

INDICADORES DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA EM MOGI MIRIM ¹

MACEDO, Filipe Francato²

Faculdades Integradas Maria Imaculada (FIMI)
eng.filipemacedo@gmail.com

VIEIRA, Flávio Henrique³

Faculdades Integradas Maria Imaculada (FIMI)
flaviohvieira@yahoo.com.br

FURIGO, Renata de Faria Rocha⁴

Faculdades Integradas Maria Imaculada (FIMI)
renatafurigo@gmail.com

RESUMO

As cidades brasileiras têm um modelo de urbanização e uso do solo que gera impactos negativos sobre os recursos hídricos, principalmente no que diz respeito à drenagem das águas pluviais e pela intensa impermeabilização do solo. Os sistemas de drenagem baseados no rápido escoamento, associada com os serviços precários de varrição e limpeza das vias urbanas comprometem os sistemas naturais e diminuem a eficiência dos próprios sistemas de drenagem existentes. Para recuperar a eficiência desses sistemas, é preciso conhecer seus problemas e as relações com os demais sistemas de infraestrutura. A construção de indicadores de desempenho que contribuam para essa avaliação é uma forma de ação. Neste artigo são apresentados alguns possíveis indicadores de desempenho, e estudada a sua aplicação sobre uma bacia de drenagem urbana da cidade de Mogi Mirim, no Estado de São Paulo, que podem contribuir para esta discussão e auxiliar o Poder Público em processos de tomada de decisão, pois fornecem informações reais sobre o sistema. Verificou-se que, apesar do conhecimento já existente acerca deste assunto, o Poder Público ainda não tem a prática da sistematização de dados de manutenção urbana e sua integração com informações de planejamento municipal para que se obtenha informações e avaliações para melhoria do desempenho dos sistemas de drenagem urbana.

¹ Os autores agradecem a Prefeitura de Mogi Mirim pelos dados e informações disponibilizados para o desenvolvimento do trabalho.

² Engenheiro Civil e Engenheiro de Produção

³ Engenheiro Civil pelas FIMI

⁴ Doutora em Urbanismo, Mestre em Saúde Pública, Engenheira Civil. Membro do ONDAS – Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento. Coordenadora do curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas Maria Imaculada. Tem experiência profissional e desenvolve pesquisas nas áreas de Gestão Urbana, Saneamento, Planejamento Urbano e Meio Ambiente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7640-0148>

Palavras-chaves: Drenagem Urbana. Indicadores de Desempenho. Mogi Mirim.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, a civilização possui uma profunda interação com os cursos d'água, e desde os primórdios das aglomerações urbanas constata-se sua localização preferencialmente junto à mananciais, tendo em vista o seu suprimento para consumo, higiene e despejos dos dejetos da população (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2001 apud MOURA, 2004).

Segundo Marques (2006), no Brasil, o sistema de drenagem urbana foi construído ao longo dos anos de maneira descontinuada, sob o aspecto da falta de planejamento ambiental necessário e sob o critério do rápido escoamento das águas superficiais no meio urbano. Ao mesmo tempo, os problemas referentes à drenagem urbana são cada vez mais frequentes nas cidades, prejudicando a população como um todo, quando da ocorrência de enchentes. É perceptível que não são mais necessárias chuvas de grande intensidade para que isto aconteça, mas o que muitos não percebem é que a falta de manejo adequado da infraestrutura de drenagem e dos resíduos sólidos tem sido a causa da ocorrência de enxurradas e alagamentos, seja pelo volume excessivo de água de chuva escoando superficialmente, pelo acúmulo de areia e pedra proveniente das atividades de construção civil acumulados em calçadas, sarjetas e ruas, e o lixo simplesmente lançado nas vias públicas.

Neste artigo, são discutidos os problemas relacionados à drenagem urbana na cidade de Mogi Mirim no Estado de São Paulo, e os aspectos ligados à operação de limpeza e manutenção dessa infraestrutura. A discussão se dará com foco na Avenida Pedro Botesi, zona norte da cidade, num trecho compreendido entre a Rua Antônio Bigeli e Avenida Juscelino Kubitscheck de Oliveira. Este local foi escolhido por se tratar de uma área que tem sofrido com recorrentes inundações causadas pelo rápido escoamento das águas superficiais oriundas de bairros adjacentes. Além de apresentar os problemas de forma objetiva interligando as inundações às suas respectivas fontes, objetiva-se caracterizar o sistema e a bacia de contribuição apresentando conceitos de medidas estruturais e não estruturais, e uma análise empírica dos efeitos do escoamento indisciplinado das águas urbanas. Procurou-se ainda associar indicadores de desempenho pesquisados na literatura a área de estudo, verificando a possibilidade de serem aplicados como instrumentos de gestão urbana.

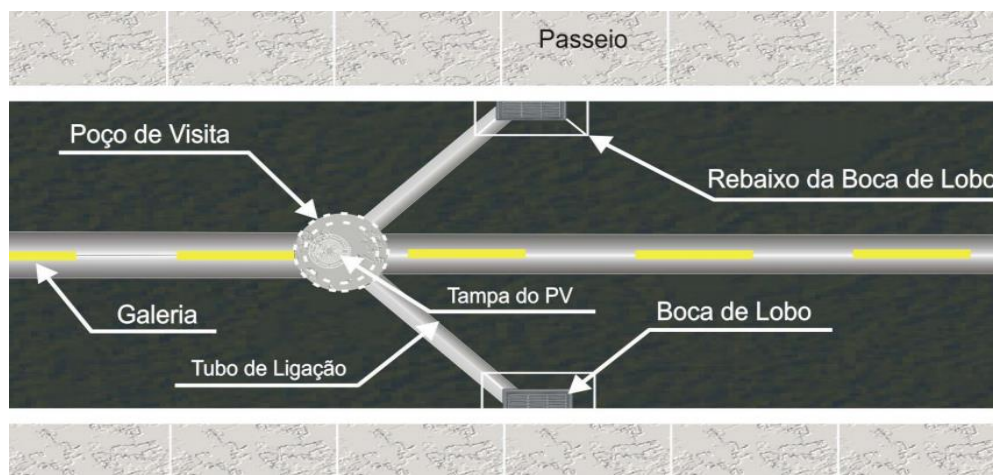
2 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

2.1 Sistemas de microdrenagem e sistemas de macrodrenagem

No estudo de sistema de drenagem urbana, é rotineiro dividir a infraestrutura em dois subsistemas distintos: sistema de microdrenagem e o sistema de macrodrenagem.

O sistema de microdrenagem ilustrado na figura 1 é formado pelo conjunto de condutos destinados a receber e conduzir as águas de chuvas vindas das construções, ruas, praças, lotes, etc. Normalmente, em uma área urbana, a microdrenagem é previamente definida pelo traçado das ruas e é composta pelas sarjetas, guias, bocas de lobo, poços de visita, redes de galerias e também aos canais de pequenas dimensões (AQUAFLUXUS, 2013).

Figura 1: Constituição do sistema de microdrenagem.



Fonte: Adaptado de Fernandes, 2013.

Já o sistema de macrodrenagem (**Figura 2**) corresponde à rede de drenagem natural pré-existente à urbanização, constituída por rios, córregos e talvegues, os quais podem receber obras que as modifiquem e as complementem, tais como as canalizações, barragens, diques, entres outras que armazenam e conduzem grandes volumes de água (AQUAFLUXUS, 2013).

Figura 2: Sistema de macrodrenagem – Córrego canalizado em área urbana.



Fonte: Adaptado de Aquinos, 2016.

2.2 Planejamento do sistema de drenagem urbana

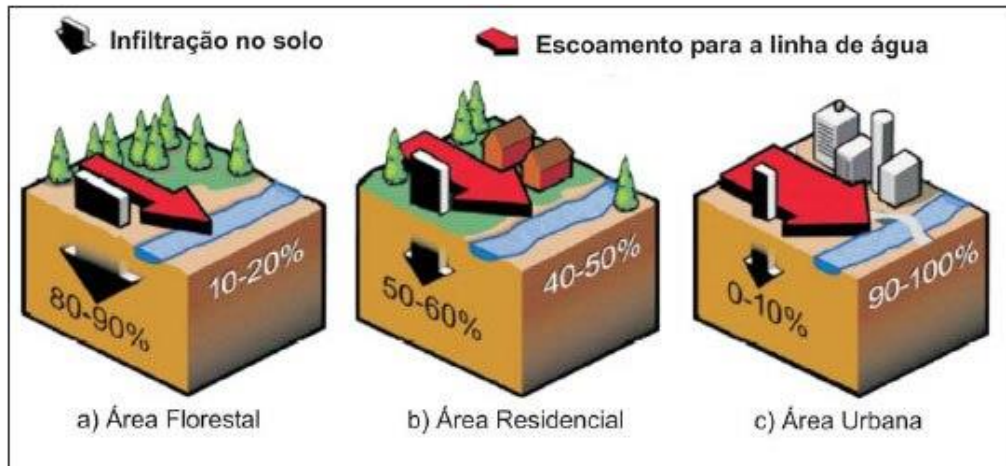
De acordo com a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo (2012), o planejamento do sistema de drenagem urbana deve ter seus critérios bem estabelecidos, apoiados em uma política de administração pública com regulamentos adequados e na sustentabilidade econômica, financeira e ambiental. Esses devem ser definidos ao longo do processo de planejamento em função do seu grau de prioridade pela administração.

A Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo (2012) também diz que o planejamento da drenagem urbana deve ser integrado aos diversos planos diretores e regionais de urbanização e saneamento, também deve se articular com entidades municipais, estaduais e federais para que os diversos aspectos legais e técnicos relacionados a outros planos de infraestrutura sejam considerados quando da elaboração do plano.

2.3 Impactos da urbanização no sistema de drenagem

O crescimento acelerado das cidades brasileiras, associado ao planejamento urbano baseado no transporte rodoviário individual e na expansão das periferias, tem gerado muitos problemas de infraestrutura urbana, especialmente em relação à drenagem de águas pluviais. Entre as causas dos problemas estão: a impermeabilização do solo, desmatamento da vegetação, ocupação das várzeas, estruturação do sistema viário em avenidas de fundo de vale, erosão e assoreamento, lixo, poluição, retificação e canalização de rios, e que tem como consequência as enchentes que geram impactos econômicos e sociais em todas as atividades e funções da cidade (CANHOLI, 2005). Os transtornos gerados pela impermeabilização do solo no sistema de drenagem natural devido ao crescimento das cidades estão ilustrados na **Figura 3**.

Figura 3: Balanço hídrico afetado pela urbanização.

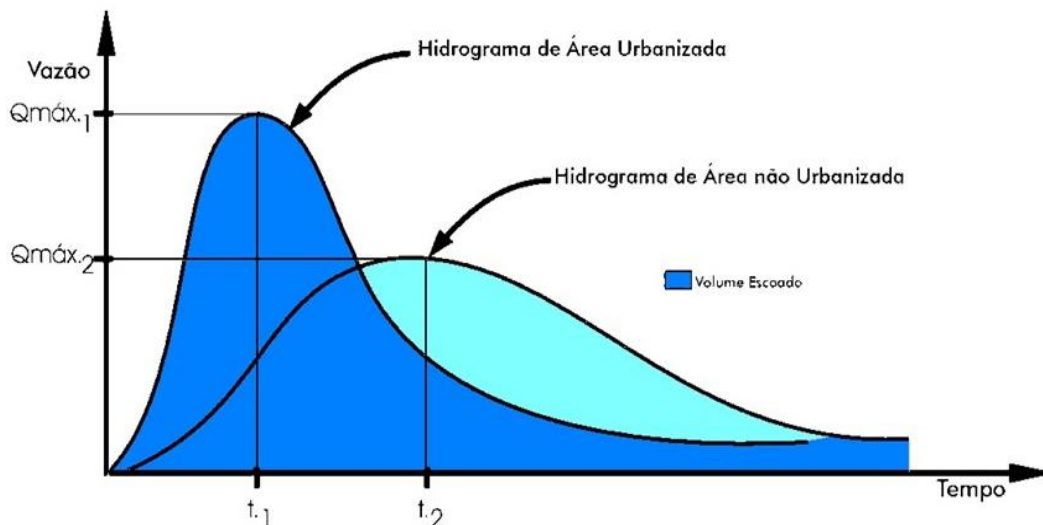


Fonte: Fonte Hídrica, 2017.

Segundo Canholi (2005), tanto no Brasil como em outros países, o sistema de drenagem vem sendo tratado de maneira acessória no que diz respeito ao planejamento urbano. Em caso em que essa infraestrutura foi tratada como fator predominante no planejamento da expansão da cidade, o impacto negativo resultante do crescimento das áreas não permeáveis foi menor. Quando um sistema de drenagem não é planejado corretamente, implica em custo elevado de operação e, na maioria dos casos, mostra-se deficiente nos períodos chuvosos.

A expansão das áreas urbanas, com o conseqüente desmatamento seguido da substituição da camada vegetal por superfícies impermeáveis provoca drástica diminuição da infiltração da água no solo e conseqüente aumento do escoamento superficial direto (**Figura 4**).

Figura 4: Alteração do escoamento em função da urbanização.



Fonte: Fonte Hídrica, 2017.

De acordo com Cardoso (2008), o principal objetivo de um sistema de drenagem urbana é recolher e transportar as águas causadas pelo escoamento superficial decorrentes da diminuição das áreas permeáveis, evitando assim os alagamentos e enchentes. Ramos et al (1999), por sua vez, entende que em relação aos outros melhoramentos urbanos, o sistema de drenagem urbana tem como diferencial o escoamento das águas pluviais, pois este sempre irá existir, independente de existir ou não os sistemas de drenagem adequados, e a qualidade desse sistema é quem determinará se os benefícios ou prejuízos a população serão maiores ou menores.

2.4 Medidas de controle

Dado que as cidades brasileiras estão caracterizadas por sistemas de drenagem ineficientes, fundados em princípios que não atendem às necessidades urbanas, é preciso adotar medidas de controle desses sistemas que minimizem os impactos negativos das chuvas. De acordo com Canholi (2005), essas medidas de correção e prevenção são classificadas em medidas estruturais e medidas não estruturais.

Medidas estruturais: São obras de engenharia que podem ser implantadas nas cidades e representam interferências nas características do escoamento. Essas são responsáveis pelo direcionamento e controle do fluxo das águas pluviais, e atribuem novas estruturas ao sistema original, para retenção ou contenção do escoamento, como por exemplo, a construção de reservatórios, diques e canalizações abertas e fechadas (SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE SÃO PAULO, 2012).

Medidas não estruturais: São normas, regulamentos, disciplinamentos de uso e ocupação dos solos, etc., ou seja, caracterizadas pelos aspectos legais e institucionais, que procuram disciplinar o processo de urbanização de tal forma a minimizar os seus efeitos negativos (SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE SÃO PAULO, 2012). As medidas mais comuns são:

- Zoneamento das áreas de inundação são definidos pela delimitação das áreas de risco visando a respectiva regulamentação para construção nas áreas de interesse (CANHOLI, 2005). Também é possível indicar áreas de risco para desapropriação e destinando-as a praças, bosques, parques, entre outros.
- Previsão de cheias – Medida de monitoramento que visa alertar a população com antecedência, evitando assim o fator surpresa, que as vezes provoca grandes destruições e vítimas fatais (CANHOLI, 2005).

- Seguro de inundações – Instrumento que propõe a compensação financeira quando os danos causados pelas inundações são superiores aos níveis pré-determinados de aceitação (MENDONÇA, 2009).

3 ESTUDO DE CASO: BACIA HIDROGÁFICA DO RIO MOGI MIRIM

O rio Mogi Mirim, principal rio da cidade que leva o seu nome, nasce na área rural do município, passando pela área urbana no sentido Leste-Oeste, até desembocar no rio Mogi Guaçu. Possui diversos afluentes desde a sua nascente, e que, assim como o rio principal, sofreram muitas modificações e impactos devido a ação humana.

Com extensão de 35,4 km, o rio Mogi Mirim tem sua nascente na Fazenda Sertãozinho, altitude de 731 metros. Com, águas tranquilas e sem corredeiras em toda sua extensão, o rio sofre influência da cidade por seis sub-bacias de contribuição (**Figura 5**): Córrego Bela Vista, Córrego Lavapés, Córrego Toledo, Córrego Santo Antônio, Córrego Bairrinho e por fim, a Bacia do rio Mogi Mirim. A foz é o rio Mogi Guaçu, ainda no município de Mogi Mirim, próximo a Cloroetil, na cota 617 metros.

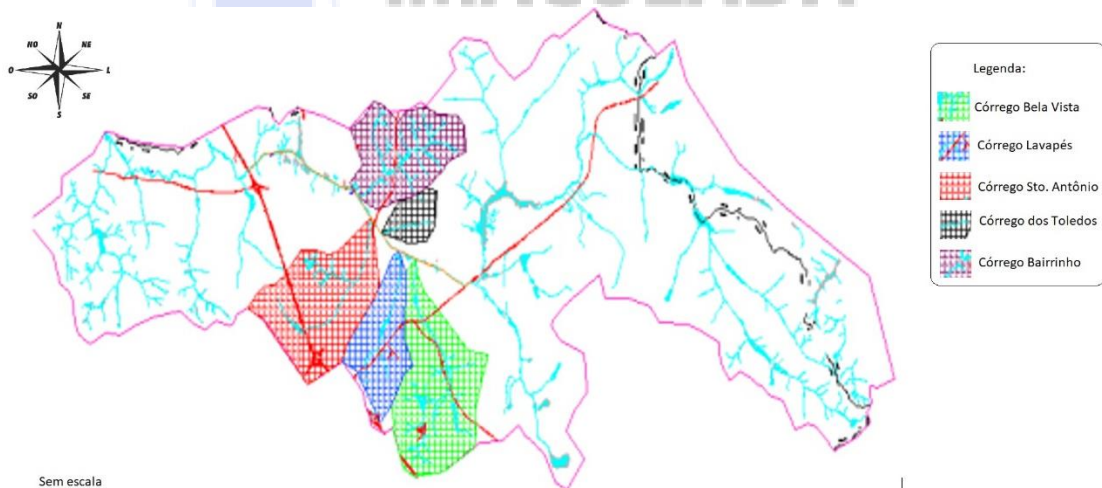
A respeito das sub-bacias contribuintes, as mesmas têm as seguintes características:

- Córrego Bela Vista: Nasce em uma área pouco urbanizada, na zona sul da cidade, passando por dentro do Horto Florestal, entra em uma área urbanizada e desagua no rio Mogi Mirim na Avenida Professor Adib Chaib, próximo a uma empresa de reciclagem de papel.
- Córrego Lavapés: Formado pela junção do Córrego Maria Beatriz com o Córrego Parque Industrial, teve seu curso alterado com a construção de uma barragem que criou, o complexo Lavapés, que é um importante espaço de lazer da cidade. Após a barragem, o córrego corta a Avenida Luiz Gonzaga de Amoedo Campos, na zona sul, e desagua no rio Mogi Mirim no interior de um clube de recreio.
- Córrego dos Toledo: Situado na zona Leste da cidade, caracteriza-se por encontrar um misto de zona rural e urbana, e sofre com a contaminação de esgotos clandestinos no sistema de drenagem. Cruza a estrada férrea da antiga Companhia Mogiana, passando sob a Rua do Mirante e Avenida Padre João

Vieira Ramalho, desembocando no Rio Mogi Mirim na Avenida Professor Adib Chaib, nas proximidades de uma escola infantil.

- Córrego Santo Antônio: Tem sua nascente na área rural, situada a Oeste da cidade, passa pelo bairro Santa Cruz e percorre toda a extensão da Avenida Brasil, onde recebe a contribuição do córrego da Voçoroca. Desagua no rio Mogi Mirim no cruzamento da Avenida Professor Adib Chaib com a Rua Paulo Antônio.
- Córrego Bairrinho: Localizada na zona Nordeste da cidade, passa pela Pedreira desativada do Degrava antes de desembocar no rio Mogi Mirim, entre as Avenidas Professor Adib Chaib e Nagib Chaib.
- Rio Mogi Mirim: Formado por todas as sub-bacias anteriormente citadas e demais afluentes, é caracterizada por problemas de lançamentos de esgoto diretamente no rio, assoreamento, poluição, invasão de áreas de preservação permanente, supressão de vegetação de mata ciliar e lançamento do sistema de drenagem de águas pluviais desordenado.

Figura 5: Mapa das Sub-bacias de contribuição cidade de Mogi Mirim-SP.



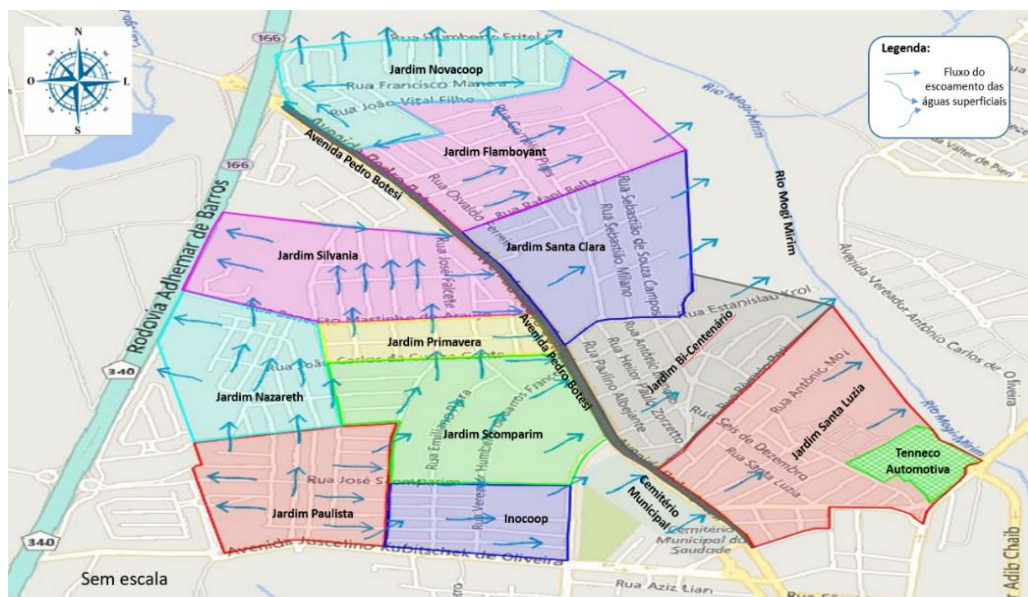
Fonte: Adaptado de Mogi Mirim, 2015.

A área de estudo compreende uma seção do rio Mogi Mirim em que o curso d'água já é completamente urbanizado, e está no último grande trecho urbano do percurso antes da foz. Essa área inicia-se na proximidade da Avenida 15 de Agosto, próxima a fábrica de autopeças Tenneco Automotiva (antiga Monroe). Neste trecho, o rio Mogi Mirim passa a receber contribuições das águas escoadas dos bairros Santa Luzia, Jardim Bicentenário, Santa Clara, Jardim Flamboyant e Jardim Novacoop. No entanto, a montante destes bairros encontra-se a

avenida Pedro Botesi, uma das vias arteriais mais importantes da cidade, e que separa as contribuições pluviais de bairros mais elevados: Jardim Paulista, Jardim Nazareth, Inocoop, Jardim Primavera, Jardim Scomparim e Jardim Sylvania (Figura 6).

O bairro Jardim Paulista, que está localizado na parte mais elevada da bacia de contribuição na cota 694 metros (Google Earth, 2017), foi construído sem nenhuma rede de drenagem, impondo volume e alta velocidade de escoamento para os bairros adjacentes em cotas mais baixas, como Jardim Nazareth, Inocoop, Jardim Sylvania e Jardim Scomparim. Esses bairros, por estarem com seus sistemas de drenagem sobrecarregados, pois recebem contribuições planejadas e não planejadas (Jardim Paulista), sofrem com erosão de asfalto, inundações e, no caso da rua Antônio Bigelli, no Jardim Sylvania, inundações recorrentes, além de arrastarem problemas diversos para a Avenida Pedro Botesi.

Figura 6: Escoamento das águas para a Avenida Pedro Botesi e Rio Mogi Mirim.



Fonte: Elaboração própria, 2017.

4 METODOLOGIA

Gerir esse sistema de drenagem requer um conjunto de técnicas e ações que podem ser divididas em três partes: Planejamento, Execução e Avaliação. Esses componentes retroalimentam-se, fazendo que na etapa do planejamento hajam muitas dificuldades inicialmente devido à falta de indicadores de desempenho (custos de operação, controle de vida

útil, entre outros) que deveriam deverão ser obtidos por meio dos resultados avaliados nas etapas subsequentes.

Para analisar este sistema de drenagem urbana, seu desempenho e os impactos negativos, foi realizada uma pesquisa junto à prefeitura Municipal e com os resultados obtidos foram criados indicadores de desempenho, também foi realizada uma análise da bacia de contribuição, no trecho compreendido da Avenida Pedro Botesi com a Avenida Juscelino Kubitscheck de Oliveira, próximo ao supermercado Lavapés, e a rua Antônio Bigelli, no Jardim Silvânia, tendo como limite o condomínio residencial Sylvia Matta. Para essa análise foram utilizadas imagens de satélite e plantas oficiais da cidade (Google Earth e AutoCad Civil 3D), sobre as quais foram delimitadas as áreas de contribuição e os bairros contribuintes. Também foram avaliados os efeitos do escoamento das águas pluviais nos bairros de cota mais elevada até o ponto de estudo na Avenida Pedro Botesi.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas informações colhidas, foi delimitada a bacia de contribuição de interesse para a análise proposta, visando estabelecer a área total e área de influência de cada bairro.

Verifica-se que no bairro Jardim Paulista não existe sistema de drenagem das águas de chuva, ou seja, os bairros Inocoop, Jardim Scomparim e Jardim Nazareth recebem as águas de chuva do Jardim Paulista de forma superficial, e por falta dos sistemas planejados de drenagem, essas águas chegam com alta velocidade de escoamento, fazendo que o sistema de drenagem de cada bairro fique sobrecarregado e não seja suficiente para drenarem-se as águas, provocando a invasão de águas sobre as calçadas e no leito das ruas, enxurradas (escoamento de grande volume de água com grande velocidade pela via pública), com o rastejo de toda sorte de materiais.

Outro problema verificado que se origina pela falta de sistema adequado no Jardim Paulista, é a deterioração do asfalto das ruas. Esse processo destrutivo provoca o acúmulo de pedriscos e resíduos de asfalto nas ruas e avenidas (**Figura 8**), e durante as chuvas, o material solto é arrastado e levado até a Av. Pedro Botesi. Quando o material é arrastado para dentro das galerias, ao chegar na rede da Av. Pedro Botesi, ocorre assoreamento das tubulações, e conseqüentemente, redução da seção de escoamento. Esse processo provoca mais pontos de inundação e mais degradação dos sistemas existentes na avenida.

Figura 8: Deterioração do asfalto no Jardim Sylvania.



Fonte: Autor, 2017.

Além desse problema, acarretado pela falta de drenagem no ponto mais alto da bacia de contribuição, verificou-se o excesso de resíduos sólidos nas ruas dos bairros. Esses resíduos são caracterizados por entulhos de construção depositados nas calçadas, material de construção depositados irregularmente nas calçadas e sarjetas (areia e pedra); resíduos volumosos, como sofás, madeira de móveis, televisões; e pequenos resíduos, como sacos de lixo jogados de forma inadequada (**Figura 9**).

Figura 9: Acúmulo de resíduos de construções nas calçadas.



Fonte: Autor, 2017.

Com as chuvas, todo esse material é rastejado em maior ou menor proporção, para o sistema de galerias da Av. Pedro Botesi (**Figura 10**). Seja por meio da tubulação, que acaba entupida, seja pelo escoamento superficial, com resultados inadequados para a avenida, que é

um dos principais acessos da cidade, comportando uma alta densidade de ocupação, abrigando inclusive o prédio do gabinete do prefeito municipal, além de prédios de escritórios, comércio de grande porte, postos de gasolina, prédios residenciais, supermercados, ou seja, uma área de grande interesse e utilização.

Para uma melhora no desempenho e na eficácia do sistema, foram selecionados alguns indicadores de desempenho com base nas necessidades do município de Mogi Mirim. A sua utilização pode trazer benefícios como uma ferramenta de análise de eficiência e eficácia do sistema de drenagem, com os resultados direcionados ao benefício dos usuários, sendo evidenciados pela melhoria na qualidade de vida dos cidadãos (SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE SÃO PAULO, 2012).

Ainda de acordo com o Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo (2012), através da aplicação e acompanhamento dos planos, programas, projetos e outras medidas de controle os indicadores serão de extrema utilidade no auxílio ao processo de gestão de drenagem urbana do município. A sua utilização está vinculada à obtenção de dados e ao monitoramento dos parâmetros, estando eles diretamente relacionados à confiabilidade dos dados coletados e utilizados. A escolha dos indicadores irá aperfeiçoar-se com o tempo e com a experiência adquirida, podendo ser retirados ou incluídos a qualquer momento, a fim de otimizar o grau seu de confiabilidade.

Figura 10: Acúmulo de resíduos de construções nas bocas de lobo.



Fonte: Autor, 2017.

Estes indicadores foram divididos em sete campos de análise, sendo eles: operacional, grau de impermeabilização do solo, gestão da drenagem urbana, abrangência do sistema de

drenagem, avaliação do serviço de drenagem pluvial, gestão de eventos hidrológicos extremos e interferências à eficácia do sistema de drenagem (**Tabela 1**).

A Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo, para fins práticos, usa a sigla IMAP – Indicadores de Manejo de Águas Pluviais e para esse trabalho, foi mantida a mesma nomenclatura.

Para efeitos de cálculos dos indicadores, os dados populacionais, área total da bacia e área verde, foram estimados apenas para a área em estudo através do aplicativo CENSO 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

- a) População total da bacia (área de estudo) – 30.630 hab.
- b) População não atendida pela coleta de esgotos pluviais – 1.750 hab. (Jd. Paulista)
- c) Área total da bacia – 4.499.178,50 m² ou 4,50 km²
- d) Áreas verdes – 903.334,60 m² ou 0,903 Km²

Tabela 1: Indicadores de desempenho propostos

Campo de Análise	Indicador	Unidade de Medida
Operacional	Índice de atendimento urbano de água pluviais	%
Grau de permeabilidade do solo	Nível de urbanização	%
	Nível de áreas verdes urbanas	m ² /habitante
	Proporção de área construída ou impermeabilizada	%
Gestão da drenagem urbana	Cadastro de rede existente	%
Abrangência do sistema de drenagem	Cobertura do sistema de drenagem superficial	%
	Cobertura do sistema de drenagem subterrânea	%
	Investimento per capita em drenagem urbana	R\$/habitante
Avaliação do serviço de drenagem pluvial	Limpeza e desobstrução de galerias	%
	Limpeza e desobstrução de canais	%
	Limpeza e desobstrução de bocas de lobo	%
Gestão de eventos hidrológicos extremos	Incidência de alagamentos no município	Eventos/ Ano
Interferência à eficácia do sistema de drenagem	Cobertura de serviços de coleta de resíduos sólidos	%
	Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana	%

Fonte: Reproduzido de Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano de São Paulo, 2012.

5.1 Indicadores Operacionais

Fornecer informações sobre a cobertura dos serviços prestados.

- $IMAP_1$: Índice de atendimento urbano de águas pluviais (%).

$$IMAP_1 = \frac{\text{população atendida com a coleta de esgotos pluviais}}{\text{população total do município (área de estudo)}} * 100$$

$$IMAP_1 = \frac{28.880}{30.630} * 100 = 94,29 \%$$

Como o bairro Jardim Paulista não possui sistema de drenagem de águas pluviais, o índice de atendimento para este item é de 94,29%.

5.2 Grau de Impermeabilização do Solo

Fornecer informações sobre as modificações do ambiente urbano devido ao processo de urbanização.

- $IMAP_2$: Nível de urbanização (%).

$$IMAP_2 = \left(\frac{\text{população urbana}}{\text{população total}} \right) * 100$$

Para o caso em estudo, e como a bacia é inteiramente urbanizada, entende-se que o nível de urbanização é de 100%

- $IMAP_3$: Nível de áreas verdes urbanas (m^2 /habitante).

$$IMAP_3 = \frac{\text{áreas verdes (m}^2\text{)}}{\text{população urbana (hab.)}} = \frac{903.334,60}{30.630} = 29,49 \text{ m}^2/\text{hab}$$

Para o caso em estudo, e com base nas áreas verdes localizadas nos mapas, o índice da área de estudo é de 29,49 m^2 de área verde por habitante.

- $IMAP_4$: Proporção de área construída ou impermeabilizada (%).

$$IMAP_4 = \left(\frac{\text{áreas impermeabilizadas}}{\text{área total}} \right) * 100$$

$$IMAP_4 = \left(\frac{3.595.844,20}{4.499.178,80} \right) * 100 = 79,92\%$$

Considerando a área total da bacia de contribuição estudada, e fazendo a diferença das áreas verdes, considera-se esse indicador como sendo igual a 79,92%.

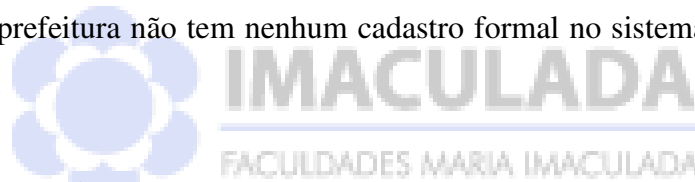
5.3 Gestão da drenagem urbana

Este indicador permite ter informações de redes cadastradas versus redes estimadas.

- IMAP5: Cadastro de rede existente (%).

$$IMAP_5 = \left(\frac{\text{extensão de redes cadastradas}}{\text{extensão de redes estimadas}} \right) * 100$$

Como a prefeitura não tem nenhum cadastro formal no sistema, considera-se o índice como sendo 0%.



5.4 Abrangência do sistema de drenagem

Estes indicadores de abrangência do sistema de drenagem visam avaliar os avanços obtidos através da implantação e cobertura do sistema.

- IMAP6: Cobertura do sistema de drenagem superficial (%).

$$IMAP_6 = \frac{\text{área (ou extensão) beneficiada com o sistema de drenagem superficial}}{\text{área total do município}}$$

- IMAP7: Cobertura do sistema de drenagem subterrânea (%).

$$IMAP_7 = \frac{\text{área (ou extensão) beneficiada com o sistema de drenagem subterrânea}}{\text{área total do município}}$$

- IMAP8: Investimento per capita em drenagem urbana (R\$/habitante).

$$IMAP_8 = \frac{\text{valor investido em drenagem (R\$)}}{\text{população total}}$$

Para este conjunto de indicadores, é necessária uma pesquisa mais específica junto a Prefeitura Municipal de Mogi Mirim, e por isso não será explorado neste trabalho.

5.5 Avaliação do serviço de drenagem pluvial

Estes indicadores fornecem informações sobre os serviços de inspeção, limpeza e manutenção dos seguintes elementos do sistema de drenagem.

- $IMAP_9$: Limpeza e desobstrução de galerias (%).

$$IMAP_9 = \left(\frac{\text{número de galerias limpas/desobstridas}}{\text{número de galerias existentes}} \right) * 100$$

- $IMAP_{10}$: Limpeza e desobstrução de canais (%).

$$IMAP_{10} = \left(\frac{\text{número de canais limpos/desobstridos}}{\text{número de canais existentes}} \right) * 100$$

- $IMAP_{11}$: Limpeza e desobstrução de bocas de lobo (%).

$$IMAP_{11} = \left(\frac{\text{número de bocas de lobo limpas/desobstridas}}{\text{número de bocas de lobo existentes}} \right) * 100$$

Para esse conjunto de indicadores, é necessária uma pesquisa mais específica junto a Prefeitura Municipal de Mogi Mirim, e por isso não será explorado neste trabalho.

5.6 Gestão de eventos hidrológicos extremos

Este indicador avalia a ocorrência de inundação e alagamento.

- $IMAP_{12}$: Incidência de alagamento no município (eventos/ano).

$$IMAP_{12} = \frac{\text{frequência de ocorrência de cada ponto alagado}}{\text{período de tempo}}$$

Para esse indicador, é necessária uma pesquisa mais específica junto a Prefeitura Municipal de Mogi Mirim, e por isso não será explorado neste trabalho.

5.7 Interferência à eficácia do sistema de drenagem

Este indicador permite avaliar a interferência sobre o sistema de drenagem em virtude de outros setores do sistema de saneamento.

- $IMAP_{13}$: Cobertura de serviços de coleta de resíduos sólidos (%).

$$IMAP_{13} = \left(\frac{\text{número de ruas com coleta de resíduos sólidos}}{\text{número total de ruas}} \right) * 100$$

Para este serviço na área em questão, segundo informações da Prefeitura Municipal, a cobertura por coleta domiciliar é de 100%.

- $IMAP_{14}$: Proporção de vias atendidas por varrição ao menos duas vezes por semana. (%).

$$IMAP_{14} = \left(\frac{\text{número de ruas atendidas}}{\text{número total de ruas}} \right) * 100$$

Essa informação não foi passível de obtenção na Prefeitura Municipal, pois, segundo informação de funcionários públicos, o serviço de varrição está precário devido à falta de contrato de serviço de limpeza urbana, que por sua vez, não tem prazo para ser resolvido.

A **Tabela 2** apresenta os indicadores de desempenho obtidos para o estudo de caso desenvolvido.

Tabela 2: Indicadores de desempenho para a região da Av. Pero Botesi

Campo de Análise	Indicador	Unidade de Medida
Operacional	Índice de atendimento urbano de água pluviais	94,29%
Grau de permeabilidade do solo	Nível de urbanização	100%
	Nível de áreas verdes urbanas	29,49m ² /hab
	Proporção de área construída ou impermeabilizada	79,92%
Gestão da drenagem urbana	Cadastro de rede existente	0%
Abrangência do sistema de drenagem	Cobertura do sistema de drenagem superficial	SI
	Cobertura do sistema de drenagem subterrânea	SI
	Investimento per capita em drenagem urbana	SI
Avaliação do serviço de drenagem pluvial	Limpeza e desobstrução de galerias	SI
	Limpeza e desobstrução de canais	SI

	Limpeza e desobstrução de bocas de lobo	SI
Gestão de eventos hidrológicos extremos	Incidência de alagamentos no município	SI
Interferência à eficácia do sistema de drenagem	Cobertura de serviços de coleta de resíduos sólidos	100%
	Proporção de vias atendidas por varrição ao menos 2 vezes por semana	SI

6 CONCLUSÃO

Com base nas informações obtidas pela pesquisa realizada, conclui-se que, para o bom desempenho de um sistema de drenagem urbana, é necessário que este sistema seja muito bem planejado/dimensionado e que também ocorram as manutenções habituais (varrição, coleta de lixo/entulhos, entre outras) e, para que estas ocorram de maneira eficiente, faz-se necessário um conjunto de indicadores de desempenho que permitam controlar a periodicidade e as áreas mais vulneráveis. Esse conjunto de indicadores também poderá ser utilizado para tomadas de decisões envolvendo a programação de substituição dos sistemas mais antigos ou obsoletos, que vêm recebendo manutenções corretivas com frequência, mas também investimentos futuros.

Também se conclui que maioria dos problemas relacionados a enchentes e inundações no trecho proposto são causados pela falta de um sistema de drenagem no bairro Jardim Paulista, assim como a deterioração do asfalto das ruas dos bairros em cotas mais baixas que acabam recebendo o escoamento superficial não planejado e com alta velocidade de escoamento.

Um programa de conscientização da população para não deixarem materiais de construção e entulho nas calçadas e fiscalização mais rigorosa, fariam que o assoreamento/entupimento de galerias e bocas de lobo diminuíssem; no entanto, é de fundamental importância que o bairro Jardim Paulista seja objeto de estudo pela Prefeitura Municipal para implantação de sistema de drenagem urbana a fim de minimizar os efeitos negativos desta falha.

Com respeito aos indicadores de desempenho, apesar de parte deles não ter sido passível de obtenção, reflete boa possibilidade de estudo acerca da política de drenagem urbano no município.

Seria interessante que pesquisas acadêmicas fossem realizadas para fins de comparação e estabelecimento de possíveis soluções para os problemas diagnosticados na cidade para as diversas sub-bacias identificadas. A comparação com outras cidades também poderá ser relevante para fins científicos.

De qualquer maneira, é fundamental que haja estudos acerca desta importante infraestrutura, relacionando planejamento e gestão, com a finalidade de aperfeiçoar os sistemas e melhorar o manejo das águas pluviais nas cidades brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUAFLUXUS. **Drenagem Urbana**. Clássica x Sustentável. {S.I.}:2013. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/drenagem-urbana-classica-x-sustentavel/>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

AQUAFLUXUS. **Macro drenagem e micro drenagem**. Os subsistemas característicos da drenagem urbana. {S.I.}:2013. Disponível em: <http://www.aquafluxus.com.br/microdrenagem_e_macro drenagem_os_subsistemas_caracteristicos_da_drenagem_urbana/>. Acesso em: 06 mai. 2017.

AQUINOS, M. C. **O desafio da drenagem urbana** – {S.I.}. Disponível em: <<http://www.sinergiaengenharia.com.br/o-desafio-da-drenagem-urbana/>>. Acesso em: 14 out. 2017.

CAMARA MUNICIPAL DE MOGI MIRIM – **Rio Mogi Mirim**. {S.I.}. Disponível em: <http://www.camaramogimirim.sp.gov.br/?page_id=130>. Acesso em: 18 set. 2017.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

CARDOSO, M. A. **Avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana**. Tese de Doutorado pela Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa 2008.

FERNANDES, R. O. **Introdução a Drenagem Urbana** – Micro drenagem. {S.I.}. Disponível em: <<http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=drenagem-urbana-microdrenagem.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2017.

FONTE HÍDRICA. **Impactos da urbanização em bacias hidrográficas**. {S.I.}:2011. Disponível em: <<http://fontehidrica.blogspot.com.br/2011/11/impactos-da-urbanizacao-em-bacias.html>>. Acesso em: 23 set. 2017.

GOVERNO DE MOGI MIRIM. **Planejamento e mobilidade urbana**. Plano diretor. {S.I.}. Disponível em: <<http://www.mogimirim.sp.gov.br/arquivos/planejamento-e-mobilidade-urbana/plano-diretor-2015-lei-compl-308-2015>>. Acesso em: 12 maio 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População e domicílios em grade estatística**. Censo 2010. {S.I.}. Disponível em: <<http://mapasinterativos.ibge.gov.br/grade/default.html>>. Acesso em: 12 de nov. 2017.

MARQUES, C. E. B. **Métodos para formulação de planos diretores de drenagem urbana**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental de Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília. Brasília 2006. Pag. 1.

MENDONÇA, E. C. **Metodologia para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana**. 2009. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2009.

MOURA, P. M. **Contribuição para a avaliação global do sistema de drenagem urbana**. Dissertação de Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004

RAMOS, C. L. e outros. **Diretrizes básicas para projeto de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Fundação centro tecnológico de hidráulica, 1999.

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE SÃO PAULO. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**. Gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: SMDU/SP, 2012.

