

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**MARINA TEIXEIRA DOS SANTOS**

**PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL  
PARA FINS DE MITIGAÇÃO DE CHEIAS EM ÁREAS URBANAS**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2020**

**MARINA TEIXEIRA DOS SANTOS**

**PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL  
PARA FINS DE MITIGAÇÃO DE CHEIAS EM ÁREAS URBANAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Demetrius David da Silva

Coorientadores: Emmanuel K. da C. Teixeira

Michel Castro Moreira

**VIÇOSA - MINAS GERAIS**

**2020**

T

S237a  
2020 Santos, Marina Teixeira dos, 1981-  
Proposição e avaliação de sistemas de baixo impacto ambiental para fins de mitigação de cheias em áreas urbanas / Marina Teixeira dos Santos. - Viçosa, MG, 2020.  
96 f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Marina Teixeira dos Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 69-72.

1. Bacias hidrográficas urbanas. 2. Planejamento urbano - Aspectos ambientais. 3. Impacto ambiental. 4. Storm Water Management Model (Software). I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 333.73


MARINA TEIXEIRA DOS SANTOS

PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL  
PARA FINS DE MITIGAÇÃO DE CHEIAS EM ÁREAS URBANAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de dezembro de 2020.

Assentimento:

  
Marina Teixeira dos Santos  
Autora

  
Demetrius David da Silva  
Orientador

“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos”. (Marcel Proust)

## AGRADECIMENTOS

Gratidão é o sentimento presente neste momento.

Gostaria de agradecer a todos que me apoiaram neste projeto.

Ao meu orientador e maior incentivador professor Demetrius que com todo carinho e paciência acreditou em mim e fez com que esse trabalho fosse possível.

Aos meus coorientadores professores Emmanuel e Michel que contribuíram com muito profissionalismo e dedicação.

Agradeço a minha família e amigos que entenderam minha ausência para que eu pudesse me dedicar a esse trabalho. Aos meus pais que sempre estão na torcida me incentivando a ser cada dia melhor. Aos meus irmãos Irene e Flávio que me apoiam sempre. Ao Gerson pela força.

Aos meus filhos Guilherme e Luiza companheiros no trabalho de campo e na vida.

Ao grupo do CRRH que mais que um grupo de pesquisa foi também uma família que me acolheu e apoiou com todo o suporte que precisei. Principalmente à Ana Luiza que foi uma companheira muito querida nesta jornada.

Aos meus colegas de trabalho da PAD/UFV que se desdobraram na minha ausência para que os trabalhos continuassem. Em especial à Patrícia que adiou seus projetos para que eu me ausentasse.

Ao Jornal Folha da Mata, ao Serviço de Defesa Civil, ao IPLAM e a secretaria de obras na pessoa do sr José Vicente o meu muito obrigado pelas informações.

A UFV pelo incentivo e estrutura.

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

Acima de tudo, a Deus que nunca me deixa desistir dos desafios e mostra todo dia que cada esforço vale a pena.

## RESUMO

SANTOS, Marina Teixeira dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2020. **Proposição e avaliação de sistemas de baixo impacto ambiental para fins de mitigação de cheias em áreas urbanas.** Orientador: Demetrius David da Silva. Coorientadores: Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira e Michel Castro Moreira.

A ausência histórica de planejamento urbano na maioria das cidades traz como consequência áreas com alagamentos, inundações e enchentes cada vez mais recorrentes. Fato decorrente da redução excessiva de áreas permeáveis que propiciem a permanência da água na bacia, atrelado a um sistema de drenagem convencional que facilita o recolhimento rápido da água pluvial, transferindo para a jusante os problemas locais. Para contrapor este cenário encontrado em muitas cidades do Brasil e do mundo, os sistemas de baixo impacto ambiental, compostos por conjuntos de técnicas compensatórias de drenagem que tem por objetivo principal favorecer a infiltração local de forma sustentável e com baixo impacto ambiental, constituem-se em uma alternativa promissora. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi propor e avaliar a implantação de sistemas de baixo impacto ambiental para fins de mitigação de cheias em áreas urbanas com base em estudos de caracterização de intensidade e recorrência de eventos extremos. Realizou-se uma avaliação de custo-benefício da implantação de soluções baseadas na natureza e a ampliação do sistema tradicional existente. A área de estudos é localizada em uma bacia urbanizada do município de Viçosa-MG, que apresenta recorrentes inundações. Foi realizada a caracterização da área utilizando tanto georreferenciamento quanto inspeções locais para que fosse possível propor cenários mais eficientes e realísticos. Estas informações foram utilizadas para a simulação, com o uso das ferramentas de modelagem hidrológica e hidráulica do *software Storm Water Management Model (SWMM)*, do cenário atualmente existente, que balizou as comparações entre os cenários propostos. No Cenário 01 foi considerado a condição atual da bacia em termos de microdrenagem e porcentagens de áreas permeáveis para chuva de projeto com período de retorno de dois anos. Para o Cenário 02 foram simuladas propostas de implantação dos sistemas de baixo impacto ambiental possíveis para a área de estudos e no Cenário 03 as simulações foram baseadas em manter as condições da bacia e focar no redimensionamento da rede de drenagem pluvial existente. Os resultados das simulações mostraram que, em termos de balanço hídrico, a implantação das técnicas compensatórias possibilitou uma redução em cerca de 22% do escoamento superficial. Já quanto ao sistema de drenagem pluvial, embora o Cenário 02 tenha proporcionado reduções do volume inundado,

apenas as técnicas adotadas não foram suficientes para eliminar todos os pontos de inundação devido às limitações de área disponíveis para a implantação das técnicas. Na simulação do Cenário 03 todo excesso de água para a chuva de projeto simulada foi transportado para jusante. Em relação aos custos de implantação, o Cenário 02 apresentou valores expressivamente menores, em torno de 52% dos valores obtidos para a implantação do Cenário 03. Dessa forma, conclui-se que a implantação das técnicas compensatórias é possível, eficaz e apresenta satisfatório custo-benefício para a mitigação de inundações. Porém, há que se considerar no estudo de implantação fatores antropizantes que influenciam de forma direta no direcionamento do escoamento superficial, como o arruamento das cidades. Para tomada de decisões devem também ser considerados aspectos gerais de multifuncionalidade, socioeconômicos e ambientais que contribuirão para uma maior eficiência na gestão integrada de recursos hídricos e resiliência urbana no gerenciamento e controle de águas pluviais. A modelagem com o SWMM possibilitou, diante do diagnóstico e construção de cenários, soluções possíveis de serem adotadas para a mitigação dos problemas de inundações na bacia em estudo, com potencial de replicação para outras áreas urbanas.

**Palavras-chave:** Bacias urbanas. Técnicas compensatórias. LID. SWMM.

## ABSTRACT

SANTOS, Marina Teixeira dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2020. **Proposition and evaluation of low environmental impact systems for mitigation purposes of flooding in urban areas.** Adviser: Demetrius David da Silva. Co-advisers: Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira and Michel Castro Moreira.

The historical lack of urban planning in most cities results in floods being more and more frequent. This is due to both the reduction of permeable areas, which are responsible for keeping water inside the catchment, and the conventional drainage system, which quickly collects stormwater and transfer it downstream along with the local problems. To counteract this scenario found in many cities in Brazil and worldwide, low impact development systems are a promising alternative. Low impact development systems are composed of best management practices whose main goal is to increase local infiltration in a way that is sustainable and has a low environmental impact. Hence, this study aims to propose and evaluate the implementation of low impact development systems to mitigate flood in urban areas based on studies to characterize the intensity and recurrence of extreme events. A cost-benefit assessment of the implementation of solutions based on nature and the expansion of the existing conventional drainage system was carried out. The study area is located in an urban catchment in the city of Viçosa-MG that often floods. The area was characterized by both georeferencing and local inspections so that it was possible to propose more efficient and realistic scenarios. This information was used to simulate the current scenario. The simulation used the hydrological and hydraulic modeling tools of the Storm Water Management Model (SWMM) software. The current scenario was used to assess the proposed scenarios. In Scenario 01, current scenario, the catchment was considered in its current conditions of minor drainage, percentages of permeable areas along with a two-year return period design rain. Scenario 02 proposed the implementation of low impact development systems that are possible for the study area. In Scenario 03 the simulations were based on keeping the catchment conditions and resizing the existing conventional drainage system. The results of the simulations showed that, in terms of water balance, the implementation of best management practices reduced about 22% of the runoff. Although Scenario 02 reduced the flood volume, the practices adopted were not enough to eliminate all the flooding points due to the limited available area. In the simulation of Scenario 03, all excess water of the simulated design rain was transported downstream. Regarding the implementation cost, Scenario 02 had a significantly lower cost, around 52%,

than the implementation of Scenario 03. Therefore, it is concluded that the implementation of best management practices is possible, effective, and has a satisfactory cost-benefit for flood mitigation. However, it is necessary to consider anthropizing factors in the implantation study, since they, such as city streets, influence directly the direction of the surface runoff. For decision-making, general aspects of multifunctionality, socioeconomic, and environmental aspects that will enhance the efficiency of the integrated water resources management and urban resilience in the management and control of stormwater must also be considered. Modeling with SWMM through the diagnosis and construction of scenarios made it possible to propose possible solutions to be adopted for flood mitigation in the studied catchment with potential for replication to other urban areas.

**Keywords:** Urban catchments. Best Management Practices. LID. SWMM.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS TERMINOLOGIAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL .....	19
FIGURA 2 - DIFERENTES TIPOS DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS.....	20
FIGURA 3 - RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO, RETENÇÃO E INFILTRAÇÃO .....	22
FIGURA 4 - DIFERENTES FINALIDADES DAS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS ESTRUTURAIIS BIOLÓGICAS.....	23
FIGURA 5 - CORTE ESQUEMÁTICO DE COMPONENTES DE TELHADO VERDE.....	24
FIGURA 6 - CORTE ESQUEMÁTICO PAVIMENTO PERMEÁVEL COM SISTEMA DE DRENAGEM .....	25
FIGURA 7- ESQUEMA DE CONSTRUÇÃO DE JARDIM DE CHUVA .....	26
FIGURA 8 - JARDIM DE CHUVA DE FORMA LINEAR .....	26
FIGURA 9 - POÇO DE INFILTRAÇÃO .....	27
FIGURA 10 - FAIXA OU CANAL GRAMADO.....	28
FIGURA 11 - VALA DE INFILTRAÇÃO.....	28
FIGURA 12 - TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO.....	29
FIGURA 13 - COMPONENTES ASSOCIADOS AO MÉTODO DO NÚMERO DA CURVA (SCS-USDA)	30
FIGURA 14 - VISÃO CONCEITUAL DO FENÔMENO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SWMM...	31
FIGURA 15 - EVOLUÇÃO POPULAÇÃO DE VIÇOSA AO LONGO DAS ÚLTIMAS DÉCADAS .....	32
FIGURA 16 - PROCESSO DE EXPANSÃO DA MALHA URBANA DE VIÇOSA. ....	33
FIGURA 17 - ESQUEMA METODOLÓGICO ADOTADO NO ESTUDO .....	36
FIGURA 18 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: A) ESTADO DE MINAS GERAIS, (B) CIDADE DE VIÇOSA E (C) SUB-BACIA EM ESTUDO .....	37
FIGURA 19 - PRECIPITAÇÃO NORMAL MÉDIA MENSAL DE VIÇOSA - MG, NO PERÍODO DE 1981 A 2010.....	38
FIGURA 20 - ÁREAS DE DRENAGEM INDIVIDUALIZADAS, DENOMINADAS BACIAS, NA ÁREA DE ESTUDO .....	42
FIGURA 21 - LOCAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM EXISTENTE NA BACIA URBANA EM ESTUDO, ONDE AS BACIAS R05, R06 E R07 CORRESPONDEM A TRECHOS PAVIMENTADOS DA AVENIDA E OS PONTOS A, B, C, D, E, F, G E H SÃO LOCAIS DE COLETA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL .....	45
FIGURA 22 - BALANÇO HÍDRICO PARA A ÁREA DE ESTUDOS CONSIDERANDO OS CENÁRIOS AVALIADOS .....	52
FIGURA 23 - LOCAÇÃO DAS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS ADOTADAS PARA O CENÁRIO 02.....	53

FIGURA 24 - DESEMPENHO DAS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS NA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA ÁREA EM ESTUDO .....	55
FIGURA 25 - DIRECIONAMENTO DOS FLUXOS NA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DA ÁREA EM ESTUDOS.....	56
FIGURA 26 – VELOCIDADES DE ESCOAMENTO MÁXIMAS, CLASSIFICAÇÃO DOS ESCOAMENTOS, VAZÃO MÁXIMA E RELAÇÃO PROFUNDIDADE/DIÂMETRO NOS TRECHOS DOS CONDUTOS DA ÁREA EM ESTUDO. ....	57
FIGURA 27 – VOLUME DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL, VOLUME DE INUNDAÇÃO NOS NÓS E CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DOS CENÁRIOS SIMULADOS.....	65

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO HORÁRIA DOS VALORES DE INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO DA CHUVA DE PROJETO .....	39
TABELA 2 - DADOS ADOTADOS PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO DO NÚMERO DA CURVA .....	43
TABELA 3 - DADOS DE ENTRADA NO SWMM PARA CADA UMA DAS BACIAS DA REGIÃO EM ESTUDO .....	44
TABELA 4 - DADOS DE ENTRADA DA REDE DE DRENAGEM DA REGIÃO EM ESTUDO PARA FINS DE MODELAGEM HIDRÁULICA .....	45
TABELA 5 - CRITÉRIOS PARA LOCAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS NA BACIA URBANA EM ESTUDO.....	47
TABELA 6 - RELAÇÃO DE ÁREAS POSSÍVEIS PARA IMPLANTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS POR BACIA DA REGIÃO EM ESTUDO.....	48
TABELA 7 - ÁREAS PROPOSTAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE CADA UMA DAS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS POR BACIA DA REGIÃO EM ESTUDO.....	49
TABELA 8 - DADOS ENTRADA NO PROGRAMA SWMM PARA CADA TÉCNICA COMPENSATÓRIA UTILIZADA NO CENÁRIO 02 .....	50
TABELA 9 - BALANÇO HÍDRICO PARA CADA UMA DAS BACIAS INDIVIDUALIZADAS NA ÁREA EM ESTUDO EM FUNÇÃO DAS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS IMPLANTADAS.....	54
TABELA 10 - VOLUMES INUNDADOS, VAZÃO MÁXIMA E TEMPO DE INUNDAÇÃO OBTIDOS NA MODELAGEM COM O SWMM NOS DIFERENTES NÓS E CENÁRIOS .....	59
TABELA 11 - ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA PARA O CENÁRIO 02 .....	61
TABELA 12 - ESTIMATIVA ORÇAMENTÁRIA PARA O CENÁRIO 03 .....	63

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	14
2. OBJETIVOS .....	16
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	17
3.1. Drenagem urbana.....	17
3.2. Técnicas compensatórias .....	18
3.2.1. Técnicas compensatórias não estruturais .....	20
3.2.2. Técnicas compensatórias estruturais.....	21
3.3. Modelagem hidrológica e hidráulica .....	29
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	36
4.1. Caracterização da área de estudo .....	36
4.1.1. Aspectos gerais.....	36
4.1.2. Hidrografia e sistema de drenagem .....	37
4.1.3. Características climáticas e base de dados .....	38
4.1.4. Uso e ocupação solo.....	40
4.1.5. Características dos solos.....	40
4.1.6. Dados históricos de eventos extremos com ocorrência de alagamentos.....	41
4.2. Diagnóstico da estrutura de drenagem existente.....	41
4.2.1. Modelagem hidrológica.....	41
4.2.2. Modelagem hidráulica.....	44
4.3. Sistemas de baixo impacto ambiental - propostas de cenários .....	46
4.3.1. Cenário 01 – Condições atuais .....	46
4.3.2. Cenário 02 – Implantação de técnicas compensatórias .....	47
4.3.3. Cenário 03 – Redimensionamento da infraestrutura cinza.....	51
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	52
5.1. Balanço hídrico das bacias em estudo .....	52

5.2.	Sistema de drenagem pluvial .....	55
5.3.	Custo de implantação .....	60
5.3.1.	Cenário 01 – Condições atuais .....	60
5.3.2.	Cenário 02 – Implantação de técnicas compensatórias .....	60
5.4.	Avaliação custo-benefício.....	64
6.	CONCLUSÕES.....	68
	REFERÊNCIAS .....	69
	APÊNDICES .....	73

## 1. INTRODUÇÃO

Desastres naturais têm sido recorrentes em cidades de todo o mundo. A situação se torna mais grave em áreas urbanas menos desenvolvidas ou em fase de desenvolvimento. Condições precárias de drenagem destes locais são fruto, na grande maioria dos casos, de um crescimento desordenado decorrente da inexistência de planos diretores e leis de uso e ocupação do solo que impeçam construções inadequadas e em locais de risco, e da falta de fiscalizações e ações punitivas, que preservem áreas de drenagem naturais.

O progresso urbano e tecnológico seguiu durante anos o modelo das substituições parciais ou completas de sistemas naturais por soluções antropizadas. Rios foram retificados e canalizados e áreas passaram por processos intensos de impermeabilização, resultando em uma alteração relevante do comportamento dos recursos hídricos, que passaram de provedores a acessórios de drenagem e saneamento (MOURA et al, 2018).

Em resposta a este cenário modificado, são observados aumentos das vazões de pico e reduções do tempo de concentração do escoamento superficial em áreas urbanizadas, fatores estes que aumentam os riscos de existência de uma drenagem urbana insuficiente para as demandas e, conseqüentemente, sérias implicações atreladas a alagamentos, enchentes e inundações recorrentes.

O sistema de drenagem convencional, também conhecido como infraestrutura cinza, baseia-se em dimensionar tubulações e canais para drenagem rápida do escoamento superficial. Esse modelo soluciona problemas locais, transferindo para jusante o excesso de água pluvial escoada e causando danos ainda maiores ou exigindo tubulações e canais de grande porte. Deste modo, o sistema clássico de drenagem tem-se mostrado insustentável, uma vez que não acompanha a expansão urbana e necessita de constantes intervenções que aumentem a sua capacidade hidráulica (MIGUEZ et al, 2014).

Soluções alternativas mais sustentáveis de gerenciamento das águas pluviais vêm sendo criadas e adotadas nas últimas décadas, incluindo propostas de melhoria na infiltração. Neste contexto, surge a infraestrutura verde, que utiliza soluções baseadas na natureza (LAFORTEZZA et al., 2018).

Apesar da multifuncionalidade e a conectividade de componentes serem os dois princípios mais destacados da infraestrutura verde (RUSCHE; REIMER; STICHMANN, 2019), outros benefícios auxiliares são gerados com a adoção desta tecnologia, como: sociais, uma vez que há a criação de paisagem em rede coerente para promover a resiliência humana, a saúde mental, o lazer e o bem-estar; econômicos, advindos do fornecimento de soluções

eficientes de custo e aumento de empregos verdes; e ambientais, pela criação de mais espaços verdes e a melhoria da qualidade, do ar e da água, além de diminuição dos efeitos de ilha de calor urbano (QIAO; KRISTOFFERSSON; RANDRUP, 2018).

As abordagens conhecidas como soluções baseadas na natureza (NBS) concentram-se nos benefícios para os indivíduos e seu ambiente, permitindo soluções sustentáveis que possam responder às mudanças e perigos ambientais a longo prazo. Assim, a NBS pode ajudar a permanência de um espaço operacional seguro para a humanidade, melhorar a sustentabilidade ecológica e social local. Tendo reconhecido a NBS como uma das abordagens mais abrangentes para o desenvolvimento de paisagens e cidades resilientes, governos e comunidades científicas enfrentam atualmente o desafio de passar de pronunciamentos gerais para aplicações práticas (LAFORTEZZA et al., 2018).

Neste sentido, o município de Viçosa, localizado no Estado de Minas Gerais, por apresentar problemas recorrentes em um contexto de diversas outras cidades que passaram por um processo de crescimento desordenado, é possível de aplicação de soluções mais sustentáveis. Em decorrência da existência de um sistema de drenagem convencional insuficiente para a atual densidade demográfica, alagamentos se tornaram corriqueiros e comprometem a segurança e a qualidade de vida da população durante os eventos de chuvas intensas. A apresentação de uma solução eficiente e de baixo custo deve ser avaliada, sendo a proposta de abordagens resilientes uma alternativa que visa contribuir para o bem-estar da população.

Pesquisas e trabalhos acadêmicos avançaram em diversas partes do mundo sugerindo aplicações, com resultados satisfatórios, de sistemas de baixo impacto ambiental para fins de mitigação de cheias em áreas urbanas, porém há que se avaliar as especificidades locais, bem como as propriedades naturais. Existem ainda lacunas a serem preenchidas acerca de critérios técnicos normatizados e normas técnicas específicas para aplicação e, neste sentido, este trabalho se propõe a analisar sistemas de baixo impacto para o município de Viçosa que possuam replicabilidade para outras áreas urbanas, de modo a orientar gestores públicos na sua implementação.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Propor e avaliar a implantação de sistemas de baixo impacto ambiental para fins de mitigação de cheias em áreas urbanas, com base em estudos de caracterização de intensidade e recorrência de eventos extremos.

### **2.2. Específicos**

- Analisar a incidência de eventos extremos de precipitação e de escoamento superficial na área urbana da cidade de Viçosa-MG;
- Caracterizar e diagnosticar condições atuais de escoamento de água pluvial;
- Apresentar propostas de sistemas de drenagem alternativos para área urbana de Viçosa; e
- Validar, comparativamente ao sistema convencional, a eficiência em termos de custo e benefício de implantação dos sistemas de drenagem alternativos.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1. Drenagem urbana

A drenagem urbana, no seu sentido intrínseco, pode ser mensurada como o conjunto de medidas que tem por objetivo minimizar os riscos decorrentes da intensa urbanização a que as populações estão sujeitas, diminuindo os prejuízos causados por inundações e permitindo o desenvolvimento urbano de forma harmônica, planejada e sustentável (TUCCI, 2002).

A infraestrutura convencional ou cinza, como é normalmente conhecida, é composta por um sistema de drenagem clássico subdividido em sistemas de microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem corresponde ao sistema de condutos pluviais ou canais em nível de loteamento ou de rede primária urbana, enquanto a macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem envolve áreas de pelo menos 2 km<sup>2</sup> ou 200 ha (TUCCI, 2016).

As práticas convencionalmente utilizadas na drenagem urbana em geral favorecem o aumento do escoamento superficial e reduzem expressivamente o seu tempo de concentração. A subtração indiscriminada de áreas verdes e áreas de preservação permanentes (APPs) traz como resultado a redução dos processos de interceptação, infiltração e armazenamento das precipitações e, conseqüentemente, a redução da qualidade da água escoada para o corpo receptor. Tais práticas nem sempre são suficientes para evitar inundações, pois objetivam o recolhimento das águas pluviais locais transferindo para jusante os problemas.

Normalmente, as águas pluviais são coletadas e transportadas pelas sarjetas ao longo das vias, posteriormente drenadas pelas bocas de lobo, que as encaminham às galerias subterrâneas onde são transportadas até os cursos d'água (ALMEIDA; MASINI; MALTA, 2017).

Durante as últimas décadas a drenagem urbana sofreu mudanças expressivas, passando de uma abordagem amplamente focada na mitigação de inundações e proteção à saúde, para outra na qual uma ampla gama de considerações ambientais, sanitárias, sociais e econômicas são levadas em consideração (FLETCHER et al., 2015).

Contrariamente às práticas convencionais, surgiram novas práticas que priorizaram o controle de escoamento na fonte. Baseadas na premissa de uma renaturalização das áreas permeáveis, essas práticas priorizam condições de maiores permeabilidades que promovam maior infiltração e, conseqüentemente, redução do escoamento superficial e maior recarga dos aquíferos (ALMEIDA, 2014).

As medidas não convencionais em drenagem urbana, conhecidas como infraestrutura verde, podem ser entendidas como estruturas, obras, dispositivos ou como conceitos de projeto

que diferem do conceito tradicional de canalizações, mas que podem estar a ela associadas, para adequação ou otimização do sistema de drenagem (CANHOLI, 2014). A tendência é que, associadas às medidas convencionais, ocorram abordagens adicionais que direcionem a condições cada vez mais sustentáveis e integradas (FLETCHER et al., 2015).

No Brasil, embora ainda seja observada a predominância da adoção de práticas convencionais, a aceitação de concepções mais sustentáveis nos projetos de drenagem urbana tem aumentado nos últimos anos (VERÓL; MIGUEZ; VAZQUEZ, 2019). Neste sentido, o Ministério das Cidades gerencia, desde 2006, o programa de Drenagem Urbana Sustentável, viabilizando apoio à implantação e ampliação de sistemas de drenagem urbana sustentáveis (CEF, 2020).

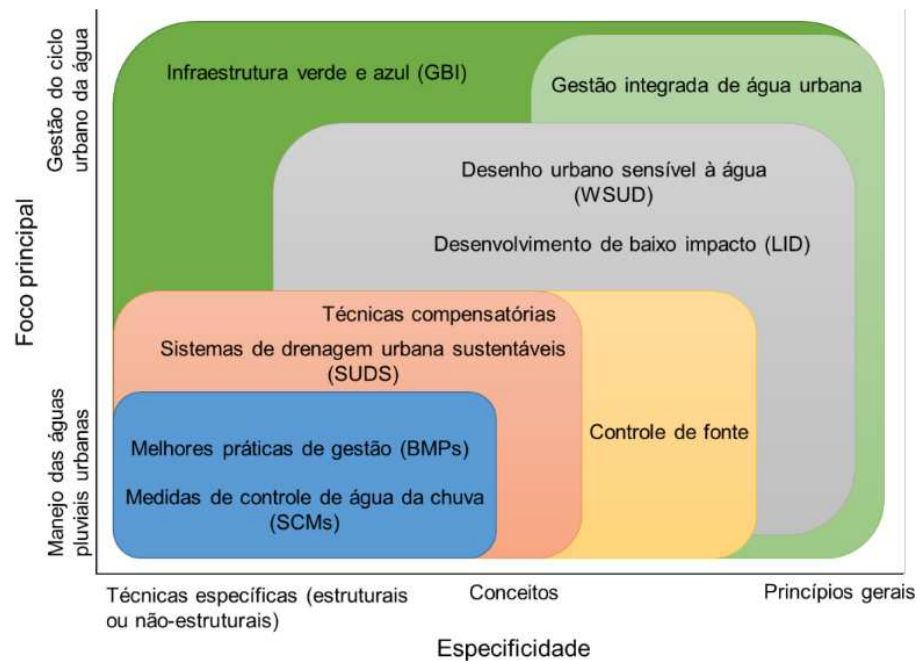
### **3.2. Técnicas compensatórias**

A ideia principal das práticas de infraestrutura verde é a utilização de técnicas descentralizadas de gerenciamento de águas pluviais que aproximem o ambiente urbano das condições hidrológicas naturais, proporcionando melhoria da infiltração e da evapotranspiração (GÜLBAZ; KAZEZYILMAZ-ALHAN, 2017) e que, conseqüentemente, permitam a redução do volume e da vazão de pico de escoamento superficial antes de entrar no sistema de coleta de águas pluviais (AHILAN; WEBBER; BUTLER, 2019).

No Brasil, os termos mais usados para definir as técnicas baseadas na natureza são “técnicas compensatórias” e “desenvolvimento urbano de baixo impacto” ou *low impact development* (LID) e, embora seja ainda observada no país predominância da adoção de práticas convencionais, a aceitação de concepções mais sustentáveis nos projetos de drenagem urbana tem aumentado nos últimos anos (VERÓL; MIGUEZ; VAZQUEZ, 2019).

A diversidade de termos técnicos utilizados para tratar as técnicas compensatórias utilizadas para drenagem urbana sustentável é apresentada de forma sucinta na Figura 1, em que é possível visualizar a sobreposição dos termos, demonstrando a abrangência de foco principal e especificidades de cada terminologia.

Figura 1 - Classificação das terminologias de drenagem urbana sustentável



Fonte: (ROSA, 2017).

Considerando o aspecto hidrológico, a Infraestrutura verde e azul (*green-blue infrastructure* - GBI) é a abordagem de maior abrangência, buscando mitigar enchentes e melhorar a qualidade da descarga de águas pluviais por meio da aplicação de elementos descentralizados que visam uma aproximação ao hidrograma natural. Enquanto fornecem benefícios múltiplos às cidades, o gerenciamento das águas pluviais é realizado por meio de processos de infiltração, evapotranspiração, retenção, detenção e transporte lento. (Fletcher, 2015). Baseia-se em controles no local, durante o processo e controle de jusante.

No controle local ou na fonte, as soluções adotadas são de pequena escala, como telhados verdes, jardins e pavimentos permeáveis, contemplando todas as soluções que tenham como objetivo a retenção de águas pluviais no local, quer seja por infiltração, evapotranspiração ou reutilização, geralmente sem descarregar o escoamento mais a jusante, o que contribui positivamente para a mitigação de inundações, a melhoria da qualidade da água e o balanço hídrico local.

Quando o controle é durante o processo, o objetivo é aumentar o tempo de concentração promovendo um transporte mais lento da água. Já no controle a jusante, também denominado descarga controlada, proporciona-se a detenção temporária e descarga lenta (LIU; FRYD; ZHANG, 2019).

Melhores abordagens de mapeamento que reconheçam características específicas do local são imprescindíveis para implementação de infraestrutura verde (ECKART; MCPHEE;

BOLISETTI, 2017). Para isso é fundamental um conhecimento minucioso da área em estudo, bem como das características e intensidades das precipitações e suas tendências, norteando a elaboração de um plano de ação que previna a instauração de problemas, como o planejamento de áreas ainda não ocupadas.

As técnicas compensatórias são classificadas ainda conforme sua estrutura. Quando há necessidade de infraestrutura são classificadas como estruturais. Já quando se relacionam à legislação sobre uso e ocupação do solo e à sensibilização da população para os problemas causados pelas enchentes e inundações, por meio de programas de educação ambiental e outros métodos que não envolvam a construção de novas estruturas, são chamadas de não-estruturais. A Figura 2 apresenta de forma esquemática alguns dos diferentes tipos de técnicas compensatórias, classificando-as como estruturais ou não-estruturais (ROSA, 2017).

Figura 2 - Diferentes tipos de técnicas compensatórias

Técnicas Compensatórias Não-Estruturais	Legislação		
	Racionalização do uso do solo urbano		
	Educação ambiental		
	Tratamento de fundo de vale		
Técnicas Compensatórias Estruturais	Reservatórios ou Bacias	Detenção e Retenção	
		Infiltração	
		Mistos (Detenção, Retenção e Infiltração)	
	Obras Lineares	Trincheiras	
		Valas e Valetas	
		Pavimentos	Revestimentos permeáveis Pavimentos reservatórios
	Obras Pontuais	Poços de Infiltração	
		Telhados Verdes	

Fonte: (ROSA, 2017).

### 3.2.1. Técnicas compensatórias não estruturais

Ações não estruturais podem ser eficazes, apresentando horizontes mais longos de atuação e custos mais baixos. As medidas de caráter não estrutural regulamentativas são importantes na implantação de sistemas de baixo impacto, uma vez que delimitam áreas em função de zonas de risco, enquanto medidas educativas são voltadas ao controle da poluição difusa, erosão e lixo (CANHOLI, 2014).

A adoção de descontos em impostos é um exemplo de incentivo para que os usuários, tanto moradores quanto comerciantes, adotem medidas de controle em suas propriedades. As propostas das cidades são diversificadas tanto sobre o tipo de intervenção, quanto pela porcentagem do desconto sobre o imposto predial e territorial urbano (IPTU). As técnicas compensatórias mais presentes utilizadas para estes incentivos são a obrigatoriedade de telhados verdes em novos empreendimentos, a instalação de reservatórios de águas pluviais de acumulação ou retardo em lotes, a exigência de áreas permeáveis nos terrenos, medidas de redução de impacto ambiental e eficiência energética, utilização de pavimentação permeável e construção de valas de infiltração (NUNES, 2018).

A empresa de consultoria *KPMG International* divulgou na Revista: *The KPMG Green Tax Index*, uma pesquisa do índice de Imposto Verde nas 21 maiores economias do mundo, que analisou a aplicação de incentivos fiscais orientados a impulsionar atividades economicamente sustentáveis. O Brasil ocupava a 18ª posição entre os mais ativos no uso de impostos como uma ferramenta para impulsionar o comportamento corporativo sustentável e atingir os objetivos de uma política verde (ou ecológica) (MAGALHÃES, 2018).

### **3.2.2. Técnicas compensatórias estruturais**

As medidas estruturais, que podem ser extensivas ou intensivas, são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes e se baseiam na adequação de diâmetros da rede de drenagem e construção de estruturas para amortecimento dos picos de vazão. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre a precipitação e a vazão como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia. Já as medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem acelerar o escoamento, aumentar a capacidade de descarga dos rios, retardar ou desviar o escoamento (TUCCI, 2016). Algumas estruturas são descritas a seguir.

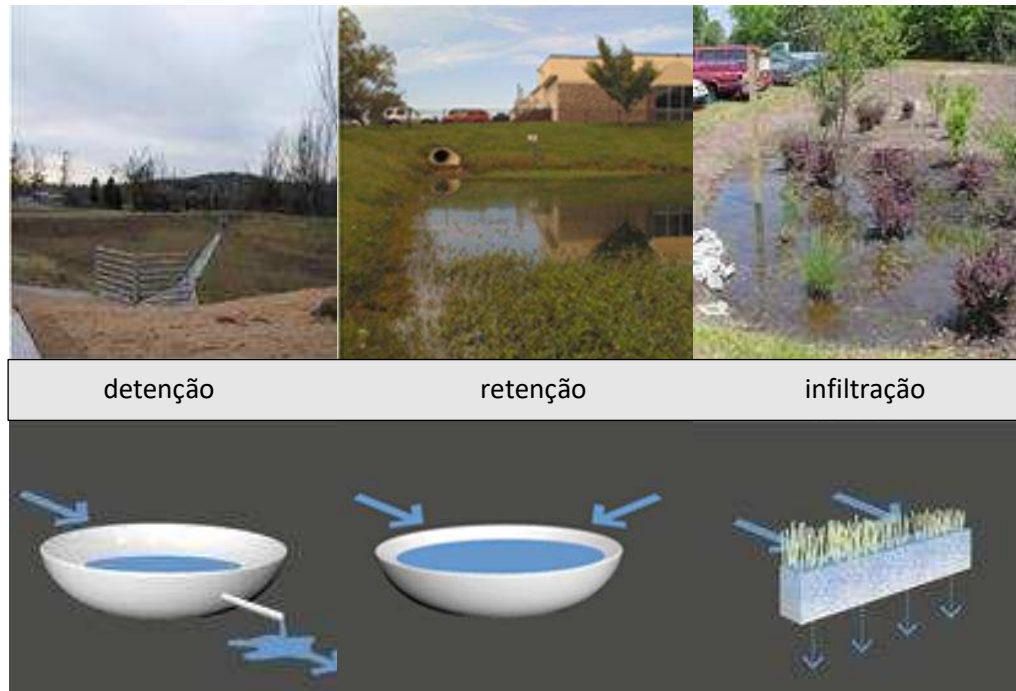
#### ***Reservatórios ou bacias***

Os reservatórios ou bacias são estruturas de acumulação temporária que têm como objetivo principal melhorar o manejo de águas pluviais urbanas, controlando as inundações e amortecendo a geração de cheias no meio urbano. Quando o reservatório possui o fundo permeável, além da redução do volume de escoamento superficial, em decorrência da infiltração, ocorre a redução da carga de poluição difusa das águas pluviais (ALMEIDA, 2014).

O princípio básico da instalação de reservatórios como técnica compensatória é o armazenamento de parte do volume de águas advindas do escoamento superficial urbano com o objetivo de amortecer as cheias (BRAGA et al., 2011). Os reservatórios podem ser

subdivididos em três grupos, ou na combinação destes, dependendo do objetivo e da disponibilidade local, sendo os de detenção, de retenção ou de infiltração (Figura 3).

Figura 3 - Reservatórios de detenção, retenção e infiltração



Fonte: (CENTER ARKANSAS, 2020).

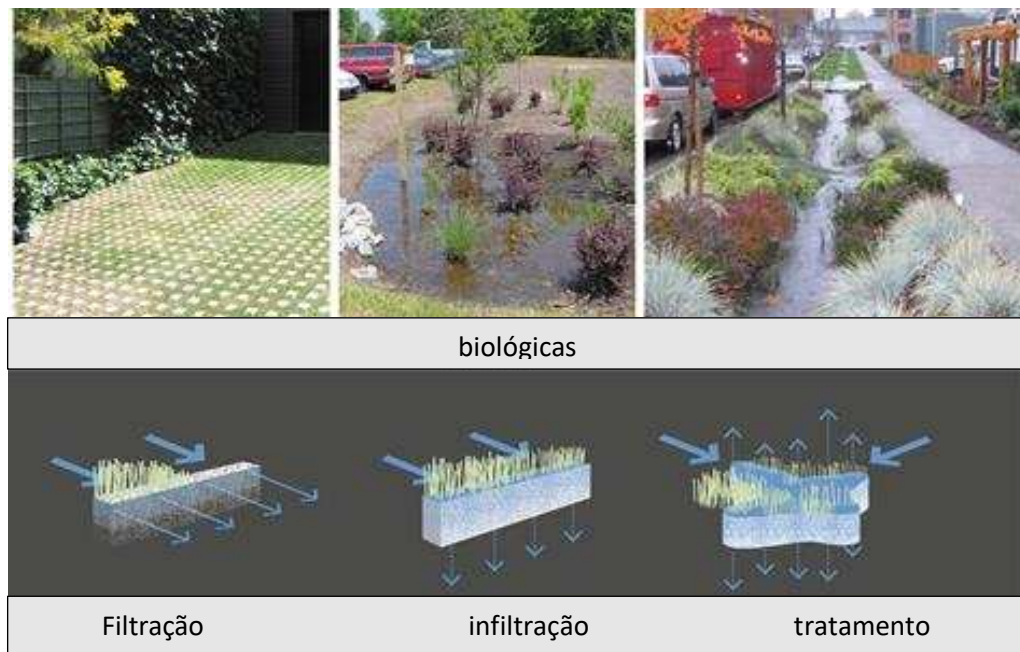
As principais características dos reservatórios de detenção é o armazenamento temporário de escoamento em reservatórios subterrâneos, lagoas ou áreas deprimidas para permitir descargas e redução da vazão de pico; enquanto dos reservatórios de retenção é o armazenamento no local de escoamento de águas pluviais para permitir a sedimentação de sólidos em suspensão; e por sua vez os reservatórios de infiltração caracterizam-se pelo movimento vertical do escoamento de águas pluviais através do solo, recarregando os aquíferos subterrâneos.

#### ***Micro reservatórios ou reservatórios individuais***

Sistema de drenagem pluvial em escala residencial com dispositivo que funciona com o encaminhamento das águas precipitadas nos telhados, coletadas pelas calhas e rufos, a um micro reservatório. Neste percurso, a água passa por um filtro antes de chegar ao reservatório, com objetivo de tirar as sujeiras maiores, como folhas de árvores, grãos de areia, etc. Em alguns casos, uma tubulação desce em paralelo ao reservatório para descartar a primeira água de chuva, que pode estar contaminada por poeiras mais finas do telhado ou partículas voláteis presentes na atmosfera. Depois do descarte da primeira água, toda a água de chuva é direcionada para dentro do reservatório (ROSA, 2017).

Uma das formas de melhorar a qualidade da água armazenada em reservatórios e micro reservatórios ou mesmo da água infiltrada é através da biorretenção. Neste sentido, a aplicação de uma matriz orgânica simples, composta de vegetação, solo de plantio e uma camada de substratos para a retenção de escoamento tem se mostrado eficiente na redução de cargas de poluentes não pontuais (MOURA et al, 2018). Tais técnicas compensatórias são também denominadas de biológicas (Figura 4) e podem ser de filtragem, quando ocorre a retenção de sedimentos do escoamento de águas pluviais através de meios porosos, como areia, sistema radicular fibroso ou filtro artificial; de infiltração, quando ocorre o movimento vertical do escoamento de águas pluviais através do solo, recarregando os aquíferos subterrâneos; ou de tratamento, quando são adotados processos que utilizam fitorremediação ou colônias bacterianas para metabolizar contaminantes em água corrente. (CENTER ARKANSAS, 2020)

Figura 4 - Diferentes finalidades das técnicas compensatórias estruturais biológicas



Fonte: (CENTER ARKANSAS, 2020).

São exemplos de técnicas compensatórias biológicas: telhado verde, sistemas de biorretenção (jardins de chuva), bacia de infiltração, pavimento permeável e poroso, poço de infiltração, valas de infiltração, trincheiras de infiltração e faixa gramada.

### ***Telhados verdes***

São considerados telhados verdes todas as coberturas devidamente impermeabilizadas e com sistema de drenagem para escoamento pluvial excedente, compostos por uma camada de solo ou substrato e outra camada de vegetação (GUTIERREZ; RAMOS, 2019).

Segundo Pinheiro et al. (2019), a instalação de telhados verdes possibilita múltiplos benefícios na gestão e qualidade ambiental dos centros urbanos, atuando como sequestrador de

poluentes e aumento da biodiversidade. Além disso, tanto as vegetações como o substrato presentes na cobertura verde atuam no controle do escoamento superficial (ES) das águas pluviais, através dos processos de interceptação, armazenamento de água no solo e evapotranspiração, atenuando assim os impactos da impermeabilização. Os autores ainda explicam que os telhados verdes também conferem melhorias relacionadas ao conforto ambiental, atuando na redução da temperatura e da poluição sonora, já que a vegetação e o solo atenuam tanto a transmissão de calor como de ruído para o interior da edificação. Além disso, o uso dessas coberturas também possui um forte apelo estético.

A Figura 5 mostra o esquema de um telhado verde, com as suas principais camadas, sendo elas a de impermeabilização, de drenagem, a camada filtrante, o substrato e a vegetação.

Figura 5 - Corte esquemático de componentes de telhado verde

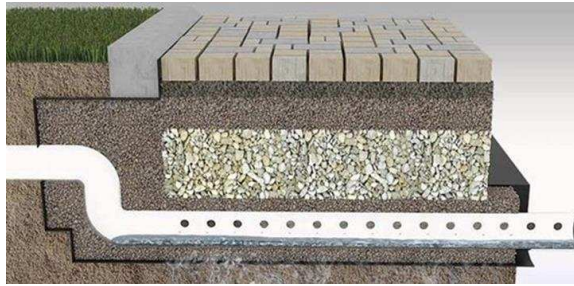


Fonte: (LAREINA, 2018).

### ***Pavimentos permeáveis e porosos***

São pavimentos que possuem espaços livres em sua estrutura por onde a água escoar, podendo infiltrar no solo ou ser transportada através de sistema auxiliar de drenagem. Este tipo de pavimento busca reduzir o volume de água referente ao escoamento superficial e, por consequência, reduzir o escoamento no sistema de drenagem urbana e a probabilidade de enchentes. Como efeitos complementares, tem-se a melhora da qualidade da água infiltrada, por carrear menor quantidade de poluição difusa e a contribuição para a recarga dos lençóis freáticos (GUTIERREZ; RAMOS, 2019). A Figura 6 ilustra o esquema vertical básico de pavimento com drenagem.

Figura 6 - Corte esquemático pavimento permeável com sistema de drenagem



Fonte: (GUTIERREZ; RAMOS, 2019).

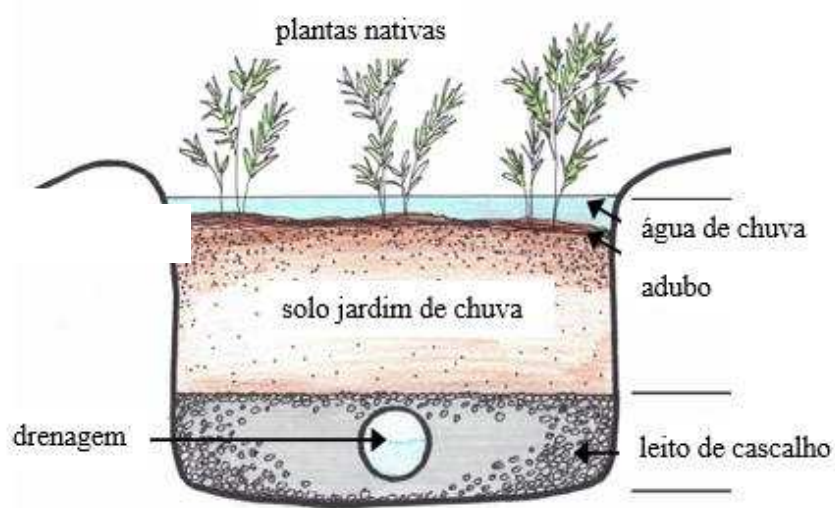
O pavimento permeável pode ser utilizado em passeios, estacionamentos, quadras esportivas e ruas de pouco tráfego. As principais limitações deste dispositivo podem ser quando a água drenada é fortemente contaminada, causando impactos no escoamento subterrâneo e lençol freático, e a falta de controle na construção e manutenção que podem ocasionar entupimentos nos dispositivos (TUCCI, 2016). Os pavimentos permeáveis são alternativos ao asfalto e concreto, utilizando variados tipos de calçamento da superfície (blocos ou grades de concreto, grades de plástico, asfalto permeável, concreto permeável) com o objetivo de aumentar a permeabilidade (ARAÚJO, 2018).

#### ***Sistemas de biorretenção (jardins de chuva)***

Os sistemas de biorretenção, também conhecidos como biofiltros ou jardins de chuva, consistem em conjunto de cinco componentes principais, que são: camada de drenagem, camada de transição, zona submersa, meio de filtro e camada de retenção. Cada camada no sistema de biorretenção é construída de acordo com as características de uma área específica. Isso ajuda a filtrar águas pluviais poluídas e remover contaminantes através de processos biológicos usando plantas ativas e camadas de solo (NGUYEN et al., 2019).

Um esquema comum de construção de jardim de chuva é apresentado na Figura 7.

Figura 7- Esquema de construção de jardim de chuva



Fonte: WALKER (2014), adaptado pela autora.

Os jardins de chuva têm como principal objetivo proporcionar a máxima infiltração das águas precipitadas e o crescimento vegetativo, controlando a quantidade e qualidade das águas advindas do escoamento superficial, através das propriedades químicas, biológicas e físicas das plantas, micro-organismos e solo que compõem o sistema (GUTIERREZ; RAMOS, 2019).

Na Figura 8 é mostrado um jardim de chuva instalado de forma linear, paralelo à calçada.

Figura 8 - Jardim de chuva de forma linear



Fonte: (LASGRWC, 2010).

### ***Poços de infiltração***

Os poços de infiltração são sistemas alternativos de retenção de águas pluviais de microescala que têm como função reter a água pluvial e reduzir o escoamento superficial. Trata-se de uma técnica compensatória denominada pontual (pequena área em planta), a qual visa atenuar os efeitos decorrentes do escoamento superficial direto em sua geração. Tem objetivo de infiltrar as águas pluviais, visando amortecer os picos de vazão que possam atingir o sistema de drenagem convencional e, conseqüentemente, diminuir o volume do escoamento superficial direto pela retenção do volume excedente de chuva no solo (BARBASSA; et al, 2014).

Consiste em um poço escavado no solo, revestido por tubos perfurados, envoltos por uma manta geotêxtil nas paredes e fundo revestido por uma camada de agregados graúdos, também envolta por geotêxtil, de forma a permitir a infiltração do volume de água pluvial escoado para o interior do solo (REIS, R. et al 2008).

Na Figura 9 ilustra-se um poço de infiltração instalado em um campo gramado.

Figura 9 - Poço de infiltração



Fonte: (SANTOS, 2016).

### ***Faixa ou canal gramado***

São superfícies permeáveis que recebem o escoamento superficial de áreas impermeáveis e aumentam a capacidade de infiltração antes que o escoamento atinja a rede de drenagem. A sua utilização depende da topografia local e das condições de infiltração, enquanto a remoção de poluentes dependerá da distância percorrida pelo escoamento até a rede de drenagem (GUTIERREZ; RAMOS, 2019).

Um exemplo de canal gramado compondo a paisagem urbano é apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Faixa ou canal gramado



Fonte: (GUTIERREZ; RAMOS, 2019).

### ***Valas de infiltração***

Valas, valos ou valetas (Figura 11) são dispositivos de drenagem constituídas por simples depressões lineares escavadas no solo permeável, apresentando paredes inclinadas e geralmente não preenchidas. O seu objetivo é recolher águas pluviais de áreas adjacentes, concentrando o fluxo, efetuando o seu armazenamento temporário e criando condições para infiltração da água ao longo do seu comprimento. Permitem controlar as águas de escoamento superficial por meio de infiltração no solo ou redução da velocidade de escoamento. (GURJÃO et al., 2019).

Figura 11 - Vala de Infiltração



Fonte: (DUTRA et al., 2017).

### ***Trincheiras de infiltração***

Possuem formato alongado e estreito, geometria adequada à otimização da área ocupada nos lotes urbanos, mas que requerem um pré-tratamento da água, pois tendem a ser obstruídas pela deposição de sólidos finos e colmatção após algum tempo de operação do sistema. Ao mesmo tempo, aumenta-se a relação entre a área efetiva de infiltração, composta

pelas paredes laterais, e o volume de armazenamento, o que pode ser feito por uma manta geotêxtil removível e lavável (GUTIERREZ; RAMOS, 2019).

Na Figura 12 é apresentada uma trincheira de infiltração sendo construída.

Figura 12 - Trincheira de infiltração



Fonte: (GUTIERREZ; RAMOS, 2017).

### 3.3. Modelagem hidrológica e hidráulica

A modelagem matemática possibilita a averiguação da dinâmica hidrológica e hidráulica da bacia hidrográfica, constituindo-se numa ferramenta eficaz para subsidiar a elaboração dos Planos Diretores de Ordenamento de Uso do Solo Urbano (CORREA, 2015).

Atualmente, diversos modelos hidrológicos baseados em transformação chuva-vazão têm sido aplicados na simulação de vazões de cheias, dentre os quais podem ser citados: *Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS), *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT), *TOPography-based hydrological MODEL* (TOPMODEL), *Model for Urban Sewers* (MOUSE), *Storm Water Management Model* (SWMM), entre outros (ROSA, 2017).

Neste trabalho foi utilizado o programa SWMM para modelagem hidrológica e hidráulica, desenvolvido pela *United States Environmental Protection Agency* (EPA). Trata-se de um dos modelos atualmente mais utilizados nos estudos de drenagem urbana e em muitos estudos científicos desenvolvidos nas bacias hidrográficas brasileiras, apresentando resultados satisfatórios (SIQUEIRA; MOURA; DAS GRAÇAS SILVA, 2019).

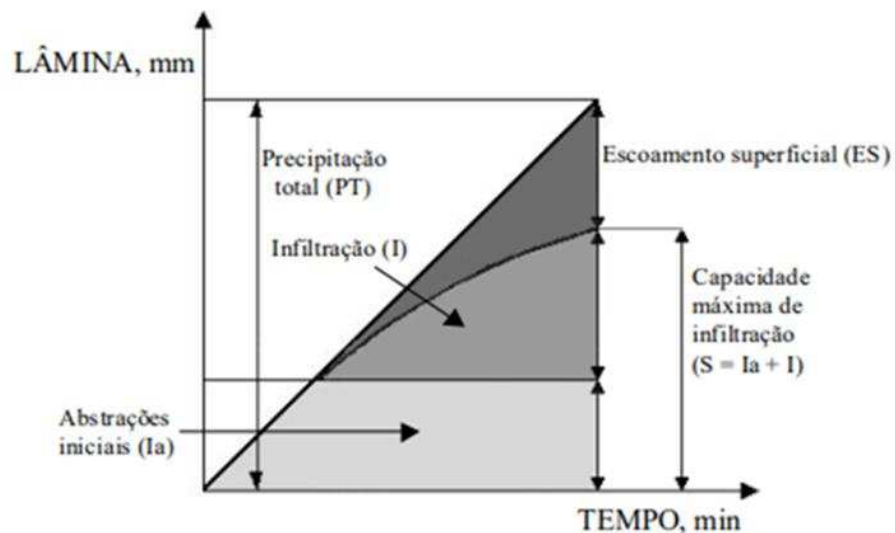
O SWMM se baseia nas características físicas da bacia hidrográfica e em dados de precipitação, sendo capaz de quantificar o escoamento superficial gerado e o seu transporte através de galerias, estações de tratamento e estruturas de armazenamento e infiltração (ROSSMAN; EMERITUS; EPA, 2015). Nele é possível a simulação de toda a rede de drenagem para fins de modelagem hidráulica do sistema. O detalhamento das metodologias

adotadas no programa para estimativa da infiltração e escoamento superficial de água no solo é apresentado a seguir.

O SWMM permite selecionar três modelos de infiltração, sendo eles a equação de Horton, o método Green-Ampt e o método do SCS-USDA (Soil Conservation Service - United States Department of Agriculture), que se trata de uma aproximação adotada a partir do Número da Curva (CN) do NRCS (National Resources Conservation Service) para estimativa do escoamento superficial (ROSSMAN; EMERITUS; EPA, 2015).

Neste trabalho foi adotado o método do SCS-USDA pela facilidade na obtenção dos dados. Com ele é possível estimar a lâmina (volume por unidade de área da bacia) de escoamento superficial por conjunto de dados de precipitação e características da bacia. Ainda, o SCS-USDA admite que pelo método do Número da Curva é possível estimar a infiltração através da correspondência entre parcelas dos componentes associados. Com base em comportamentos de bacias experimentais admite-se que a infiltração equivale a 20% do escoamento superficial (PRUSKI; GRIEBELER; SILVA, 2001). A Figura 13 ilustra essa correspondência.

Figura 13 - Componentes associados ao método do Número da Curva (SCS-USDA)



Fonte:(PRUSKI; GRIEBELER; SILVA, 2001).

A partir de dados de resultados oriundos de um grande número de bacias experimentais foram desenvolvidas, pelo USDA, as Equações 03, 04 e 05. O valor de CN depende do uso, grupo e umidade antecedente do solo e das condições hidrológicas.

$$S = \left[ \frac{25400}{CN} \right] - 254 \quad (1)$$

$$Ia = 0,2 S \quad (2)$$

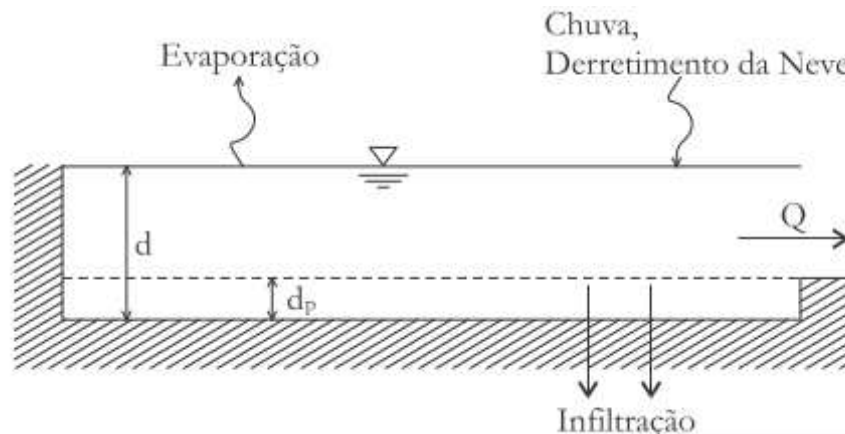
$$ES = \frac{(PT - Ia)^2}{PT + 0,85 S} \quad (3)$$

Em que:

- S = capacidade máxima de infiltração, mm;
- CN = número da curva;
- Ia = abstrações iniciais, mm;
- ES = escoamento superficial, mm; e
- PT = precipitação total, mm.

A visão conceitual adotada pelo SWMM considera cada sub-bacia como um reservatório não linear que, mediante resolução numérica contínua e instantânea do balanço hídrico e de acordo com os dados de entrada e os modelos adotados, resulta no escoamento superficial por unidade de área (Q) (ROSSMAN; EMERITUS; EPA, 2015). O escoamento superficial é um contribuinte do fluxo total de saída que ocorre quando a lâmina de água (d) excede o valor de armazenamento em depressões (dp), conforme mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Visão conceitual do fenômeno do escoamento superficial no SWMM



Fonte: (ROSSMAN; EMERITUS; EPA, 2015).

### 3.4. Área de estudo

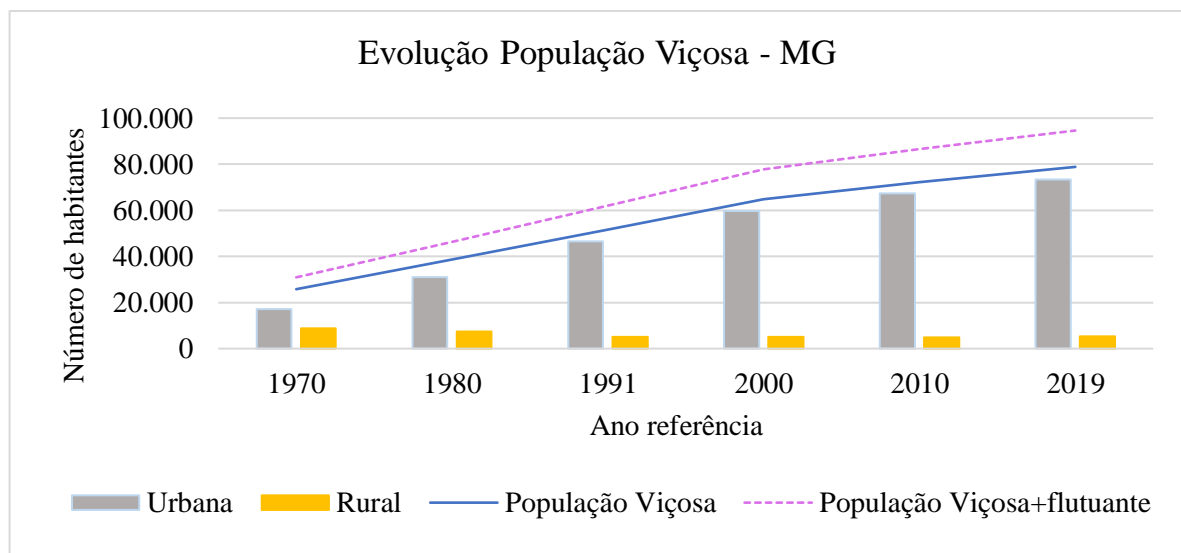
A cidade de Viçosa se originou da vila com a denominação de Santa Rita do Turvo, pela lei provincial nº 1.817, de 30 de setembro de 1871 (IBGE, 2020), embora seu processo de ocupação do espaço urbano esteja intimamente relacionado à implantação, em 1922, da então Escola Superior de Agricultura e Veterinária (ESAV), federalizada em 1969 e renomeada como Universidade Federal de Viçosa (UFV). No decorrer da década de 1960, o processo de urbanização de Viçosa foi marcado pelo aumento da taxa de urbanização nas áreas já consolidadas e a expansão de novos bairros, impulsionado pela expansão da UFV, que ao

ampliar suas vagas, cursos e postos de trabalho, teve como consequência o crescimento da malha urbana da cidade (SILVA, 2014).

Em setembro de 2013 foi elaborado um estudo denominado Retrato Social de Viçosa pelo CENSUS (Centro de Promoção do Desenvolvimento Sustentável), Instituto EMPEC de Pesquisas e diversos órgãos e entidades da cidade. Dentre os dados fornecidos pela pesquisa, a porcentagem da população do município que residia no perímetro urbano foi cerca de 93% do total de habitantes. A pesquisa identifica, ainda, a existência de uma população flutuante constituída na sua maioria por jovens estudantes adultos, atraídos pelas oportunidades educacionais de Viçosa (CRUZ, 2014). O que também é citado por PAULA (2019), que apresenta índices aproximados de 20% de população flutuante.

Na Figura 15 são relacionados os dados que demonstram o cenário de crescimento da população ao longo das últimas décadas, subdivididos em ocupação urbana e rural e, ainda, estimativas do acréscimo da população flutuante que é característica local representativa para avaliação realística das condições da cidade de Viçosa.

Figura 15 - Evolução População de Viçosa ao longo das últimas décadas

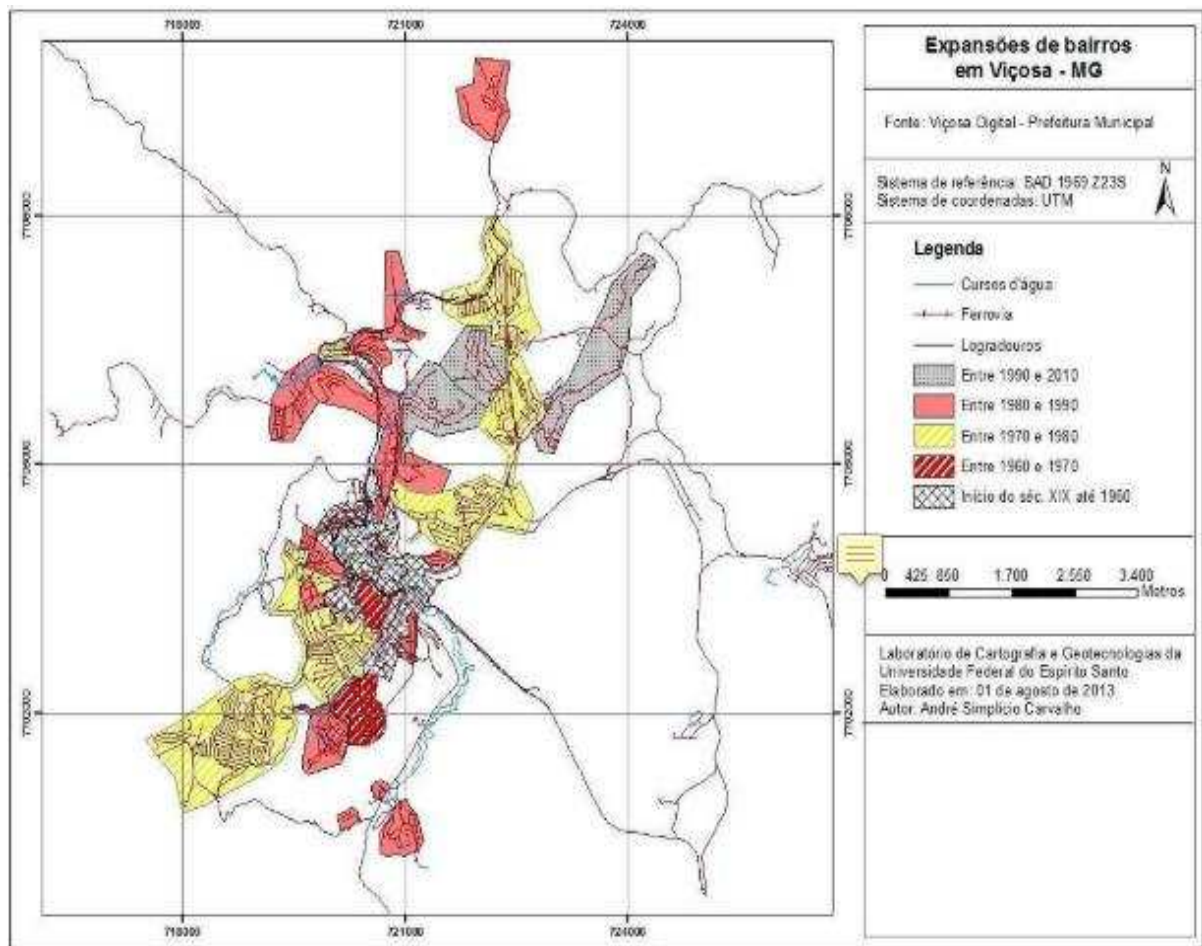


Fonte: (IBGE, 2019), adaptado pela autora.

O rápido processo de urbanização na cidade de Viçosa não foi acompanhado de políticas públicas de ordenamento do território, nem de provimento de infraestrutura e serviços urbanos na quantidade e qualidade necessárias. Em decorrência de legislação urbanística permissiva e fraco controle do poder público, iniciou-se nos anos de 1970, estendendo aos anos 1980, um processo de verticalização com edifícios de maiores números de pavimentos na região central da cidade (PAULA, 2019).

A área de estudos no presente trabalho é localizada em área de zoneamento S1 Q11 pela classificação do Instituto de Planejamento e Meio Ambiente do Município (IPLAN) de Viçosa. Faz parte da região urbana da cidade composta por bairros adjacentes ao centro da cidade (Lourdes, Santa Clara, Betânia e JK). A área contava, em 2013, com 1.177 domicílios e índice de densidade demográfica de 2,98 hab/km<sup>2</sup> (CRUZ, 2014). Motivada por sua localização, foi uma das primeiras regiões ocupadas do município, passando por um processo gradual de ocupação das encostas mais recentemente, o que coloca a população em grande risco de desabamentos. No mapa da Figura 16 é ilustrada a evolução urbana do município de Viçosa, com destaque para as décadas de 1970 e 1980, momento em que houve um maior crescimento dos bairros periféricos.

Figura 16 - Processo de expansão da malha urbana de Viçosa.



Fonte: (SILVA, 2014).

Segundo pesquisa realizada por Roque (2013), a área da bacia urbana em estudo apresenta pontos de risco geológico-geotécnico associados a movimentos de massas no núcleo urbano, sendo estes observados tanto no bairro Betânia quanto no JK. Para quatro outros pontos, que o autor classifica como de médio risco, foram observados escorregamentos e processos

erosivos ocasionados pela deficiência no sistema de drenagem, seja ela natural ou artificial, cabendo soluções preventivas para que não haja aumento no grau de risco destes locais. Destaca-se, ainda, que os taludes de cortes com declividade e/ou cortes excessivos, todos localizados no bairro Betânia, foram caracterizados como de alto risco de escorregamento em dois pontos e um ponto de topo do talude do bairro Betânia, onde há inexistência de drenagem da rua. As demais regiões da bacia não foram caracterizadas pelo autor como área de risco.

A impermeabilização dos lotes e arruamentos, associados à retificação e canalização do curso natural de água, são fatores que potencializam eventos de inundações que são recorrentes na parte baixa da área de estudos, onde se localiza um dos pontos mais críticos.

Em 2009 foi desenvolvido o Plano Municipal de Saneamento Básico de Viçosa (PMSBV), o qual aponta o histórico de abandono do sistema de drenagem e atribui ao crescimento desordenado, à impermeabilização das áreas centrais e à retificação dos rios fatores agravantes para o aumento do pico de vazão na estrutura de macrodrenagem, causando enchentes e outros desastres. Aponta-se, ainda, a inexistência de sistemas de informação ou registros do sistema, apesar de relatar que é perceptível a ineficiência das estruturas existentes, além de graves problemas de ocupação de baixadas (fundo de vales) e das encostas (partes altas) (BASTOS et al., 2009).

Quando o PMSBV foi desenvolvido, diversas deficiências no sistema de drenagem foram identificadas, como projetos mal dimensionados ou falha no horizonte de crescimento populacional, falta de fiscalização para coibir a degradação provocada pela população, construtoras que atuam de forma inadequada no mercado imobiliário de Viçosa e falta de inspeção e atuação em manutenção preventiva das estruturas de microdrenagem. Essas situações ainda persistem até o presente momento.

Ao verificar a existência de métodos, técnicas e processos de conformidade com as peculiaridades locais e regionais da prestação dos serviços públicos de saneamento básico, o PMSBV referencia as lagoas situadas no campus da Universidade Federal de Viçosa que regularizam as vazões e minimizam os danos causados pela concentração do escoamento superficial oriundo das chuvas mais intensas, desempenhando o papel de tanques de equalização e diminuindo os picos de vazão. O PMSBV relata ainda a possibilidade de implantação de alternativas similares em outras localidades do município, embora não aponte estudos de implantação em áreas específicas.

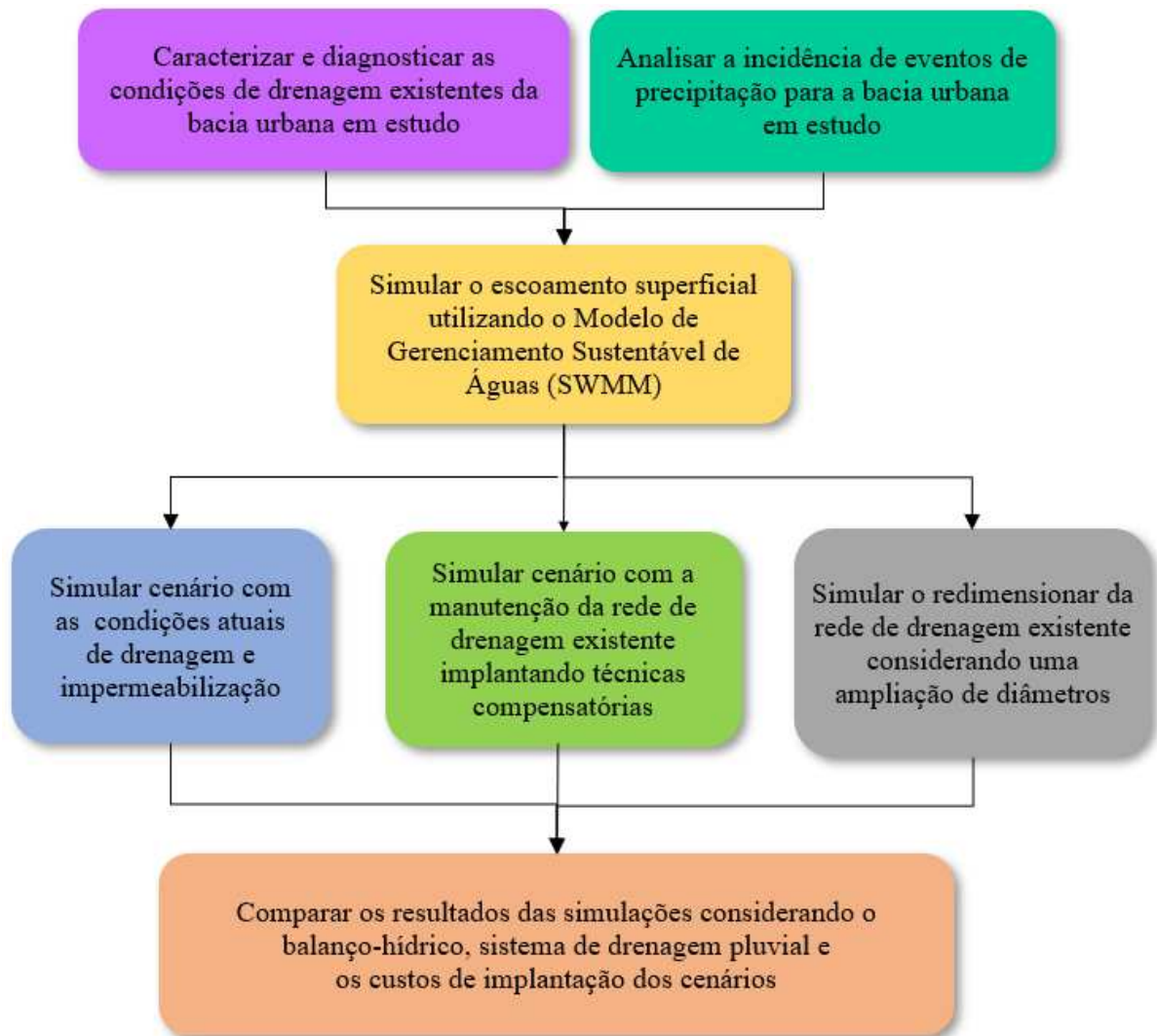
Vale ressaltar que durante a realização do PMSBV, entre os anos de 2008 e 2009, foram realizadas inúmeras reuniões com os moradores de cada região e seus respectivos representantes para listar os problemas vivenciados. Para a região em estudo foi definida como

prioridades a rede pluvial, a coleta de lixo, fossa séptica e os animais nas ruas. Apesar de todo o estudo técnico apresentado, no que tange à drenagem urbana, as metas previstas não foram atingidas e os bairros continuam apresentando problemas recorrentes com inundações (BASTOS et al., 2009). As metas previstas se subdividiam em imediatas, curto prazo e médio prazo e estão listadas resumidamente no Apêndice 1.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

As etapas metodológicas adotadas para o estudo foram subdivididas conforme a estrutura representada na Figura 17, as quais são detalhadas na sequência.

Figura 17 - Esquema metodológico adotado no estudo



Fonte: Autora.

### 4.1. Caracterização da área de estudo

#### 4.1.1. Aspectos gerais

A pesquisa foi conduzida para uma sub-bacia inserida na zona urbana da cidade de Viçosa, localizada na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, região sudeste do Brasil, conforme apresentado na Figura 18. A população estimada do município para o ano de 2020 é de 79.388 habitantes, com uma densidade demográfica média de 241,20 hab/km<sup>2</sup> em 2010 quando a população era de 72.220 habitantes. A cidade possui uma área de 299,42 km<sup>2</sup> e um

índice de 88,5% de residências com esgotamento sanitário adequado. Os índices de arborização e urbanização de vias públicas eram, em 2010, de 45,1% e 25,7%, respectivamente (IBGE, 2020).

A sub-bacia objeto de estudo (Figura 18), inserida na área urbana da bacia do ribeirão São Bartolomeu, apresenta área de drenagem de 0,65 km<sup>2</sup> e está localizada próxima ao centro da cidade. Recebe contribuição de águas pluviais escoadas superficialmente, sem a existência de canalizações e tubulações, dos bairros Santa Clara, Betânia e JK, todos localizados na parte alta da cidade, com tempo de concentração do escoamento superficial extremamente reduzido. Esse escoamento converge para o bairro de Lourdes, que possui baixas declividades e rede de drenagem insuficiente para atender às demandas.

Figura 18 - Localização da área de estudo: a) Estado de Minas Gerais, (b) Cidade de Viçosa e (c) sub-bacia em estudo



Fonte: (IBGE, 2020), adaptado pela autora.

#### 4.1.2. Hidrografia e sistema de drenagem

A cidade de Viçosa é drenada pelo Ribeirão São Bartolomeu e pelo Rio Turvo Sujo, que são afluentes do Rio Piranga, que por sua vez é afluente do Rio Doce.

A bacia urbana em estudo possui declividade média de 27,2%, apresentando trechos com declividades acentuadas e vales impermeabilizados e com baixas declividades. O sistema de drenagem é totalmente canalizado por manilhas de concreto sob o arruamento na parte dos fundos de lotes e, ainda, em alguns pontos sob construções existentes. A rede de drenagem pluvial existente é de data de construção inicial desconhecida, embora tenha passado por um

processo de ampliação no ano de 2008, além de constantes manutenções que não solucionaram os recorrentes problemas de alagamentos.

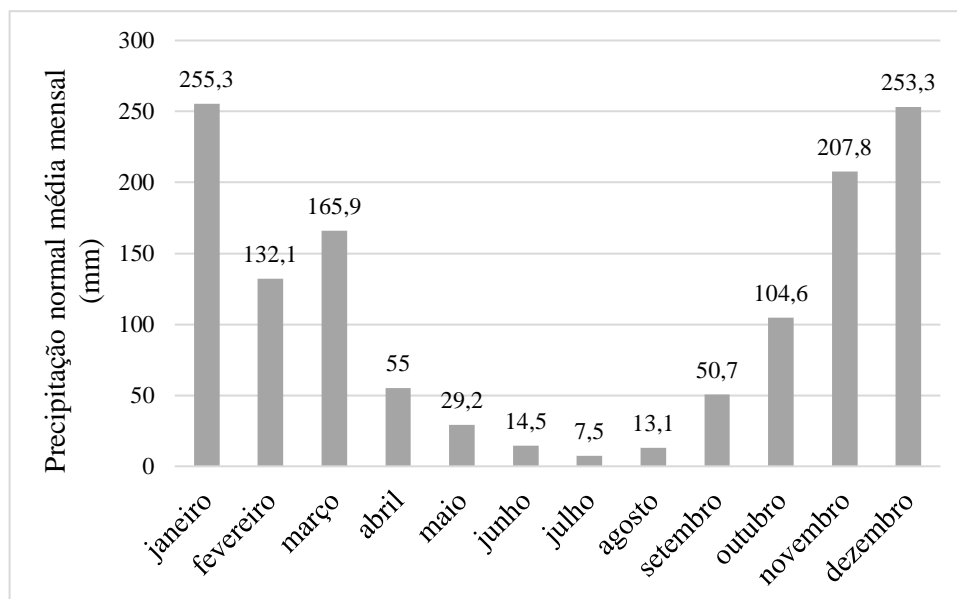
A inexistência total ou parcial dos projetos que já foram executados na área dificultou expressivamente a análise no presente estudo. No entanto, como alternativa, foi realizada uma inspeção local utilizando equipamento GPSMAP 60CSx da marca Garmin para levantar a localização georreferenciada dos poços de visita, bueiros, bocas de lobo e caixas de passagem existentes no sistema de drenagem, além de trena para levantamento das profundidades e dimensões. Estes pontos, posteriormente, foram transferidos para um sistema de informações geográficas (SIG).

As especificações e diâmetros dos condutos e conexões instaladas das redes de águas pluviais foram inspecionadas localmente e, também, obtidas através de relatos dos profissionais da equipe da Secretaria de Obras e Serviços Urbanos da Prefeitura Municipal de Viçosa.

#### 4.1.3. Características climáticas e base de dados

O clima de Viçosa é tropical de altitude, com aumento de chuvas durante o verão e temperatura média anual em torno de 20°C. As normais climatológicas registram as maiores precipitações acumuladas mensais médias, em torno de 250 mm, nos meses de dezembro e janeiro, e as menores no mês de julho, com cerca de 7,5 mm, conforme representado na Figura 19, (INMET, 2020).

Figura 19 - Precipitação normal média mensal de Viçosa - MG, no período de 1981 a 2010



Fonte: (INMET, 2020), adaptado pela autora.

Os dados pluviométricos utilizados no estudo foram obtidos da estação automática de código 86824, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a qual se localiza no *Campus* da Universidade Federal de Viçosa. A escolha desta estação foi em decorrência de ser a única automática localizada na cidade de Viçosa e, ainda, por possuir dados históricos completos para um período mais longo.

Foram obtidas séries anuais de intensidades máximas de precipitações registradas em intervalos de 1 hora. Destes eventos, foram selecionados aqueles que apresentaram os maiores valores de intensidade de precipitação em cada ano civil do período de 2005 a 2019. Posteriormente, as intensidades máximas anuais foram classificadas em ordem decrescente e estimado, por análise de frequência, o evento máximo associado ao período de retorno analisado, no caso dois anos. Adotou-se o método de Kimbal para determinação da frequência por se tratar de uma amostra limitada da população e, ainda, pelo fato do período de retorno analisado ser bem inferior ao número de anos observados.

A partir desta análise obteve-se a intensidade de precipitação máxima associada ao período de retorno de dois anos, considerada como chuva de projeto para fins de obras de microdrenagem em áreas de ocupação residencial como sugerido por Canholi (2014) e Tucci (2002). Na sequência encontrou-se a data correspondente à ocorrência da chuva de projeto na série histórica de dados observados, que foi 13/02/2019, a qual apresentou um total acumulado de 81,4 mm. Utilizou-se todos os dados horários deste dia, para fins de simulação do evento de precipitação no SWMM, como apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição horária dos valores de intensidade de precipitação da chuva de projeto

		Data 13 fevereiro 2009																								
Hora		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
Intensidade de																										
Precipitação	(mm/h)	39,2	6,4	3,8	1,4	1,6	0,8	2,8	1,0	0,6	0,4	0,2	0,0	0,0	0,6	0,6	0,6	0,2	0,0	12,8	7,2	0,4	0,0	0,2	0,6	

Fonte: (INMET, 2020), adaptado pela autora.

Os dados de temperatura foram desconsiderados da análise, conforme instruções do manual do programa SWMM, por não haver necessidade de simulação do degelo. A inexistência de ocorrência de neve e de chuvas de granizo significantes permitiu a desconsideração também dos dados referentes ao degelo e da depleção da superfície de neve.

Também foi desconsiderada a velocidade do vento em decorrência desta ser determinante apenas para casos em que as taxas de degelo são relevantes em condições chuvosas, o que não é o caso da região em estudo.

A evaporação foi considerada desprezível na modelagem com o SWMM, por dois motivos principais: i) pelo fato da pesquisa tratar de eventos extremos e, portanto, da necessidade de consideração dos valores mais críticos, não sendo assim subtraída do volume total de escoamento a parcela da evaporação; e ii) o volume evaporado é muito pequeno durante a ocorrência da precipitação, principalmente por se tratar de chuvas intensas, com duração curta e a umidade relativa do ar muito alta, conforme premissa considerada por Pruski et al.(2003).

Os dados referentes aos aquíferos foram desprezados uma vez que não atendem às condições instruídas pelo manual do SWMM, nas quais sugerem sua introdução apenas quando considerada, explicitamente, a possibilidade de troca de volumes entre as águas subterrâneas e o sistema de drenagem, ou quando se precisa modelar o escoamento de base e a curva de recessão de rios e sistemas de drenagem em áreas rurais. Além disso, a inexistência de dados na região em estudo inviabilizaria esta simulação.

#### **4.1.4. Uso e ocupação solo**

A ocupação da cidade de Viçosa se orientou ao longo dos terraços, locais de amenidades expressivas quanto à topografia. Num momento posterior, seguiu-se a ocupação de áreas com topografia restrita, entre elas as encostas e topos de morros, além das margens dos cursos d'água, em áreas consideradas de preservação permanente (ROQUE, 2013).

A área em estudo, que faz parte de uma região central da cidade, é de ocupação predominantemente urbana e de densidade demográfica acentuada, possuindo apenas nas encostas mais acentuadas pequenos trechos de matas. Pastagens ou quaisquer outros cultivos não são presentes nesta região.

#### **4.1.5. Características dos solos**

Arruda (1997) identificou que na sub-bacia predominam latossolos e argissolos. Ambas as classes representam normalmente solos profundos, com maior capacidade de armazenamento de água de chuvas (FONTES, 2006). Já segundo a classificação da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), o solo da cidade de Viçosa é classificado predominantemente como latossolo vermelho-amarelo distrófico tipo A (FEAM, 2020).

#### **4.1.6. Dados históricos de eventos extremos com ocorrência de alagamentos**

Para fins de identificação da relação entre os dias de ocorrências de alagamentos na área em estudo e a intensidade de precipitação associada aos eventos, fez-se um levantamento histórico dos eventos de alagamento e respectivos valores de intensidades de precipitação. Os dados de alagamentos foram fornecidos pela Defesa Civil de Viçosa e também obtidos através de pesquisa em noticiário local do jornal Folha da Mata. Os dados de intensidade de precipitação foram extraídos da série histórica de dados da estação automática de código 86824 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O resumo da pesquisa histórica se encontra no Erro! Fonte de referência não encontrada..

#### **4.2. Diagnóstico da estrutura de drenagem existente**

Para a simulação dos cenários foi utilizado o programa SWMM, conforme detalhamento apresentado no item 3.3.

##### **4.2.1. Modelagem hidrológica**

O levantamento das características físicas da região em estudo, como área, declividade média e largura da bacia foi realizado a partir de modelo digital de elevação (MDE), com resolução de 5 x 5 m, extraído do satélite Íkonos, tendo sido adotada a referência espacial Sirgas 2000, com a zona UTM 23S. A partir desse MDE foi gerado o modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado (MDEHC) para a bacia em estudo, conforme procedimento indicado por Baena (2002), e assim identificados os pontos exutórios e a hidrografia existente. Porém, a hidrografia natural foi modificada ao longo das décadas por ações antrópicas, sendo canalizada em posições diferentes do leito original. Também foram modificadas as elevações e declividades naturais do relevo para construções das residências e arruamento.

Para solucionar a inconsistência citada anteriormente, foi identificada a locação das unidades coletoras e, a partir disso, as subdivisões da bacia que caracterizassem as condições locais de forma mais adequada. Para tal, foram mapeadas as ruas existentes, que são os atuais percursos do escoamento superficial, e identificados seus exutórios na rede de água pluvial existente. Observou-se, ainda, a necessidade de subtração de parte da área da bacia onde o escoamento foi desviado para as bacias adjacentes, não contribuindo assim para o escoamento da área em estudo.

Cada uma destas subdivisões foi denominada como bacia e identificada conforme se apresenta na Figura 20. Nestas bacias foram demarcadas as áreas permeáveis e impermeáveis, bem como a informação dos demais parâmetros de entrada necessários para a simulação do



decorrência da redução da capacidade de infiltração, com o aumento do conteúdo de umidade do solo. Estes valores foram utilizados para estimar a capacidade máxima de infiltração (S).

Para a determinação da capacidade de armazenamento em depressões do relevo, tanto para áreas permeáveis quanto para impermeáveis, foi adotado o método do Número da Curva considerando a capacidade de armazenamento como sendo o valor correspondente a 20% da capacidade máxima de infiltração (S), conforme apresentou-se na Equação 02.

Já os valores de Coeficiente de Manning utilizados foram de 0,013 para áreas impermeáveis e 0,15 para áreas permeáveis, conforme proposto por Rossman (2015). O mesmo autor também sugere tempo de secagem de 2 a 14 dias, que corresponde ao número de dias que um solo totalmente saturado leva para secar. O valor adotado para este trabalho foi de 7 dias.

Na Tabela 2 são apresentados os dados utilizados para fins de aplicação do método do Número da Curva na bacia urbana em estudo.

Tabela 2 - Dados adotados para aplicação do método do Número da Curva

Utilização ou cobertura do solo Ocupação Urbana	Áreas	AMC II	AMC III	S (mm)	Ia (mm)
Arruamentos e estradas asfaltadas e com drenagem de água pluvial	Impermeáveis	98,00	99,20	2,05	0,41
Zonas residenciais lotes < 500m <sup>2</sup>	Permeáveis	77,00	89,80	28,85	5,77

AMCII - Classe de umidade antecedente do solo da chuva ocorrida nos cinco dias anteriores à chuva crítica no intervalo de 35 – 52,5 mm de precipitação; AMCIII - Classe de umidade antecedente do solo da chuva ocorrida nos cinco dias anteriores à chuva crítica para valores de precipitação maiores a 52,5 mm; S - Capacidade máxima de infiltração (mm); e Ia - abstrações iniciais (mm).

Fonte: Tucci (2002), adaptado pela autora.

Os dados de entrada no SWMM para a simulação das condições atuais, específicos para cada uma das bacias da região em estudo, estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados de entrada no SWMM para cada uma das bacias da região em estudo

Bacia Ident.	Exutório Ident.	A. Bacia (ha)	L. Caract. (m)	Decliv. (%)	A imperme. (%)	Imperm. s/ armazen. (%)
a	b	c	d	e	f	g
Bacia 01	A	19,35	147,71	27,84%	58,71%	90,18%
Bacia 02	D	17,16	240,67	27,19%	58,51%	87,18%
Bacia 03	C	11,24	173,99	27,67%	51,07%	91,99%
Bacia 04	G	7,56	149,11	30,33%	57,14%	94,71%
Bacia R05	F	0,28	14,74	8,95%	100,00%	0,00%
Bacia R06	D	0,25	10,00	3,60%	100,00%	0,00%
Bacia R07	E	0,21	8,75	1,67%	100,00%	0,00%

Bacia Ident. - Identificação da bacia; Exutório Ident. - Identificação do nó ou sub-bacia que recebe o escoamento da sub-bacia em questão; A. bacia (ha) - Área da sub-bacia; L. Caract. (m) - Largura característica do escoamento superficial. Ela foi calculada como sendo a área da sub-bacia dividido pelo valor médio do comprimento máximo de escoamento superficial; Decliv. (%) - Declividade média da sub-bacia; A imperme. (%) - Porcentagem de área superficial impermeável; Imperm. s/ armazen. (%) - Porcentagem da área impermeável sem armazenamento em depressão. Para determinar este índice, foram adotadas apenas as ruas como áreas propensas ao armazenamento, levando-se em conta que o escoamento dos lotes é sempre drenado para as ruas.

Fonte: Autora.

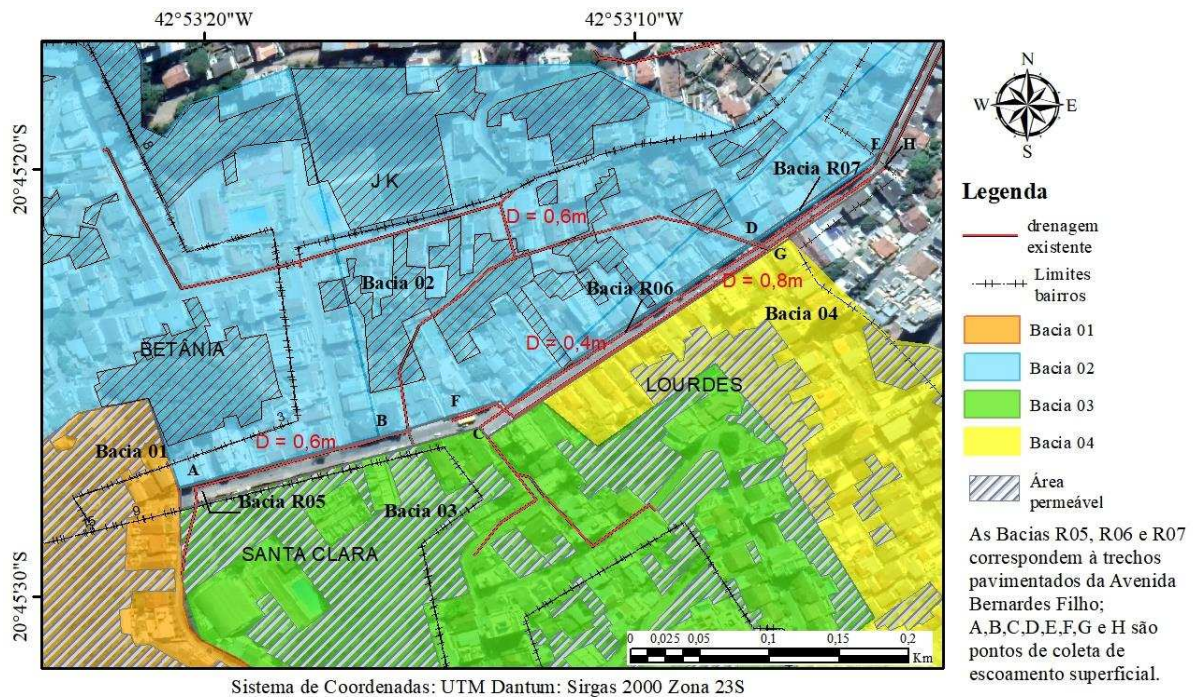
Os dados de entrada referenciados nas colunas a e b da Tabela 3 foram definidos em função do *layout* e condições existentes na região em estudo. Aqueles relacionados às colunas c, d, e, f e g foram obtidos das características de cada bacia e levantados com auxílio do programa *ArcGIS*, com base nos dados extraídos do modelo digital de elevação hidrograficamente condicionado (MDEHC).

#### 4.2.2. Modelagem hidráulica

Inicialmente fez-se a simulação do funcionamento da estrutura cinza existente na região em estudo, nas condições de ocorrência do evento extremo adotado, tendo sido lançados os dados referentes à rede pluvial existente (dimensões, características, coeficientes de tubulações e conexões).

Os trechos entre os nós da rede de drenagem foram interligados através de condutos que podem ser tubulações ou canais. Porém, no caso em estudo, todos os trechos são condutos fechados de formato circular executados com tubulação de concreto de diâmetros e características variadas, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Localização da rede de drenagem existente na bacia urbana em estudo, onde as bacias R05, R06 e R07 correspondem a trechos pavimentados da avenida e os pontos A, B, C, D, E, F, G e H são locais de coleta do escoamento superficial



Fonte: Autora.

Os dados da rede de drenagem, apresentados na Tabela 4, são compostos pelo conjunto de levantamentos locais e informações fornecidas através de relatos dos funcionários da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos da Prefeitura Municipal de Viçosa, visto que não se conseguiu identificar o projeto da rede existente. O coeficiente de Manning adotado foi de  $0,015 \text{ s/m}^{1/3}$  por se tratar de condutos fechados construídos em concreto e com entradas, conforme Chow (1959).

Tabela 4 - Dados de entrada da rede de drenagem da região em estudo para fins de modelagem hidráulica

Trecho	Nó		Prof. Máxima(m)		Cota Radier(m)		Comp. (m)	Diam. (m)	Decliv. (%)
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final			
AB	A	B	-1,5	-1,5	28,5	17,5	112	0,6	9,82%
BD	B	D	-1,5	-2,0	17,5	8,0	436	0,6	2,18%
DE	D	E	-2,0	-2,0	8,0	-1,0	250	0,6	3,60%
CD	C	D	-1,5	-2,0	12,5	8,0	220	0,4	2,05%
FG	F	G	-1,5	-1,5	11,5	6,5	250	0,8	2,00%
GH	G	H	-1,5	-1,5	6,5	0,5	250	0,8	2,40%
EEX	E	EX	-2,0	-2,0	-1,0	-2,0	10	0,8	10,00%

Fonte: Autora.

O modelo de propagação do fluxo adotado foi o da Onda Dinâmica, o qual resolve as equações de Saint-Venant, e resulta da aplicação da equação da continuidade (inclusive no volume dos nós) e da quantidade de movimento nos condutos. Foi adotado este modelo por ser possível representar o fluxo pressurizado quando o conduto fechado se encontra completamente cheio, que é o que acontece frequentemente na bacia em estudo, e também por representar adequadamente o efeito de remanso (ROSA, 2017). Destaca-se, ainda, que para a profundidade máxima da conexão foi considerada a medida do terreno até o radier e que, apesar da não existência de degraus, existem grandes variações de declividades entre trechos que se conectam pelo mesmo nó. Foram adotadas as equações de perda de carga de Hazem-Wilians e de Dampen para o tempo de inércia, conforme recomendado por Rossman (2015).

Para fins de definição do escoamento supercrítico foram utilizados tanto a declividade quanto o número de Froude, visando maior segurança aos resultados. Já os exutórios foram avaliados em função da permanência que é o recomendado quando adotado o do modelo de propagação da onda dinâmica. Todos os bueiros foram considerados como retangulares, com seção de adaptação à entrada conforme executados na prática. Vale lembrar que no caso em estudo o exutório da bacia urbana deságua em rede de drenagem que também recebe contribuições de outras bacias urbanas adjacentes e, somente a jusante, é direcionada ao leito do rio. Para uma análise mais ampla estas contribuições devem ser consideradas.

### **4.3. Sistemas de baixo impacto ambiental - propostas de cenários**

Para este estudo foram propostos três cenários considerando as mesmas condições climatológicas e período de retorno associado ao evento extremo. No estabelecimento dos cenários foram considerados os aspectos referentes ao balanço hídrico, a análise da eficiência do sistema de drenagem pluvial e os custos envolvidos para a implantação de cada proposta.

Os resultados analisados para subsidiar as conclusões foram extraídos das simulações realizadas pelo programa SWMM. Nas estimativas orçamentárias da avaliação do custo/benefício de implantação dos cenários foram utilizados os valores extraídos do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI, disponibilizados pela Caixa Econômica Federal (CAIXA, 2020).

#### **4.3.1. Cenário 01 – Condições atuais**

No primeiro cenário foram modeladas as condições que representam as características atuais das instalações de drenagem de água pluvial e de permeabilidade existentes na região em

estudo. Este cenário foi necessário para avaliar a eficiência do sistema atual, verificar se os resultados foram condizentes com os eventos de extravasamentos nos pontos observados e servir como referência para a comparação com os demais cenários propostos.

#### 4.3.2. Cenário 02 – Implantação de técnicas compensatórias

No segundo cenário foram consideradas as estruturas cinza existentes e a simulação da implantação de técnicas compensatórias adicionais ao sistema de drenagem pluvial atual.

Para a locação das técnicas compensatórias na região em estudo foram estabelecidas uma sequência de critérios para identificar as áreas possíveis de implantação. Essa avaliação seguiu uma ordem de prioridades que considerou as dificuldades recorrentemente encontradas na implantação de técnicas de baixo impacto em áreas urbanizadas, bem como as características gerais da área estudada.

Neste sentido, estes critérios nortearam a elaboração de proposta para demarcação das áreas possíveis para implantação de técnicas compensatórias e as correspondentes técnicas mais adequadas para cada região dentro da área de estudos, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Critérios para locação de diferentes técnicas compensatórias na bacia urbana em estudo

Critérios de Avaliação	Classificação	Reserv. Cisternas	Reserv. Infiltração	Reserv. Individuais	Telhados Verdes	Pavim. Permeável	Jardins de Chuva	Poços de Infiltração	Faixa/Canal Gramado	Valas de Infiltração	Trincheiras Infiltração
Disponibilidade Área	Edificada	X	X	X	X						
	Não edificada		X		X	X	X	X	X	X	X
Tipo de Propriedade	Pública	X			X	X	X	X	X	X	X
	Privada		X	X							
Declividade	Altas declividades	X	X	X						X	X
	Baixas declividades	X	X	X	X	X	X	X	X		
Posição na Bacia	Topo morro	X	X	X				X		X	X
	Fundo vale				X	X	X	X	X		
Procedência escoamento	Áreas permeáveis	X	X	-	X	X	X	X	X		X
	Áreas impermeáveis	X	X	-	X	X	X	X		X	X

Fonte: Autora.

Avaliou-se, primeiramente, a disponibilidade de áreas para a implantação das técnicas compensatórias. Nesse quesito foram priorizadas as áreas não edificadas, de modo a evitar serviços de demolições, buscando-se a redução de custos.

Posteriormente, a definição do tipo de propriedade norteou para a priorização de aplicação das técnicas em propriedades públicas, considerando ser de disponibilidade a curto prazo e mais acessível, uma vez que processos de desapropriações são normalmente morosos e onerosos.

O próximo fator limitante considerado foi a declividade da área em estudo, a qual possui elevados valores nas áreas disponíveis, conforme apresentado na Tabela 6. Os demais critérios foram pela alta relevância em termos de eficiência do sistema e a aplicabilidade do tipo da técnica, que ficaram condicionados à disponibilidade de espaço útil para fins de implantação.

Tabela 6 - Relação de áreas possíveis para implantação de técnicas compensatórias por bacia da região em estudo

Bacia Ident.	Área (ha)					Declividade (%)
	Total	Permeável	Impermeável	Pública Permeável	Privada Permeável	
Bacia 01	19,35	7,99	11,36	0,12	7,87	27,84%
Bacia 02	17,16	7,12	10,04	0,00	7,12	27,19%
Bacia 03	11,24	5,50	5,74	0,93	4,57	27,67%
Bacia 04	7,56	3,24	4,32	0,00	3,24	30,33%
Bacia R05	0,28	0,00	0,28	0,00	0,00	8,95%
Bacia R06	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	3,60%
Bacia R07	0,21	0,00	0,21	0,00	0,00	1,67%

Fonte: Autora.

Dentre as áreas públicas encontradas, a primeira e de maior potencial seria parte do lote da sede municipal da Associação Esportiva Viçosense, situada na esquina entre a avenida Bernardes Filho do bairro de Lourdes e a rua José Euclides Santana no bairro Santa Clara, localizada na Bacia 03. Nesta área foram simuladas intervenções para formação de parques alagáveis, sendo que em época de estiagem poderiam também ser utilizados para lazer da comunidade. Ainda nesta mesma bacia foram propostas intervenções do tipo pavimentos permeáveis e jardins de chuva em áreas da praça Fernando Vidigal e rotatórias.

Também foram adotados os corredores de servidão localizados nos fundos dos lotes localizados na Avenida Bernardes Filho e na Rua Capitão José Maria, localizados na Bacia 02. Neste caso, foram implantadas valas de infiltração para fins de simulação. Para as áreas privadas foi considerada apenas faixa adjacente ao clube Atlético que fica localizado na Bacia 02.

As áreas identificadas como possíveis para fins de implantação de técnicas compensatórias em cada uma das bacias da região em estudo estão listadas na Tabela 7, em que é possível identificar a técnica compensatória estrutural proposta, conforme especificidades relatadas anteriormente.

Tabela 7 - Áreas propostas para a implantação de cada uma das técnicas compensatórias por bacia da região em estudo

Técnicas compensatórias			Bacia 01	Bacia 02	Bacia 03	Bacia 04	Bacia 05R	Bacia 06R	Bacia 07R
Estruturais		unid.							
Mecânicas	Reservatórios Cisternas	m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-
	Reservatórios Infiltração	m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-
	Reservatórios Individuais	m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-
Biológicas	Telhados Verdes	m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-
	Pavimentos Permeáveis	m <sup>2</sup>	833	-	1.671	-	-	-	-
	Jardins de Chuva	m <sup>2</sup>	1.333	-	544	-	30	102	-
	Poços de Infiltração	m <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-
	Faixa ou Canal Gramado	m	-	-	-	-	-	-	-
	Valas de Infiltração	m <sup>2</sup>	-	293	156	-	-	-	-
	Trincheiras de Infiltração	m <sup>2</sup>	-	-	915	-	-	-	-

Fonte: Autora.

Mantendo as condições iniciais do Cenário 01 e implantando as técnicas compensatórias de baixo impacto foi possível no programa SWMM modelar o Cenário 02. No SWMM foram utilizados como dados de entrada para a simulação os valores correspondentes ao controle de cada técnica compensatória adotada, conforme representado na Tabela 8.

Os valores foram determinados conforme características locais e de propriedades dos materiais a serem utilizados. Para os dados de superfície foram adotados valores correspondentes às dimensões propostas para cada aplicação, bem como características dos materiais empregados. Já os dados característicos do solo seguiram o proposto por Rossman (2015). Quanto aos pavimentos, foram utilizados dados das propriedades dos materiais utilizados e os critérios de projeto adotados. Os dados de armazenamento da camada drenante também foram utilizados segundo Rossman (2015).

Tabela 8 - Dados entrada no programa SWMM para cada técnica compensatória utilizada no Cenário 02

<b>CONTROLES LID</b>							
Tipo do LID	Bacia Filtração Valas			Pav. Poroso		Trincheira Parqu e Quadra	
Nome do Controle	J. Chuva	Inf.	Estac.	Passeios	Pista skate		
<b>Superfície</b>							
Tipo	Gramma	Gramma	Concreto Grama	Concreto Permeável	Concreto Permeável	Areia	Areia
Profundidade de armazenamento (mm)	500,00	1.000,00	0,00	0,00	1.600,00	500,00	1.500,00
Cobertura Vegetal (fração)	0,50	1,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
Rugosidade Superficial (n° Manning)	0,15	0,15	0,01	0,01	0,01	0,15	0,15
Declividade Superficial (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
<b>Solo</b>							
Tipo							
Espessura (mm)	200,00	200,00					
Porosidade (Fração Volumétrica)	0,48	0,48					
Capacidade de Campo (Fração volumétrica)	0,37	0,37					
Ponto de Murcha (Fração Volumétrica)	0,09	0,09					
Condutividade Hidráulica (mm/h)	10,90	10,90					
Declividade da Condutividade	5,00	5,00					
Potencial Matricial (mm)	110,00	110,00					
<b>Pavimento</b>							
Tipo			Concreto Grama	Concreto Permeável	Concreto Permeável		
Espessura (mm)			150,00	150,00	150,00		
Índices de Vazios (Vazios /Sólidos)			0,40	0,40	0,40		
Superfície Impermeável (Fração)			0,20	0,00	0,00		
Permeabilidade (mm/h)			26,00	23,00	23,004		
Fator de Colmatação			0,00	0,00	0,00		
<b>Armazenamento / Camada Drenante</b>							
Altura (mm)	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Índices de Vazios (Vazios /Sólidos)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Taxa de Infiltração (mm/h)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Fator de Colmatação	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00
<b>Dreno Profundo</b>							
Coeficiente de Drenagem (mm/h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Expoente de Drenagem	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cota de Referência do Dreno (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo de Espera do Dreno (h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autora.

#### **4.3.3. Cenário 03 – Redimensionamento da infraestrutura cinza**

Com o objetivo de comparar a eficiência das técnicas compensatórias, bem como a eficiência da rede existente, foi simulada uma ampliação nas dimensões da rede pluvial existente, modificando apenas os diâmetros das tubulações, sem nenhuma adição em termos de extensão. Foi adotado como critério a substituição dos trechos mais críticos, que são os trechos DE, HE e EEX, por manilhas de concreto de 1,20 m de diâmetro, enquanto nos demais trechos foi usado o diâmetro de 1,0 m. Para este cenário também não foi considerada nenhuma implantação de técnica compensatória de baixo impacto.

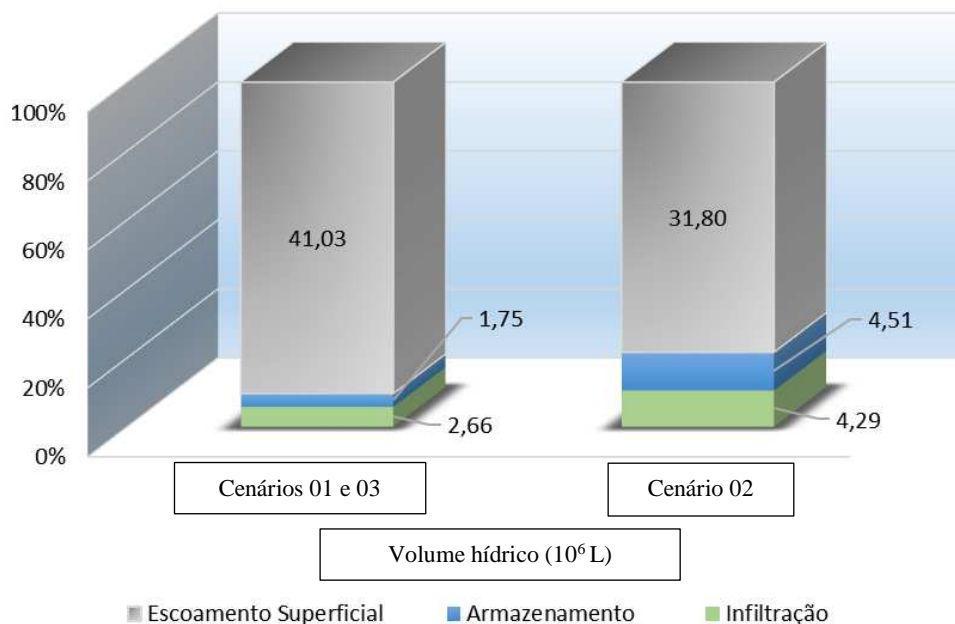
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão distribuídos por tipo de análise comparativa entre os Cenários 01, 02 e 03. Primeiramente, foram avaliados os resultados em termos de balanço hídrico obtido através das simulações. Posteriormente, analisou-se o escoamento superficial e as implicações quando adotados os diferentes cenários simulados. Os resultados referentes ao sistema de drenagem pluvial e aos custos de implantação de cada cenário são apresentados na sequência. Por fim, é feita uma avaliação geral dos resultados relevantes para a análise e tomada de decisão acerca de qual cenário apresenta melhor custo-benefício.

### 5.1. Balanço hídrico das bacias em estudo

Para a análise do balanço hídrico da área de estudo como um todo, considerou-se que os Cenários 01 e 03 mantiveram a mesma configuração, visto que não há alterações de superfícies e de suas propriedades, mantendo-se as mesmas condições de infiltração e armazenamento. O Cenário 02 apresenta os resultados de variações dos componentes em função da implantação das técnicas compensatórias. Assim, a Figura 22 apresenta o balanço hídrico geral do sistema englobando toda a área de estudos comparando os cenários simulados.

Figura 22 - Balanço hídrico para a área de estudos considerando os cenários avaliados



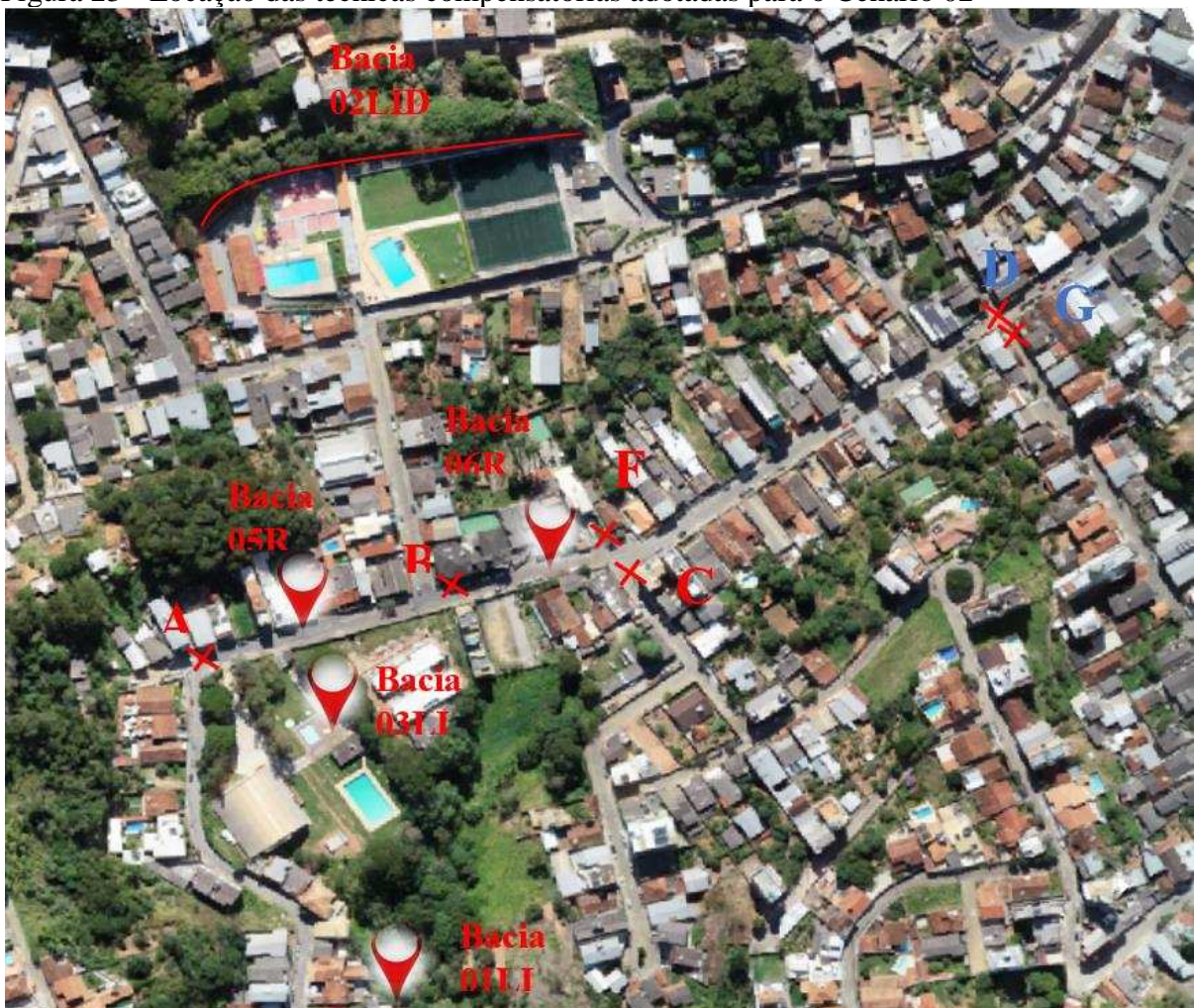
Fonte: Autora.

Foi possível observar que com a instalação das técnicas compensatórias (Cenário 02) o escoamento superficial apresentou uma redução correspondente a cerca de 22% do total

escoado em comparação ao Cenário 01. Tanto a infiltração quanto o armazenamento aumentaram no Cenário 02, com a adoção de técnicas compensatórias. O armazenamento aumentou 157,7%, em decorrência principalmente da proposta de construção da quadra e pista de skate. Já o volume infiltrado apresentou um acréscimo de 61,28% (Tabela 9). Esse acréscimo de volume infiltrado se tornou possível, principalmente, pelo aumento das áreas de infiltração oriundas da substituição de superfícies impermeáveis por pavimentos permeáveis, jardins de chuva, trincheiras e valas de infiltração, as quais foram simuladas para o Cenário 02.

A Figura 23 ilustra a localização das técnicas implantadas na área de estudos, bem como os pontos exutórios existentes.

Figura 23 - Localização das técnicas compensatórias adotadas para o Cenário 02



Fonte: Autora.

Analisando de forma individual o Cenário 02, no que tange ao balanço hídrico individual das bacias subdivididas, foram obtidos resultados proporcionais à área de implantação e tipos de técnicas compensatórias propostas. A Tabela 9 resume os resultados alcançados por cada técnica adotada nas respectivas bacias onde foram implantadas.

Tabela 9 - Balanço hídrico para cada uma das bacias individualizadas na área em estudo em função das técnicas compensatórias implantadas

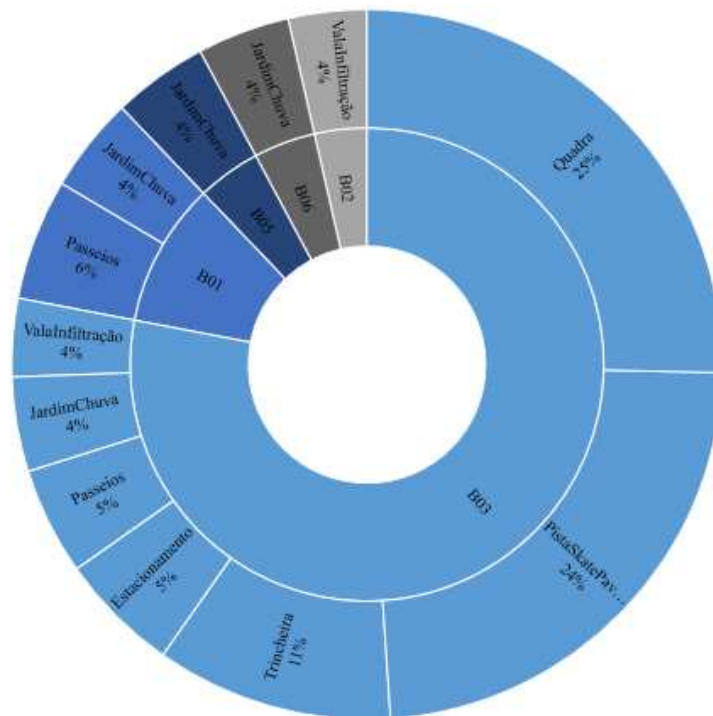
Bacia	Identificação	Entrada Total (mm)	Infiltração (mm)	Armaz, (mm)	Escoamento (mm)	Redução Escoamento (mm)	Redução Escoamento (%)
Bacia 01	Jardim Chuva	6.513,65	227,19	160,82	6.127,07	388,01	13,51%
	Passeios	6.513,65	305,95	186,31	6.022,76	492,26	
Bacia 02	Vala Infiltração	43.074,91	74,54	244,33	42.762,81	318,87	0,74%
Bacia 03	Quadra	4.088,65	321,64	1.941,74	1.824,79	2.263,38	170,23%
	Trincheira	4.088,65	321,64	641,74	3.124,79	963,38	
	Vala Infiltração	4.088,65	228,57	89,22	3.771,98	317,79	
	Jardim Chuva	4.088,65	225,86	159,22	3.704,19	385,08	
	Passeios	4.088,65	320,56	116,33	3.651,52	436,89	
	Estacionamento	4.088,65	320,42	169,25	3.598,52	489,67	
	PistaSkatePavPerm	4.088,65	320,56	1.783,48	1.984,14	2.104,04	
Bacia R05	Jardim Chuva	7.529,52	229,49	158,00	7.141,77	387,49	5,15%
Bacia R06	Jardim Chuva	1.972,06	228,78	147,58	1.595,94	376,36	19,08%

Fonte: Autora.

Considerando que a implantação das técnicas compensatórias tem o objetivo de diminuir o escoamento superficial, pelo favorecimento de acréscimo da infiltração e/ou do armazenamento, verificou-se que para o período simulado de 24 horas ocorreu redução de escoamento superficial em todas as bacias individualizadas na Tabela 09.

A Bacia 03, que também recebe contribuição da Bacia 01, apresentou cerca de 170% de redução do escoamento superficial em função do acréscimo expressivo no armazenamento, possibilitado pelas construções da quadra e da pista de skate. Já a Bacia 01 teve redução de 13,51%, a Bacia 02 de 0,74% e as Bacias R05 e 06 reduções de, respectivamente, 5,15% e 19,08%, enquanto as Bacias 04 e R07, nas quais não foi possível aplicar nenhuma técnica, não apresentaram redução do escoamento superficial. A Figura 24 apresenta um comparativo dos percentuais de contribuição de cada técnica compensatória na redução do escoamento superficial total da área em estudo.

Figura 24 - Desempenho das técnicas compensatórias na redução do escoamento superficial na área em estudo



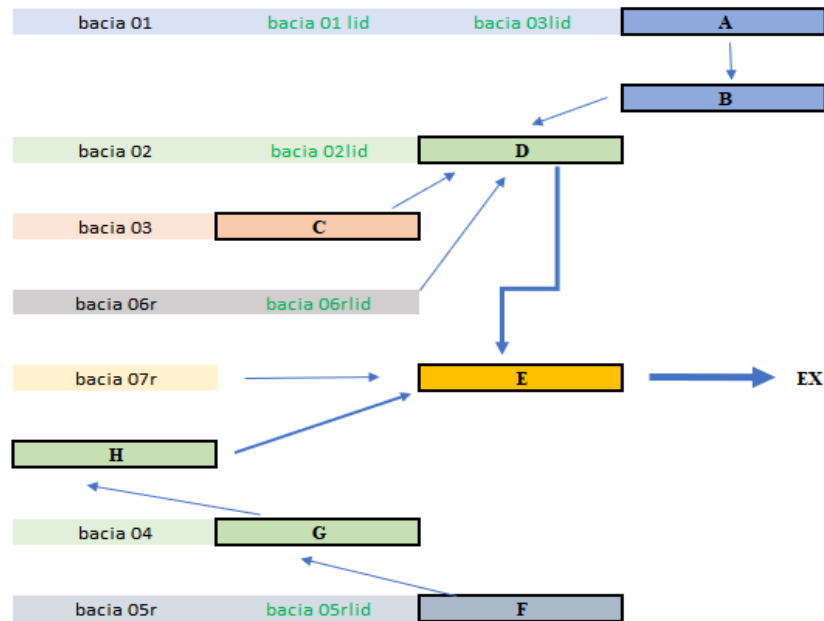
Fonte: Autora.

Diante dos resultados de desempenho associados às diferentes técnicas compensatórias aplicadas, foi possível observar que, para o caso em estudo, apesar das técnicas voltadas para armazenamento aplicadas à quadra e pista de skate terem sido as mais eficientes em termos de redução de volume escoado, as técnicas voltadas para a infiltração, por possuírem maior possibilidade de implantação em áreas urbanizadas, resultaram em, aproximadamente, 50% da redução do escoamento superficial na área em estudo.

## 5.2. Sistema de drenagem pluvial

A rede de drenagem pluvial segue o direcionamento dos fluxos conforme apresentado na Figura 25, que resume de forma esquemática a distribuição das contribuições de escoamento superficial e seus respectivos exutórios.

Figura 25 - Direcionamento dos fluxos na rede de drenagem pluvial da área em estudos



As Bacias R05, R06 e R07 correspondem à trechos pavimentados da avenida; Bacias 01lid, 02lid, 03lid, 05rlid e 06rlid indicam as áreas correspondentes às bacias em que foram aplicadas as técnicas compensatórias; A, B, C, D, E, F, G e H são pontos de coleta do escoamento superficial; EX indica o exutórios da rede de drenagem da área de estudo que direciona toda a água pluvial para rede existente à jusante.

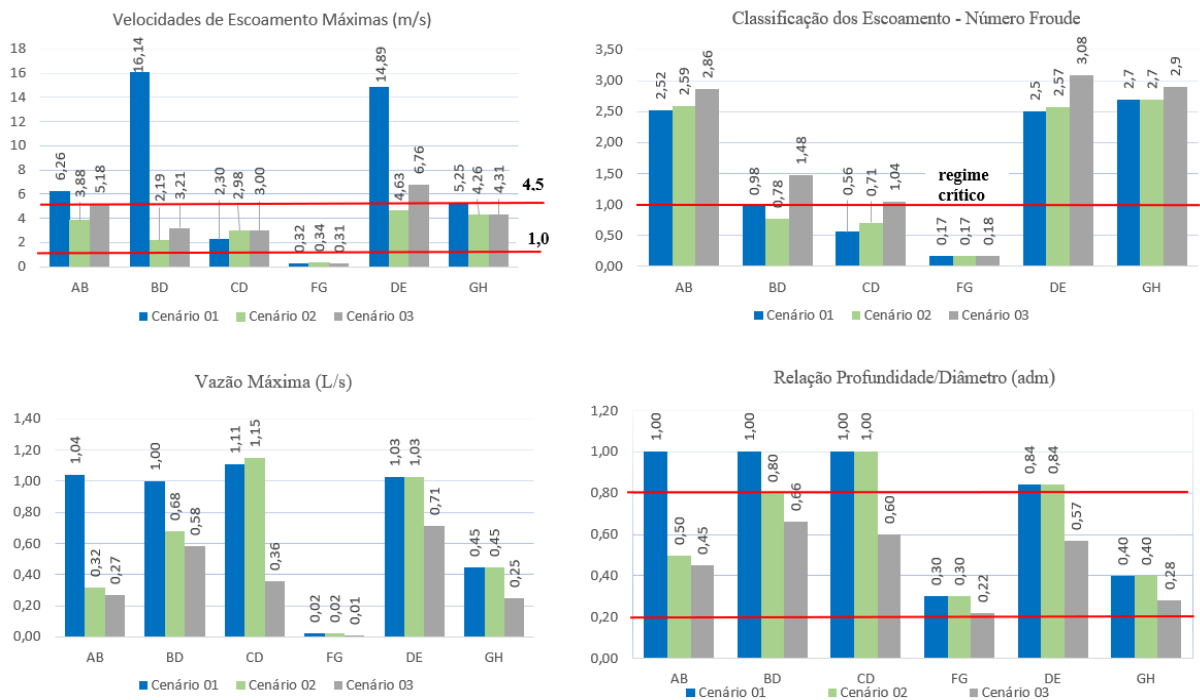
Fonte: Autora.

Destaca-se na Figura 25 o direcionamento do fluxo e a interferência, em cada bacia, das técnicas compensatórias aplicadas. Por exemplo, o ponto exutório A recebe a contribuição da Bacia 01, na qual foram aplicadas as técnicas denominadas Bacia01lid e Bacia 03lid. É possível verificar quais técnicas foram instaladas em cada bacia na Tabela 9. Dessa forma, segue-se a mesma linha de raciocínio para as demais contribuições.

Cada exutório tem o direcionamento de fluxo a jusante seguindo o direcionamento das setas em que se observa pontos que recebem, além da contribuição da sua própria bacia, contribuições de demais exutórios como, por exemplo, do ponto D.

Para uma avaliação consistente dos cenários verificaram-se as velocidades máximas nos trechos dos condutos, a classificação dos escoamentos, o comportamento do fluxo cheio e a profundidade máxima por trecho para cada um dos três cenários. Esses resultados são apresentados na Figura 26.

Figura 26 – Velocidades de escoamento máximas, classificação dos escoamentos, vazão máxima e relação profundidade/diâmetro nos trechos dos condutos da área em estudo.



Os dados de referência utilizados foram extraídos de especificações do manual de rodovias DNIT(2006).

Fonte: Autora.

Pode-se observar nos resultados da Figura 26 que, em termos de velocidades máximas nos trechos dos condutos, existe uma tendência de redução em quase todos os trechos para os Cenários 02 e 03, sendo a única exceção o trecho CD, onde houve um pequeno aumento na velocidade máxima. Embora fosse esperado que a velocidade reduzisse, neste trecho houve pequeno aumento provavelmente pelas variações nas simulações. Para o Cenário 02 houve uma redistribuição dos pontos de recolhimento e no Cenário 03 as substituições dos diâmetros não ocorreram de forma uniforme, tendo alguns trechos acréscimo de área de seção maior do que nos demais trechos. Ainda, foi observado que os trechos AB, BD e DE apresentaram reduções de velocidades máximas consideráveis com a implementação do cenário 02 passando a atender os limites adotados como referência pelo DNIT.

Em se tratando da classificação do tipo de regime de escoamento nos condutos, com base no número de Froude, o Cenário 02 apresentou tendência a um leve acréscimo em relação ao Cenário 01, com exceção do trecho de conduto BD, que teve leve redução. Esta redução está relacionada também à redistribuição dos pontos exutórios. No Cenário 03 houve tendência de acréscimo do número de Froude em relação ao Cenário 01. No entanto, os únicos trechos que este incremento foi responsável pela mudança de regime subcrítico para supercrítico foram os

trechos BD e CD. A mudança de regime nestes trechos favorece o bom funcionamento da rede de drenagem, uma vez que deixam de existir remansos presentes no Cenário 01 localizados nas transições entre os nós B e D.

Quanto à vazão máxima nos trechos para o Cenário 02, os índices foram reduzidos nos trechos AB, BD e HE, mantendo-se inalterados nos trechos FG, DE e GH e com aumento no trecho CD. Vale lembrar que as alterações com a implantação das técnicas compensatórias (Cenário 02) interferem nos resultados em termos de redução do volume a ser recebido nos exutórios e escoado pelos condutos, uma vez que aumentam a infiltração e o armazenamento, mantendo na própria bacia a água que seria eliminada a jusante. Por isso os trechos que se mantiveram inalterados foram aqueles onde não foram aplicadas nenhuma técnica compensatória. Já trecho CD, que recebe o escoamento da Bacia 03, apresentou aumento na vazão devido ao fato de que, com a implantação das técnicas compensatórias, o excedente da Bacia 01 foi redirecionado para este trecho. No Cenário 03 as reduções na variação de fluxo cheio em relação ao Cenário 01 foram mais expressivas quanto ao funcionamento dos trechos, por se tratar de um acréscimo dos diâmetros que modificam completamente as condições iniciais do Cenário 01.

Na análise da relação profundidade/diâmetro dos condutos nota-se que apenas os trechos AB e BD sofreram redução para o Cenário 02, o que atendeu aos limites de referência sugeridos por DNIT (2006). Os demais trechos continuaram constantes. Já em comparação ao Cenário 03, todos os trechos apresentaram reduções estando dentro dos limites de referência.

Conforme também apontado por Zhou et al. (2019), devido à impossibilidade de simulação das condições de inundação da superfície (por exemplo, áreas inundadas e profundidades de transbordamento) pelo SWMM, o desempenho do sistema de drenagem e a magnitude das inundações urbanas são refletidos por meio do volume total de inundação (TFV), resumindo os transbordamentos nos nós sobrecarregados. A Tabela 10 apresenta os valores obtidos na modelagem relativos aos volumes inundados, à vazão máxima e ao tempo de inundação. Na síntese de inundações nos nós da rede de drenagem em questão não foi feita comparação com o Cenário 03, em decorrência deste não apresentar pontos de inundações.

Tabela 10 - Volumes inundados, vazão máxima e tempo de inundação obtidos na modelagem com o SWMM nos diferentes nós e cenários

Síntese da Inundação nos Nós				
Nó	Cenário	Volume Inundado (10 <sup>6</sup> L)	Vazão Máxima (m <sup>3</sup> /s)	Tempo Inundação (h)
A	Cenário 01	0,02	0,12	0,06
	Cenário 02	1,00	1,00	1,00
	Cenário 03	0,00	0,00	0,00
B	Cenário 01	2,13	0,97	1,00
	Cenário 02	1,00	1,00	1,00
	Cenário 03	0,00	0,00	0,00
C	Cenário 01	2,34	0,82	2,65
	Cenário 02	2,01	0,78	2,31
	Cenário 03	0,00	0,00	0,00
D	Cenário 01	6,34	1,70	3,06
	Cenário 02	2,61	1,20	1,53
	Cenário 03	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autora.

Observa-se na Tabela 10 que o Cenário 01 apresentou excessivo volume inundado no ponto D, o que confere com as condições locais. Neste ponto convergem as contribuições da maioria das bacias, apresentando recorrentes alagamentos. Porém, no Cenário 02, apesar da redução expressiva de 59% do total inundado em relação às condições atuais (Cenário 01), as medidas compensatórias não conseguiram eliminar por completo o volume inundado. A solução para atingir resultados melhores em termos de redução do volume inundado seria implementar as técnicas compensatórias em outras áreas, porém trata-se de uma área densamente urbanizada e seriam necessárias aplicações de técnicas de forma individual a cada lote. Reduções também ocorreram nos pontos B (49%) e C (14%). Porém, no ponto A ocorreu aumento de 49% do seu volume com a adoção das técnicas compensatórias (Cenário 02), o que é justificável pelo fato de o excedente do escoamento superficial de parte da Bacia 03 ter sido direcionado ao ponto A, fato não ocorrente nos demais cenários. Esse padrão de acréscimos no ponto A ocorre também na vazão máxima e tempo de inundação pelas mesmas razões. O ponto B se manteve praticamente inalterado para vazões máximas e tempo de inundação, enquanto os pontos C e D reduziram nos dois quesitos.

Os resultados da simulação para o cenário atual (Cenário 01), em termos de volume escoado, condizem com aqueles observados na prática. O modelo teórico do Cenário 01, em que foram modeladas as condições de drenagem e impermeabilização existentes, representou de forma realista os pontos onde há recorrência de inundações, que são os pontos D e C da rede pluvial, com volumes inundados de  $6,34 \times 10^6$  L e  $2,34 \times 10^6$  L, respectivamente.

No Cenário 01, nos pontos A e B houve a indicação de transbordamentos com volumes de inundações de  $0,02 \times 10^6$  L e  $2,13 \times 10^6$  L, respectivamente, o que não é perceptível no local. Este fato pode ser justificado em função de que no momento da precipitação esse volume transbordado se confunde com o escoamento advindo das regiões mais altas da bacia e que escoam pelo arruamento ou em decorrência da necessidade de melhor calibração do modelo às condições locais. Vale lembrar, ainda, que os pontos A e B são os primeiros pontos de recolhimento de escoamento superficial de uma região com altas declividades, o que eleva a velocidade do escoamento. Além disso, a mudança brusca de declividade da rede de drenagem pode ter contribuído com o resultado citado.

Além de problemas relacionados à inexistência de pontos de recolhimento de escoamento, foram também identificadas questões relacionadas ao dimensionamento, manutenção e limpeza dos bueiros. A rede pluvial existente foi diagnosticada, em vários locais, como insuficiente para uma chuva de projeto de dois anos de recorrência e para as condições de impermeabilização atuais. A região de urbanização mais recente, localizada nas áreas mais altas, não conta com rede de drenagem pluvial e toda a contribuição do escoamento é carregada livremente pelas ruas até a rede existente, que se inicia no ponto A.

### **5.3. Custo de implantação**

Apesar deste trabalho e de não tratar de projeto executivo, a estimativa orçamentária se torna importante em decorrência da falta de recursos financeiros dos órgãos públicos e da necessidade do adequado uso dos impostos recolhidos da população. Vale lembrar que este não deve ser o principal critério de análise, uma vez que outros parâmetros socioambientais são de extrema importância e incalculáveis em termos financeiros.

#### **5.3.1. Cenário 01 – Condições atuais**

Para esta simulação nenhum serviço seria executado, uma vez que foram mantidas as condições atuais da rede de drenagem existente e de impermeabilização do solo.

#### **5.3.2. Cenário 02 – Implantação de técnicas compensatórias**

Neste cenário, em que foram aplicadas as técnicas de baixo impacto, foi obtida uma estimativa orçamentária conforme exposto à Tabela 11. Foram consideradas as técnicas compensatórias nas áreas disponíveis na bacia urbana em estudo, como descritas na metodologia. Destaca-se que para fins de aplicação prática, torna-se necessário, para a

implantação das técnicas compensatórias, um melhor detalhamento por meio de levantamentos específicos e projetos executivos.

Tabela 11 - Estimativa orçamentária para o Cenário 02

SINAPI	Descrição da composição	Quant.	Un.	Custo (R\$)	
				Indiv.	Total
<b>Bacia de Filtração - Jardim de Chuva</b>					
90086	Escavação mecanizada de vala com prof, maior que 3,0 m até 4,5 m (média entre montante e jusante/uma composição por trecho), com escavadeira hidráulica (0,8 m <sup>3</sup> /111 hp), larg, menor que 1,5 m, em solo de 1a categoria, em locais com alto nível de interferência, af_01/2015	1.004,50	m <sup>3</sup>	6,57	6.599,57
100324	Lastro com material granular (pedra britada n,1 e pedra britada n,2), aplicado em pisos ou radiers, espessura de *10 cm*, af_07/2019 - h = 30 cm	602,70	m <sup>3</sup>	104,27	62.843,53
94115	Lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de areia, lançamento mecanizado, em local com nível baixo de interferência. Af_06/2016 - h = 20 cm	401,80	m <sup>3</sup>	109,99	44.193,98
98504	Plantio de grama em placas, af_05/2018	2.009,00	m <sup>2</sup>	7,71	15.489,39
				<b>Subtotal</b>	<b>129.126,47</b>
<b>Bacia de Filtração - Valas de Infiltração</b>					
90086	Escavação mecanizada de vala com prof, maior que 3,0 m até 4,5 m(média entre montante e jusante/uma composição por trecho), com escavadeira hidráulica (0,8 m <sup>3</sup> /111 hp), larg, menor que 1,5 m, em solo de 1a categoria, em locais com alto nível de interferência, af_01/2015	224,50	m <sup>3</sup>	6,57	1.474,97
100324	Lastro com material granular (pedra britada n,1 e pedra britada n,2), aplicado em pisos ou radiers, espessura de *10 cm*, af_07/2019 - h = 30 cm	134,70	m <sup>3</sup>	104,27	14.045,17
94115	Lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de areia, lançamento mecanizado, em local com nível baixo de interferência. Af_06/2016 - h = 20 cm	89,80	m <sup>3</sup>	109,99	9.877,10
98504	Plantio de grama em placas, af_05/2018	449,00	m <sup>2</sup>	7,71	3.461,79
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$ 28.859,03</b>
<b>Pavimento Permeável/Poroso – Estacionamentos</b>					
83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m <sup>3</sup>	150,00	m <sup>3</sup>	2,07	310,50
100324	Lastro com material granular (pedra britada n,1 e pedra britada n,2), aplicado em pisos ou radiers, espessura de *10 cm*, af_07/2019 - h = 30 cm	90,00	m <sup>3</sup>	104,27	9.384,30
94115	Lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de areia, lançamento mecanizado, em local com nível baixo de interferência. Af_06/2016 - h=20 cm	60,00	m <sup>3</sup>	109,99	6.599,40
92391	Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco pisograma de 35 x 25 cm, espessura 6 cm, af_12/2015	300,00	m <sup>2</sup>	40,35	12.105,00

98503	Plantio de grama em pavimento concregrama, af_05/2018	300,00	m <sup>2</sup>	12,39	3.717,00
94265	Guia (meio-fio) concreto, moldada in loco em trecho reto com extrusora, 15 cm base x 30 cm altura, af_06/2016	828,00	m	27,74	22.968,72
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$ 55.084,92</b>
Pavimento Permeável/Poroso – Passeios					
97635	Demolição de pavimento intertravado, de forma manual, com reaproveitamento, af_12/2017	1.853,50	m <sup>2</sup>	8,46	15.680,61
83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m <sup>3</sup>	926,75	m <sup>3</sup>	2,07	1.918,37
100324	Lastro com material granular (pedra britada n,1 e pedra britada n,2), aplicado em pisos ou radiers, espessura de *10 cm*, af_07/2019 - h = 30 cm	556,05	m <sup>3</sup>	104,27	57.979,33
94115	Lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de areia, lançamento mecanizado, em local com nível baixo de interferência. Af_06/2016 - h=20 cm	370,70	m <sup>3</sup>	109,99	40.773,29
Composição	Execução de passeio em piso intertravado, com bloco retangular poroso cor natural de 20 x 10 cm, espessura 6 cm, af_12/2015	1.853,50	m <sup>2</sup>	63,52	117.740,20
94265	Guia (meio-fio) concreto, moldada in loco em trecho reto com extrusora, 15 cm base x 30 cm altura, af_06/2016	178,00	m	27,74	4.937,72
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$ 239.029,53</b>
Pavimento Permeável/Poroso - Pista Skate					
97635	Demolição de pavimento intertravado, de forma manual, com reaproveitamento, af_12/2017	350,00	m <sup>2</sup>	R\$ 8,46	R\$ 2.961,00
100324	Lastro com material granular (pedra britada n,1 e pedra britada n,2), aplicado em pisos ou radiers, espessura de *10 cm*, af_07/2019 - h = 30 cm	105,00	m <sup>3</sup>	R\$ 104,27	R\$ 10.948,35
94115	Lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de areia, lançamento mecanizado, em local com nível baixo de interferência. Af_06/2016 - h=20 cm	70,00	m <sup>3</sup>	R\$ 109,99	R\$ 7.699,30
98615	Contenção em cortina com estacas espaçadas com 30 cm de diâmetro e profundidade menor ou igual a 10 m, af_06/2018	121,60	m <sup>2</sup>	R\$ 83,53	R\$ 10.157,25
Composição	Execução de piso poroso moldado in loco cor natural, espessura 6 cm, af_12/2015	350,00	m <sup>2</sup>	R\$ 63,52	R\$ 22.233,11
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$ 53.999,01</b>
Trincheira – Parque					
83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m <sup>3</sup>	145,00	m <sup>3</sup>	R\$ 2,07	R\$ 300,15
100324	Lastro com material granular (pedra britada n,1 e pedra britada n,2), aplicado em pisos ou radiers, espessura de *10 cm*, af_07/2019 - h = 30 cm	87,00	m <sup>3</sup>	R\$ 104,27	R\$ 9.071,49
94115	Lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de areia, lançamento mecanizado, em local com nível baixo de interferência. Af_06/2016 – h = 20 cm	58,00	m <sup>3</sup>	R\$ 83,53	R\$ 4.844,74
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$ 14.216,38</b>

Trincheira – Quadra					
83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m <sup>3</sup>	1.312,50	m <sup>3</sup>	R\$ 2,07	R\$ 2.716,88
100324	Lastro com material granular (pedra britada n,1 e pedra britada n,2), aplicado em pisos ou radiers, espessura de *10 cm*, af_07/2019 - h = 30 cm	262,50	m <sup>3</sup>	R\$ 104,27	R\$ 27.370,88
94115	Lastro com preparo de fundo, largura maior ou igual a 1,5 m, com camada de areia, lançamento mecanizado, em local com nível baixo de interferência. Af_06/2016 - h = 20 cm	175,00	m <sup>3</sup>	R\$ 83,53	R\$ 14.617,75
98615	Contenção em cortina com estacas espaçadas com 30 cm de diâmetro e profundidade menor ou igual a 10 m, af_06/2018	56,00	m <sup>2</sup>	R\$ 83,53	R\$ 4.677,68
				<b>Subtotal</b>	<b>R\$ 49.383,18</b>
				<b>Total</b>	<b>R\$ 569.698,52</b>

Valores unitários de referência SINAPI do estado de Minas Gerais - mês 02/2020

Fonte: Autora.

### 5.3.3. Cenário 03 – Redimensionamento da infraestrutura cinza

Este cenário representa o aumento de diâmetro da estrutura cinza existente, com a ampliação dos diâmetros para fins de adequação à chuva de projeto adotada. Para tal, foi necessário estimar os custos associados ao conjunto de serviços a serem executados, conforme apresentado na Tabela 12. Os índices de referências de valores unitários foram os mesmos utilizados para o Cenário 02.

Tabela 12 - Estimativa orçamentária para o Cenário 03

SINAPI	Descrição da composição	Quant.	Un.	Custo (R\$)	
				Indiv.	Total
97635	Demolição de pavimento intertravado, de forma manual, com reaproveitamento, af_12/2017	4.614,00	m <sup>2</sup>	8,46	39.034,44
83338	Escavação mecânica, a céu aberto, em material de 1a categoria, com escavadeira hidráulica, capacidade de 0,78 m <sup>3</sup>	13.842,00	m <sup>3</sup>	2,07	28.652,94
92848	Assentamento de tubo de concreto para redes coletoras de esgoto sanitário, diâmetro de 1000 mm, junta elástica, instalado em local com baixo nível de interferências (não inclui fornecimento), af_12/2015	1.268,00	m	16,47	20.883,96
92216	Tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 1000 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências - fornecimento e assentamento, af_12/2015	1.268,00	m	317,40	402.463,20
92819	Assentamento de tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 1500 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências (não inclui fornecimento), af_12/2015	270,00	m	142,23	38.402,10

92818	Tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 1500 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências - fornecimento e assentamento, af_12/2015	270,00	m	646,33	174.509,10
93361	Reaterro mecanizado de vala com escavadeira hidráulica (capacidade da caçamba: 0,8 m <sup>3</sup> / potência: 111 hp), largura até 1,5 m, profundidade de 1,5 a 3,0 m, com solo de 1ª categoria em locais com alto nível de interferência. Af_04/2016	13.842,00	m <sup>3</sup>	11,31	156.553,02
74224/1	Poco de visita para drenagem pluvial, em concreto estrutural, dimensões internas de 90x150x80cm (largxcompxalt), para rede de 600 mm, exclusos tampão e chaminé,	8,00	unid.	1.324,27	10.594,16
92396	Execução de passeio em piso intertravado, com bloco retangular cor natural de 20 x 10 cm, espessura 6 cm, af_12/2015	4.614,00	m <sup>2</sup>	49,10	226.547,40
				<b>Total</b>	<b>R\$ 1.097.640,32</b>

Valores unitários de referência SINAPI do estado de Minas Gerais - mês 02/2020

Fonte: Autora.

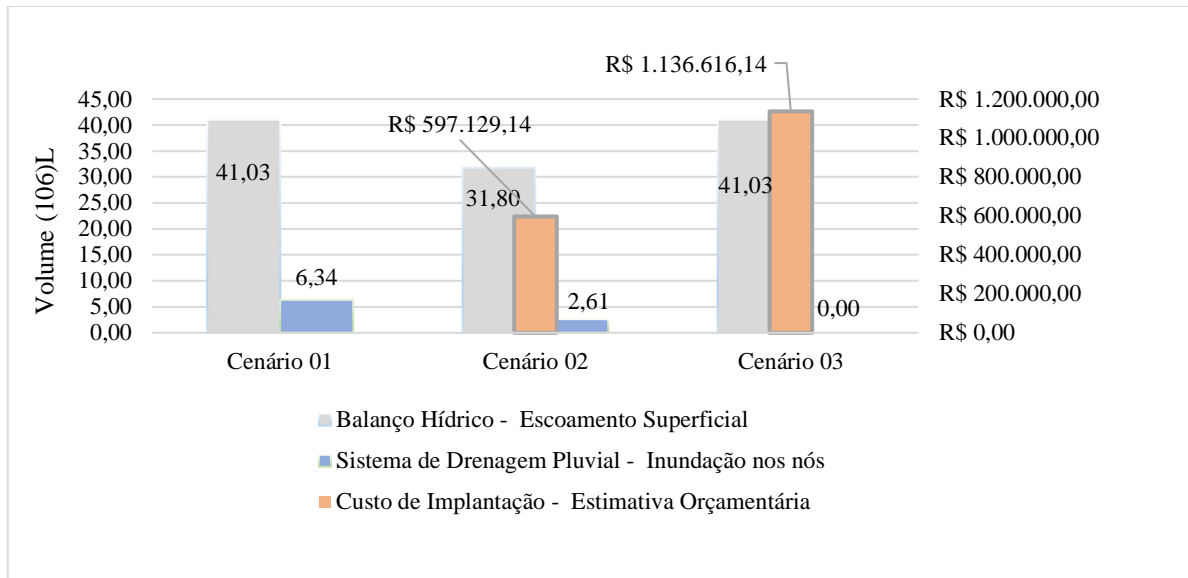
Como pode se observar nas Tabela 11 e Tabela 12, o valor necessário para a execução do Cenário 02 corresponde a 52,54% daquele necessário para o Cenário 03.

Pode-se observar, ainda, que dentre os valores necessários para a implementação das técnicas compensatórias o mais expressivo seria o correspondente à execução dos pavimentos permeáveis nos passeios, que atinge 41% do valor total, seguido do jardim de chuva (22%), estacionamento e quadra, ambos correspondentes a 10%, pista de skate (9%), vala de infiltração (5%) e parque (3%). Os serviços necessários para atender ao Cenário 03 são todos correspondentes à execução e ampliação da rede de água pluvial, totalizando um montante estimado superior a R\$1.130.000,00.

#### 5.4. Avaliação custo-benefício

Na Figura 27 apresentam-se índices mensuráveis para auxiliar na tomada de decisão na adoção do cenário mais eficiente para a área em estudo. Para tal, foram listados os índices de relevância significativa a serem avaliados como critérios diretos de comparação entre os cenários simulados para a bacia urbana em estudos.

Figura 27 – Volume de escoamento superficial, volume de inundação nos nós e custo de implantação dos cenários simulados



Fonte: Autora.

Dentre os aspectos avaliados, o balanço hídrico pode ser mensurado principalmente pela variação do volume do escoamento superficial. Entre os cenários simulados foi possível verificar a redução de cerca 22% do escoamento superficial com a implantação de técnicas compensatórias no Cenário 02, comparativamente aos Cenários 01 e 03.

Vale lembrar que a pesquisa avaliou especificamente as condições possíveis e de fácil aplicação, podendo ser estendida a novas combinações e dimensões. Apesar dos cenários serem diferentes, em seu estudo, Luan et al. (2017) observaram que medidas abrangentes (uma combinação de cinturão verde, pavimento permeável, célula de biorretenção e vala vegetativa), em comparação com as práticas individuais, foram mais eficazes na redução de pico de descarga e escoamento com percentuais de redução de 55,7% e 57,3%, respectivamente. Em simulação realizada em Illinois, EUA (Ahiablame e Shakya, 2016), verificou-se que a implementação com 50-100% de pavimento permeável e 100% de jardins de chuva em estacionamentos foi a mais eficaz na redução de inundações na bacia hidrográfica, com a taxa de redução de inundação variando de 45,5 a 54,5%.

No presente trabalho não foram simuladas variações nos dados de entrada de precipitação, uma vez que adotou-se a chuva de projeto com período de retorno de 2 anos. Tao et al., (2017) verificaram que o desempenho dos sistemas GI é significativamente afetado pela duração do evento e intensidade de pico da tempestade. Já Fry e Maxwell (2015) indicaram que as práticas GI distribuídas (células de biorretenção jardins de chuva) têm o maior impacto no pico de fluxo

e na redução do volume de escoamento para eventos de tempestade menores, na faixa de 25-41% e 15,5-25%, respectivamente.

Já na avaliação do sistema de drenagem, foi possível reduzir em 59% o volume de inundação no nó D quando simuladas no Cenário 02 as propostas de implementação de técnicas compensatórias, enquanto que no Cenário 03 houve a inexistência de inundação para chuva de projeto associada ao período de retorno de 2 anos.

Em se tratando de custos para a implantação dos cenários simulados, o Cenário 02 se mostrou mais favorável, com 52% dos gastos necessários para implementação do Cenário 03. O Cenário 02, além de diversas outras vantagens, é também o mais favorável em termos de cronograma de execução e impacto na rotina dos moradores e transeuntes durante a execução por evitar transtornos em área de trânsito intenso.

Vale ressaltar que neste trabalho não foram considerados os prejuízos tangíveis (danos físicos, custos de emergência e prejuízos financeiros) e nem os intangíveis (danos que não tem valor de mercado ou valor monetário (vidas, prédios históricos) provocados pelas recorrentes inundações).

Além dos índices encontrados, outros fatores devem ser ponderados na decisão por qual cenário seria o mais indicado. Um dos fatores seria a possibilidade de multifuncionalidade que otimize o espaço público, principalmente quando aliado a uma linha de ações sustentáveis que possibilitem, conjuntamente, amenizar as inundações, zonas de calor e conservar a qualidade de vida. Neste aspecto, o Cenário 02 atende de forma eficiente, pois além de mitigar problemas relacionados às cheias, prevê adaptações que atendam carências regionais como acessibilidade para deficientes, área pública de acesso à comunidade criando um espaço de lazer e de atividade física que contribuam para a saúde e bem-estar dos moradores.

Porém, é necessário lembrar da necessidade de manutenções periódicas, como jardinagem e rotinas que evitem a colmatagem dos pavimentos e camadas drenantes. Importante ainda a elaboração de um plano de monitoramento em termos de segurança. Esses planejamentos devem estar aliados à uma educação socioambiental com a comunidade para que todos se responsabilizem e entendam a necessidade de preservação do meio-ambiente e do espaço público de acesso irrestrito. Tão importante quanto a segurança dos moradores e comerciantes, em se tratando de inundações, é a resiliência da cidade frente às questões hídricas e planejamento.

Os problemas relacionados à urbanização são diretamente relacionados à falta de planejamento e permissividade de construções inadequadas e em locais indevidos, tais como encostas e margens dos rios. A ausência histórica de planos diretores e fiscalizações aliada a um pensamento tradicional de ocupação máxima dos terrenos reduz as áreas permeáveis e modifica o ciclo hidrológico das bacias urbanizadas. Em função disso, é de extrema importância e urgência a implantação de um plano diretor adequado.

Neste sentido, o estudo traz indicativos com potencial de auxiliar práticas de planejamento com bases técnico-científicas para a solução de problemas recorrentes e direcionar técnicas que podem ser adotadas como base na elaboração de plano diretor municipal eficiente.

## 6. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados, pode-se concluir que:

- Estudos de viabilidade de implantação de sistemas de baixo impacto devem considerar, além da chuva de projeto associada a determinado período de retorno, a caracterização das bacias urbanas. Fatores antropizantes bem como investigações relativas à frequência de eventos de alagamentos, rede de drenagem existente e suas condições técnicas devem ser consideradas nos estudos, pois modificam as condições locais originais.

- A modelagem com o SWMM possibilitou, diante do diagnóstico e construção de cenários, soluções possíveis de serem adotadas para a mitigação dos problemas de inundações na bacia em estudo, com potencial de replicação para outras áreas urbanas.

- A implantação de técnicas compensatórias se apresentou como medida eficaz para a mitigação de enchentes em área urbana, além de ter apresentado custo/benefício satisfatório. Ainda que no estudo não se tenha conseguido sanar por completo os pontos de inundação na bacia urbana em estudo, em decorrência da urbanização acentuada e a consequente carência de espaços para implantação dos sistemas de baixo impacto, mostrou-se que as técnicas são efetivas e podem ser replicadas para outras regiões, servindo de base para elaboração de planos diretores municipais.

## REFERÊNCIAS

- AHIABLAME, L., SHAKYA, R., 2016. Modeling flood reduction effects of low impact development at a watershed scale. **J. Environ. Manage.** 171, 81–91.
- AHILAN, S.; WEBBER, J.; BUTLER, D. **Building urban flood resilience with rainwater management.** University of Exeter, n. September, p. 3–4, 2019.
- ALMEIDA, G. H. T. D. DE; MASINI, L. S.; MALTA, L. R. S. Hidrologia e drenagem Londrina **Editora e Distribuidora Educacional SA**, 2017.
- ALMEIDA, M. DE F. **Aplicação de técnicas compensatórias na drenagem urbana, sob a ótica dos usuários do espaço: estudo de caso em São Carlos-SP** São Carlos, 2014.
- ARAÚJO, A. S. D. B. **Análise e proposição de medidas sustentáveis em drenagem urbana na região do lago norte-DF por meio de modelagem hidrológica-hidráulica**, 2018.
- ARRUDA, P. R. R. **Uma contribuição ao estudo ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa, Minas Gerais.** Viçosa – MG Universidade Federal de Viçosa, , 1997.
- BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a Bacia do Rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrológicamente consistente.** Viçosa - MG, 2002.
- BARBASSA, A. P.; ET AL. **Poço de infiltração para controle de enchentes na fonte: avaliação das condições de operação e manutenção.** . jun. 2014, p. 91–107.
- BASTOS, R. K. X. et al. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Viçosa - MG: Prefeitura Municipal de Viçosa, SAAE, UFV, 2009.
- BRAGA, M. D. M. et al. **Aplicação das Técnicas de Gestão do Conhecimento no Gerenciamento de Desastres Naturais. 4o Simpósio argentino de informática en el Estado -40 JAIIO**, p. 111–125, 2011.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Saiba Mais.** Disponível em: <[http://www1.caixa.gov.br/gov/gov\\_social/municipal/assistencia\\_tecnica/produtos/repasses/drenagem\\_urbana\\_sustentavel/saibamais.asp](http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/assistencia_tecnica/produtos/repasses/drenagem_urbana_sustentavel/saibamais.asp)>. Acesso em: 18 fev. 2020.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Saiba Mais. **Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI.** Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos>>. Acesso em: 25 out. 2020.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CENTER ARKANSAS, C. D. **Low Impact Development.** Disponível em: <<http://uacdc.uark.edu/models/low-impact-development>>. Acesso em: 11 fev. 2020.
- CHOW, V. TE. **Open-channel hydraulics** libra ,, 'de COI1g1 · es.r Número do cartão de catálogo 58-13860, , 1959.
- CORREA, E; RIBEIRO, G; BAPTISTA, A. Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica doo rio Bengalas, Nova Friburgo, RJ, utilizando o potencial de geotecnologias na definição de áreas de risco à

inundação - **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67/6, pag 1183-1202, 2015).

CRUZ, T. A. Retrato Social de Viçosa. **Centro de Promoção do Desenvolvimento Sustentável**, p. 91, 2014.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2. Ed, 333p, 2006. Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/manual\\_drenagem\\_rodovias.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_drenagem_rodovias.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2019.

DUTRA, C. S.; BOAS, C. V.; OLIVEIRA, G. A.; FARIA, W. Estudo Comparativo dos Escoamentos Superficiais na Calha do Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte – Minas Gerais – **MundoGEO** 12/08/10

ECKART, K.; MCPHEE, Z.; BOLISSETTI, T. Performance and implementation of low impact development – A review. **Science of the Total Environment**, v. 607–608, p. 413–432, 2017.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM - **Banco de Solos de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-desolo-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em: 4 abr. 2020.

FLETCHER, T. D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 7, p. 525–542, 3 out. 2015.

FONTES, L. E. F. Recursos Hídricos e Percepção Ambiental no Município de Viçosa - MGViçosa – **MG Editora Folha de Viçosa**, , 2006.

FRY, T.J., MAXWELL, R., 2015. **Evaluation of distributed BMPs in an Urban Watershed** – High resolution modeling for Stormwater Management. *Hydrol. Process.*

GÜLBAZ, S.; KAZEZYILMAZ-ALHAN, C. M. An evaluation of hydrologic modeling performance of EPA SWMM for bioretention. *Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research*, v. 76, n. 11–12, p. 3035–3043, 1 dez. 2017.

GURJÃO, C.; CHRUSCIAK, M.; SILVA, J. CARVALHO, J. **Estruturas superficiais de infiltração: colchões drenantes**, 22, 978-85-60313-41-9, 2012/07/01

GUTIERREZ, A. I. R.; RAMOS, I. C. **Drenagem urbana sustentável para a concretização de metas de ODS/ONU**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/920314/drenagem-urbana-sustentavel-para-a-concretizacao-de-metas-de-ods-onu>>. Acesso em: 6 fev. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/vicosa.html>>. Acesso em: 9 dez. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Séries Estatísticas & Séries Históricas**. Disponível em: <<https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=CD91&t=populacao-situacao-domicilio-populacao-presente-residente>>. Acesso em: 30 maio. 2020.

INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia** :: Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 4 abr. 2020.

LASGRWC, **Elmer Avenue Green Street Project Explored**. Disponível em:

<https://lacreekfreak.wordpress.com/2010/07/08/elmer-avenue-green-street-project-explored/>>. Acesso em: 4 dez. 2020.

LAFORTEZZA, R. et al. Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. **Environmental Research**, v. 165, n. xxxx, p. 431–441, 1 ago. 2018.

LAREINA. **Reservatório Individual**. Disponível em: <<https://www.pinterest.ca/pin/534450680774931852/>>. Acesso em: 2 abr. 2020.

LIU, L.; FRYD, O.; ZHANG, S. Blue-Green Infrastructure for Sustainable Urban Stormwater Management—Lessons from Six Municipality-Led Pilot Projects in Beijing and Copenhagen. **Water**, v. 11, n. 10, p. 2024, 28 set. 2019.

LUAN, Q., et al., 2017. Runoff Effect Evaluation of LID through SWMM in Typical Mountainous, Low-Lying Urban Areas: A Case Study in China. **Water-Sui** 9 (6), 439.

MAGALHÃES, A. S. Tributo Verde: Instrumento Fomentador do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 05, n. 2448– 0959, p. 5–28, 2018.

MIGUEZ ET AL. City Growth and Urban Drainage Alternatives: Sustainability Challenge. **Journal of Urban Planning and Development**., p. v. 141, n. 3, página 4014026, 2014.

MOURA ET AL. Paisagens inteligentes: aplicação de modelagem paramétrica para uma nova geração de reservatórios de gerenciamento de riscos de inundação na cidade de São Paulo, Brasil. **Disegnarecon**, p. Volume 11 Número 20, 2018.

NGUYEN, T. T. et al. Implementation of a specific urban water management - Sponge CityScience of The Total Environment **Elsevier B.V.**, , 20 fev. 2019.

NUNES, A. DE A. **Tendências em eventos extremos de precipitação na região metropolitana de belo horizonte: detecção, impactos e adaptabilidade**, 2018.

PAULA, K. A. O processo de verticalização na zona central da cidade de Viçosa-MG: uma análise a partir da expansão da Universidade Federal de Viçosa e do seu impacto na estruturação do espaço urbano | Paula | **GeoTextos**. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/30473/19134>>. Acesso em: 23 jan. 2020.

PINHEIRO, ET AL. As funções dos telhados verdes no meio urbano e na gestão dos recursos hídricos. InterEspaço: **Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 4, n. 15, p. 376, 2 jan. 2019.

PRUSKI, F. F. et al. **Escoamento superficial**. 2. ed. [s.l.] UFV, 2003.

PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, D. D. **Comparaçãoentre dois métodos para a determinação do volume de escoamento superficial** 403 R. Bras. Ci. Solo, 2001.

QIAO, X. J.; KRISTOFFERSSON, A.; RANDRUP, T. B. Challenges to implementing urban sustainable stormwater management from a governance perspective: A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 196, p. 943–952, 20 set. 2018.

REIS, R. P. A.; OLIVEIRA, L. H.; SALES, M. M. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais, **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 99-117, abr./jun. 2008. ISSN 1678-8621 © 2008, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

- ROQUE, A. L. **Áreas de risco geológico-geotécnico associadas a movimentos de massas no núcleo urbano de viçosa-mg**, 2013.
- ROSA, D. W. B. **Resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica urbana à implantação de técnicas compensatórias de drenagem urbana-bacia do Córrego do Leitão**, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2017.
- ROSSMAN, L. A.; EMERITUS, E. S.; EPA, U. S. E. P. A. **Storm Water Management Model User ' S Manual**. Cincinnati: Office of Research and Development - Water Supply and Water Resources Division, 2015.
- RUSCHE, K.; REIMER, M.; STICHMANN, R. Mapping and assessing green infrastructure connectivity in European city regions. **Sustainability** (Switzerland), v. 11, n. 6, 2019.
- SANTOS, M. F.; REIS, M; PAIVA, S; GONÇALVES, L.; BARBASSA, A. - **Descentralizando o manejo das águas pluviais: como promover a participação da comunidade** 2016/10/05
- SANTOS, V.J. **Fragilidade ambiental à erosão laminar na bacia hidrográfica do córrego São Domingos, em Ubá/MG**, 2016)
- SILVA, M. L. DA. **Expansão da Cidade de Viçosa - MG: A Dinâmica Centro - Periferia**. p. 149, 2014.
- SIQUEIRA, R. C.; MOURA1, P. M.; DAS GRAÇAS SILVA1, T. F. Methodology for the construction of an urban flood hazard chart. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, 2019.
- TAO, J., LI, Z., PENG, X., YING, G., 2017. **Quantitative analysis of impact of green storm- water infrastructures on combined sewer overflow control and urban flooding control**. *Front Env. Sci. Eng.* 11 (4), 11.
- TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5–27, 2002.
- TUCCI, C. E. M. **Inundações e Drenagem Urbana**, 2016.
- VERÓL, A. P.; MIGUEZ, M. G.; VAZQUEZ, E. G. Sistemas de drenagem urbana sustentáveis no mundo e no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 17911–17921, 2019.
- WALKER, L., **Rain Gardens**, Escola de Arquitetura da Southern Illinois University, 2014 Disponível em: < <http://siuarchitecture.blogspot.com/2014/01/rain-gardens.html>>. Acesso em: 04 dez. 2020.
- WILSON, C.E., HUNT, W.F., WINSTON, R.J., SMITH, P., 2015. Comparison of runoff quality and quantity from a commercial low- impact and conventional development in Raleigh, North Carolina. **J. Environ. Eng.** 141.
- ZHOU, Q. et al. Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. **Science of The Total Environment**, v. 658, p. 24–33, 25 mar. 2019.

## **APÊNDICES**

## Apêndice 1 - Plano Municipal de Saneamento Básico de Viçosa (PMSBV)

Metas Imediatas	
Estabelecer Plano de Drenagem para o município	
Fazer levantamento de base cartográfica georeferenciada, adequá-la com a base Viçosa Digital, identificar a estrutura existente de drenagem e seu estado de conservação	1 ano
Elaborar o plano de Drenagem para o município	3 anos
Inventário dos equipamentos e dispositivos de drenagem georeferenciados	3 anos
Definição dos dados utilizados para gestão das águas como por exemplo: taxa de impermeabilização, porcentagem de APPs e áreas verdes, mapeamento de áreas de risco, definição de bacias de drenagem, cadastramento das áreas que necessitam de maior segurança do ponto de vista hidrológico, dados meteorológicos e hidrológicos.	1 ano
Monitoramento dos dados - conjuntamente com implantação do sistema de informação; Meta: Criação de indicadores de desempenho do sistema – prazo de 2 anos	
Implantar o monitoramento do sistema de drenagem, a partir da definição do sistema de informação	
Renaturalização e preservação dos canais de drenagem naturais	
Proibição da tubulação de córregos	
Criar instrumentos legais municipais para a proibição da tubulação de córregos	imediatos
Restauração das margens e recomposição da vegetação ciliar	
Realizar estudo de áreas prioritárias de restauração	1 ano
Definir um programa de restauração das margens e recomposição da vegetação ciliar	1 ano
Construção de parques lineares e áreas inundáveis	
Definição das áreas conjuntamente com a elaboração do plano de drenagem	3 anos
Construção dos parques	10 anos
APPs e talvegues desocupados para comportar vazões em períodos de cheias	
Estabelecimento de um programa com campanhas periódicas para conscientização da importância de não ocupação destas áreas	1 ano
Cumprimento imediato de legislação federal, Lei 6766/1979, Código Florestal e Código Ambiental de 1999	imediatos
Trabalho de reestruturação dos leitos e desassoreamento dos mesmos	1 ano
Estudo hidrológico e de engenharia para verificar a necessidade de ampliação das galerias e calhas dos rios	5 anos
Desmanilhamento de todos os córregos urbanos	10 anos
Desocupação dos talvegues e APPs com a eliminação de todas as construções na faixa de 30 metros	30 anos
Construção de barragem de contenção de sedimentos	
Elaborar estudo da para definição da quantidade e da locação de barragens	1 ano
Início da construção das barragens	2 anos
Todas as edificações apresentarem reservatórios para água de chuva	
Criar instrumentos legais para que torne isto uma obrigatoriedade para as novas edificações	imediatos
Estabelecer programas para utilização da água da chuva reservada	3 meses
Adequação das edificações antigas	5 anos
Estabelecer áreas de estacionamento permeáveis para aumentar a taxa de infiltração	
Criação de instrumentos legais interferindo nas novas construções	imediatos
Criar incentivos para a construção dos estacionamentos permeáveis	imediatos
Adequação dos estacionamentos já construídos	5 anos
Restauração das vias após intervenção nas redes de água, esgoto ou drenagem	
Restauração das vias imediatamente após a conclusão das intervenções nas redes	-
Designação de um órgão gestor de drenagem urbana e rural	
Definir o órgão gestor de maneira que as questões relativas à drenagem urbana e rural tenham um atendimento específico	-
Eliminar áreas de risco	
Levantamento e classificação de risco das encostas instáveis no município	1 ano
Elaboração de plano e projeto de contenção e desocupação de encostas instáveis	5 anos
Difundir o conceito de drenagem sustentável para a população (passeios, quintais, etc.)	
Estabelecer um programa de difusão do conceito de drenagem sustentável	1 ano

Metas Curto prazo (ano 2015)	
Estabelecer áreas de estacionamento permeáveis para aumentar a taxa de infiltração	
Adequação dos estacionamentos já construídos	5 anos
Renaturalização e preservação dos canais de drenagem naturais	
APPs e talvegues desocupados para comportar vazões em períodos de cheias	
Estudo hidrológico e de engenharia para verificar a necessidade de ampliação das galerias e calhas dos rios	5 anos
Eliminar áreas de risco	
Levantamento e classificação de risco das encostas instáveis no município	1 ano
Elaboração de plano e projeto de contenção e desocupação de encostas instáveis	5 anos
Metas Médio prazo (ano 2020)	
Plano de Drenagem	
Implementar o Plano de Drenagem gradualmente, a cada 2 anos atingir 7 localidades previstas no Plano Diretor, obedecida a ordem estabelecida pelo COMPLAN	-
Ligação das residências ao subsistema dos bairros – a cada 2 anos atingir 7 localidades previstas no Plano Diretor	-
Ligação do subsistema do bairro com o sistema municipal – a cada 2 anos atingir 7 localidades previstas no Plano Diretor	-
Renaturalização e preservação dos canais de drenagem naturais	
Restauração das margens e recomposição da vegetação ciliar	10 anos
Construção de parques lineares e áreas inundáveis	
Construção dos parques	10 anos
APPs e talvegues desocupados para comportar vazões em períodos de cheias	
Desmanilhamento dos córregos	10 anos
Metas Médio prazo (ano 2030)	
Renaturalização e preservação dos canais de drenagem naturais	
APPs e talvegues desocupados	
Desocupação dos talvegues e APPs com a eliminação de todas as construções na faixa de 30 metros	30 anos

Fonte:(BASTOS et al., 2009)

## Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

Data	Precip. Diária (mm)	ID	Notícia
05/12/2005	0,0	1	Chuvras deixam marcas nas zonas urbana e rural do município
29/01/2006	86,2		
04/02/2006	0,0	2	Viçosa sob águas / Chuvas trazem velhos e costumeiros problemas
22/02/2006	15,4		
25/02/2006	0,0	3	Vendaval castiga Viçosa/ Chuvas resultam em lamaçal e buraqueira devido a bueiros entupidos
19/10/2006	67,8		
21/10/2006	0,0	4	Chuvras expõem fragilidade de infra-estrutura urbana em Viçosa/ Silva Pontes: Nova temporada de enchentes sem reforma?
21/11/2006	36,0		
24/11/2006	1,2	5	Chuvras dificultam recuperação de estradas rurais
03/01/2007	44,0		
05/01/2007	4,2	6	Chuvras continuadas castigam ruas, estradas e encostas em Viçosa/ Chuvas em Viçosa sem consequências trágicas
26/01/2007	0,0	7	Chuvras torrenciais causam grandes danos em Viçosa
02/02/2007	0,0	8	Chuva abre buraco na Tem.Kummel
21/12/2007	37,6		
28/12/2007	0,0	9	Ventos fortes destroem andaimes no centro da cidade
31/01/2008	73,4	10	Chuvras de quarta castigaram região
19/09/2008	0,0	11	Cidades da região sofrem com ventos e chuvras de granizo
03/12/2008	108,2		
05/12/2008	2,0	12	Chuvras de verão trazem primeiros prejuízos
15/12/2008	77,2		
16/12/2008	137,6		
17/12/2008	93,4		
18/12/2008	44,2		
19/12/2008	3,0	13	Enchentes castigam Zona da Mata/ Seis dias de chuva castigam Viçosa e região
09/01/2009	44,2	14	Estradas destruídas
30/01/2009	0,0	15	Viçosa ainda contabiliza os prejuízos com as chuvras

**Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata**

Data	Precip. Diária (mm)	ID	Notícia
27/02/2009	0,0	16	Enxurradas ameaçam muro no fundão
31/03/2009	83,8		
03/04/2009	0,0	17	Chuvas de Outono provocaram estragos e morte em Viçosa
19/11/2010	0,0	18	Sem redes de escoamento, ruas de Viçosa já sentem os efeitos da chuva
23/11/2010	65,8		
24/11/2010	68,2		
25/11/2010	34,0		
26/11/2010	34,2	19	Chuvas causam danos em Viçosa/ Defesa civil alerta para fortes chuvas
07/01/2011	0,6	20	Chuvas provocam desmoronamentos em Viçosa
18/03/2011	1,0	21	Chuvas deixam ruas em péssimo estado em Viçosa
01/12/2011	8,0	22	Chuvas prejudicam estradas rurais
08/12/2011	0,8	23	Chuvas fazem estragos na zona rural
22/12/2011	0,2	24	Mais uma vez as vias de Viçosa não resistem às chuvas
29/12/2011	25,4	25	Ponte Nova entre as cidades em emergência devido às chuvas
02/01/2012	36,6		
05/01/2012	9,4	26	Enchentes Estragos em Viçosa e Destruição na Região / Chuva traz prejuízos na zona urbana e rural de Viçosa
02/02/2012	0,0	27	Chuva forte faz estrago
03/05/2012	0,0	28	Enxurrada no escadão do Santa Clara
14/05/2012	48,4		
17/05/2012	0,0	29	Chuvas deixam intransitáveis acessos aos Cristais e a Quirina
20/09/2012	22,8	30	Chuva de granizo causou estragos em Viçosa
19/10/2012	36,4		
31/10/2012	10,6	31	Temporal destrói telhado de quadra de esportes da Apov/ Chuvas mal começaram e já trazem problemas aos moradores
13/11/2012	56,8		
14/11/2012	2,6	32	Chuva rápida na tarde de ontem provocou inundação
29/11/2012	0,2	33	Chuvas prejudicam transporte de coletivo na zona rural

**Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata**

Data	Precip. Diária (mm)	ID	Notícia
12/12/2012	55,6		
13/12/2012	0,2	<b>34</b>	Chuva faz estragos
14/12/2012	16,0	<b>35</b>	Pouca chuva para tanto transtorno
28/12/2012	0,0	<b>36</b>	Chuvas derrubam ponte entre o laranjal e a Cidade Nova/Barrinha
27/02/2013	55,4		
28/02/2013	1,0	<b>37</b>	Chuvas voltam a inundar ruas do centro
07/11/2013	29,8	<b>38</b>	PMV prepara plano de contingência para período de chuvas
27/12/2013	0,0	<b>39</b>	Obra vem abaixo/
02/03/2014	58,2		
08/03/2014	62,2		
13/03/2014	1,2	<b>40</b>	Chuva provoca rompimento de adutora/Chuvas levaram a pinguela de São José
27/11/2014	5,2	<b>41</b>	Chuvas voltam a danificar semáforos
22/03/2015	36,4		
23/03/2015	94,2		
24/03/2015	41,8		
26/03/2015	0,2	<b>42</b>	Represamento do ribeirão da Conceição provocou inundação
30/07/2015	0,0	<b>43</b>	Chuva alaga rua em Viçosa e causa transtornos aos moradores
22/10/2015	32,8		
29/10/2015	4,0	<b>44</b>	Seca e Inundação
10/12/2015	31,4	<b>45</b>	Temporal volta a expor a precariedade da infraestrutura de escoamento urbano da cidade
12/01/2016	103,8		
14/01/2016	6,8	<b>46</b>	Muita água
28/01/2016	7,2	<b>47</b>	Periferia sofre cm as chuvas/ Prefeito visita pontos críticos e apresenta plano de intervenção
01/12/2017	109,2		
04/12/2017	105,4		
07/12/2017	0,0	<b>48</b>	Chuvas causam estragos nas zonas urbana e rural de Viçosa

**Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata**

Data	Precip. Diária (mm)	ID	Notícia
22/03/2018	50,6		
23/03/2018	33,8		
28/03/2018	0,0	<b>49</b>	PMV tem trabalho para reparar estragos da chuva
06/04/2018	23,2	<b>50</b>	Rua Silva Pontes Santa Clara Rompimento de rede plubial com danos a via - relat 53/2018
02/08/2018	32,0		
09/08/2018	0,0	<b>51</b>	Chuvas provocam danis em São Miguel do Anta e Viçosa
08/11/2018	51,0		
14/11/2018	0,0	<b>52</b>	Período de chuvas começa e gera prejuízos em viçosa
22/11/2018	0,0	<b>53</b>	Chuvas causam buracos pelas ruas da cidade
29/11/2018	0,0	<b>54</b>	Chuvas aceleram erosão no bairro Laranjal
14/02/2019	0,8	<b>55</b>	Rua Tenente Kummel Buraco cedeu - relat 32/2019
17/02/2019	33,6		
21/02/2019	3,4	<b>56</b>	Cuidado: Frágil/ Chuvas expõem fragilidade da infraestrutura urbana de Viçosa
08/04/2019	1,8	<b>57</b>	Rua Tenente Kummel Residência problemas na alvenaria causada destruição manilha AP -relat 82/2019
10/04/2019		<b>58</b>	Av Bernardes Filho Lourdes Afundamento piso em relação ao nível da rua - relat 85/2019
15/04/2019	0,6	<b>59</b>	Av Bernardes Filho Boca de lobo quebrada e deslocada da posição original - relat 92/2019
25/10/2019			
30/10/2019		<b>60</b>	Uma morte e muitos prejuízos materiais por causa de tempestade em Viçosa
06/11/2019			
07/11/2019		<b>61</b>	Temporal e apagão

## Serviço mal acabado causa alagamento na Silva Pontes



Enchente na esquina da Silva Pontes: No espaço destinado a um, dois não passam.



A água invadiu o mercadinho na beira linha

A forte chuva que desabou na tarde da última quinta-feira, dia 24, em Viçosa, mostrou que a cidade ainda não está preparada para resolver os problemas de enchentes. Exemplo disso é o início da Rua Silva Pontes, que ficou alagada em poucos minutos.

Ouvidos pela reportagem do Folha da Mata, os moradores foram unânimes em afirmar que o problema é oriundo de um mal acabamento de serviço da Prefeitura Municipal de Viçosa, por ocasião da implantação de manilhas para a passagem de águas pluviais. Acontece que a prefeitura executou um excelente serviço de manilhamento da ponte da rua Dr. Brito até próximo ao mercado municipal, o mesmo ocorrendo até próximo à Casa Silva Pontes, na rua Bernardes Filho. Porém, na complementação da obra – em vez do duplo manilhamento usado nos locais já citados – a “boca” de uma manilha foi obstruída, o que impede a passagem de todo o volume d’água naquele espaço. Até chuvas menores tem alagado o local.

Com a distância entre os dois duplos manilhamentos é de apenas 12 metros, aproximadamente, os moradores esperam que o Departamento de Obras da Prefeitura Municipal de Viçosa resolva, com urgência o problema.



A Benjamin Araújo, próximo ao Hospital São Sebastião, virou um rio

02/02/1990

## Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

### Manchetes

# Obra mal feita não acabou com a "enchente do Santa Clara"

A forte chuva que caiu na tarde de quinta-feira última provocou o transbordamento de bueiros em alguns pontos da cidade. Na Bernardes Filho/Silva Pontes, repetiu-se a "Enchente do Santa Clara", que invadiu algumas casas comerciais e o mercadinho da beira-linha (foto). O mal acabamento da nova rede que a prefeitura fez a partir da ponte próxima ao Lar dos Velinhos, não acabou com este problema, como deveria acontecer (Pág. interna).



26/01/1991

02/02/1991

# Moradores do bairro de Lourdes querem se organizar

Com o slogan "Inovação: Juventude na Cabeça e Lourdes no Coração", um grupo de pessoas residentes no bairro de Lourdes está trabalhando para formação da primeira Associação de Moradores do Bairro. A eleição, que ainda não foi marcada pela UMMAM, já tem uma chapa formada, presidida pelo jovem estudante Randolpho Júnior de 18 anos, além de ter uma diretoria totalmente apartidária.

O objetivo maior dos moradores é organizar, visando exclusivamente o desenvolvimento do bairro, que é um dos mais tradicionais da cidade, porém sem a mínima atenção das autoridades executivas dos últimos anos. A falta de coleta de lixo, ruas esburacadas, são os dois maiores problemas do bairro. Os moradores entendem que não é possível melhorar sem organizar e é isto que a chapa Inovação objetiva. Randolpho Júnior esteve na redação do Jornal Folha da Mata e afirmou que os interessados em participar da diretoria da associação iniciam um trabalho com a consciência de lutar em prol do desenvolvimento do bairro, deixando de lado as rixas partidárias que possam existir e se unirem para o progresso do bairro.

Outro grande problema enfrentado pelos moradores do bairro de Lourdes é a rede de esgoto sanitário acoplada com a rede de águas pluviais, causando mau cheiro nos



Os moradores vão cobrar, inclusive, o fim das enchentes na Bernardes Filho/Silva Pontes

bueiros e, quando há extravasamento em casos de chuvas, o esgoto corre à céu aberto pelas ruas do bairro, prejudicando em maior escala os moradores das partes mais baixas, onde o material se acumula.

# Câmara e comunidade criticam CEMIG

Grande parte da comunidade viçosense está insatisfeita com local, já que a empresa, nos últimos dias, tem tratado os usuários caso e nem mesmo se preocupando em alertar a população sob tantas faltas de energia que vêm ocorrendo no município. No sábado, dia 14, faltou energia elétrica das 20 às 00:00 horas, causando transtorno para a comunidade. A festa de formatura dos alunos

## Enchentes da Silva Pontes: Moradores insistem em querer solução

Alguns moradores da rua Silva Pontes disseram, à reportagem do Jornal Folha da Mata, na última semana, que não aceitaram o posicionamento do Chefe do Departamento de Obras da Prefeitura Municipal de Viçosa, Carlito Alemão, ao afirmar que a enchente que ocorre naquela via, em ocasião de chuvas, não tem solução.

Para os moradores, o que está faltando é boa vontade por parte deste Departamento que até o momento não tem mostrado trabalho. Segundo uma moradora, a prefeitura fez uma obra que demorou quase seis meses e até hoje os moradores não viram o resultado positivo da mesma, que no seu ponto de vista, só serviu para atrapalhar o tráfego e sujar as calçadas. Apesar da obra realizada, uma rede a partir da ponte da Dr. Brito, não houve a ligação desta com as duas redes que descem da Bernardes Filho.

As saídas para amenizar o problema foram apresentadas apenas verbalmente, pois até o momento o DO da PMV não se preocupou em ao menos ir ao local para verificar de perto se há ou não motivos para as frequentes reclamações dos moradores.

Na época que a prefeitura estava fazendo a troca de manilhas nesta rua os responsáveis pela mesma afirmaram várias vezes que ao ser concluída resolveria de vez o problema de enchentes, mas



O estado da rua em recente enchente

tudo não passou de palavras, por tudo é outra.

Para engenheiros, o volume de água que desce do alto Santa Clara grande e, por isso as manilhas rorportam transbordando para a rua dindo as casas e estabelecimecmerciais. A ligação definitiva coque parte da ponte da Dr. Brito resolver o problema. Pelo menco o objetivo da obra.

Levando para o lado sério do problema, os moradores esperam que o executivo municipal coloque aquela avenida entre suas obras prioritárias, para que o problema das enchentes seja sanado de vez.

16/02/1991



Os moradores da Avenida Bernardes Filho encontraram uma boa maneira de utilizar os buracos causados pelas chuvas que, além das constantes enchentes, trazem muitos problemas aos transeuntes e motoristas que transitam pelo local. Na última quarta-feira, foi plantada, em plena avenida, uma vistosa bananeira (foto), que chamou a atenção de todos. Segundo alguns moradores, se a experiência der certo dentro em breve, um grande bananal estará sendo plantado para abastecer a cidade e até para a exportação, tantos são os buracos naquela via pública.

Apesar da afirmação do Departamento, a bananeira não foi retirada e com a chuva que caiu nas noites seguintes, a mesma desceu. Casos como este ajudam a impedir a descida das águas que consequentemente alagam a via.

Segundo moradores da rua, o problema da enchente é oriundo de um serviço mal acabado, iniciado pela prefeitura, por ocasião da implantação de manilhas para a passagem de águas pluviais.

22/02/1991

21/12/1991

## Enchente da rua Silva Pontes não tem solução

O Chefe do Departamento de Obras da Prefeitura Municipal de Viçosa, Carlito Alemão, disse que será difícil resolver o problema da enchente da rua Silva Pontes, que fica alagada sempre que chove forte, como ocorreu na última quinta-feira.

Segundo Carlito, as manilhas existentes nas inundações não comportam o grande volume de água que desce do alto do bairro Santa Clara, Bethânia e Lourdes. "Não podemos controlar as chuvas e caso desçam continuará ocorrendo este problema", disse o Chefe do Departamento de Obras da PMV.

Já um dos engenheiros da Prefeitura disse que resolver o problema é quase impossível, mas amenizá-lo, não. "Talvez se trocarmos as manilhas por outras maiores e fizerem mais uma boca de lobo próximo à beira linha, a água poderá descer com mais facilidade, evitando alagar a via".

Outra hipótese apresentada pelo entrevistado é trocar as grades dos bueiros, que são de trilhos e impedem a descida da água quando em alta velocidade.

BUEIRO

Na semana passada um morador da rua Silva Pontes esteve na redação do Jornal Folha da Mata, denunciando que uma bananeira estava dentro do bueiro há vários dias. Por se tratar de uma reclamação simples, a reportagem do jornal não noticiou o fato, uma vez que a solução do problema foi solicitada ao Chefe do Departamento de Obras da PMV, que prometeu retirar o entulho no mesmo dia.



Se depender da atual administração municipal, as enchentes do Santa Clara vão continuar chegando ao centro da cidade.

## Seara 91: O encontro co

Com a presença do Presidente da Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB) e também Arcebispo de Mariana, D. Luciano Mendes de Almeida, Viçosa sediará, no período de 9 a 12 de fevereiro, o SEARA 91 - Encontro Aberto no Carnaval. Promovido pela Renovação Carismática Cristã, o SEARA 91 terá como tema central "Vinde: a vós é dado experimentar as coisas do Reino (Mc 4.11)". O encontro acontecerá no Gíndsi da UFV, quando aproximadamente 2.500 pessoas são esperadas. Durante os quatro dias de encontro, serão desenvolvidas

## Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

### Manchetes



O corte das árvores da Bernardes Filho incomodou os moradores

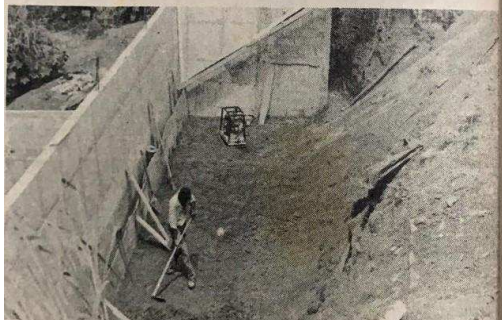
25/01/1992

### Reiniciadas as obras de recuperação da Capitão José Maria

As obras de recuperação da Rua Capitão José Maria, em frente ao nº 130, que no último dia 31 de outubro ficou completamente intransitável em face do desabamento provocado por um desatemo efetuado na residência construída na parte de baixo da rua, reiniciaram-se na última semana (foto). Os moradores esperam que desta vez as obras sejam concluídas, já que o problema dura aproximadamente quatro meses e vem trazendo vários transtornos para os moradores vizinhos.

#### ENTULHO

Na Rua Virgílio Val, um entulho de construção está obstruindo a passagem de pedestres. Como a rua é estreita e sempre tem carros estacionados do lado direito – sentido Praça Silviano Brandão – Lar dos Velhinhos – o transeunte corre o risco de ser atropelado ao desviar do referido entulho.



14/03/1992

14/03/1992

### Os Moradores do Santa Clara e Capitão José Maria pedem socorro

Depois de várias reivindicações junto a autoridade competente sem ser atendido, o garçom Adilson Martins de Paiva, residente na rua José Dias de Paiva, apelou para a imprensa e solicitou do Sr. prefeito que regularize a coleta de lixo e providencie a iluminação daquela via.

O reclamante quer que a prefeitura mande passar a motoniveladora em sua rua, promessa que foi feita há mais de dois anos. "Desde que comprei o terreno venho fazendo tais reivindicações, já que este é um direito que me assiste", disse o reclamante.

Reclamações deste tipo são feitas no jornal quase todos os dias e os responsáveis são sempre ouvidos. Os dirigentes da cidade apresentam desculpas ou prometem resolver o problema de imediato, o que não ocorre.

O jornal tem cumprido sua função, o que tem faltado é responsabilidade por parte do responsável, no caso o prefeito municipal, que tem o dever de prestar bons serviços à comunidade, já que é bem pago para isso. Estes reclamantes não estão pedindo favor, mas estão exigindo os seus direitos, o que deveria ser atendido sem haver necessidade de nenhuma reclamação.

Moradores da rua Capitão José Maria (parte baixa), também estão insatisfeitos com a atual administração, já que pagam taxa de limpeza pública e não têm recebido o serviço por parte da prefeitura. Nesta rua, bem próximo à oficina mecânica do Neilo, o mato tomou conta e os moradores das imediações correm sérios riscos, inclusive de serem picados por cobras, que já foram vistas naquele local.



Metagal, lama, buracos, materiais de construção: e a PMV, nem af...

## Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

### Manchetes

# TEMPORAL INUNDA A CIDADE



Bernardos Filho



A ferrovia tomada pelo lixo



Na Santa Rita, as águas invadiram o Supermercado Marois

18/11/1995

O temporal que desabou sobre Apar...

# Chuva faz de Viçosa um mar de lama

As chuvas da última quinta-feira comprovaram que Viçosa está sem a mínima infra-estrutura para suportar uma carga mais elevada de águas pluviais. Logo após o início da tempestade – que não foi uma das mais violentas já ocorridas no município – as águas desceram das encostas, encontraram as bocas-de-lobo entupidas e inundaram várias ruas do centro, com a avenida Bueno Brandão e Avenida Bernardes Filho. Outro bairro bastante atingido foi o de Fátima, principalmente nas ruas Antônio Cesário Filho e rua Moacir Dias de Andrade. Passada a procela, moradores e comerciantes dessas ruas tiveram a rotina mudada, limpando a lama que atingiu lojas e residências.

Além da lama, a chuva trouxe mais estragos, arrancando remendos do asfalto que a Prefeitura

executou após as chuvas anteriores e abriu uma cratera – novamente – na rua Tenente Kummel, só que agora, levando junto um caminhão – ironia – do Disk Entulho.

Até o fechamento dessa edição, o Departamento de Limpeza Pública de Viçosa não havia anunciado nenhuma providência quanto à limpeza das galerias e manilhas da rede de águas pluviais da cidade. Já o Departamento de Obras foi rápido, – como em vezes anteriores – pelo menos na reparação da cratera da rua Tenente Kummel, que o local é central, tem grande fluxo de veículos e fica mais à vista que outros pontos abandonados da cidade, como o buraco que originou a queda de parte da rua Eurico Maranhão, no Bairro União, que já vai para o segundo aniversário, sem que ninguém tome providências.



O centro e a periferia de Viçosa, ambos tomados pelas águas e negligenciados pela administração pública

# Vendaval e temporal assustam viçosenses



Rua Silva Pontes



Bueno Brandão (parte atas, entre outras)

Um vendaval assustou a cidade no início da tarde do último sábado, enquanto nuvens negras cobriam o espaço, dando a entender que um temporal desabaria em poucos instantes. No entanto, naquele segundo dia de verão, o que se sucedeu aos fortes ventos foi uma chuva fina, sem maiores conseqüências que se estendeu por todo o Natal, além de alguns galhos e out-doors derrubados pela ação da tempestade borrascosa.

Se não aconteceu o temporal, aconteceu o susto. Muitos moradores tinham ainda bem fresco na memória o resultado da tempestade ocorrida na cidade, no último dia 16 de novembro, quando várias ruas (avenida Santa Rita, Bernardes Filho, Jacob Lopes de Castro, rua Agapocida, entre outras) foram tomadas pelas águas, com prejuízos para moradores e comerciantes, que

reclamaram na ocasião que as águas não se escoaram devido à falta de limpeza nas bocas-de-lobo da rede de água pluvial da cidade.

### TEMPORAL

Na última quinta-feira confirmou-se o apressado. Novo temporal é mais transtorno. Logo pela manhã, uma chuva fina foi se intensificando e, formando enxurradas que alargaram as principais vias da cidade por falta de rede de escoamento de águas pluviais, ou simplesmente, porque as existentes não foram vazias, já que não existe a manutenção das mesmas, com limpezas periódicas em tempo de seca. As ruas mais atingidas, foram as conhecidas e problemáticas tradicionais Av. Santa Rita, Av. Jacob Lopes de Castro, Bueno Brandão (parte baixa), rua Silva Pontes e rua Nova Horizonte, algumas com as pedras de calçamento arrojadas, onstas, com cascas alagadas.



A chuva da última quinta-feira, voltou a abrir outra cratera na rua Tenente Kummel



Também inundou a rua Antônio Cesário Filho

### CRATERA

Fato comum na rua Tenente Kummel, mas uma vez a pista de rolamento se abriu devido a um rompimento de manilhas de um córrego subterrâneo que passa pelo local. Desta feita, foi na esquina com a rua Virgílio Val, a 12 metros do buraco que se formou com as chuvas do dia 16 de novembro, em frente ao Lar dos Velhinhos. Mas o susto foi bem maior, porque na ocasião, um caminhão Mercedes do Disk Entulho passava pelo local e começou a afundar, levando seu motorista a pensar que a terra o estava engolindo, como acontece em filmes sobre terremotos.

A exemplo do que ocorreu em outras oportunidades, a Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Viçosa agiu rápido na reparação das manilhas, porque o

local é muito tráfegado e isso depois contra a administração. Os moradores das outras ruas atingidas esperam que, mesmo a longo prazo, o problema nas pedras logradouros também seja solucionado.

### BAIRRO DE FÁTIMA

Outro bairro bastante castigado pelas chuvas da quinta-feira, foi o Bairro de Fátima, na região da praça José Santana, que recebe toda a enxurrada da avenida Brasília e outras ruas que dão acesso ao alto do Bairro Santa Clara. Segundo os moradores, o local tem muitas bocas-de-lobo para o escoamento de água, mas como a grande maioria se encontra entupida, a água acumula-se nas ruas Antônio Cesário Filho e Moacir Dias de Andrade, trazendo grandes transtornos para os moradores.

30/12/1995

## Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

### Manchetes

#### Enchentes

*Pâmia S. Carvalho*

Quem não tem boa memória ou um bom arquivo de um melhor jornal local deve estar afirmando que em Viçosa as enchentes e catástrofes são cíclicas e se repetem com uma regularidade horológica. Ledo engano. Somos os únicos dos segundos – aqueles que têm o arquivo e o jornal – e poucos restam dos primeiros. Mas existem muitos outros que, não sendo de nenhum dos estereótipos (e, mais ainda, são descomprometidos com o público e com a realidade, além de contumazes inzoneiros e reconhecidos onzeletras), estarão apregoando, pelas esquinas e por todos os meios de comunicação, até mesmo, a imprensa, que as chuvas que caíram na noite de segunda e terça, últimas, foram das maiores e mais nefastas de quantas outras ocorridas nas últimas décadas.

Quem tem perfeito registro em fotos e textos de todos os acontecimentos da cidade, pelo menos das últimas 3 décadas, tudo devidamente arquivado e que “não molha a pena no tinteiro da Prefeitura”, pode afirmar que as enchentes do início da semana mais se destacam entre as últimas devido à dolorosa fatalidade do soterramento de uma mãe e seus dois filhos, conseqüente da imprudência humana e da negligência das autoridades públicas e sua relutância em fazer cumprir as leis, entre as quais, a de Ocupação, Uso do Solo e Zoneamento do Município de Viçosa, que teve nova e moderna versão publicada pela FOLHA, em sua última edição, portanto, em pleno vigor.

Partindo-se da atualidade, num relato histórico, assinalamos que enchentes como esta que veio com os anos, século e milênio novos, foram aquelas dos primeiros dias de janeiro de 1997 e do 3º governo municipal de Antônio Chequer; e as de novembro e dezembro de 1996, na administração de Geraldo Reis. Ambas trouxeram grandes transtornos e pesados danos materiais, mas, graças aos céus, sem vítimas.

Maiores ... e muito, foram as chuvas de 1986, num 1º de janeiro e governo de José Américo Garcia, quando a precipitação pluviométrica chegou a 185 mm por 4 horas seguidas, provocando a destruição de 13 casas e danos em outras 45 e, maior das calamidades, a morte de 4 viçosenses: Sidney Glower Azevedo, José da Costa Dias, Geralda Santana Dias e Cleuza V. dos Santos. Tais foram os danos que, até o governador do Estado, Hélio Garcia, veio a Viçosa para as possíveis providências.

Mas, maiores mesmo, porém, em danos materiais, foram as águas de fevereiro de 1948, quando ruas, avenidas, a estrada de ferro e dezenas de prédios e casas foram destruídas.

Era o governo do saudoso advogado José Lopes de Carvalho, de 1947-50, de que pouquíssimos se lembram – do governo, porque a figura humana, somos ainda muitos que pranteiam.

Todos os prefeitos viçosenses, oportunisticamente, em conseqüência de “suas” enchentes, declararam estado de calamidade pública na cidade, como sói acontecer em tais ocasiões e para favorecimento das condições de captação de recursos necessários e imprevistos.

A propósito, na década de 80 do século findo, houve um prefeito em Olinda-PE que afirmava que sua cidade era tão infeliz que nem um Capiberibe com suas enchentes tinha para arrecadar recursos federais, tão volumosos, previsíveis e rotineiros no Recife!!!

06/01/2001



No bairro de Lourdes, a avenida Bernardes Filho ficou alagada, e as águas invadiram esta gráfica

21/02/2004

22/01/2005

#### Moradores do bairro de Lourdes reivindicam melhorias

A Associação dos Moradores do Bairro de Lourdes (AMOL) está em plena atividade, após ficar por alguns anos inativa, e tem como atual presidente o empresário Sebastião Gomes de Castro Filho (Tãozinho), sendo vice o advogado Geraldo Liberato Santana, que têm mandato até junho de 2006.

Com sede na rua Silva Pontes, 130, é uma das 36 associações filiadas à UMAM (União Municipal das Associações de Moradores de Bairros e Distritos de Viçosa) e vem lutando para que sejam solucionados problemas coletivos do bairro de Lourdes e adjacências.

Entre as reclamações da AMOL está a relacionada com os problemas trazidos pelas enchentes. Curiosamente, o bairro não é cortado por nenhum curso d'água, e por isso mesmo o transtorno pode ser facilmente resolvido pelos técnicos do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), conforme disse à reportagem o presidente da AMOL.

O volume de terra que é conseqüência de desaterros feitos no alto do bairro Santa Clara e que desce de todos os lados em cinco manilhas, que desembocam numa só, de 60cm de diâmetro, dificulta o escoamento da água das chuvas.

Na madrugada do último dia 10 de dezembro, forte chuva trouxe à tona o velho problema de todos os anos. Para um antigo comerciante do bairro, José Duarte Faria (Leão), há toceiras de banana dentro de uma das ma-



Os bueiros da Bernardes Filho transbordaram na madrugada de 10 de dezembro. Apenas uma manilha de 60 cm não comporta toda a enxurrada da parte alta do bairro em caso de chuva forte

nilhas, o que agrava a situação quando o grosso volume de água desce do bairro Santa Clara pela rua Professora Argina Silvino Ferreira e pela Papa João XXIII.

Segundo ele, se o manilhamento de 60cm fosse substituído por um outro de pelo menos um metro, em linha reta até a praça Emílio Jardim, seria solucionado o problema não só do bairro mas o da rua Tenente Kümmel, e também na rua Benjamim Araújo, nas proximidades do Supermercado Viçosense, que é para onde a água desce após entupir os bueiros.

“Moradores das imediações passam a noite lavando as calçadas e retirando os entulhos, tentando desobstruir a manilha”, revelou José Duarte.

O presidente da AMOL disse ter muita esperança de que a nova administração municipal vá resolver este e outros problemas do bairro. “Acho o prefeito Raimundo Nonato Cardoso um cara humilde, muito positivo na ad-

ministração, e que a vida toda tem brigado pela sociedade, e por isso acredito que ele vá dar um jeito de melhorar também o calçamento na rua Silva Pontes e avenida Bernardes Filho, que é muito ruim, emendado com pedra de mão e broquetes, e totalmente irregular”.

Outra preocupação da associação é com a segurança. Há necessidade, segundo o presidente da AMOL, de policiamento ostensivo noturno, especialmente de quinta-feira a domingo, que é quando ocorrem furtos de toca fitas e toca CDs nos carros que ficam estacionados na rua, e os ladrões invadem os prédios do bairro. “O povo fica concentrado no Bar Leão, o proprietário tem feito o que pode, pagando agentes de segurança particulares e não tem culpa nenhuma da insegurança no local. Ele tem procurado resolver os problemas da melhor maneira possível”, disse Sebastião Gomes de Castro Filho, presidente da AMOL.

## Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

Manchetes



PM-Vi  
receb  
veícu  
equi

O desabamento, ainda que parcial, de uma moradia no bairro Santo Antônio, e o deslocamento de calçamento de vias públicas em quase toda a cidade, que também acumulou, em vários pontos, a lama da erosão provocada pelas enxurradas, foram o resultado trágico da chuva forte que caiu na virada de sábado para domingo último (28-29) em Viçosa. A chuva, mas uma vez, assustou moradores e frequentadores de bares na avenida Bernardes Filho (foto) e na Silva Pontes, onde as águas, vindas do alto do Bairro de Lourdes, transformaram aquelas vias públicas em verdadeiro rio de águas correntes que chegou a arrastar carros ali estacionados.

Na zona rural do município, a chuva danificou estradas vicinais, dificultando, ao máximo, e, em alguns casos, impedindo, o trânsito de veículos, com sérios prejuízos para o transporte coletivo e de alunos da rede pública, como ocorreu na região entre Piúma e Duas Barras, numa extensão de quase 8 quilômetros. (Mais matérias na página 8)

04/02/2006



Na Betânia, na confluência das ruas Madre Maria das Neves e capitão José Maria Sant'Anna e Joaquim Fernandes Braga, grande parte do calçamento em broquetes terá que ser recomposta pela Secretaria de Obras

21/10/2006

### Silva Pontes: nova temporada de enchentes sem reforma?

Alguns moradores da rua Silva Pontes e a parte baixa da avenida Bernardes Filho no Bairro de Lourdes, em Viçosa, procuraram a redação do Folha da Mata para manifestarem descontentamento com a administração municipal devido ao precário estado de conservação daquelas vias públicas.

Vítimas da "enchente" que desce do alto do bairro Santa Clara durante toda a temporada de chuvas, os moradores estão chateados pelo fato de a PMV vir sendo relapsa com a conservação do calçamento daquelas vias. O resultado desse descaso é que mal começaram as chuvas e já se multiplicam os buracos causados pelo deslocamento de bloquetes. Ironizando, um morador declarou: "Já que realizar obras de infra-estrutura na bacia do alto do Santa Clara para dar fim às pesadas enxurradas que ala-



Por falta de rede de escoamento pluvial, as águas dos morros "carregam" os bairros da parte alta, arrancando os calçamentos da parte baixa

gam nossa rua várias vezes todos os anos é querer demais, gostaríamos que a administra-

ção, pelo menos, mantivesse nossa rua em melhores condições de trânsito".

## Prefeitura quer resolver problema da Bernardes Filho

A Prefeitura Municipal de Viçosa, por meio das secretarias municipais de Obras e Administração, abriu licitação pública, conforme determina a Lei 8.666, para realização de uma obra na avenida Bernardes Filho, Bairro de Lourdes. Segundo informações do secretário de Obras, Aguinaldo Pacheco, o prefeito decidiu aproveitar esse período de chuva para realizar os procedimentos burocráticos da obra, para iniciá-la no mês de janeiro. Neste local, ainda segundo Aguinaldo, será construída toda a rede pluvial e restauração do piso, a exemplo do que vem sendo realizado no Bairro de Fátima. A obra, que será realizada com recursos da PMV e Ministério das Cidades, está orçada em R\$ 300 mil.

Depois de concluída, a obra da avenida Bernardes Filho irá atender a uma antiga reivindicação dos moradores e já foi cobrada pelos vereadores, especialmente por Arnaldo Andrade, que chegou a se reunir com os interessados para buscar uma alternativa para o problema. Quando chove, a boca de lobo e a rede pluvial da via não suportam o volume de água e ocorre alagamento na rua, residências e comércio em geral.

### DEMOLIÇÃO

A PMV também abriu licitação para demolição do prédio localizado na rua Ana Cardoso Machado, 41, Bela Vista, pelo valor de R\$ 10 mil.

A obra foi interdita pela Defesa Civil desde março de 2005 e a PMV terá que remover as sete famílias que



A PMV quer acabar com as enchentes da Bernardes Filho. Para o próximo ano, quem sabe...

moram ao redor da obra e que correm o risco de serem atingidas por rebocos ou por partes outras que possam se desprender durante o desmanche.

A obra foi iniciada em 1986 e, inicialmente, era um barraco, que ao longo do tempo, e sem nenhuma regularização, foi sendo ampliado até chegar ao que é hoje: um "predinho" de três pavimentos.

**BOTICA FONTENELLE**  
FARMÁCIA DE MANIPULAÇÃO  
3892-7060  
Viçosa - MG

**CÂMARA MUNICIPAL DE VIÇOSA**  
**RETIFICAÇÃO DE AVISO DE LICITAÇÃO**  
**Tomada de Preço 001/2006**

A Câmara Municipal de Viçosa torna público que abriu processo de Tomada de Preços n.º 001/2006 (Processo n.º 002/2006), para a execução, pelo regime de empreitada global, das obras de reforma do prédio da nova sede da Câmara Municipal, localizado na Pç. Silvano Brandão, n.º 05, nesta cidade, conforme o edital do referido processo. Critério: menor preço global. Data da entrega dos envelopes: até 18/12/2006, às 9:00 horas. Data de abertura dos envelopes: 18/12/2006, às 14:00 horas, na sede da Câmara Municipal de Viçosa, localizada na Pç. do Rosário, n.º 05, Viçosa, MG. Informações: (31) 3891.3003, Rosângela Cardoso Carvalho - Comissão Permanente de Licitação.

05/01/2007

## Obras da Bernardes Filho podem não sair este ano

Moradores das ruas Bernardes Filho e Silva Pontes estão preocupados com o atraso no início da obra de recuperação da rede pluvial e piso daquelas vias. Anunciadas para começarem no mês de junho, até hoje as obras sequer foram iniciadas e o único vestígio de que a Prefeitura pretendia promover melhorias naqueles logradouros é um barracão ou canteiro de obras ali construído no mês julho. Além disso, na última semana, a empreiteira que ganhou a concorrência pública para a execução do projeto de melhorias, a Perfil Agrimensura, sediada em Muriaé, pela enésima vez cobrada pela Secretaria Municipal de Obras e Serviços, abriu uma pequena vala como se fosse iniciar a renovação da rede pluvial, e desapareceu com seus operários. De acordo com informações, a empresa executa outros serviços em Viçosa e não tem recursos para tocar todos eles de uma vez. E após discutir a situação com a administração municipal por mais de uma ocasião, finalmente na quarta-feira dessa semana, 10, protocolizou na Secretaria de Obras sua desistência, amigável, da



A empresa vencedora da licitação até o momento só executou este buraco defronte a Camiv, no Bairro de Lourdes

reforma da Bernardes Filho. A Secretaria de Obras anunciou extra-oficialmente que vai abrir licitação para contratar outra empresa para execução do serviço, processo que deverá demorar em torno de 30 dias. Com isso, vai se arrastar pelo tempo das águas e certamente sua conclusão poderá ficar para o próximo ano, quando o tempo de chuva passar, e quando então boa parte do que se houver feito já estará destruído pelas enxurradas, ou seja, o dinheiro do contribuinte estará escorrendo pelas

águas fétidas do São Bartolomeu.

Parte da culpa pelos atrasos de obras públicas nos tempos atuais é creditada por pessoas do meio às licitações, que colocam como item fundamental o preço cobrado pelas empresas concorrentes. Ocorre de segundo essas pessoas, as empresas ganham várias concorrências de uma tacada só pelo melhor oferta de preços e depois, sem recursos para todas as frentes de serviço, cam aguardando receber uma de um para investir em outra

05/10/2007

## Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

Manchetes

30/05/2008

30/05/2008

### Iniciada a reforma da Bernardes Filho

Uma das obras aguardadas pelos moradores, a reforma das ruas Bernardes Filho e Silva Pontes, principal porta de entrada e saída do Bairro de Lourdes (foto ao lado) foi iniciada esta semana. Com prazo de execução estipulado em três meses e valor cotado em R\$ 222.752,56, a obra licitada teve como vencedora a Construtora Antonucci Aguiar Ltda. e o contrato prevê reforma de toda a infra-estrutura das duas ruas, desde o piso ao calçamento (em bloquetes), e, o que é mais importante: também passará por reforma a rede de escoamento pluvial com vistas a acabar com o eterno problema das enchentes que ali se formam pelas águas vindas das partes altas do bairro e que não são oriundas de nenhum curso d'água, mas originárias da precariedade das redes de captação de águas das chuvas vindas dos logradouros a montante. Segundo o secretário de Obras da PMV, Irani



da Silva, há duas redes até à altura do bar do Leão e 3 da Silva Pontes para baixo e, além de interligação dessas redes, serão construídas cerca de 17 bocas-de-lobo. Entretanto, especula-se que a solução defi-

nitiva do problema ainda não será desta vez e exigia obras de contenção em toda a bacia do Bairro de Lourdes. Quanto a isso, o próprio secretário de Obras, questionado, admitiu que a reforma em curso pode-

rá resolver uns 60-70% do problema. Só tempo dirá se valeu a pena o não ou investimento que está sendo feito pela Prefeitura. Os moradores, logicamente, estão torcendo a favor da Prefeitura nesta empreitada.

### Moradores do Bairro de Lourdes criticam falta de planejamento



As obras de Bernardes Filho e Rua dos Estudantes geraram várias reclamações

Moradores do Bairro de Lourdes e Câmara Municipal de Viçosa repudiando a falta de planejamento da Prefeitura para a execução da obra de reforma da avenida Bernardes Filho. "Manifestamos nossa indignação com relação ao andamento da obra de reparo da avenida Bernardes Filho iniciada de forma inesperada e sem o devido planejamento, seja por parte da empreiteira, seja por parte da Prefeitura". De acordo com os moradores, a obra está sendo executada com extrema lentidão e total desrespeito aos moradores e comerciantes, bem como de todos aqueles que fazem uso da avenida para seus deslocamentos diários. A falta de informação com relação à utilização da via tem causado sérios prejuízos para o comércio, devido aos constantes fechamentos da rua, que é uma das poucas vias de acesso aos bairros de Lourdes, Betânia e Santa Clara. "Repudiamos também a total falta de respeito da empresa concessionária do transporte coletivo, que simplesmente suprimiu, sem informar ninguém, parte de suas linhas que deixam os moradores da região, sob alegação de que enquanto durar a obra, o ônibus deixará de circular. Para agravar a situação, o Saac, a pedido da empreiteira,

tem cortado frequentemente o abastecimento de água impossibilitando os moradores de limpar a casa e manter as obrigações domésticas necessárias a qualquer família". Concluindo, os moradores alertaram que a maioria dos buracos que foram abertos pela empreiteira está sem nenhuma proteção, situação que aumenta o risco de acidentes no local. "Solicitamos aos vereadores que intercedam junto ao prefeito no sentido de buscar imediatas soluções para o problema, dentre eles, a exigência de maior rapidez por parte da empreiteira, que atualmente trabalha com número reduzido de pessoas, bem como exigir que a obra seja executada aos sábados, domingos e feriados, como se observa em obras desta natureza realizadas em outros municípios".

#### RUA DOS ESTUDANTES

Moradores da Rua dos Estudantes também estão insatisfeitos com a administração municipal. Segundo eles, a Prefeitura iniciou uma obra de benfeitoria no calçamento daquela via, porém, paralisou as atividades, fator que tem causado uma série de transtornos não só para os moradores, mas, também, para os pedestres que

utilizam aquela via como alternativa para o campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Segundo informações do secretário municipal de Obras e Serviços Públicos, Irani da Silva, a obra não foi paralisada e deverá ser concluída nos próximos trinta dias. "Estamos trabalhando com mão-de-obra da Prefeitura e devido a deficiência que temos na área de recursos humanos, o trabalho pode estar um pouco lento, mas não paralisado".

Quanto a obra do Bairro de Lourdes, Irani informou que não recebeu nenhuma reclamação dos moradores. "Antes de iniciarmos a obra nos reunimos com os moradores e falamos sobre os transtornos daquela execução e das benfeitorias que seriam proporcionado a todos que utilizam aquela via. Caso necessário, vamos buscar alternativas para amenizar os problemas. Porém, solicitamos a compreensão de todos porque estamos trabalhando com seriedade e com a máxima competência. Não adianta apressarmos a empreiteira e corremos o risco de não ficarmos satisfeitos com aquilo que propusemos, ou seja, um serviço de qualidade e duradouro", finalizou.

Manchetes

### Reclamação dos moradores do Betânia registrada na CMV

A vereadora Cristina Fontes (DEM) usou a tribuna da Câmara Municipal de Viçosa, na reunião ordinária ocorrida na última terça-feira, para registrar a reclamação dos moradores do bairro Betânia que, segundo afirmou, estão sendo prejudicados com uma obra que está sendo realizada na avenida Bernardes Filho. Segundo a vereadora, os moradores estão sendo obrigados a fazer um longo percurso para chegar ao centro da cidade. "Precisamos conversar com as autoridades competentes para discutirmos o problema, apesar de reconhecermos que a obra da Bernardes Filho trará benefícios incalculáveis para todos os moradores da região".

Na última semana, uma moradora do bairro Betânia procurou a reportagem do Jornal da Mata para registrar sua indignação com a atitude da Polícia Militar de Viçosa, que está fazendo plantão na rua capitão José Maria para multar motoristas que estão descendo na contra-mão de direção.



O motivo das reclamações são as obras na Bernardes Filho

"Não estou defendendo os motoristas que descumprem a legislação. Gostaria apenas de sugerir à Prefeitura que mantenha mão dupla na rua capitão José Maria até a conclusão da obra da Bernardes Filho. O trecho de mão única da rua capi-

tão José Maria é muito pequeno e, durante o tempo que a Bernardes Filho estiver interdita, poderia ser liberada a capitão José Maria para facilitar a vida dos moradores".

De acordo com a reclamante, os moradores da rua Madre-

Maria das Neves estão sendo obrigados a fazer o seguinte itinerário para chegar até a praça Silvano Brandão: rua Joaquim Ferreira Braga; avenida Bernardes Filho, Laerte Neves, Maestro João Salgado, João Maffia, professora Argina, Papa João XXIII, Bernardes Filho, Silva Pontes, praça Emílio Jardim e Benjamin Araújo.

"Estamos perdendo tempo e gastando muita gasolina. Caso nossas autoridades tivessem um pouco mais consciência, poderiam liberar a rua Capitão José Maria e, se necessário, colocar um guarda nos horários de pico para controlar o trânsito. Será que além de contribuímos para a realização da obra da Bernardes Filho, executada com recursos públicos, ainda temos de gastar mais gasolina para nos deslocarmos até o centro da cidade? Todas as cidades que realizam obras em vias de acesso que é o caso da Bernardes Filho, apresenta uma alternativa temporária para o trânsito. Por que só em Viçosa é diferente? finalizou a moradora.

04/07/2008

### Obra da Bernardes Filho ainda é assunto na Câmara

A cada semana os vereadores da Câmara Municipal de Viçosa utilizam grande parte do primeiro expediente da reunião para discutirem sobre as obras que vêm sendo executadas pela Prefeitura na avenida Bernardes Filho. Os vereadores Luiz Eduardo Salgado e Angelo Chequer criticam a morosidade da obra e a falta de pagamento à empreiteira; os vereadores Arnaldo Andrade e Lúcia Duque defendem a Prefeitura.

Na última reunião ordinária da Câmara, terça-feira, 8, o vereador Luiz Eduardo Salgado apresentou um ofício à mesa diretora repudiando a atitude do colega Arnaldo Andrade, que o chamou de "mentiroso", ao informar que a empresa contratada para executar a obra não estava recebendo o devido pagamento por parte da Prefeitura. "Lamento que o vereador tenha se portado de maneira deselegante e desrespeitosa com minha pessoa, que como vereador, quer apenas o bem do povo de Viçosa, pois foi por confiança que estou aqui representando boa parcela dele", desabafou.

De acordo com Arnaldo, quem mais fez oposição na Câmara foi o ex-vereador Euter Paniago, porém, criticava os prefeitos Antônio Chequer e Geraldo Reis por não fazerem obras. "No caso dos colegas, eles cobram porque a Prefeitura faz obras. Cito como exemplo a fala recente do vereador Angelo Chequer, afirmando que os Programas Saúde da Família foram obras de palacetes, porém não se opôs quando a Câmara construiu sua sede em nível muito superior", argumentou Arnaldo. De acordo com o edil, se a Prefeitura não está pagando a empreiteira, os seus responsáveis podem acioná-la também utilizando a Lei 8.666 (Lei das Licitações). "Fazer obra pública não é a mesma coisa que ir a esquina comprar uma caixa de bombons. Existem burocracias e atrasos nos



A obra de Bernardes Filho foi o principal assunto da última sessão da Câmara

pagamentos, principalmente por se tratar de uma obra onde existem investimentos do governo federal, como é o caso".

O vereador Luiz Eduardo Salgado, embora sem muita empolgação, afirmou que critica a Prefeitura não pela morosidade da conclusão, e sim pela falta de informações. Demonstrando que estava chateado com Arnaldo, Luiz Eduardo afirmou que nunca foi grosseiro com seus pares, "porque não confunde paixão política com falta de respeito".

Já o vereador Angelo Chequer afirmou que a população carente que é atendida nos PSFs merecem o máximo conforto e que sua crítica foi no sentido de se construir PSF e deixar faltar médicos. "A função do vereador é legislar e fiscalizar o Executivo e isso que estamos fazendo".

Leandro Torres, que não disputará a reeleição, voltou a criticar a administração pela falta de projetos que visem o crescimento e desenvolvimento da cidade. "Recebemos o projeto de lei de revisão do Plano Diretor e é lamentável a

falta de previsão para a construção de um pronto socorro. Por ser uma cidade universitária e que tem um crescimento considerável na área de construção civil, não podemos admitir administradores sem visão futurista".

Concluindo, a vereadora Lúcia Duque Reis, candidata a vice-prefeita na chapa de Raimundo Nonato Cardoso, fez várias defesas em favor da atual administração, citando que a Prefeitura aumentou de 8 para 20 mil o repasse para os hospitais pagarem plantonistas, falou do trabalho das equipes do PSF e afirmou que, embora tenha muita coisa a fazer, o setor de saúde melhorou muito nos últimos anos.

Ironizando em tom de brincadeira, Arnaldo Andrade disse que o colega Luiz Eduardo Salgado, que sempre foi considerado de oposição à atual administração, agora apoia a candidatura de Raimundo Nonato Cardoso, já que seu partido, o PDT, coligou-se com as demais legendas que apoiam Viçosa nas eleições majoritárias.

11/07/2008

## Reforma da Bernardes Filho e Silva Pontes não passa no teste

Moradores da avenida Bernardes Filho e da rua Silva Pontes estão revoltados com a administração municipal. A tão cantada "reforma da infraestrutura e calçamento" ali realizada pela Prefeitura, e já em fase de acabamento, não passou no teste: na primeira chuva forte (que caiu dia 17 último), os moradores viram com um misto de tristeza e decepção, as enxurradas que descem da parte alta do Bairro de Lourdes se transformarem num caudaloso rio que tomou conta de todo o leito daquelas vias, a partir da esquina com a rua Papa João XXIII, repetindo um problema que há décadas traz prejuízos e apreensão aos moradores.

Aos poucos, o sentimento de incredulidade de moradores e comerciantes foi sendo substituído por uma grande revolta. Afinal, a principal finalidade



As obras na Silva Pontes

de da obra, conforme divulgado várias vezes na imprensa local, era acabar com as enchentes que ali se formam a cada chuva forte na parte alta do bairro.

E a revolta dos moradores, ao que parece, deverá ficar não apenas palavras de ordem contra a administração municipal.

O presidente da Associação de Moradores do Bairro de Lourdes, Sebastião Gomes de Castro Filho, disse que a entidade deverá recorrer à justiça por uma investigação minuciosa da obra. "Há denúncias de que a obra não seguiu o projeto original, elaborado por uma equipe de técnicos da UFV".



Na avenida Maria de Paula Santana a recém mal acabada obra de recuperação do acostamento realizada por empreiteiras do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT) cedeu com as primeiras águas

Sebastião disse que os moradores e comerciantes estão muito revoltados porque, apesar do atraso na execução da obra, que prejudicou o acesso de moradores e o trânsito, dando prejuízos ao comércio, ha-

via uma expectativa de que o sacrifício valeria a pena. "Agora, estamos sentindo que fomos enganados e explorados: o dinheiro público foi jogado fora", sentenciou.

19/09/2008

27/09/2008



As obras de infraestrutura da avenida Bernardes Filho vão resolver o antigo problema de inundações

## Reforma da reforma revolta moradores

O presidente da Associação de Moradores do Bairro de Lourdes, Sebastião Gomes de Castro Filho, procurou o jornal Folha da Mata para registrar um protesto contra uma reforma do calçamento que a Prefeitura está fazendo nas ruas Silva Pontes e avenida Bernardes Filho.

De acordo com Sebastião, os moradores estão mais uma vez revoltados com a Prefeitura, que ao invés de fazer no local uma reforma séria, definitiva, opta por fazer um remendo, e mal feito, na tentativa de camuflar o problema. Sebastião se refere ao fato de a reforma atual ser a reforma da reforma. "A primeira reforma foi uma obra eleitoreira, que se arrastou propositalmente até às eleições". Agora o contribuinte vai ficar pagando as reformas das reformas até que tenhamos um prefeito capaz de encarar o problema

com a seriedade que ele merece", critica Sebastião.

A reforma realizada naquela local pela Prefeitura no ano passado desapontou os moradores, principalmente porque falhou em sua principal finalidade, a de acabar com as "tristemente famosas" enchentes da Bernardes Filho, que é alvo de grandes inundações devido ao transbordamento das bocas-de-lobo a cada chuva mais forte naquela região da cidade. A obra se arrastou por longo tempo e as primeiras chuvas, antes mesmo da conclusão dos serviços, mostram que a reforma não valeu. Foi alvo de muitos protestos na imprensa local e até de denúncia na promotoria pública, onde um abaixo-assinado protestava contra o "estado lastimável" da rua.

Dizendo que falava em nome da

Associação de Moradores, Sebastião de Castro avalia que mais uma vez a Prefeitura está jogando fora o dinheiro do contribuinte e enganando os moradores, que diante de tantos protestos, aguardava uma reforma completa da rua, principalmente do sistema de escoamento. "Ao invés de fazer um serviço decente, à altura da cidade, o prefeito mais uma vez dá mostra de falta de respeito com os moradores, fazendo um remendo que vai durar só até as próximas chuvas. Isto não é uma reforma, é uma enganação, uma vergonha", desabafou.

Com relação às denúncias feitas ao Ministério Público, Sebastião disse que a promotora Carolina Mendonça começou a ouvir no último dia 13, as testemunhas arroladas.

15/05/2009

09/08/2009

## Obras da Bernardes Filho/Silva Pontes questionadas em ação do Ministério Público

As obras de melhorias da infraestrutura da rua Silva Pontes e avenida Bernardes Filho, executadas pela Prefeitura Municipal de Viçosa, estão sendo contestadas em ação civil pública que deu entrada no fórum local na última quarta-feira, 4. Na ação, em que é a citada como réu o Município de Viçosa, a promotora pública Carolina Mendonça de Siqueira, se baseia em relatos de testemunhas ouvidas para formulação da denúncia, em que são apontadas as péssimas condições das referidas vias, devido à negligência da Prefeitura, bem como a necessidade de solução dos problemas levantados em decorrência da má qualidade das obras realizadas por empreiteiras contratadas pela PMV.

Entre os diversos problemas levantados, a promotora aponta interrupção de contrato de empreiteira e adiamento de contratos que prolongaram o tempo inicial previsto para a realização da obra e elevaram, entre 2007 e 2009, o seu valor final de pouco mais de R\$ 147 mil para quase R\$ 277 mil, sem que as melhorias anunciadas atingissem seus objetivos.

Comenta a promotora: "Tanto dinheiro em nada



A avenida Bernardes Filho está passando por mais uma reforma. Talvez a enésima. A terceira (?) de 2009!!!

melhorou as condições da Rua Silva Pontes e da Avenida Bernardes Filho", afirma a promotora pública, argumentando que visivelmente a obra, ocorrida em 16 de janeiro de 2009, detectou os seguintes problemas: As sarjetas estavam danificadas em quase toda sua extensão, apresentando rachaduras em diversos pontos, com uma concentração maior no trecho próximo ao posto de gasolina, devido à falta de controle de qualidade do concreto empregado, o que compromete a funcionalidade das mesmas;

Em alguns pontos, o meio-fio estava com uma altura elevada, comprometendo a acessibilidade do local para pedestres e automóveis; Em toda a extensão do calçamento, havia bloquetes totalmente danificados e outros que estavam se desfazendo devido à baixa qualidade; Em diversos pontos, houve o abaulamento do pavimento, provavelmente devido à má compactação da base; Nos pontos de recalque, havia empornamento de água; Alguns bloquetes saíram do

local devido à falta de travamento do pavimento nas bordas junto às sarjetas.

Na faixa central da via, ocorreu o deslocamento dos bloquetes devido à remoção da areia que foi utilizada para o seu assentamento;

O passeio encontra-se trincado devido à falta de junta de dilatação.

Segundo a promotora Carolina Mendonça, informações prestadas por moradores e empresários estabelecidos nas citadas vias, notícias veiculadas por jornais locais e documentos arrecadados pelo inquérito, mostraram que a maior parte dos problemas que ocorrem na rua Silva Pontes e avenida Bernardes Filho, advém do fato de que o lençol freático é bastante superficial e, ainda, que a rede pluvial é insuficiente para canalizar toda a água das chuvas. E estranha também o fato de a PMV não ter atentado para o fato ao licitar a obra e, a todo o tempo e colocada em xeque a qualidade dos serviços da empresa contratada e, apesar disso, ainda afirma que esses serviços estão de acordo com a planilha de ade-

quação da obra. Finalizando suas argumentações em justificativa da ação pleiteada, a deutora Carolina lembra que é dever da Prefeitura adotar providências para resolver a situação da rua Silva Pontes e da avenida Bernardes Filho, "seja obrigando a Construtora Antonucci Aguiar Ltda a cumprir o pactuado, seja realizando nova licitação e fiscalização Dos trabalhos do novo contratado, promovendo audiências públicas (caso julgue cabíveis) e estudo da qualidade do solo e do subsolo".

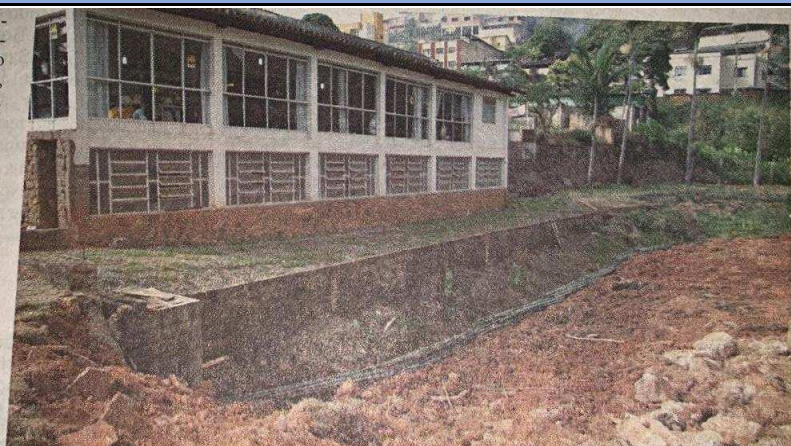
Em seguida a estas e outras argumentações, a representante do Ministério Público Estadual requer ao juiz que determine a citação do requerido para contestar a ação no prazo legal, sob pena de revelia; profira sentença que condene o Município de Viçosa a, no prazo de dez meses, restaurar completamente as ruas Silva Pontes e Bernardes Filho, com estudo do terreno e revitalização/ampliação da rede de coleta de água pluvial, sob pena de multa diária no importe de R\$ 1 mil.



A promotora Carolina Mendonça de Siqueira, além de suas outras múltiplas funções, fiscaliza melhor o poder executivo municipal, do que os seus 10 vereadores!!!

Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

Manchetes



11/06/2010

22/03/2012

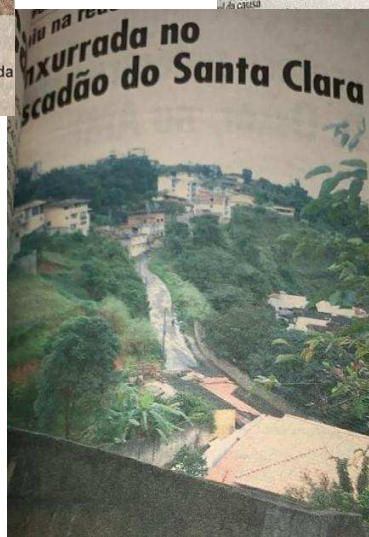
03/05/2012

A impermeabilização do manancial na região onde se situa este imóvel, no bairro de Lourdes, é anterior à atual legislação ambiental. Os órgãos responsáveis, preocupados com a preservação ambiental deverão exigir do construtor o rompimento de uma laje para permeabilização e elevação da cota do aterro para que seja alcançada a drenagem do leito do manancial



05/01/2012

Avenida Bernardes Filho, a via pública viçosense sempre tomada pelas águas de enchentes, pequenas ou grandes



13/12/2012



Calçamento da Bernardes Filho mais uma vez arrancado pelas águas das chuvas



Comerciantes da praça Emilio Jardim mais uma vez tiveram suas portas invadidas pelas águas

Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

Manchetes



As reformas das avenidas Silva Pontes e Bernardes Filho, realizadas durante a administração Raimundo Nonato, a exemplo de outras anteriores, de nada serviram. A rede pluvial construída na parte baixa tem bitola inferior à das partes altas. Com isso, as águas tomam as ruas trazendo, trazendo transtorno e prejuízo a toda a população

30/07/2015

14/03/2013

14/12/2012



Na subida Santa Clara, o remendo desse buraco dura até a próxima chuva. Haja dinheiro público!

de protocolo do Grupamento de Intervenções Temporárias para Eventos Temporários, que possibilitará a emissão de documentos e continuarão sendo protocolados

## Chuva alaga rua em Viçosa e causa transtornos aos moradores

Por problemas na rede pluvial da parte baixa da avenida Bernardes Filho, os bueiros e bocas de lobo nas proximidades do Bar Leão, refluem a água durante as chuvas, inundando toda a rua. Com a chuva de domingo, repetiu-se a já quase centenária e recorrente "inundação desafia prefeito" da Avenida Bernardes Filho

No último domingo, 26, uma forte chuva atingiu a cidade de Viçosa e causou alguns transtornos à população. A Av. Bernardes Filho (rua do Bar do Leão), no bairro de Lourdes, região central da cidade, sofreu, mais uma vez, as consequências da precipitação. A avenida ficou alagada, como é possível ver na foto, e motoristas e pedestres tiveram dificuldades de transitar pela via. Por conta da chuva, também faltou energia em alguns bairros do município.

O coordenador do Departamento de Defesa Civil, Rodrigo Cardoso de Sousa, explicou que Viçosa conta, atualmente, com quatro pluviômetros instalados em diferentes pontos da cidade, possibilitando o monitoramento das chuvas. No centro do município, os aparelhos registraram um acumulado de 22 milímetros, durante o domingo. Em Nova Viçosa, foram 21 milímetros de chuva, no mesmo dia. No distrito de São José do Triunfo, o volume de chuva foi um pouco menor: 19 milímetros. No Vale do Sol, essa concentração foi de 16 milímetros. Rodrigo afirmou que a Defesa Civil não registrou nenhuma ocorrência de danos provocados pela chuva.

**Lote c/ 04 imóveis em Viçosa/MG:** A) Chácara 1.161m² (parte ideal), confront. Córrego B) Terreno 15m² (parte ideal) C) Terreno 30m² (parte ideal) D) Terreno 17m² (parte ideal)

Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

Manchetes

# Prefeitura diz ter plano para evitar inundações na cidade



Bastou uma chuva forte, temporana, na região do bairro Santa Clara, para que a Bernardes Filho sofresse mais enchente provocada pelas enxurradas, no início do mês passado

O secretário municipal de Governo, Luciano Piovesan Leme, disse que a prefeitura pretende resolver os problemas de alagamentos que ocorrem em determinadas regiões da cidade. De acordo com Piovesan, a PMV está fazendo um plano diretor para drenagem pluvial em pontos críticos da cidade. O projeto, com orçamento inicial de 12 milhões de reais, está em fase de revisão.

Segundo o secretário de governo, o plano diretor, que irá beneficiar vários bairros, já foi submetido ao Ministério das Cidades e o município está em busca de apoio do governo federal e estadual para concretizar a

execução do plano.

### CONSCIENTIZAÇÃO

Devido à crônica falta de visão de longo prazo que domina as administrações públicas em variadas situações, os bueiros e bocas-de-lobo da cidade geralmente não conseguem escoar toda a água das chuvas. Tal situação é agravada pelo entupimento destes aparelhos de escoamento, em função do descarte irregular do lixo. A manutenção e a limpeza adequadas dessas áreas são de responsabilidade da Prefeitura, mas ela, sozinha, não pode solucionar todo o problema, que é antigo e vem se agravando

ao longo dos anos. É preciso que os cidadãos também ajudem a prevenir as enchentes, não atirando lixo de espécie nenhuma na via pública. Essa medida simples ajuda a evitar a obstrução das redes de escoamento das águas da chuva impedindo que as enxurradas inundem as ruas. Outra colaboração também importante que a população pode dar é não atirar lixo e entulhos nos ribeirões. Essa atitude colabora para evitar o represamento dos cursos d'água e a inundação das áreas ribeirinhas que além de gerar prejuízos ao meio ambiente, leva riscos à segurança patrimonial e à vida das pessoas.

29/10/2015

# Inundação de Bernardes Filho desafia mais uma administração municipal



A população da Bernardes Filho espera que a administração municipal consiga dar fim às inundações que trazem prejuízo a todos e à própria prefeitura, que gasta grandes somas do orçamento todos os anos para reformar calçamento e desentupir bueiros



No início da noite do último dia 22, uma chuva pegou de surpresa os viçoesenses. Os pluviômetros da Defesa Civil Municipal registraram mais de 43,6 milímetros na região central, 37,8 mm na região sul (Fátima), 13,8 na região leste (São José do Triunfo) e 42 mm na região norte (Vale do Sol).

Muito festejada pela população, que vive uma longa e angustiante estiagem e sua consequente escassez de água nas torneiras, a chuva, na avenida Bernardes Filho, foi também motivo de preocupação. Ali, como sempre acontece quando

o índice pluviométrico é mais intenso na cidade, as inundações causaram transtorno para os moradores. A "enchente" da Bernardes Filho é um problema de décadas e resulta do crescimento desordenado da cidade na área à jusante daquela avenida do bairro de Lourdes, em especial a povoação ocorrida na região do bairro do Santa Clara. A abertura de ruas e avenidas para atender a demanda das edificações não foi acompanhada de obras de infraestrutura básica de escoamento pluvial e contenção de enxurradas. Reflexo disso, as águas que descem

interseção com a Avenida Brasil em seu ponto mais alto.

do Santa Clara, da Betânia e rua Papa João XXIII transbordam nas redes de escoamento da av. Bernardes Filho e rua Silva Ponte provocando verdadeiras enchentes, embora por ali não passe nenhum ribeirão, apenas córregos subterrâneos.

O secretário de governo, Luciano Piovesan disse que a PMV pretende resolver os problemas de alagamentos e que está elaborando um plano diretor para drenagem pluvial em pontos críticos da cidade. Luciano disse que existe um projeto de rede de drenagem pluvial do Santa Clara, que contemplaria o trecho que vai da Praça de Esportes, até a ponte da rua Doutor Brito.

De acordo com Luciano, esse projeto está em poder do Saae (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) e da Prefeitura Municipal e faz parte do plano de Saneamento Básico do município.

Segundo o ex-vereador e ex-secretário de obras, Aguinaldo Pacheco, a PMV tentou implantar esse projeto de autoria do professor Bonenberg, da UFV, em 2007. No entanto, segundo Aguinaldo, não houve uma execução fide das partes detalhadas na planilha e os problemas não foram solucionados com a reforma, então realizada.

15/10/2015

Apêndice 2 - Noticiários de Eventos Extremos - Jornal Folha da Mata

Manchetes



O Projeto de Lei de nº 111/2015, que autoriza o município de Viçosa a contratar com o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais S/A (BDMG) operações de crédito no valor de R\$ 1,2 milhão, foi aprovado em sessão plenária do Legislativo viçosense na semana passada. Segundo o prefeito Ângelo Chequer (PSDB), o dinheiro será usado em obras de captação de águas pluviais e deverá resolver o problema das inundações da avenida Bernardes Filho (foto ao lado).

**CÂMARA AUTORIZA PMV A CONTRAIR EMPRÉSTIMO DE R\$ 1,2 MILHÃO NO BDMG**

PÁGINA 3

30/12/2015



**Temporal de terça-feira provocou inundações e situação preocupa a administração municipal**

Os pluviômetros da Defesa Civil, próximo à Ponte da Barrinha, o Córrego do córrego se dá pelas construções na área de APP, há décadas

As ruas Bernardes Filho, Silva Ponte, Praça Marechal Deodoro e ruas Tenente Kummel e Dr. Brito ficaram alagadas



**Viçosa**  
**Temporal volta a expor a precariedade da infraestrutura de escoamento urbano da cidade**

As águas das chuvas que desceram de Santa Clara inundaram a avenida Silva Ponte e a Praça Emílio Jardim (foto abaixo)

Na Praça Emílio Jardim, comerciantes de plantão fazem contenções para que as águas não invadam seus comércios

As fortes chuvas que caíram na cidade ao longo da semana mostraram os problemas de infraestrutura da cidade. Em uma semana choveu quase toda a quantidade de chuva registrada durante todo o mês de dezembro do ano passado.

Para enfrentar a situação, a Prefeitura de Viçosa, informou que desenvolveu um Plano de Contingência da Defesa Civil para situações de emergência. Esse plano visa estabelecer critérios de atendimento em situações de emergência, bem como ações para sanar chamadas de todas as famílias atingidas de alguma forma pelos temporais.

Na última quinta-feira, 3, uma forte chuva pegou a todos de surpresa e mostrou os problemas de infraestrutura urbana de Viçosa. O que mais assustou a população foi a ventania, que trouxe problemas para alguns moradores.

De acordo com a Defesa Civil, as mais de 60 notificações recebidas apontaram problemas causados pela chuva no centro, Laranjal, Silvestre, Morro do Escarpado, Vau-Açu, Estrelas. Em nenhum local houve vítimas. As principais ocorrências foram de buraco nas ruas causados pelas enxurradas, alagamentos, desmoronamentos e quedas de muro.

À tarde o secretário de Governo, Luciano Piovesan Leme, convocou uma reunião de emergência, prevista no Plano de Contingência do Município, com a presença de todos os secretários e chefes de departamento que fazem parte do Plano. O objetivo da reunião foi fazer um balanço das ocorrências, atenção às demandas de acordo com a especificidade de cada ocorrência e elaborar estratégias de acompanhamento e assistência às famílias atingidas.

De acordo com a assessora da PMV, a Secretária de Assistência Social, junto com a Defesa Civil, já está acompanhando cinco famílias e viabilizou doação de telhas, cestas básicas e colchões. O aluguel social também está sendo providenciado para as famílias que tiveram que sair de suas casas. Já o Instituto de Planejamento (Iplan) e a Secretaria de Fazenda estão fazendo um trabalho de campo, visitando construções irregulares que causaram prejuízos aos vizinhos nesse período de chuvas. A Secretaria de Obras está auxiliando na reconstrução de muros de contenção e telhados e trabalha na identificação dos pontos de alagamento que podem sofrer intervenções imediatas para a solução do problema.

**MUTIRÃO**  
Um grande mutirão de reparo e manutenção foi realizado na sexta-feira. O trabalho focou a limpeza das ruas, realocação dos blocos que se soltaram nas enxurradas, reinstalação de placas que transitou que foram arrancadas com o vento, manutenção do sistema semáforos e recolhimento das árvores que caíram.

As rajadas de vento derrubaram árvores na Avenida Santa Rita e na esquina da Francisco Machado com a rua Professor Alberto Paschoa, onde também foram derubadas pela força do vento, placas de sinalização e outdoors.

O caso mais grave ocorreu no bairro Santa Clara: um telhado inteiro caiu sobre a fiação elétrica e partiu um poste ao meio, na rua Padre Horácio Borges, que ficou bloqueada e sem iluminação elétrica.

Alguns pontos da cidade tiveram alagamentos. Entre eles, a Avenida Bernardes Filho, que mais uma vez foi alvo das recorrentes inundações provocadas pelas enxurradas que descem dos bairros Santa Clara, Betânia e rua Papa João XXIII. O problema é antigo e tem sua origem na expansão urbana acelerada vivida pela cidade nos anos 1960/80, período em a cidade não dispunha de lei municipal que ordenasse esse crescimento de áreas residenciais sem as mínimas obras de infraestruturas e loteamentos clandestinos fomentados pela especulação imobiliária.

**OUTRO EXEMPLO**  
O calçamento recentemente feito na rua Marly Azevedo, também sem infraestrutura de escoamento pluvial adequada, como a maioria das vias periféricas da cidade, também sofreu os efeitos da pesada chuva da última quinta-feira: partes do calçamento foram embora com a chuva. Um morador da região alegou, por meio das redes sociais, que naquela rua não tem como andar, subir ou descer de carro.

A prefeitura foi rápida no atendimento aos reclamações dos moradores e já no dia seguinte consertou os estragos e refez o calçamento, seguindo a rotina de todos os anos "nos tempos das águas".

Ainda em consequência do aguaceiro de quinta, uma das caixas da rede de esgoto que corta a Rua Santana também não comportou o volume das águas e transbordou, alagando a rua.

O secretário municipal de Governo, Luciano Piovesan, já havia dito anteriormente, que a prefeitura pretende resolver os problemas de alagamentos. De acordo com

Canais de passagem transbordaram no bairro

O Córrego da Conceição não teve uma saída para a área de APP, há décadas

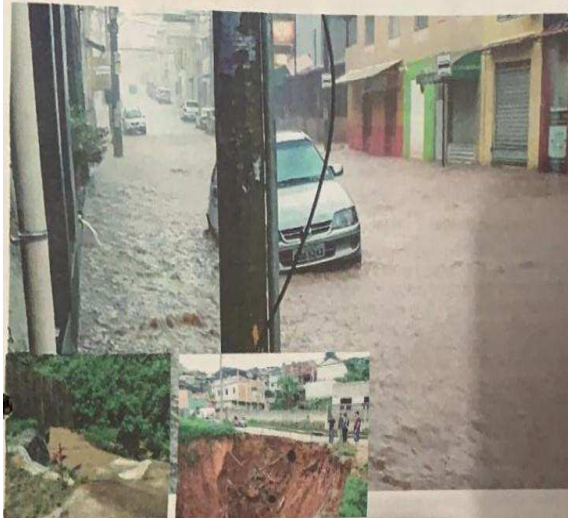
Na Avenida J. K. um telhado de 10 metros quadrados caiu sobre um poste de iluminação

Piovesan, a PMV está de fato fazendo o plano diretor para drenagem pluvial em pontos críticos da cidade. O projeto, com um orçamento inicial de 12 milhões de reais está em busca de apoio do governo federal e estadual para sua execução.

**MAIS CHUVA**  
Na noite da última segunda-feira, 7, voltou a chover forte em Viçosa. Mais uma vez, a Defesa Civil foi acionada devido a danos causados pela chuva em vários pontos da cidade. O chefe do departamento de Defesa Civil, Rodrigo Cardoso, e o secretário de Governo, Luciano Piovesan, atenderam juntos aos chamados da população.

No bairro Santa Clara, um muro caiu devido a um desatrito irregular que expôs sua fundação. Já no alto do bairro Betânia, uma casa foi invadida pela enxurrada que desceu da rua de cima. Ambos os casos já estão recebendo a devida atenção e encaminhamento.

# CUIDADO: FRÁGIL



O primeiro mês do ano foi de chuva abaixo da média em Viçosa, mas fevereiro já registra altos índices pluviométricos que estão causando transtornos com suas enxurradas, expondo claramente a necessidade de uma ampla reforma da frágil rede de escoamento pluvial das ruas do município. Entre os vários exemplos, a recorrente "enchente" da rua Bernardes Filho, que "ad eterno" se repete a cada período chuvoso, para desespero dos moradores que clamam pelo fim desse descalabro.

Noutros pontos da cidade também são muitos os locais que preocupam a população, seja pela falta de infraestrutura urbana, seja pela ocupação desordenada de áreas impróprias para a colocação de moradias e ruas.

A pergunta que não quer calar: até quando?

Essas são situações rotineiras que desafiam as autoridades municipais e são vistas no bairro de Lourdes (foto maior) Laranjal e Nova Viçosa

Padre Sebastião

21/02/2019

## Chuvas expõem fragilidade da infraestrutura urbana de Viçosa



A Prefeitura está prometendo concluir a recuperação da rua Assad Nazar nos próximos 10 dias



Na Bernardes Filho, a "enchente" do Santa Clara continua desafiando a administração municipal

Esse início de 2019 vem sendo de chuva em Viçosa e como sempre pontos específicos como a avenida Bernardes Filho, esquina com a rua Papa João XIII, no bairro de Lourdes e a praça Emílio Jardim, centro, são os mais afetados.

Os bairros periféricos também sofrem com a

falta de estrutura adequada capaz de suportar o fluxo de água que desce das encostas e alaga tudo.

No último domingo, 17, por exemplo, de novo, a Bernardes Filho, na altura do Bar Leão, ficou inundada. Ali, o problema é crônico e desafia as administrações que não conseguem solucionar

-lo. A última intervenção infrutífera no local foi durante a administração do prefeito Raimundo Violeira. A substituição de algumas manilhas não resultou em melhorias e o simples ameaçar de uma chuva já deixa os moradores e comerciantes apreensivos.

### NOVA VIÇOSA

Em Nova Viçosa, no

problemas por causa da chuva que caiu naquele dia.

De acordo com George Aragão, diretor de Projetos do Iplam (Instituto de Planejamento e Meio Ambiente), o problema foi ocasionado por causa de reparos na rede, feitos de forma errada no passado, agravado principalmente pela utilização de manilhas inapropriadas para aquela situação, ausência

Nesta terça-feira, 19, a Prefeitura iniciou o reparo da via com o isolamento da área, que já estava interditada. Foi feita a limpeza do local para a retirada do solo considerado de baixa qualidade e de entulhos. O projeto consta da construção de uma base de apoio para a nova rede pluvial, reatero com a compactação correta até o nível onde será assen-

sentamento das manilhas e a construção de uma nova boca de lobo são os passos seguintes que, de acordo com a Prefeitura, será um processo mais lento, por ser um serviço quase que em sua totalidade, manual. Após isso, o aterro será completado até o nível natural do lote, finalizando o serviço de movimentação de terra. Haverá, ainda, a construção de uma escada