) e no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Águas Pluviais (SNIS-AP, 2019), mantendo suas formulações ou adaptando-as. Para os problemas para os quais não foram identificados indicadores que os caracterizassem, quantificassem ou avaliassem de forma adequada, foram propostos novos indicadores, sempre que possível. Após essa etapa, os indicadores foram organizados por aspectos temáticos: Ambiental, Econômico, Institucional e Social. Foram selecionados apenas indicadores que possuíssem a capacidade de caracterizar ou quantificar determinada condição, de forma igualitária, em todo o território brasileiro, a fim de compor um conjunto de indicadores de abrangência nacional.

Para análise dos indicadores selecionados, foram obtidos dados de sete municípios piloto, apresentados na Tabela 1. Para a seleção destes municípios foram considerados quatro aspectos principais: 1) Porte populacional: municípios com até 100.000 habitantes (municípios pequenos e médios, conforme a Política Nacional de Assistência Social (Brasil, 2005)); 2) Municípios da região Sul do Brasil; 3) Terem respondido ao questionário do SNIS-AP, referente ao ano de 2018 (SNIS-AP, 2019); 4) Municípios que possuam Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e que o mesmo apresente, minimamente, na etapa de diagnóstico, identificação dos principais problemas. O município de Tubarão possui Plano Diretor de Macrodrenagem (PDM) atualizado e, por esse motivo, foi utilizado como município “testemunha”.

Os dados utilizados para cálculo dos indicadores foram extraídos das seguintes bases: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Águas Pluviais (2018) (SNIS-AP, 2019), Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Resíduos Sólidos (2018) (SNIS-RS, 2019), Hidroweb (ANA), Perfil dos Municípios Brasileiros (MUNIC) (IBGE, 2018), Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2018), ordenamento jurídico e Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)/Plano Diretor de Macrodrenagem (PDM) dos municípios piloto. O ano base das informações foi 2018.

Tabela 1. Localização e características dos municípios piloto.

| Município | Estado | População (hab.) | Densidade populacional urbana (hab/ha) |
|------------------|-------------------|------------------|--|
| Fraiburgo | Santa Catarina | 36299 | 6.64 |
| Capão da Canoa | Rio Grande do Sul | 52004 | 9.20 |
| São Bento do Sul | Santa Catarina | 83576 | 10.20 |
| Esteio | Rio Grande do Sul | 83121 | 41.50 |
| Medianeira | Paraná | 45812 | 22.96 |
| Tubarão | Santa Catarina | 95072 | 17.96 |
| Não-Me-Toque | Rio Grande do Sul | 17484 | 2.31 |

Fonte: Adaptado de SNIS-AP (2019)

Por fim, os indicadores foram normalizados, conferindo-lhes a propriedade de comensurabilidade, facilitando assim a interpretação dos resultados. Foi adotado o método de transformação das variáveis para valores entre 0 (zero) e 1 (um). Este método normaliza os indicadores para ter um intervalo idêntico [0, 1] subtraindo o valor mínimo e dividindo pelo intervalo dos valores do indicador. Para uma variável X qualquer, o valor da variável transformada 0 - 1 para a i-ésima observação é dado pela Equação 1:

$$v_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

v_i : valor transformado da i-ésima observação da variável x

x_{\min} é o valor mínimo da variável x

x_{\max} é o valor máximo da variável x

Foram considerados como valores máximos e valores mínimos os valores ideais e anti-ideais, respectivamente. Para a maior parte dos indicadores a determinação dos valores ideais e anti-ideais é inequívoca e intuitiva. O sentido de preferência dos resultados normalizados dos indicadores é crescente: quanto mais próximo de 0 (zero) for o resultado do indicador, mais anti-ideal é aquele resultado; já, quanto mais perto de 1 (um) for o resultado do indicador, mais ideal é aquele resultado. Cabe destacar que esse sentido de preferência não se refere aos valores ideais e anti-ideais considerados para cálculo de normalização, os quais não possuem sentido de preferência.

Associação entre problemas e indicadores

Nessa etapa foi realizada a associação entre problemas e indicadores, de forma sistematizada. Para cada problema foram relacionados possíveis indicadores que, direta ou indiretamente, pudessem indicar a existência de um ou mais problemas de gerenciamento e manejo de águas pluviais. Após a sistematização, foram calculados os indicadores e identificados os possíveis problemas envolvendo gerenciamento e manejo de águas pluviais, para cada município piloto.

Como forma de validar a sistematização entre problemas e indicadores e, conseqüentemente, o conjunto de indicadores simples proposto, os resultados obtidos (problemas identificados via sistema de indicadores) foram comparados com os problemas identificados nos PMSB/PDM dos municípios piloto. É apresentada a quantidade de problemas para os quais há indicador (via sistema de indicadores formulado), a quantidade de problemas que foi possível de identificar (via sistema de indicadores, formulado), a quantidade de problemas identificados nos PMSB/PDM, a quantidade de problemas identificados que pertencem a mesma classe – em relação a existência do problema (Problema Existente e Problema Inexistente) e a quantidade de problemas identificados que pertencem a classes distintas – em relação a existência do problema. Na classe “Problema Inexistente” foram elencados apenas os problemas que foram identificados por indicadores que apresentavam valor máximo (1.00). Todos os demais foram classificados como “Problema Existente”.

Resultados e discussão

Problemas relacionados ao gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas

A revisão da literatura evidenciou a escassez de revisões completas sobre os problemas relacionados ao gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas recentes e que poucos estudos detalham os problemas existentes considerando todos os aspectos que envolvem o sistema de águas pluviais urbano. Na Tabela 2 são resumidos os problemas identificados. No total, 59 problemas específicos foram identificados e organizados nos quatro aspectos temáticos: 1) Econômico: 06 problemas; 2) Institucional: 23 problemas; 3) Social: 13 problemas; e 4) Ambiental: 17 problemas. Ainda que alguns problemas se enquadrem em mais de um aspecto, optou-se por inseri-los apenas em um aspecto temático, no qual os mesmos impactam de forma mais direta.

Os problemas foram identificados nos trabalhos de Castro (2007), Cavalcanti Filho (2017) Colombelli (2018), Cruz e Tucci (2008), Goldenfum *et al.* (2007), Martins (2012), Miguez, Mascarenhas e Magalhães (2007), Silva (2016), Souza, Moraes e Borja (2013), Tucci (2008; 2012) e Villanueva *et al.* (2011) e no Diagnóstico do SNIS-AP (2019). Os problemas envolvendo gerenciamento e manejo das águas pluviais atuais são muito semelhantes aos problemas reportados há alguns anos.

Tabela 2. Problemas de gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas.

| Id | Problemas |
|-------------------------------|--|
| Temática Econômica | |
| PE01 | Orçamento insuficiente para adoção de medidas preventivas |
| PE02 | Orçamento insuficiente para manutenção das estruturas de drenagem e manejo de águas pluviais existentes |
| PE03 | Ausência de fontes de investimento e custeio para gerenciamento e manejo de águas pluviais |
| PE04 | Cobrança insuficiente (ou ausência de cobrança) para manutenção dos serviços públicos de águas pluviais |
| PE05 | Investimento para mitigação dos danos (materiais/humanos) causados por eventos hidrológicos extremos |
| PE06 | Prejuízos econômicos causados por eventos hidrológicos extremos ou pelo manejo inadequado das águas pluviais |
| Temática Institucional | |
| PI01 | Equipe limitada, em quantidade e/ou em termos de capacidade técnica |
| PI02 | Ausência de formação e atualização das equipes técnicas |
| PI03 | Desconhecimento, pela equipe técnica, dos processos físicos/hidrológicos que influenciam na drenagem das águas pluviais |
| PI04 | Falta de conhecimento sobre formas de evitar e controlar inundações, por parte dos planejadores urbanos. |
| PI05 | Ausência de planejamento a curto, médio e longo prazo |
| PI06 | Ausência/deficiência na regulamentação de temas que envolvem a drenagem e manejo de águas pluviais |
| PI07 | Ausência de um banco de dados e informações de acompanhamento sobre o sistema de águas pluviais |
| PI08 | Ausência de instrumentos de ordenamento de uso do solo |
| PI09 | Ausência de fiscalização do uso e ocupação do solo |
| PI10 | Desconhecimento do sistema de drenagem devido à falta de cadastro do sistema ou cadastro parcial |
| PI11 | Deficiências na elaboração de projetos do sistema de águas pluviais |
| PI12 | Deficiências na execução de projetos do sistema de águas pluviais |
| PI13 | Deficiência na manutenção do sistema de águas pluviais |
| PI14 | Implantação do sistema de águas pluviais de forma fragmentada |
| PI15 | Ausência de utilização de soluções e técnicas de drenagem e manejo de águas pluviais mais integradas ao contexto urbano |
| PI16 | Ausência de espaços públicos ou privados adequados à implementação de dispositivos compensatórios |
| PI17 | Preferência por medidas mitigadoras tradicionais e estruturais |
| PI18 | Falta de controle e monitoramento hidrológico e ausência ou ineficiência de sistemas de alerta |
| PI19 | Precariedade das informações hidrológicas e hidráulicas para avaliar a condição atual e propor cenários |
| PI20 | Fragmentação das atividades e descontinuidade administrativa |
| PI21 | Dificuldade de integração entre órgãos públicos |
| PI22 | Projetos urbanos e sistemas de águas pluviais conflituosos (falta de integração entre os setores relacionados à gestão urbana) |
| PI23 | Deficiência na articulação e em diálogos intermunicipais e visão municipalizada do manejo de águas pluviais |
| Temática Social | |
| PS01 | Redução da proteção do solo |
| PS02 | Pressão imobiliária |
| PS03 | População em condição de vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos |
| PS04 | Habitações em áreas de risco |
| PS05 | Falta de conscientização da população sobre riscos de ocupar áreas de risco |
| PS06 | Difícil acesso público aos canais de discussão e debate sobre os sistemas de águas pluviais |
| PS07 | Falta de interesse da população em participar da tomada de decisão |
| PS08 | Resistência e pré-conceito da população à adoção de algumas medidas estruturais sustentáveis ou não-estruturais |
| PS09 | Déficit no atendimento à população |
| PS10 | Deficiência na educação da sociedade para com o manejo das águas pluviais |

| Id | Problemas |
|---------------------------|---|
| PS11 | Falta de percepção da importância do gerenciamento e manejo adequado de águas pluviais e não valorização de ações realizadas |
| PS12 | Proliferação de vetores |
| PS13 | Incidência de doenças de veiculação hídrica |
| Temática Ambiental | |
| PA01 | Aumento do volume do escoamento, com consequente redução da capacidade hidráulica do sistema |
| PA02 | Alteração dos padrões de circulação da água |
| PA03 | Redução da capacidade de recarga do aquífero, devido à redução de infiltração |
| PA04 | Alteração do microclima |
| PA05 | Aumento da produção de sedimento devido a desproteção das superfícies |
| PA06 | Desconhecimento das áreas de risco |
| PA07 | Redução da vegetação marginal dos cursos d'água |
| PA08 | Obstruções ao escoamento, como aterros, pontes, canais de drenagens inadequados |
| PA09 | Assoreamento de curso d'água |
| PA10 | Modificações físicas nos canais de escoamento naturais |
| PA11 | Redução da diversidade da fauna aquática nos cursos d'água |
| PA12 | Ligações indevidas ou ilegais na rede de drenagem (como da rede de esgoto) |
| PA13 | Dificuldade de identificação de fontes poluidoras/fontes difusas |
| PA14 | Redução da beleza paisagística |
| PA15 | Disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, comprometendo o funcionamento pleno de dispositivos de drenagem e contaminando as águas pluviais |
| PA16 | Déficit no esgotamento sanitário |
| PA17 | Contaminação dos recursos hídricos subterrâneos |

Fonte: Os Autores (2022).

Observou-se que muitos dos problemas elencados para um mesmo aspecto temático são inter-relacionados, e as ações realizadas para controlar um problema podem impactar positivamente no controle de outros problemas. O mesmo pode ser observado entre problemas de diferentes temáticas. A impermeabilização do solo (problema do aspecto ambiental) e ocupação de zonas de inundação (problema do aspecto social) são problemas que poderiam ser amenizados se houvessem regulamentação e regulação adequada do uso e ocupação do solo (problema do aspecto institucional), diminuindo assim os custos gerados por danos causados por eventos hidrológicos extremos (problema do aspecto econômico).

O gerenciamento e manejo das águas pluviais é também influenciado por aspectos culturais, como preferência por medidas mitigadoras tradicionais e estruturais pelos gestores públicos e pela população e falta de consciência sobre a necessidade de destinação adequada dos resíduos (SILVA, 2016). Assim, os problemas culturais foram ajustados aos aspectos temáticos adotados neste trabalho, conforme melhor se adequavam.

Indicadores para gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas

Foram selecionados 42 indicadores, organizados por aspecto temático, que resultaram na seguinte distribuição: 04 indicadores econômicos, 19 indicadores institucionais, 10 indicadores sociais e 09 indicadores ambientais. Na Tabela 3 são apresentados os indicadores e os valores utilizados para normalizar estes indicadores. Os indicadores, as informações necessárias para o cálculo dos mesmos, as fórmulas e as fontes dos dados utilizadas são apresentadas, de forma detalhada, como Material Suplementar I.

O aspecto econômico é composto pelo menor número de indicadores (quatro). As informações abertas disponibilizadas pelos municípios sobre esse assunto ainda são escassas. No Diagnóstico do SNIS-AP, referente ao ano de 2018, identificou-se que um conjunto significativo de municípios respondentes (44.16%) pareceu informar dados que não necessariamente expressam a sua realidade orçamentária e fiscal, a qual, pelo conhecimento tácito do setor, tende a ser de déficit nos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais (SNIS-AP, 2019). Dessa forma, a reduzida disponibilidade e confiabilidade de dados e informações relacionados à questão econômica limitaram a seleção/desenvolvimento de indicadores para esse aspecto. Já o aspecto com o maior número de indicadores foi o institucional. A questão institucional é extremamente relevante para que haja um gerenciamento apropriado das águas pluviais e, apesar da amplitude, é um assunto pouco explorado. De acordo com Tucci (2012), um dos grupos de componentes em que a estrutura da gestão das águas urbanas se baseia é o institucional.

Também se observa que do total de quarenta e dois (42) indicadores, vinte e três (23) são qualitativos, enquanto os demais são quantitativos. Há predominância de indicadores qualitativos dentre os indicadores institucionais, enquanto os indicadores econômicos são todos quantitativos. Os indicadores dos aspectos ambiental e social apresentaram equilíbrio entre indicadores quantitativos e qualitativos. Baum e Goldenfum (2021), ao analisarem indicadores relacionados as águas pluviais urbanas observam a predominância da requisição de dados qualitativos, tanto para as bibliografias acadêmicas quanto para Planos Municipais.

Os resultados da aplicação nos municípios piloto dos indicadores listados na Tabela 3, após normalização, são apresentados na Tabela 4. Quando comparados os resultados por município, para cada aspecto temático, observa-se que os indicadores econômicos possuem os resultados mais críticos para todos os municípios, enquanto os indicadores sociais, no geral apresentam os resultados mais positivos. Alguns municípios apresentaram maior ou menor número de indicadores mensurados do que os demais para um mesmo aspecto temático devido à ausência de dados para seu cálculo.

Tabela 3. Indicadores e valores considerados para normalização.

| Id | Indicador ¹ | Unidade de medida | Valor mínimo | Valor máximo |
|-----------------------------------|--|-----------------------|--------------|--------------|
| Indicadores econômicos | | | | |
| IE01 | Receita operacional | \$.ano/m ² | 0.00 | 0.14 |
| IE02 | Receita não-operacional | \$.ano/m ² | 0.00 | 2.80 |
| IE03 | Investimento do município | \$.ano/m ² | 0.00 | 2.80 |
| IE04 | Despesa dos serviços de águas pluviais | % | 0.00 | 1.00 |
| Indicadores Institucionais | | | | |
| II01 | Servidores públicos permanentes | % | 0.00 | 100.00 |
| II02 | Servidores públicos com ensino técnico e/ou superior na área | % | 0.00 | 100.00 |
| II03 | Percentual de servidores públicos com capacitação | % | 0.00 | 100.00 |
| II04 | Normatização para os serviços | N.A. | Não | Sim |
| II05 | Regulamentação dos serviços | N.A. | Não | Sim |
| II06 | Regulamentação da impermeabilização do solo | N.A. | Não | Sim |
| II07 | Estímulo à adoção de métodos de controle na fonte | N.A. | Não | Sim |
| II08 | Regularização fundiária | N.A. | Não | Sim |
| II09 | Cadastro do sistema de macrodrenagem | N.A. | Não | Sim |
| II10 | Cadastro do sistema de microdrenagem | N.A. | Não | Sim |
| II11 | Cursos d'água com monitoramento fluviométrico | % | 0.00 | 100.00 |
| II12 | Monitoramento pluviométrico | N.A. | Não | Sim |
| II13 | Acesso às informações | N.A. | Não | Sim |
| II14 | Ações intermunicipais | N.A. | Não | Sim |
| II15 | Limpeza e desobstrução de galerias e canais | N.A. | Não | Sim |
| II16 | Limpeza e desobstrução de bocas de lobo e poços de visita | N.A. | Não | Sim |
| II17 | Área urbana para drenagem urbana sustentável | N.A. | Não | Sim |
| II18 | Regulação dos serviços | N.A. | Não | Sim |
| II19 | Canal de comunicação | N.A. | Não | Sim |
| Indicadores sociais | | | | |
| IS01 | Áreas de risco | % | 0.00 | 100.00 |
| IS02 | Domicílios em área de risco | % | 25.00 | 0.00 |
| IS03 | População impactada por eventos | % | 100.00 | 0.00 |
| IS04 | Banco de dados | N.A. | Não | Sim |
| IS05 | Conselho Municipal | N.A. | Não | Sim |
| IS06 | Programa de educação ambiental | N.A. | Não | Sim |
| IS07 | Ocorrência de eventos registrados | Unitário | 2.50 | 0.00 |
| IS08 | Ocorrência de eventos não - registrados | Unitário | 0.50 | 0.00 |
| IS09 | Controle de vetores | N.A. | Não | Sim |
| IS10 | Óbitos | Unitário | 1.00 | 0.00 |
| Indicadores Ambientais | | | | |
| IA01 | Densidade populacional urbana | hab/ha | 100.00 | 1.00 |
| IA02 | Intervenções ou manutenções em canais abertos ou nos cursos d'água | N.A. | Não | Sim |
| IA03 | Cursos d'água reestruturados | % | 100.00 | 0.00 |
| IA04 | Serviço de coleta domiciliar direta | % | 0.00 | 100.00 |
| IA05 | Limpeza de dispositivos de drenagem | N.A. | Não | Sim |
| IA06 | Serviço de esgotamento sanitário | % | 0.00 | 100.00 |
| IA07 | Contaminação das águas pluviais | N.A. | Não | Sim |
| IA08 | Contaminação de cursos d'água | N.A. | Não | Sim |
| IA09 | Mata ciliar nos cursos d'água | % | 0.00 | 100.00 |

¹ Nome do indicador abreviado. OBS.: Valor mínimo = anti-ideal; Valor máximo = ideal. Fonte: Os Autores (2022)

Tabela 4. Resultados da aplicação dos indicadores simples nos municípios piloto.

| Id | Esteio (RS) | São Bento do Sul (SC) | Medianeira (PR) | Fraiburgo (SC) | Tubarão (SC) | Capão da Canoa (RS) | Não-Me-Toque (RS) |
|------|-------------|-----------------------|-----------------|----------------|--------------|---------------------|-------------------|
| IE01 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| IE02 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| IE03 | 0.130 | 0.010 | 0.000 | 0.000 | 0.130 | 0.010 | 0.000 |
| IE04 | 1.000 | 0.377 | N.C. | 0.082 | 0.150 | 0.095 | 0.188 |
| II01 | N.C. | N.C. | N.C. | 0.500 | N.C. | N.C. | N.C. |
| II02 | N.C. | N.C. | N.C. | 0.500 | N.C. | N.C. | N.C. |
| II03 | N.C. | N.C. | N.C. | 0.000 | N.C. | N.C. | N.C. |
| II04 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 |
| II05 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| II06 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| II07 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| II08 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 |
| II09 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 0.500 | 0.000 |
| II10 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 0.500 | 0.000 |
| II11 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.667 | 0.000 | 0.000 |
| II12 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| II13 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| II14 | 0.500 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.500 | 0.000 | 0.000 |
| II15 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |
| II16 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| II17 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 |
| II18 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 |
| II19 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 |
| IS01 | 1.000 | 0.760 | 0.000 | 0.000 | 0.260 | 0.000 | 0.510 |
| IS02 | 0.946 | 0.691 | 0.974 | 1.000 | 0.230 | 0.412 | 0.992 |
| IS03 | 0.802 | 0.938 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 |
| IS04 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| IS05 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 |
| IS06 | 1.000 | 1.000 | N.C. | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.000 |
| IS07 | 0.000 | 0.000 | 0.800 | 1.000 | 0.800 | 1.000 | 0.600 |
| IS08 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 |
| IS09 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |
| IS10 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| IA01 | 0.591 | 0.907 | 0.778 | 0.943 | 0.829 | 0.917 | 0.987 |
| IA02 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 |
| IA03 | 0.146 | 0.900 | 0.823 | 0.775 | 1.000 | N.A. | 0.074 |
| IA04 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.958 | 1.000 | 1.000 |
| IA05 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| IA06 | 0.082 | 0.208 | 0.225 | 0.157 | 0.000 | 0.082 | 0.000 |
| IA07 | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.000 | 1.000 | 1.000 |
| IA08 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| IA09 | N.C. | N.C. | N.C. | N.C. | N.C. | N.C. | N.C. |

Legenda: Para indicadores quantitativos: Em vermelho, indicadores "Muito Crítico" (de 0.00 a 0.25); em laranja, indicadores "Crítico" (de 0.26 a 0.50); em amarelo, indicadores "Regular" (de 0.51 a 0.75); e em verde, indicadores "Bom" (de 0.76 a 1.00). Para indicadores qualitativos: em vermelho, indicadores "Muito Crítico" (0.00); em amarelo, indicadores "Regular" (0.50); e em verde, indicadores "Bom" (1.00). N.A.: Não se aplica; N.C.: Não calculado. Fonte: Os Autores (2022).

Os resultados do aspecto temático econômico (aspecto com resultados mais críticos) corroboram a deficiência orçamentária existente para os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais. A drenagem e manejo de águas pluviais, que é o serviço do saneamento que possui o maior déficit, é efetivado pelas prefeituras, de forma direta ou por contratos com o setor privado, sendo o seu financiamento uma grande deficiência (Santos *et al.*, 2020). Por outro lado, o aspecto temático social apresentou os resultados mais positivos dentre os aspectos temáticos avaliados.

O método de normalização de transformação das variáveis para valores entre 0 (zero) e 1 (um), utilizando como valores máximos e mínimos valores ideais e anti-ideais, se mostra adequado à proposta desse trabalho, que é formular um conjunto de indicadores que possa ser utilizado para diferentes municípios de até cem mil habitantes. Dentre as principais limitações de transformação das variáveis para valores entre 0 (zero) e 1 (um) está o poder que valores extremos tem de distorcer o resultado do indicador transformado (OECD, 2008), isso porque essa transformação não costuma ser estável quando os dados para um novo ponto no tempo ficam disponíveis. Ao utilizar como valores máximos e mínimos valores ideais e anti-ideais é dada estabilidade à transformação e eliminada a limitação inerente a valores extremos. Cabe destacar que o processo de normalização é fundamental para permitir comparação entre os indicadores de forma coerente, auxiliando os tomadores de decisão (Baum e Goldenfum, 2021). Há uma grande quantidade de estudos em que não é descrito o método de normalização dos dados utilizados ou sequer é aplicado um método de normalização, principalmente dentre os estudos que desenvolvem apenas indicadores simples, como Cavalcanti Filho (2017) e Silva (2016), que propuseram indicadores para avaliar as águas pluviais no meio urbano no Brasil.

A aplicação de indicadores que requeiram uma grande quantidade de informações que não necessitam estar obrigatoriamente disponíveis é desafiadora, na medida em que a transparência de informações, nesse caso relacionada às águas pluviais, não é uma questão prioritária para os municípios. Ademais, para o conjunto de indicadores propostos, para que o mesmo retrate a situação real e evite distorções, é importante que os dados e informações utilizadas sejam referentes a um mesmo espaço temporal. Por essas questões, a massiva utilização dos dados dos SNIS-AP se mostrou interessante, apesar de os mesmos deverem ser usados com cautela, de acordo com a Secretaria Nacional de Saneamento (SNIS, 2020).

Sistematização de indicadores de problemas de gerenciamento e manejo de águas pluviais

A associação entre problemas envolvendo gerenciamento de águas pluviais e respectivos indicadores é apresentada como Material Suplementar II. Os resultados da aplicação do modelo sistematizado nos municípios piloto são apresentados na Figura 2.

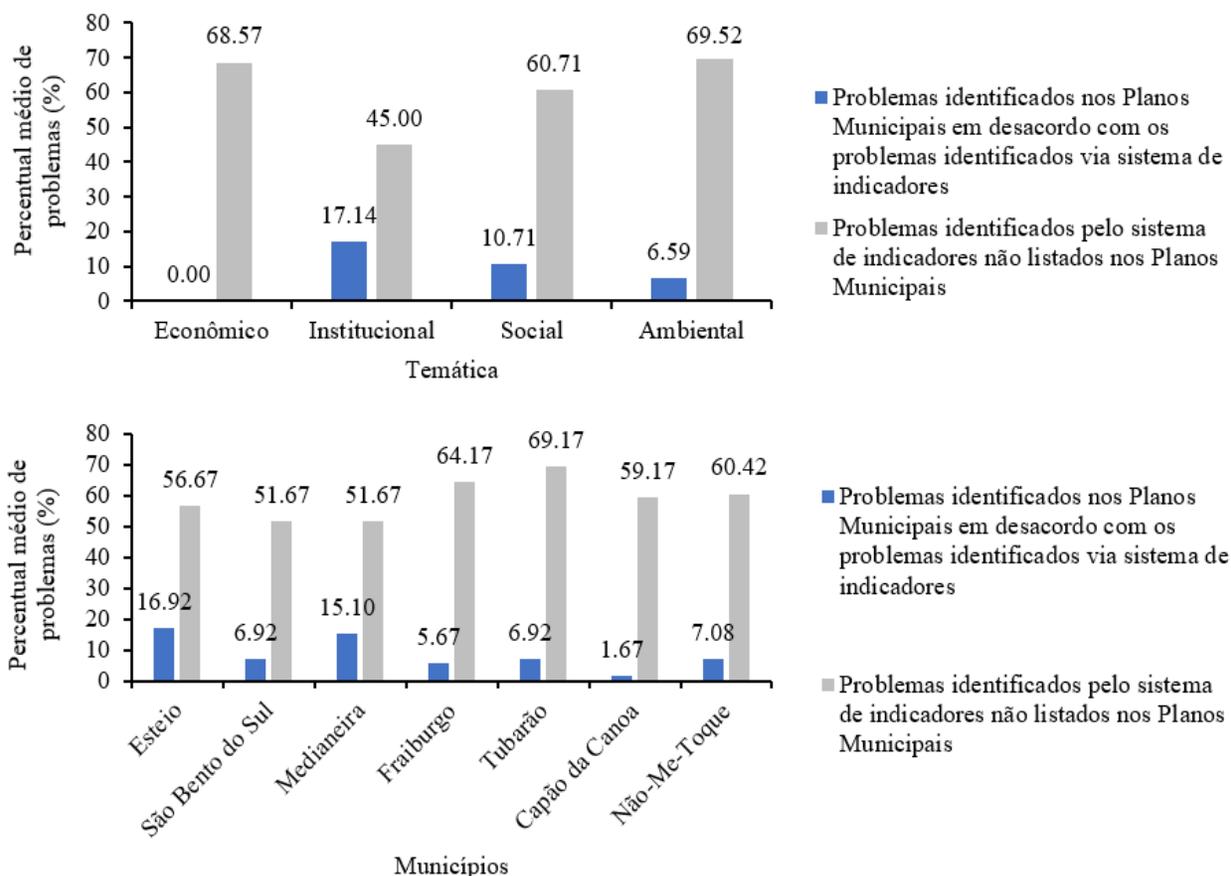


Figura 2. Resultado comparativo entre os problemas identificados via sistema de indicadores e os identificados nos Planos Municipais.

O conjunto formulado de 42 indicadores tem potencial de identificar 88.14% do total de 59 problemas identificados relacionados ao gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas (conforme Material Suplementar II). Não foi possível a formulação de indicadores para todos os problemas devido a alguns problemas exigirem dados complexos para a formulação de indicadores. Os problemas sem indicadores são: PE03 (Ausência de fontes de investimento e custeio para gerenciamento e manejo das águas pluviais), PI04 (Falta de conhecimento sobre formas de evitar e controlar inundações, por parte dos planejadores urbanos), PI21 (Dificuldade de integração entre órgãos públicos), PI22 (Projetos urbanos e sistemas de águas pluviais conflituosos), PS02 (Pressão imobiliária), PA08 (Obstruções ao escoamento, como aterros, pontes, canais de drenagens inadequados) e PA17 (Contaminação dos recursos hídricos subterrâneos). Cabe destacar também que três dos indicadores formulados (IE04: Despesa dos serviços de águas pluviais; II18: Regulação dos serviços e IS10: Óbitos) não indicam nenhum

problema específico, mas auxiliam na compreensão da situação das águas pluviais municipais. O IS10, por exemplo, indica uma situação crítica quanto a eventos hidrológicos, no entanto, não tem potencial de indicar qual problema específico gera essa situação.

Apesar dos problemas identificados nos Planos Municipais serem reduzidos (devido a estes documentos não apresentarem uma lista minuciosa dos problemas existentes), para os problemas identificados nestes documentos e, também, via sistema de indicadores, uma parcela considerável está categorizada na mesma classe, ou seja, o problema foi identificado tanto via sistema de indicadores quanto via Planos Municipais como problema “Existente” ou problema “Não Existente”.

Para uma análise mais detalhada da efetividade da sistematização entre problemas envolvendo águas pluviais urbanas e os indicadores formulados, a seguir são apresentados os percentuais de problemas identificados nos Planos Municipais em desacordo com os problemas identificados via sistema de indicadores e de problemas identificados pelo sistema de indicadores não listados nos Planos Municipais, por aspecto temático – econômico, institucional, social e ambiental (Figura 3) e por município piloto (Figura 4).

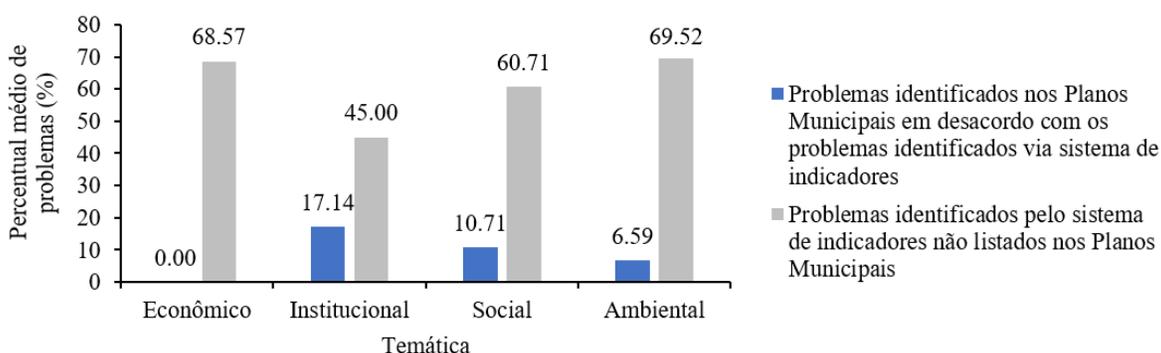


Figura 3. Efetividade da sistematização entre problemas e os indicadores formulados, por aspecto temático

Quando analisada a efetividade da sistematização em relação aos problemas identificados nos Planos Municipais em desacordo com os problemas identificados via sistema de indicadores é possível observar que o aspecto temático Institucional é o que apresenta os piores resultados (17.14% dos problemas estão em desacordo) (Figura 3). No entanto, de modo geral, este aspecto temático teve a maior quantidade de problemas identificados via Planos Municipais. Já para a temática econômica não foram observados problemas em desacordo, o que pode ser atribuído ao fato, já bem relatado, de que há deficiência econômica no setor das águas pluviais. Em relação aos problemas em desacordo para os municípios (Figura 4), os percentuais de maior desacordo foram identificados nos municípios de Esteio (16.92%) e Medianeira (15.10%).

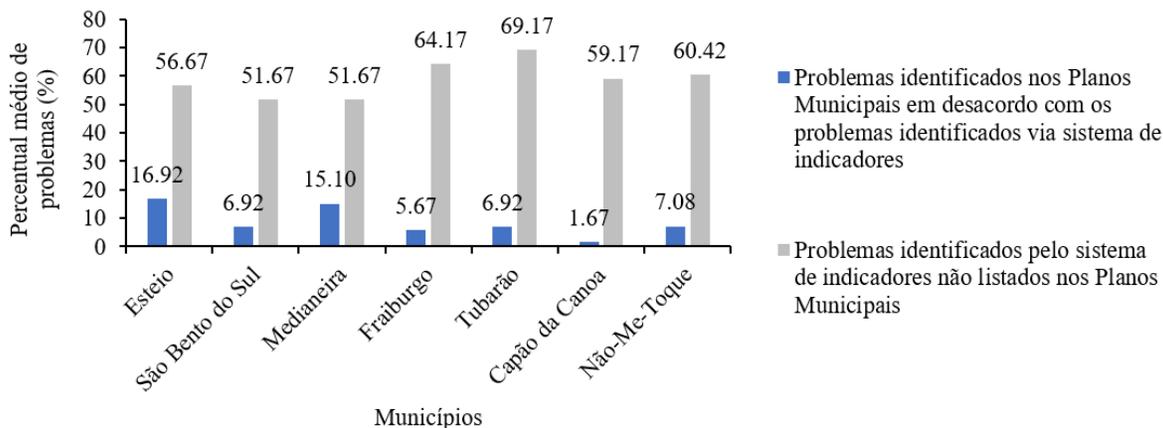


Figura 4. Efetividade da sistematização entre problemas e os indicadores formulados, por município piloto

Quanto aos percentuais de problemas identificados pelo sistema de indicadores não listados nos Planos Municipais, estes se mostraram elevados para todos os aspectos temáticos, o que pode ser atribuído a questão dos Planos Municipais de Saneamento Básico não serem documentos (muitas vezes) tão completos, desenvolvidos para cumprimento de leis e para acesso a benefícios. O município de Tubarão apresentou o maior percentual de problemas identificados pelo sistema de indicadores não listados no Plano. No tocante, cabe destacar que para este município o documento analisado foi o Plano Diretor de Macrodrenagem, o que pode ser a explicação, uma vez que esse documento é mais técnico, descreve menos aspectos sociais de forma detalhada, enquanto aspectos institucionais e técnicos são mais detalhados, até mais do que o conjunto de indicadores de problemas proposto exige.

Alguns problemas não puderam ser identificados ou foram identificados erroneamente devido à limitação dos dados apresentados nos Planos Municipais. A qualidade da informação impacta diretamente nos resultados da ferramenta.

Considerações finais

O presente trabalho propôs a elaboração de um conjunto de indicadores sistematizado com problemas relacionados às águas pluviais urbanas, de suporte para o gerenciamento municipal, com vistas a fomentar a tomada de decisão por parte dos gestores públicos de municípios com população de até cem mil habitantes e reduzir a subjetividade e incertezas associadas à interpretação dos resultados dos indicadores para gerenciamento de águas pluviais urbanas pelos tomadores de decisão.

O desenvolvimento de um conjunto de indicadores para gerenciamento das águas pluviais urbanas que identifique e quantifique os aspectos das águas pluviais urbanas que necessitam mais suporte e aponte os problemas existentes foi alcançado. O conjunto de indicadores desenvolvido possui 42 indicadores capazes de identificar 88.14% do total de 59 problemas identificados relacionados ao gerenciamento e manejo de águas pluviais urbanas.

A validação da sistematização entre indicadores e problemas apresentou resultados satisfatórios. Apesar dos problemas identificados nos Planos Municipais serem reduzidos, a relação dos problemas identificados nos Planos Municipais em desacordo com os problemas identificados via sistema de indicadores foi reduzida, o que demonstra que, quando havia dados para validar, a validação apresentou bons resultados. Cabe destacar que carência de informações e dados sobre as águas pluviais ainda é um fator limitante para que ferramentas de gerenciamento de águas pluviais urbanas no Brasil sejam aprimoradas e amplamente utilizadas.

Sugerem-se como pesquisas futuras, estudos que aprimorem a validação do sistema proposto nesse trabalho, uma vez que o mesmo apresentou potencial e estudos que debatam as implicações da diversidade climática, fisiográfica, sociocultural e/ou econômica existente entre os municípios brasileiros no gerenciamento de águas pluviais urbanas. Ademais, esse estudo foi desenvolvido para populações de até cem habitantes, devido a questões orçamentárias e percentuais de eventos hidrológicos a que estes municípios são expostos. Como possibilidade de pesquisa futura, destaca-se a avaliação da aplicação deste conjunto de indicadores em municípios de maior porte (acima de cem mil habitantes), a qual não foi realizada nesta pesquisa.

Agradecimento

A primeira autora agradece a concessão da bolsa de estudos pela agência brasileira Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Referências bibliográficas

- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Hidroweb*, disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>
- Araújo, D. C. D., Silva, P. O. D., Curi, W. F., Cabral, J. J. D. S. P. (2017), Análise multicriterial aplicada à gestão das águas pluviais urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **22**(e18). https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=197&SUMARIO=5274&ST=multicriteria_a_nalysis_applied_to_the_management_of_urban_pluvial_waters
- Baum, C. A.; Goldenfum, J. A. (2021), Indicadores e índices para o gerenciamento de águas pluviais urbanas no Brasil : situação atual e oportunidades de evolução. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, **18** (e21). <https://dx.doi.org/10.21168/rega.v18e21>
- Bertrand-Krajewski, J. L. (2021), Integrated urban stormwater management: Evolution and multidisciplinary perspective. *Journal of Hydro-Environment Research*, **38**, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2020.11.003>

- Brasil (2005), Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. *Política Nacional de Assistência Social - PNAS/2004*. Brasília: 2005, disponível em: http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/assistencia_social/Normativas/PNAS2004.pdf
- Brasil (2007), Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília: Diário Oficial da União. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo*, Brasília, DF.
- Colombelli, K. (2018), *Serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas: avaliação do contexto brasileiro e da adaptabilidade de práticas norte-americanas para a proposição de melhorias institucionais e financeiras*. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 218p, disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/180557>
- Castro, L. M. A. de. (2007), *Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água*. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 321p, disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/REPA-7DZHVH>
- Cavalcanti Filho, M. J. L. (2017), *Desenvolvimento e avaliação de um conjunto de indicadores para representação do sistema de drenagem urbana*. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 146p, disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1769>
- Cruz, C. M. A. S.; Tucci, C. E. M. (2008), Avaliação dos Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, **13**(3), 59–71. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v13n3.p59-71>
- CSD, Sustainable Development Commission (2001), *Indicators of sustainable development: framework and methodologies*. New York: Department of Economic and Social Affairs.
- Fabrício, E. P.; Brum, N. D.; Pinto, R. B.; Köhler, F. A. (2019), Planejamento urbano sustentável. *Brazilian Journal of Development*, **5** (2), 1326–1338. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/1107>
- Goldenfum, J. A.; Tassi, R.; Meller, A.; Allasia, D. G.; Da, S. A. (2007), Challenges for the sustainable urban stormwater management in developing countries : from basic education to technical and institutional issues Défis pour la gestion durable des eaux pluviales urbaines dans les. *Novatech*, 357–364, disponível em: <https://hal.science/hal-03234011/document>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015), *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: IBGE, disponível em: <https://www.ibge.gov.br/biblioteca/visualizacao/livros/liv94254.pdf>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018), *MUNIC - Perfil dos Municípios Brasileiros 2018*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/brasil/pesquisa/1/74454?ano=2018>
- Klopp, J. M., Petretta, D. L. (2017), The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities*, **63**, 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.12.019>
- Martins, J. R. S. (2012), *Gestão da drenagem urbana: só tecnologia é suficiente?*, disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidraulic/gestaodrenagem.pdf
- McGrane, S. J. (2016), Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: a review. *Hydrological Sciences Journal*, **61** (13), 2295–2311. <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1128084>
- Miguez, M. G., Mascarenhas, F. C. B., Magalhães, L. P. C. (2007), Multifunctional landscapes for urban flood control in developing countries. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, **2** (2), 153–166. <https://doi.org/10.2495/SDP-V2-N2-153-166>
- OECD, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2008), *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*.
- Oneda, T. M. S. (2018), *Planos Diretores de Drenagem Urbana: uma análise comparativa entre planos de países desenvolvidos e em desenvolvimento*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 141p, disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cct/id_cpmenu/706/T_nia_Mara_Sebben_Oneda_15293308063114_706.pdf
- Oneda, T. M. S., Barros, V. G. (2021), On stormwater management master plans: comparing developed and developing cities. *Hydrological Sciences Journal*, **66** (1), p. 1–11. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1853131>

- Porse, E., Kerner, M., Shinneman, J., Kaplan, J., Stone, S., Cadenasso, M. L. (2022), Stormwater utility fees and household affordability of urban water services. *Water Policy*, **24** (6), 998-1013. <https://doi.org/10.2166/wp.2022.024>
- S2ID - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (2018), *Dados 2018*, disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>
- Santos, G. R.; Kuwajima, J. I.; Santana, A. S. (2020), *Regulação e investimento no setor de saneamento no Brasil: trajetórias, desafios e incertezas*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea.
- Silva, S. (2016), *Ferramenta de apoio ao manejo de águas pluviais urbanas com base em indicadores de sustentabilidade - SAMSAP*. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 263p.
- Souza, V. C. B.; Moraes, L. R. S.; Borja, P. C. (2013), Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, **1**(2), 162–175. <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7213>
- SNIS-AP, Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento-Águas Pluviais (2019), *2º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas - 2017*. Brasília: MCIDADES.SNSA, disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/aguas-pluviais/2017>
- SNIS-AP, Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento-Águas Pluviais (2020), *4º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas - 2019*. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2020, disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/aguas-pluviais/2019/Diagnostico_AP2019.pdf
- SNIS-RS, Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento-Resíduos Sólidos (2019), *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2018*. Brasília: MCIDADES.SNSA, disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/residuos-solidos-1/2018>
- Tucci, C. E. M. (2008), Águas Urbanas. *Estudos Avançados*, **22** (63), 97–112, disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>
- Villanueva, A. O., Tassi, R., Allasia, D. G., Bemfica, D., Tucci, C. (2011), Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, **8** (1), 5-18. <https://doi.org/10.21168/rega.v8n1.p5-18>
- Vasconcelos, A. F., Barbassa, A. P., Dos Santos, M. F. N., Imani, M. A. (2022), Barriers to sustainable urban stormwater management in developing countries: The case of Brazil. *Land Use Policy*, **112**, 264-8377. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105821>

Nota: este artículo contempla dos anexos, los cuales se presentan a partir de la siguiente página.

Anexo1. Material Suplementar I – Informações sobre os indicadores formulados

| Id | INDICADOR/INFORMAÇÃO | Fórmula/Fonte de dados |
|---|--|---|
| INFORMAÇÕES GERAIS | | |
| ig01 | População urbana residente no município (hab); | SNIS-AP/IBGE |
| ig02 | Quantidade total de domicílios existentes na área urbana do município (unidade); | SNIS-AP |
| ig03 | Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas (km ²); | SNIS-AP |
| INDICADORES E INFORMAÇÕES - TEMÁTICA ECONÔMICA | | |
| <i>IE01</i> | <i>Receita operacional anual obtida para drenagem e manejo das águas pluviais urbanas</i> | <i>IE01=</i> <i>ie01/((ig03*1000000)*((0,57*(ig01/(ig03*100))+13)/100)),</i> <i>em \$.ano/m²</i> |
| ie01 | Receita operacional total anual obtida para drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (R\$); | SNIS-AP |
| ig01 | População urbana residente no município (hab); | SNIS-AP/IBGE |
| ig03 | Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas (km ²); | SNIS-AP |
| <i>IE02</i> | <i>Receita não-operacional total obtida para drenagem e manejo das águas pluviais urbanas</i> | <i>IE02=</i> <i>ie02/((ig03*1000000)*((0,57*(ig01/(ig03*100))+13)/100)) , em \$.ano/m²</i> |
| ie02 | Receita não-operacional total obtida para drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, no ano de referência (R\$); | SNIS-AP |
| ig01 | População urbana residente no município (hab); | SNIS-AP/IBGE |
| ig03 | Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas (km ²); | SNIS-AP |
| <i>IE03</i> | <i>Investimento do Município em serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas</i> | <i>IE03= ie03/((ig03*1000000)*((0,57*(ig01/(ig03*100))+13)/100)) ,</i> <i>em \$.ano/m²</i> |
| ie03 | Investimento total municipal (valor desembolsado) em serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, no ano de referência (R\$); | SNIS-AP |
| ig01 | População urbana residente no município (hab); | SNIS-AP/IBGE |
| ig03 | Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas (km ²); | SNIS-AP |
| <i>IE04</i> | <i>Participação da despesa dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas na despesa total do Município</i> | <i>IE04=ie01/ie04* 100, em %</i> |
| ie01 | Despesa total dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, no ano de referência (R\$); | SNIS-AP |
| ie04 | Despesa total do município, no ano de referência (R\$); | SNIS-AP |

| Id | INDICADOR/INFORMAÇÃO | Fórmula/Fonte de dados |
|---|---|--|
| INDICADORES E INFORMAÇÕES - TEMÁTICA INSTITUCIONAL | | |
| I101 | <i>Percentual de servidores públicos permanentes no setor responsável pelos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais</i> | $I101=ii01/ii02*100$, em % |
| ii01 | Quantidade de servidores públicos permanentes existentes no setor responsável pelos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais; | Prefeitura |
| ii02 | Quantidade total de servidores públicos existentes no setor responsável pelos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais; | SNIS-AP |
| I102 | <i>Percentual de servidores públicos no setor responsável pelos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais com ensino técnico e/ou superior na área ou em área correlata</i> | $I102=ii03/ii02*100$, em % |
| ii03 | Quantidade de servidores públicos no setor responsável pelos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais com ensino superior na área ou em área correlata; | Prefeitura |
| ii02 | Quantidade total de servidores públicos existentes no setor responsável pelos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais; | SNIS-AP |
| I103 | <i>Percentual de servidores públicos com capacitação no setor responsável pelos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, realizada no ano de referência</i> | $I103=ii04/ii02*100$, em % |
| ii04 | Quantidade de servidores públicos no setor responsável pelos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais que realizaram algum curso de capacitação ou treinamento na área, no ano de referência; | Prefeitura |
| ii02 | Quantidade total de servidores públicos existentes no setor responsável pelos Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais; | SNIS-AP |
| I104 | <i>Normatização para os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais</i> | $I104=()Sim ()Em\ elaboração ()Não$ |
| ii05 | O município possui diretrizes para os Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais; | IBGE/Ordenamento Jurídico |
| I105 | <i>Regulamentação dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais</i> | $I105=()Sim ()Em\ elaboração ()Não$ |
| ii06 | O município possui algum Plano (Plano Diretor de Drenagem Urbana, Plano Municipal de Saneamento Básico), regulamentado, para os Serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais, contendo planejamento a curto, médio e longo prazo; | IBGE/Ordenamento Jurídico |
| I106 | <i>Regulamentação da impermeabilização do solo</i> | $I106=()Sim ()Em\ elaboração ()Não$ |
| ii07 | O município possui instrumentos legais para minimizar os efeitos da impermeabilização do solo (Código de Obras, Código de Posturas, Leis de parcelamento do solo); | IBGE/Ordenamento Jurídico |
| I107 | <i>Estímulo à adoção de métodos de controle na fonte</i> | $I107=()Sim ()Em\ elaboração ()Não$ |
| ii08 | O município possui legislação que prevê implantação de subsídios em tributos municipais para estimular a reserva de área permeável nos lotes ou loteamentos; | IBGE/Ordenamento Jurídico |

| Id | INDICADOR/INFORMAÇÃO | Fórmula/Fonte de dados |
|------|---|--|
| I108 | <i>Regularização fundiária em áreas de assentamentos irregulares e em áreas de risco</i> | $I108 = ()Sim ()Em\ elaboração ()Não$ |
| ii09 | O município possui programas ou ações de regularização fundiária em áreas de assentamentos irregulares e em áreas de risco; | IBGE/Ordenamento Jurídico |
| I109 | <i>Cadastro do sistema de macrodrenagem</i> | $I109 = i()Sim ()Parcial ()Não$ |
| ii10 | O município possui o sistema de macrodrenagem georreferenciado? | Prefeitura/PMSB |
| I110 | <i>Cadastro do sistema de microdrenagem</i> | $I110 = ()Sim ()Parcial ()Não$ |
| ii11 | O município possui o sistema de microdrenagem georreferenciado? | Prefeitura/PMSB |
| I111 | <i>Percentual de cursos d'água urbanos com monitoramento fluviométrico</i> | $I111 = ii12/ii13, *100, em \%$ |
| ii12 | Número de cursos d'água urbanos que possuem monitoramento do nível da água; | ANA/hidroweb/PMSB/Plano de bacia |
| ii13 | Número de cursos d'água urbanos; | PMSB/SNIS |
| I112 | <i>Monitoramento pluviométrico</i> | $I112 = ()Sim ()Não$ |
| ii14 | O município possui pluviômetros de monitoramento oficiais na área urbana municipal; | PMSB/Cemadem/ANA |
| I113 | <i>Acesso às informações existentes relacionadas à drenagem e manejo das águas pluviais</i> | $I113 = ()Sim ()Parcial ()Não$ |
| ii15 | Disponibilização das informações existentes (cadastro de rede; plano de ações; dados de monitoramentos) em um local de fácil acesso para qualquer setor da esfera municipal; | Site Prefeitura |
| I114 | <i>Ações intermunicipais relacionadas à drenagem e manejo das águas pluviais</i> | $I114 = ()Sim ()Parcial ()Não$ |
| ii16 | Existência de ações a serem realizadas em nível de bacia hidrográfica para situações de inundações; | Plano de Bacia/Comitê de Bacia |
| I115 | <i>Limpeza e desobstrução de galerias e canais</i> | $I115 = ()Sim ()Não$ |
| ii17 | Foram realizadas atividades de limpeza e desobstrução de galerias e canais no ano de referência? | SNIS-AP |
| I116 | <i>Limpeza e desobstrução de bocas de lobo e poços de visita</i> | $I116 = ()Sim ()Não$ |
| ii18 | Foram realizadas atividades de limpeza e desobstrução de bocas de lobo e poços de visita no ano de referência? | SNIS-AP |
| I117 | <i>Área urbana com possível ocupação por dispositivos de drenagem urbana sustentável</i> | $I117 = ()Sim ()Não$ |
| ii19 | Existem áreas, públicas ou privadas, com possibilidade de ocupação por dispositivos de drenagem urbana sustentável (registrada em algum Plano)? | PMSB |
| I118 | <i>Regulação dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais</i> | $I118 = ()Sim ()Não$ |
| ii20 | O município possui órgão responsável pela regulação dos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais; | IBGE |
| I119 | <i>Canal de comunicação para recebimento das demandas da comunidade</i> | $I119 = ()Sim ()Não$ |
| ii21 | O município possui ouvidoria municipal ou central de atendimento ao cidadão para recebimento de reclamações ou manifestações sobre os serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais; | IBGE |

| Id | INDICADOR/INFORMAÇÃO | Fórmula/Fonte de dados |
|--|--|---|
| INDICADORES E INFORMAÇÕES - TEMÁTICA SOCIAL | | |
| IS01 | <i>Mapeamento das áreas de risco na área urbana</i> | IS01= (%) |
| is01 | Percentual da área total do município que está mapeada quanto aos riscos de inundação (%); | SNIS-AP |
| IS02 | <i>Domicílios localizados em áreas de risco, na área urbana</i> | IS02=is02/ig02*100, em % |
| is02 | Domicílios sujeitos a inundações na área urbana (unidade); | SNIS-AP |
| ig02 | Quantidade total de domicílios existentes na área urbana do município (unidade); | SNIS-AP |
| IS03 | <i>Parcela da população urbana impactada por eventos hidrológicos</i> | IS03=is03/ig01*100, em % |
| is03 | Quantidade de habitantes desabrigados ou desalojados, residentes em área urbana, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, nos últimos cinco anos, registrados no S2ID (hab); | S2ID/SNIS-AP |
| ig01 | População urbana residente no município (hab); | IBGE |
| IS04 | <i>Banco de dados sobre áreas vulneráveis a alagamentos</i> | IS04=()Sim ()Em elaboração ()Não |
| is04 | Existência de um banco de dados sobre áreas vulneráveis a alagamentos (ruas, bairros); | PMSB |
| IS05 | <i>Conselho municipal relacionado à drenagem e manejo das águas pluviais</i> | IS05=()Sim ()Em elaboração ()Não |
| is05 | Existência de um Conselho municipal relacionado à drenagem e manejo das águas pluviais, com participação pública; | IBGE |
| IS06 | <i>Programa de educação ambiental</i> | IS06=()Sim ()Parcial ()Não |
| is06 | O município possui programas de educação ambiental envolvendo drenagem e manejo das águas pluviais e problemas em decorrência da ocupação de áreas de risco; | Prefeitura |
| is07 | O município possui programas de educação ambiental em relação à resíduos sólidos urbanos; | Prefeitura |
| IS07 | <i>Ocorrência de alagamentos, enxurradas e inundações em áreas urbanas do Município, registradas no S2ID nos últimos cinco anos</i> | IS07=(is08+is09)/2, nos últimos cinco anos. |
| is08 | Quantidade de alagamentos e enxurradas em áreas urbanas do município, nos últimos cinco anos, registrados no S2ID; | S2ID/SNIS-AP |
| is09 | Quantidade de inundações em áreas urbanas do município, nos últimos cinco anos, registrados no S2ID; | SNIS-AP |
| IS08 | <i>Ocorrência de alagamentos, enxurradas e inundações em áreas urbanas do Município, não registradas no S2ID</i> | IS08=(is10+is11)/2, no ano de referência. |
| is10 | Quantidade de alagamentos e enxurradas em áreas urbanas do município, no ano de referência, não registradas no S2ID; | S2ID/SNIS-AP |
| is11 | Quantidade de inundações em áreas urbanas do município, no ano de referência, não registradas no S2ID; | SNIS-AP |
| IS09 | <i>Controle de vetores de doenças de veiculação hídrica</i> | IS09=()Sim ()Não |
| is12 | O município possui equipe responsável pelo controle de vetores de doenças de veiculação hídrica? | Prefeitura |
| IS10 | <i>Óbitos relacionados a eventos hidrológicos</i> | IS10=is13 |
| is13 | Número de óbitos, na área urbana do município, decorrentes de eventos hidrológicos impactantes, nos últimos 5 anos (hab); | S2ID/SNIS-AP |

| Id | INDICADOR/INFORMAÇÃO | Fórmula/Fonte de dados |
|---|---|---|
| INDICADORES E INFORMAÇÕES - TEMÁTICA AMBIENTAL | | |
| IA01 | <i>Densidade populacional urbana</i> | $IA01=ig01/(ig03*100)$, hab/ha |
| ig01 | População urbana residente no município (hab); | IBGE |
| ig03 | Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas (km ²); | SNIS-AP |
| IA02 | <i>Intervenções ou manutenções realizadas em canais abertos ou nos cursos d'água da área urbana do Município</i> | $IA02=()Sim ()Parcial ()Não$ |
| ia01 | Foram realizadas intervenções ou manutenções em canais abertos ou nos cursos d'água da área urbana do município, no ano de referência? | SNIS-AP |
| IA03 | <i>Cursos d'água reestruturados</i> | $IA03=(ia02+ia03+ia04)/ia05*100$, em % |
| ia02 | Total dos cursos d'água naturais perenes com retificação (km); | SNIS-AP |
| ia03 | Total dos cursos d'água naturais perenes canalizados fechados (km); | SNIS-AP |
| ia04 | Total dos cursos d'água naturais perenes canalizados abertos (km); | SNIS-AP |
| ia05 | Total dos cursos d'água naturais perenes (km); | SNIS-AP |
| IA04 | <i>Taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do Município</i> | $IA04=ia06/ig01*100$, em % |
| ia06 | Número de habitantes urbanos atendidos pelo serviço de coleta domiciliar direta, ou seja, porta a porta (hab); | SNIS-RS |
| ig01 | População urbana residente no município (hab); | IBGE |
| IA05 | <i>Limpeza de dispositivos de drenagem, no ano de referência</i> | $IA05=()Sim ()Parcial ()Não$ |
| ia07 | Realização de limpeza de bocas-de-lobo, desobstrução de bueiros, galerias, canaletas e outros dispositivos de drenagem pluvial, no ano de referência (pelo agente público e/ou empresas contratadas); | SNIS-RS |
| IA06 | <i>Taxa de cobertura do serviço de esgotamento sanitário (coleta e tratamento) da população urbana do Município</i> | $IA06=ia08$, em % |
| ia08 | Taxa da população com serviço de esgotamento sanitário adequado (%); | Atlas Esgotos / SNIS-AE |
| IA07 | <i>Contaminação das águas pluviais</i> | $IA07=()Sim ()Não$ |
| ia09 | Sistema de drenagem urbana unitário (misto com esgotamento); | SNIS-AP |
| IA08 | <i>Contaminação de cursos d'água</i> | $IA08=()Sim ()Não$ |
| ia10 | Lançamento do esgoto sem tratamento, diretamente nos cursos d'água; | Atlas Esgotos / SNIS-AE |
| IA09 | <i>Mata ciliar nos cursos d'água urbanos</i> | $IA09=ia11/(2*ia05)*100$, em % |
| ia11 | Extensão total das margens com mata ciliar (km); | SNIS-AP |
| ia05 | Total dos cursos d'água naturais perenes (km); | SNIS-AP |

Anexo2. Material Suplementar II - Associação entre problemas envolvendo gerenciamento de águas pluviais e indicadores

| Problemas | | Indicador Direto | Indicador Indireto |
|-------------------------------|--|------------------------------------|--------------------|
| Temática Econômica | | | |
| PE01 | Orçamento insuficiente para adoção de medidas preventivas | IE02, IE03 | S.Ind. |
| PE02 | Orçamento insuficiente para manutenção das estruturas de drenagem e manejo das águas pluviais existentes | IE01 | S.Ind. |
| PE03 | Ausência de fontes de investimento e custeio para gerenciamento e manejo das águas pluviais | S.Ind. | S.Ind. |
| PE04 | Cobrança insuficiente (ou ausência de cobrança) para manutenção dos serviços públicos de águas pluviais | IE01 | S.Ind. |
| PE05 | Investimento para mitigação dos danos (materiais/humanos) causados por eventos hidrológicos extremos | IE02 | S.Ind. |
| PE06 | Prejuízos econômicos causados por eventos hidrológicos extremos ou pelo manejo inadequado das águas pluviais | S.Ind. | IS07 |
| Temática Institucional | | | |
| PI01 | Equipe limitada, em quantidade e/ou em termos de capacidade técnica | II01, II02 | IE03 |
| PI02 | Ausência de formação e atualização das equipes técnicas | II02, III03 | S.Ind. |
| PI03 | Desconhecimento, pela equipe técnica, dos processos físicos/hidrológicos que influenciam na drenagem das águas pluviais | II02 | S.Ind. |
| PI04 | Falta de conhecimento sobre formas de evitar e controlar inundações, por parte dos planejadores urbanos. | S.Ind. | S.Ind. |
| PI05 | Ausência de planejamento a curto, médio e longo prazo | II05 | II04 |
| PI06 | Ausência/deficiência na regulamentação de temas que envolvem a drenagem e manejo das águas pluviais | II04, II05 | S.Ind. |
| PI07 | Ausência de um banco de dados e informações de acompanhamento sobre o sistema de águas pluviais | II13 | S.Ind. |
| PI08 | Ausência de instrumentos de ordenamento de uso do solo | II06, II08 | S.Ind. |
| PI09 | Ausência de fiscalização do uso e ocupação do solo | S.Ind. | II08 |
| PI10 | Desconhecimento do sistema de drenagem devido à falta de cadastro do sistema ou cadastro parcial | II09, II10 | S.Ind. |
| PI11 | Deficiências na elaboração de projetos do sistema de águas pluviais | II02, II03 | S.Ind. |
| PI12 | Deficiências na execução de projetos do sistema de águas pluviais | II02, II03 | S.Ind. |
| PI13 | Deficiência na manutenção do sistema de águas pluviais | II15, II16, IA05 | S.Ind. |
| PI14 | Implantação do sistema de águas pluviais de forma fragmentada | S.Ind. | II09, II10 |
| PI15 | Ausência de utilização de soluções e técnicas de drenagem e manejo das águas pluviais mais integradas ao contexto urbano | II07 | II17 |
| PI16 | Ausência de espaços públicos ou privados adequados à implementação de dispositivos compensatórios | II17 | S.Ind. |
| PI17 | Preferência por medidas mitigadoras tradicionais e estruturais | S.Ind. | II07 |
| PI18 | Falta de controle e monitoramento hidrológico e ausência ou ineficiência de sistemas de alerta | II11, II12 | S.Ind. |
| PI19 | Precariedade das informações hidrológicas e hidráulicas para avaliar a condição atual e propor cenários | II09, II10, II11, II12, IS01, IS04 | S.Ind. |
| PI20 | Fragmentação das atividades e descontinuidade administrativa | II05 | S.Ind. |
| PI21 | Dificuldade de integração entre órgãos públicos | S.Ind. | S.Ind. |

| Problemas | | Indicador Direto | Indicador Indireto |
|---------------------------|--|---------------------|-----------------------|
| PI22 | Projetos urbanos e sistemas de águas pluviais conflituosos (falta de integração entre os setores relacionados à gestão urbana) | S.Ind. | S.Ind. |
| PI23 | Deficiência na articulação e em diálogos intermunicipais e visão municipalizada do manejo das águas pluviais | II14 | S.Ind. |
| Temática Social | | | |
| PS01 | Redução da proteção do solo | S.Ind. | IS01 |
| PS02 | Pressão imobiliária | S.Ind. | S.Ind. |
| PS03 | População em condição de vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos | IS02, IS03 | S.Ind. |
| PS04 | Habitações em áreas de risco | IS01, IS02 | S.Ind. |
| PS05 | Falta de conscientização da população sobre riscos de ocupar áreas de risco | S.Ind. | IS06 |
| PS06 | Difícil acesso público aos canais de discussão e debate sobre os sistemas de águas pluviais | S.Ind. | II19, IS05 |
| PS07 | Falta de interesse da população em participar da tomada de decisão | IS05 | S.Ind. |
| PS08 | Resistência e pré-conceito da população à adoção de algumas medidas estruturais sustentáveis ou não-estruturais | IS06 | S.Ind. |
| PS09 | Déficit no atendimento à população | IS07, IS08 | S.Ind. |
| PS10 | Deficiência na educação da sociedade para com o manejo das águas pluviais | IS06 | S.Ind. |
| PS11 | Falta de percepção da importância do gerenciamento e manejo adequado de águas pluviais e não valorização de ações realizadas | S.Ind. | IS06 |
| PS12 | Proliferação de vetores | IS09 | S.Ind. |
| PS13 | Incidência de doenças de veiculação hídrica | IS09 | S.Ind. |
| Temática Ambiental | | | |
| PA01 | Aumento do volume do escoamento, com conseqüente redução da capacidade hidráulica do sistema | IA03 | S.Ind. |
| PA02 | Alteração dos padrões de circulação da água | IA01, IA03 | S.Ind. |
| PA03 | Redução da capacidade de recarga do aquífero, devido à redução de infiltração | IA01 | S.Ind. |
| PA04 | Alteração do microclima | IA01 | S.Ind. |
| PA05 | Aumento da produção de sedimento devido à desproteção das superfícies | IA02, IA09 | S.Ind. |
| PA06 | Desconhecimento das áreas de risco | IS01 | S.Ind. |
| PA07 | Redução da vegetação marginal dos cursos d'água | IA09 | S.Ind. |
| PA08 | Obstruções ao escoamento, como aterros, pontes, canais de drenagens inadequados | S.Ind. | S.Ind. |
| PA09 | Assoreamento de curso d'água | S.Ind. | IA02 |
| PA10 | Modificações físicas nos canais de escoamento naturais | IA03 | IA02 |
| PA11 | Redução da diversidade da fauna aquática nos cursos d'água | S.Ind. | IA03 |
| PA12 | Ligações indevidas ou ilegais na rede de drenagem (como da rede de esgoto) | IA07, IA08 | S.Ind. |
| PA13 | Dificuldade de identificação de fontes poluidoras / fontes difusas | IA07, IA08 | S.Ind. |
| PA14 | Redução da beleza paisagística | IA03 | IA02 |
| PA15 | Disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos comprometendo o funcionamento pleno de dispositivos de drenagem e contaminando as águas pluviais | IA04, IA05, IS06 | S.Ind. |
| PA16 | Déficit no esgotamento sanitário | IA06, IA07, IA08 | S.Ind. |
| PA17 | Contaminação dos recursos hídricos subterrâneos | S.Ind. | S.Ind. |

Legenda: S.Ind = Sem Indicador. Fonte: A Autora.