



GABRIEL TAVARES FARIA

**COMBATE A ENCHENTES: A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO
HIDROLÓGICO NO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA MG.**

LAVRAS - MG

2023

GABRIEL TAVARES FARIA

**COMBATE A ENCHENTES: A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO
HIDROLÓGICO NO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA MG.**

TCC apresentado à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Curso de
Engenharia Civil, para a
obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa
Orientadora

**LAVRAS - MG
2023**

GABRIEL TAVARES FARIA

**COMBATE A ENCHENTES: A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO HIDROLÓGICO NO
MUNICÍPIO DE OLIVEIRA MG.**

**FIGHTING FLOODS: THE IMPORTANCE OF HYDROLOGICAL STUDY IN THE
MUNICIPALITY OF OLIVEIRA MG.**

TCC apresentado à
Universidade Federal de
Lavras, como parte das
exigências do Curso de
Engenharia Civil, para a
obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 14 de dezembro de 2023.

Dra. Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa UFLA

Dra. Luciana Sanches UFLA

Dr. Rafael Pedrollo de Paes UFMT



Profa. Dra. Andréa Aparecida Ribeiro Corrêa
Orientadora

LAVRAS - MG

2023

ÍNDICE

1	RESUMO	5
2	INTRODUÇÃO	6
3	REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1	Bacia do Rio Grande.....	11
3.2	Município de Oliveira.....	13
3.2.1	História.....	13
3.2.2	Formação Administrativa	13
3.2.3	Geografia	14
4	METODOLOGIA.....	16
4.1	Identificação dos pontos de verificação e divisão das sub-bacias de contribuição	17
4.2	Análise do padrão de ocupação do solo.....	18
4.3	Pontos de verificação da vazão máxima.....	20
4.4	Escolha do método.....	22
4.5	Período de retorno.....	24
4.6	Intensidade pluviométrica.....	24
4.7	Coeficiente de escoamento superficial.....	26
4.8	Tempo de concentração.....	27
4.9	Análise de cenários de crescimento urbano	30
4.10	Cálculo da vazão máxima de contribuição.....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 RESUMO

Os problemas das cidades são complexos, multidisciplinares e urgentes, são inúmeras questões a serem tratadas e solucionadas em tempo real. O traçado urbano tem um papel importante na organização do espaço urbano, sendo fundamental o seu planejamento em busca de um urbanismo sustentável. Entretanto, a maioria das cidades brasileiras andam na contramão, e remediar problemas já instalados é a prática mais comum. Com a expansão das cidades sem o planejamento adequado, crescente impermeabilização do solo e ignorando aspectos físicos naturais da região, a problemática da drenagem de águas pluviais é um tema recorrente. No estudo em questão, serão calculadas as vazões máximas em pontos estratégicos, escolhidos em conjunto com a defesa civil e autoridades da cidade de Oliveira-MG, com objetivo de propor uma redução no tempo de concentração em um ponto crítico que sofre frequentemente com enchentes e avaliar a utilização de reservatórios de detenção e infiltração, as chamadas 'Lagoas de Detenção' de águas pluviais, que se mostraram eficientes, aumentando o tempo de concentração em 283% e reduzindo a vazão máxima em 39% no ponto escolhido com histórico de recorrentes inundações, reduzindo as chances de uma enchente que traz diversos prejuízos materiais e a saúde da população local.

Palavras-Chave: urbanismo sustentável, drenagem urbana, drenagem pluvial, vazões máximas, reservatórios de detenção.

2 INTRODUÇÃO

Viver em conjunto, em proximidade, com as facilidades que o meio urbano oferece, é atualmente a realidade de mais da metade da população do planeta. Sendo assim, é necessário conciliar a existência das cidades buscando a relação mais harmônica possível com o meio em que se insere. Planejar e direcionar o desenvolvimento urbano é sem dúvidas o meio mais eficiente de se atingir o equilíbrio ambiental e social.

A sustentabilidade urbana é desafiadora e necessária. Entretanto, essa é uma realidade ainda distante da maioria das cidades brasileiras onde as consequências do adensamento urbano desprovido do devido planejamento e infraestrutura tem impactos ambientais e sociais comuns e recorrentes.

A gestão do sistema de drenagem dos municípios brasileiros bem como a elaboração de planos e projetos, execução de obras de drenagem, e elaboração de leis que possam mitigar os efeitos das enchentes, prevenindo assim problemas futuros relacionados à drenagem urbana.

Atualmente segundo levantamento do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), apenas 54,7% dos municípios brasileiros tem sistema exclusivo de drenagem, quando a tubulação é utilizada exclusivamente para escoar água da chuva.

De acordo com o estudo 67,6% das cidades não mapeiam áreas de risco e 2 milhões de domicílios correm risco de inundação, causando diversos desastres sempre que uma chuva mais forte atinge a área sem saneamento.

Atualmente as cidades estão se expandindo com o dobro da taxa de crescimento populacional e o planejamento não está avançando no mesmo ritmo, a urbanização desenfreada incorre em mudanças no uso e cobertura da terra, expande as superfícies impermeáveis e altera a hidrologia.

As bacias hidrográficas urbanas, onde predominam os processos de escoamento

e infiltração, possuem um sistema em desequilíbrio, quando comparadas a áreas recobertas por cobertura vegetal, que possuem um sistema complexo de redistribuição dos fluxos. Assim, as bacias urbanas promovem uma diminuição do tempo de concentração de suas águas no sistema, resultando em um consequente aumento dos picos de cheias. (Botelho, 2011).

A conscientização de integração ambiental do espaço urbano começou a ser sentida a partir dos graves problemas gerados pelo desenvolvimento urbano caótico, em que as obras de infraestrutura voltadas ao saneamento básico somente se realizavam depois de consolidados os graves problemas a saúde pública e a segurança das habitações, patrimônios e vidas humanas (RIGHETTO, A. M., 2009, p. 21).

Fundada em 19 de Setembro de 1861 a cidade de Oliveira está localizada na região oeste de Minas Gerais, tem uma população de 39 262 habitantes e é abastecida pelos rios Lambari e Jacaré, que em épocas de chuvas fortes acumulam água, transbordam e alagam diversas regiões da cidade, causando diversos prejuízos materiais e de saúde pública.

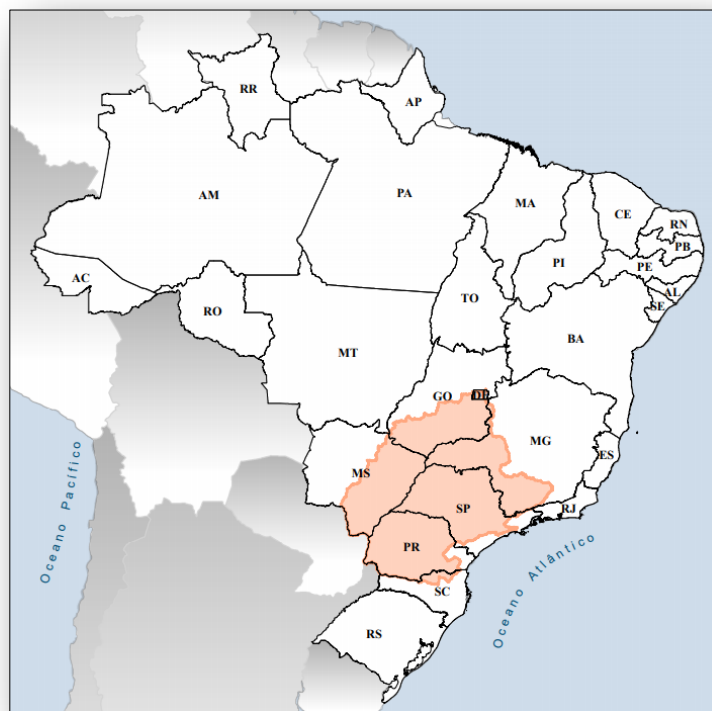
Portanto o presente estudo tem como objetivo analisar do ponto de vista hidrológico, todas as microbacias que compõem a área urbana da sede municipal de Oliveira em MG, calcular a vazão máxima em pontos estratégicos escolhidos em conjunto com autoridades da cidade e propor a instalação de um reservatório de retenção que aumente o tempo de concentração em uma área com recorrência de enchentes.

Segundo Tomaz (2002 apud RIGHETTO, A. M., 2009, p. 257), reservatório de retenção ou piscinão é um reservatório aberto ou fechado que tem por função regular a vazão de saída num valor pretendido, de maneira a atenuar os efeitos a jusante da vazão desejada, com o objetivo de reter a água por certo tempo, evitando os picos de enchentes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O município de Oliveira, localizado no estado de Minas Gerais, está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, esta bacia está situada na Região Sudeste do Brasil, na Região Hidrográfica Paraná que em conjunto com as Regiões Hidrográficas Paraguai e Uruguai compõe a Bacia do Prata. Esta bacia tem expressiva área territorial, com mais de 143 mil Km² de área de drenagem conforme representada na Figura 1.

Figura 1 – Localização da Região Hidrográfica do Paraná no Brasil.



Fonte: <https://www.cbhgrande.org.br>

Com população de nove milhões de habitantes, a Bacia Hidrográfica do Rio Grande é formada por 393 municípios, dos quais 325 têm área totalmente incluída na Bacia, o que comprova sua grandeza como bacia hidrográfica que inclui dois importantes estados brasileiros: Minas Gerais, a norte, com 60,2% da área de drenagem da bacia, e São Paulo, ao sul, com 39,8% da área (Figura 2).

Figura 2 - Localização da Bacia do Rio Grande pertencente ao estado de Minas Gerais.



Fonte: <https://www.cbhgrande.org.br>

A abrangência da bacia hidrográfica garante a ela uma diversidade de ambientes, desde os típicos da Região Centro-Oeste, como os cobertos por vegetação de cerrado, até áreas montanhosas e típicas da costa Sudeste do Brasil, com perímetros de Mata Atlântica.

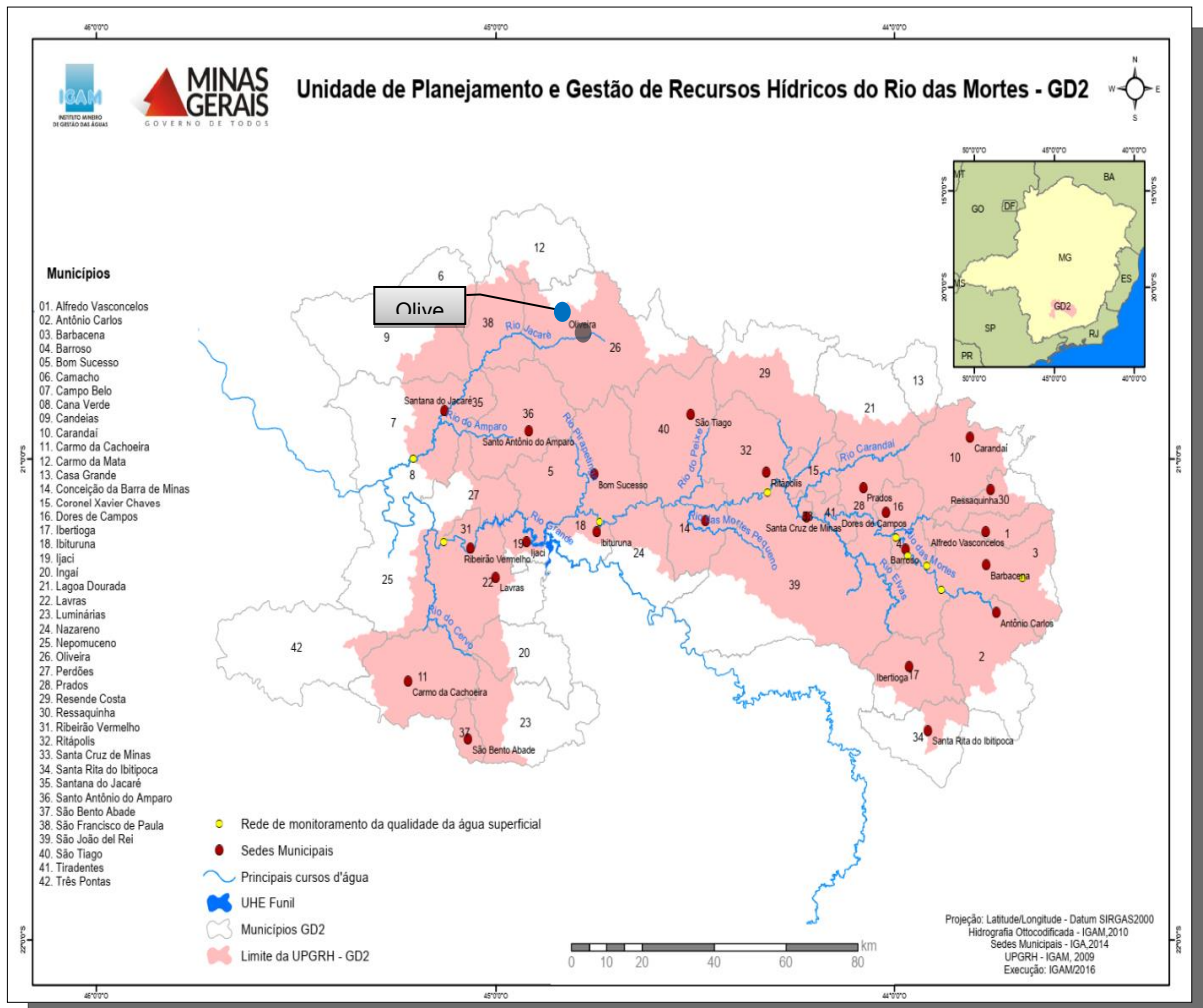
No tocante à gestão dos recursos hídricos já foram instalados Comitês de Bacias Hidrográficas em todas as bacias afluentes. São seis comitês na porção paulista e oito comitês na vertente mineira da bacia.

A dominialidade dos cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Grande está dividida entre a União (12,37%) e os Estados de Minas Gerais (51,40%) e São Paulo (36,23%).

O Rio Grande nasce na Serra da Mantiqueira, no município de Bocaina de Minas (MG), a uma altitude aproximada de 1.980 metros. A partir das cabeceiras seu curso tem o sentido Sudoeste - Nordeste, até a divisa dos municípios de Bom Jardim de Minas e Lima Duarte, onde passa a escoar no sentido Sul - Norte até a altura de Piedade do Rio Grande. A partir daí seu curso tem sentido para Noroeste, sendo mantido até a divisa de Rifaina (SP) e Sacramento (MG), onde passa a correr no

sentido Leste-Oeste até desaguar no rio Paraná, na divisa dos municípios de Santa Clara do Oeste, na vertente paulista, e Carneirinho, na vertente mineira (Figura 3).

Figura 3 - Mapa das regiões administrativas BH Grande

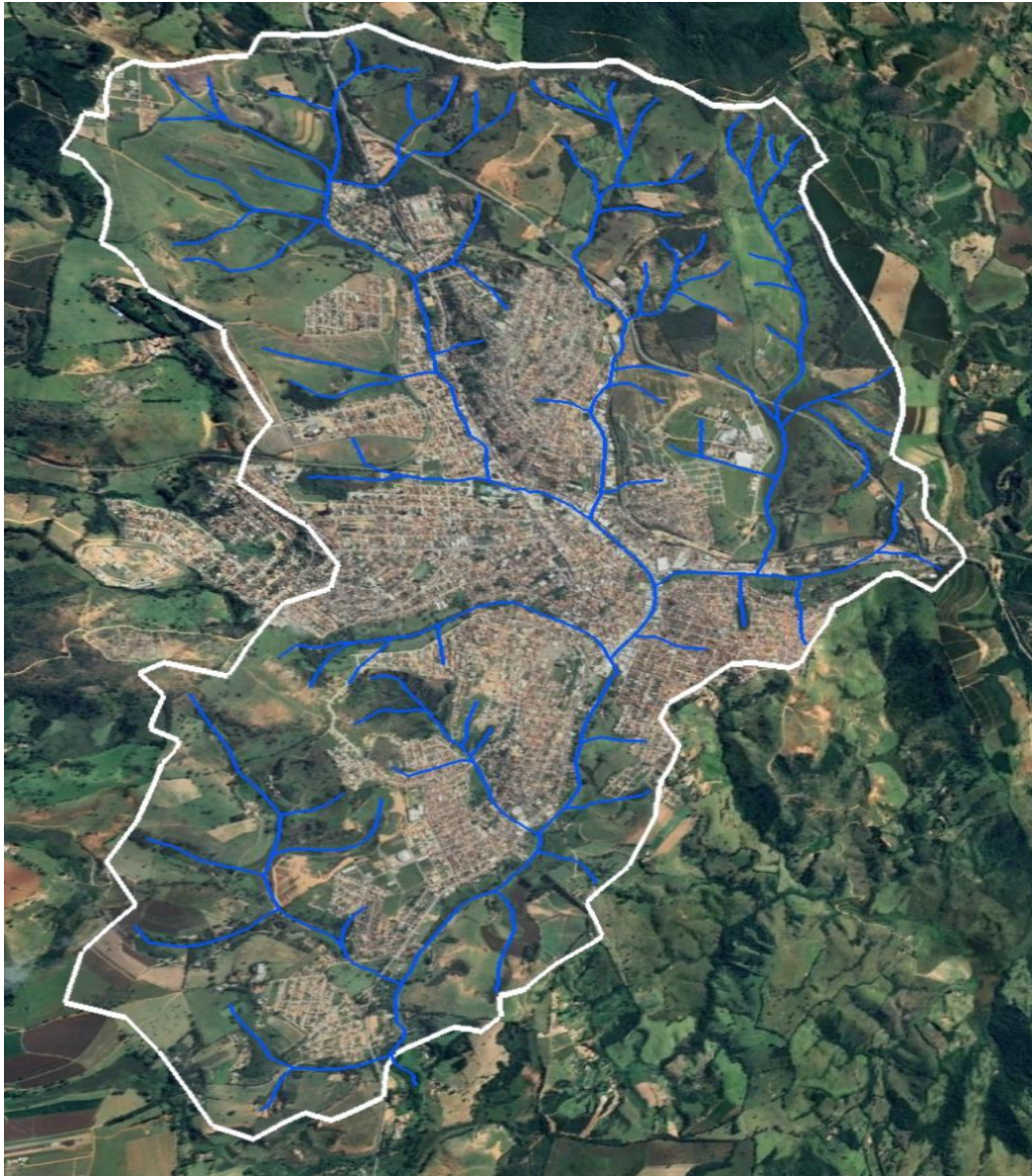


Fonte: adaptação de <http://www.igam.mg.gov.br/>

Ao longo do seu curso 13 barragens estão instaladas: Alto Rio Grande, Camargos, Itutinga, Funil, Furnas, Marechal Mascarenhas de Moraes, Estreito, Jaguará, Igarapava, Volta Grande, Porto Colômbia, Marimbondo e Água Vermelha. Há também parte do reservatório de Ilha Solteira em seu leito.

Os principais afluentes do rio Grande pela margem direita são os rios das Mortes, Jacaré, Santana, Pouso Alegre, Uberaba e Verde ou Feio; e na margem esquerda os rios Capivari, Verde, Sapucaí-Mirim, Sapucaí (mineiro), Pardo, Sapucaí (paulista),

Figura 5 – Bacias município Oliveira



Fonte: adaptação Google Earth

Foram mapeados os cursos de água que são utilizados na drenagem do município com intuito de calcular sua vazão e se necessário adotar medidas para que as áreas de risco não sofram com enchentes e inundações.

3.2 Município de Oliveira

3.2.1 História

Os primeiros a penetrarem na região do atual Município foram levados pela conquista do ouro. Há notícias da existência do sítio de uma senhora, Maria de Oliveira, que teria acolhido os tropeiros, quando passaram os desbravadores. A área tornou-se ponto preferido para pousada das bandeiras, a caminho de Goiás, em virtude da amenidade do clima e abundância de água. Deu-se início a uma povoação, primitivamente e conhecida como Picada de Goiás, depois Nossa senhora de Oliveira, e atualmente, Oliveira.

Em 1750, um surto epidêmico atacou na região do Ribeirão do Carmo, hoje cidade de Mariana provocando o deslocamento de considerável massa populacional para a região do rio das Mortes. Favorecida, em parte, por sua posição em relação a São Paulo e ao sertão goiano, Oliveira apresentou desenvolvimento sempre crescente.

Em 1871, foi inaugurada a Igreja Matriz de Oliveira. O topônimo registra duas versões: segundo uns, originou-se da presença de oliveiras entre as árvores frutíferas existentes na região; para outros, refere-se ao ranchinho de Maria de Oliveira (Fonte: IBGE).

3.2.2 Formação Administrativa

O Distrito foi criado por Decreto de 14 de julho de 1832 e o Município, pela Lei n.º 134, de 16 de março de 1839. Em 19 de setembro de 1861, a Sede foi elevada à categoria de Cidade, por força da Lei n.º 1.102. Na ocasião em que foi criado, o Município figurou com os distritos de Oliveira, Carmo da Mata Japão, São Francisco de Paula, Santana do Jacaré Santo Antônio do Amparo, Cláudio e Passa Tempo.

Atualmente, compõem-no os distritos de Oliveira e Morro do Ferro. A comarca de Lambari foi criada em 1862. Em 1870 foi extinta, sendo restaurada pela Lei n.º 2.002, de 15 de novembro de 1873. O nome foi mudado para Comarca de Oliveira

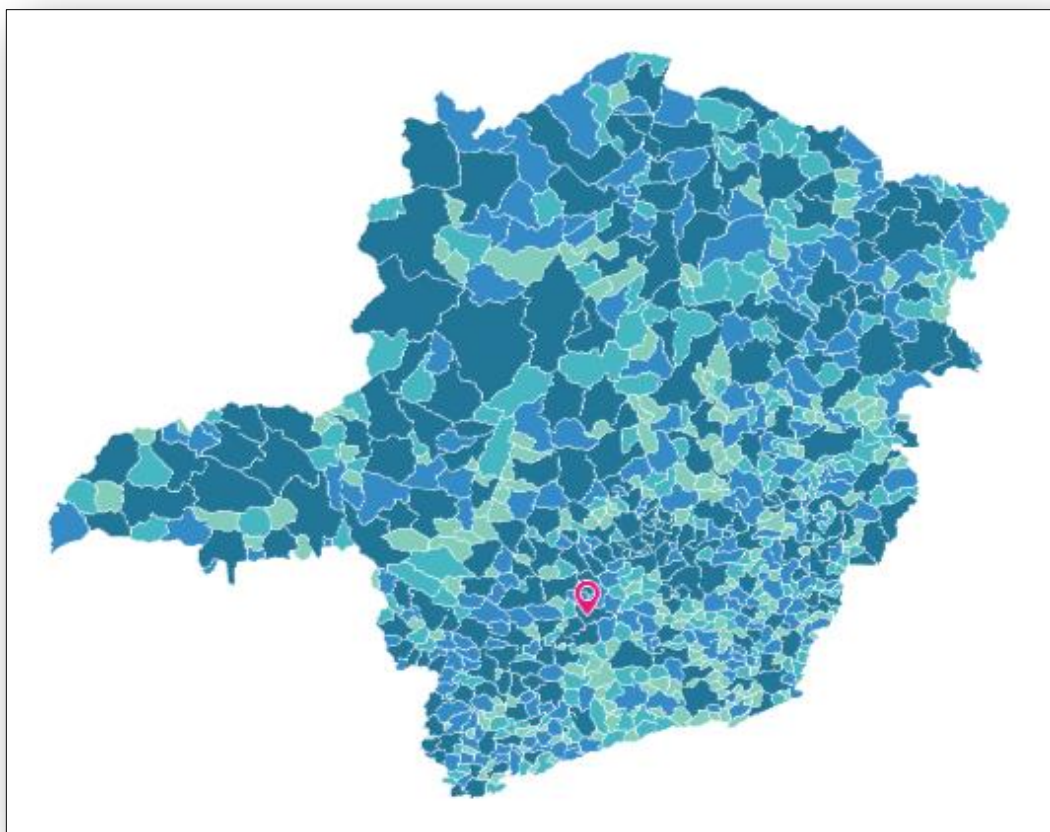
pela Lei nº 11, de 13 de novembro de 1891.

Atualmente, é de 3.^a entrância e sua jurisdição abrange, também, os termos de São Francisco de Paula e Carmópolis de Minas (fonte: IBGE).

3.2.3 Geografia

O município de Oliveira localiza-se na mesorregião Oeste de Minas e na microrregião de Oliveira, no Estado de Minas Gerais. A área total do município abrange cerca de 897,294 km², cuja sede está situada a 975 metros de altitude média (Figura 6).

Figura 6 – Localização Oliveira no Estado de Minas Gerais



Fonte: <https://cidades.ibge.gov.br/>

O censo demográfico IBGE de 2010 apontou uma população de 36.466 habitantes e uma densidade demográfica de 43,98hab/km² para o município de Oliveira, sendo a estimativa calculada para 2021 igual a 41.987 habitantes.

A área em estudo tem uma topografia relativamente acidentada. Está localizada

sobre o planalto do Sudeste, na parte denominada Alto do Rio Grande. Geomorfologicamente, a área do município de Oliveira está incluída na depressão do Rio Grande. O clima predominante é o tropical de altitude com estiagem no inverno e média do mais frio inferior a 18°C. Ocorrem duas estações climáticas: uma de outubro a março, caracterizada por temperaturas mais elevadas e maiores precipitações, outra de abril a setembro, período de inverno e estiagem.

Köppen-Geiger afirma que Oliveira está inserida na classificação “Cwa” de clima subtropical úmido, relativo a climas quentes e temperados com inverno seco e verão quente e úmido.

A temperatura média normal anual é de 20,4°C com extremos de 28.6°C e 14°C. A temperatura média do mês de janeiro, o mês mais quente do ano, é de 23.1 °C. Em junho, a temperatura média é 17.0 °C sendo o mês de menor temperatura média, conforme Figura 6.

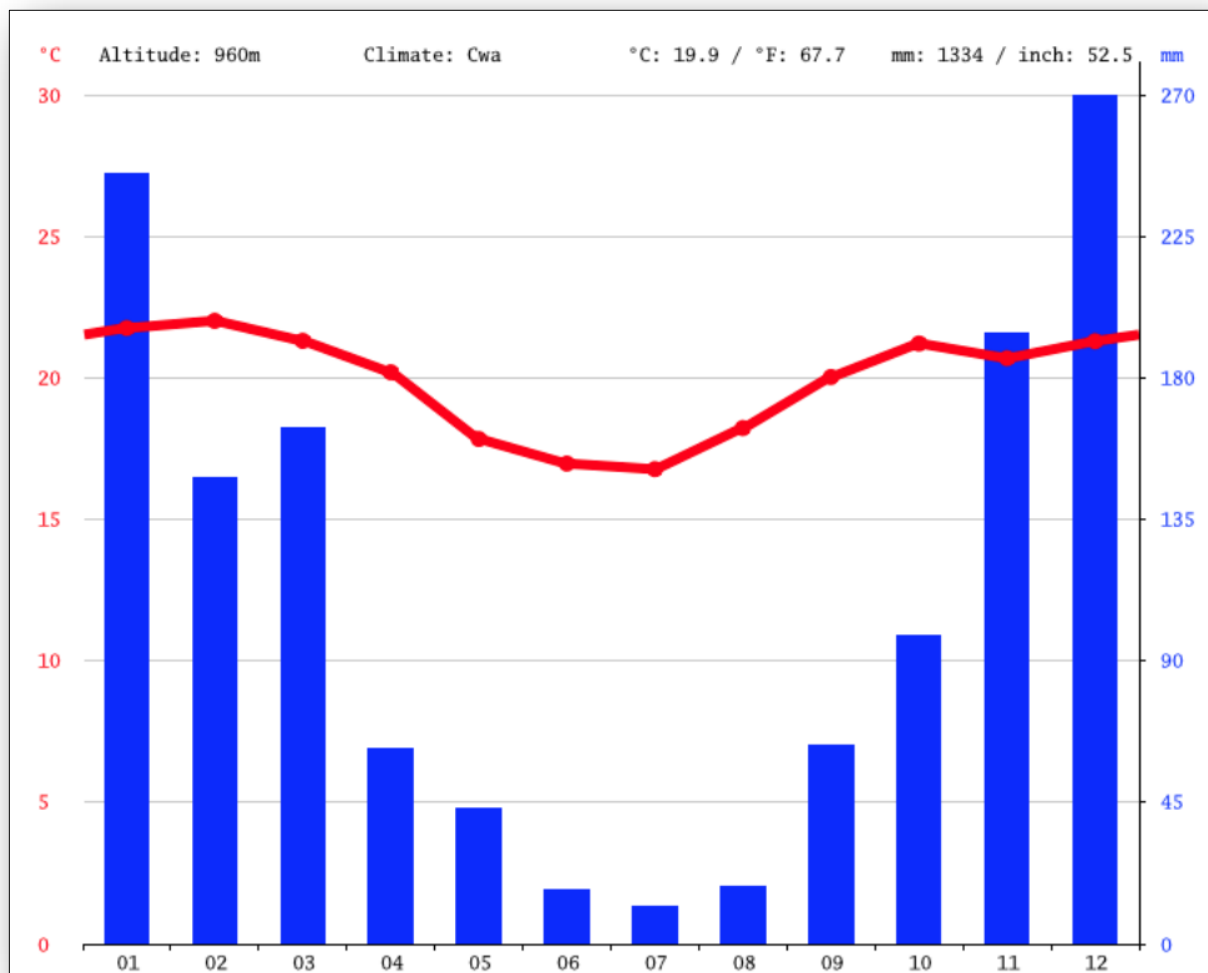
Figura 7 - Distribuição de temperaturas para Oliveira-MG

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	21.8	22	21.3	20.2	17.8	17	16.8	18.2	20	21.2	20.7	21.3
Temperatura mínima (°C)	18.1	18	17.7	16.2	13.4	12.2	11.6	12.6	14.6	16.6	17.1	17.9
Temperatura máxima (°C)	26	26.5	25.6	24.7	22.8	22.2	22.3	24.3	25.9	26.5	25.1	25.5
Chuva (mm)	245	148	164	62	43	17	12	18	63	98	194	270
Umidade(%)	77%	74%	78%	75%	72%	70%	66%	58%	59%	64%	76%	80%
Dias chuvosos (d)	15	12	14	8	5	2	1	2	6	10	15	17
Horas de sol (h)	8.3	8.8	7.5	7.2	7.2	7.5	8.0	8.8	8.6	8.4	7.1	7.5

Fonte: <https://pt.climate-data.org/>

22.0 °C é a temperatura média do mês de fevereiro, o mês mais quente do ano. Ao longo do ano julho tem uma temperatura média de 16.8 °C. É a temperatura média mais baixa do ano. Quando comparados o mês mais seco tem uma diferença de precipitação de 258 mm em relação ao mês mais chuvoso. As temperaturas médias têm uma variação de 5.2 °C durante o ano. O mês com maior umidade relativa é dezembro (79.81 %). O mês com a umidade relativa mais baixa é agosto (58.28 %), (Figura 8).

Figura 5 - Distribuição de precipitações e temperaturas para Oliveira-MG



Fonte: <https://pt.climate-data.org/>

4 METODOLOGIA

Segundo Araújo (2010), pesquisas que busquem o planejamento e a promoção do desenvolvimento sustentável, devem considerar os recursos hídricos, pois são indispensáveis, tais estudos devem analisar as bacias hidrográficas como unidade básica dos estudos, pois é fisicamente bem caracterizada e integrada.

Com base na Lei Complementar Nº 160, de 22 de Novembro de 2011, Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal do Município de Oliveira-MG, a cidade

foi mapeada e sub dividida em áreas seguindo o plano de desenvolvimento e ocupação do solo, respeitando as áreas verdes de preservação.

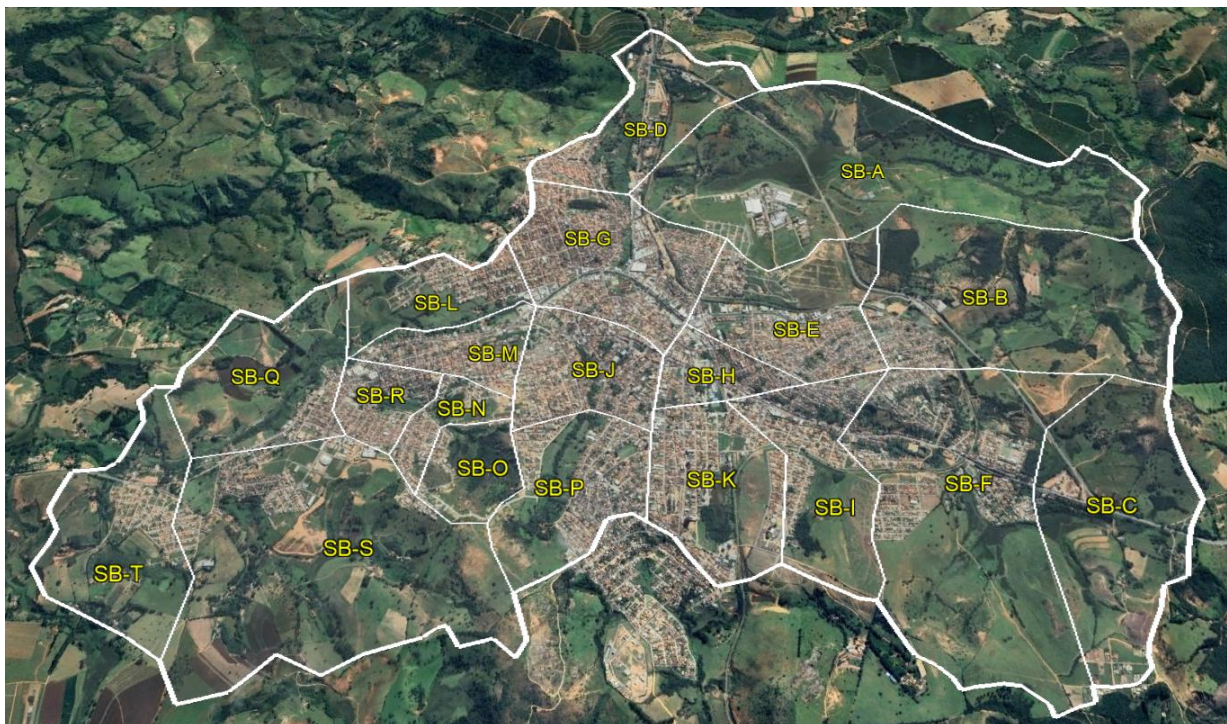
De acordo com a divisão foi escolhido o método para cálculo das vazões máximas em pontos estratégicos, contando com a participação de autoridades do município.

Com base nos resultados obtidos, foi feito um estudo de solução para uma área que sofria com recorrentes enchentes.

4.1 Identificação dos pontos de verificação e divisão das sub-bacias de contribuição

Para a determinação das vazões que contribuem para o perímetro da área de projeto foi necessário realizar um levantamento de dados com o objetivo de identificar os pontos sensíveis e subdividir a área de drenagem em 20 sub-bacias. Assim, será possível a caracterização de cada sub-bacia e a quantificação da vazão máxima em cada ponto (Figura9).

Figura 9 – Delimitação da bacia de estudo de Oliveira-MG



Fonte: adaptação Google Earth

As sub-bacias foram divididas de modo que cada área tivesse menos de

10km² e contribuisse para apenas um dos vários cursos de água que cortam o município.

4.2 Análise do padrão de ocupação do solo

Para melhor entendimento do padrão de ocupação da bacia de Oliveira, dividiu-se a sua área em quatro zonas de ocupação conforme (Tabela 1), seguindo o plano diretor do município, a saber:

ZN-1: Áreas verdes – Áreas com presença predominante de superfícies com cobertura vegetal;

ZN-2: Área passível de urbanização futura – Trata-se de área favorável à implantação imediata ou futura de condomínios e loteamentos;

ZN-3: Áreas ocupadas – São áreas urbanizadas que apresentam uma proporção relevante de áreas cobertas por vegetação tais como: lotes com quintais maiores cobertos de vegetação, lotes vagos, praças, campos gramados etc.;

ZN-4: Áreas plenamente ocupadas – Caracteriza-se pela presença de ruas asfaltadas e alta densidade de construções residenciais e comerciais, sem a presença de grandes áreas abertas e um número insignificante de lotes vagos;

Tabela 1 - Percentual de áreas por tipologia.

LEGENDA	ZONAS DE URBANIZAÇÃO	(ha)	%
ZN-1	Áreas verdes	772	36%
ZN-2	Áreas predominantemente verdes com potencial/processo de expansão	654	31%
ZN-3	Áreas urbanizadas	254	12%
ZN-4	Áreas plenamente urbanizadas	463	22%
ÁREA TOTAL		2.143	100%

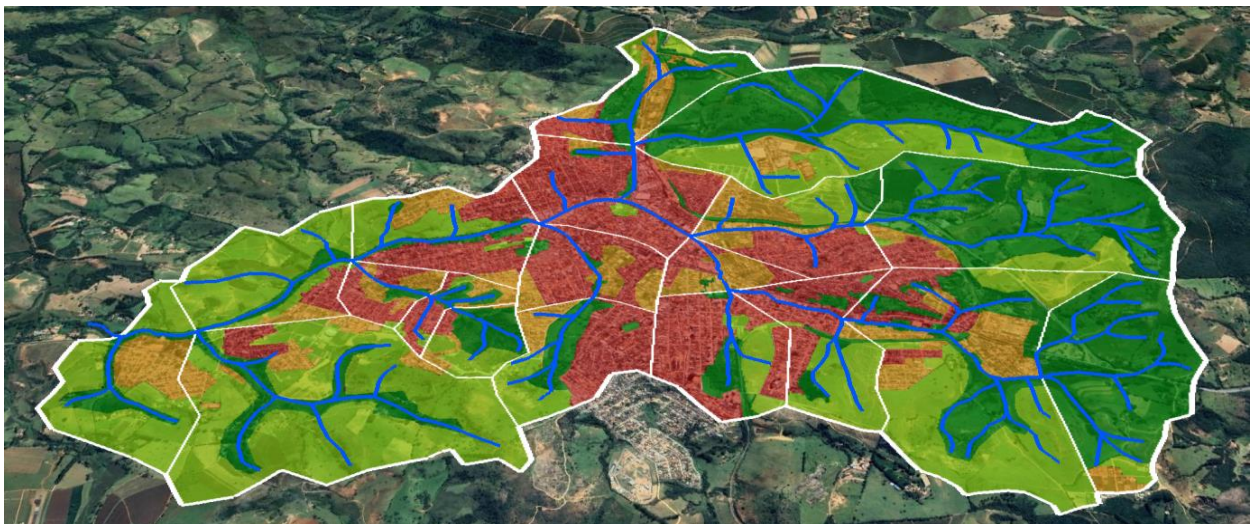
Como podemos observar, as áreas plenamente urbanizadas (ZN-4) representam 22% do total da bacia. Se considerarmos também as áreas urbanizadas (ZN-3), teremos um total de 34% de toda a área da bacia urbana municipal impermeabilizada. Levando em consideração que a cidade possui vários loteamentos e condomínios em fase de planejamento e implantação nas áreas com características de expansão (ZN-2), em um prazo de 5 a 10 anos, as áreas urbanizadas da sede municipal poderão chegar a 50%.

As áreas classificadas como áreas verdes, tem características de áreas de proteção ambiental, áreas desfavoráveis à implantação de loteamentos ou mesmo áreas com tendência à pequena produção rural e perfazem um total de 36%.

Ao longo dos anos, a área em estudo teve seu crescimento às margens dos principais córregos e ribeirões que cortam a área urbana de Oliveira. Em muitos casos, a planície natural de inundação foi completamente ocupada por vias públicas e construções. Muitas vezes vias públicas e edificações foram construídas sobre os córregos. Somado a isso, uma densa urbanização se deu, mais intensamente, nas áreas mais propícias a enchentes. Esses fatores em conjunto favorecem a ocorrência de inundações que oferecem risco às pessoas e ao patrimônio.

Consequências desse cenário são as enchentes e inundações que vem ocorrido, sobretudo na última década, nos córregos que cortam o perímetro urbano da cidade de Oliveira (Figura10).

Figura 10 – Áreas de impermeabilização



Fonte: adaptação Google Earth

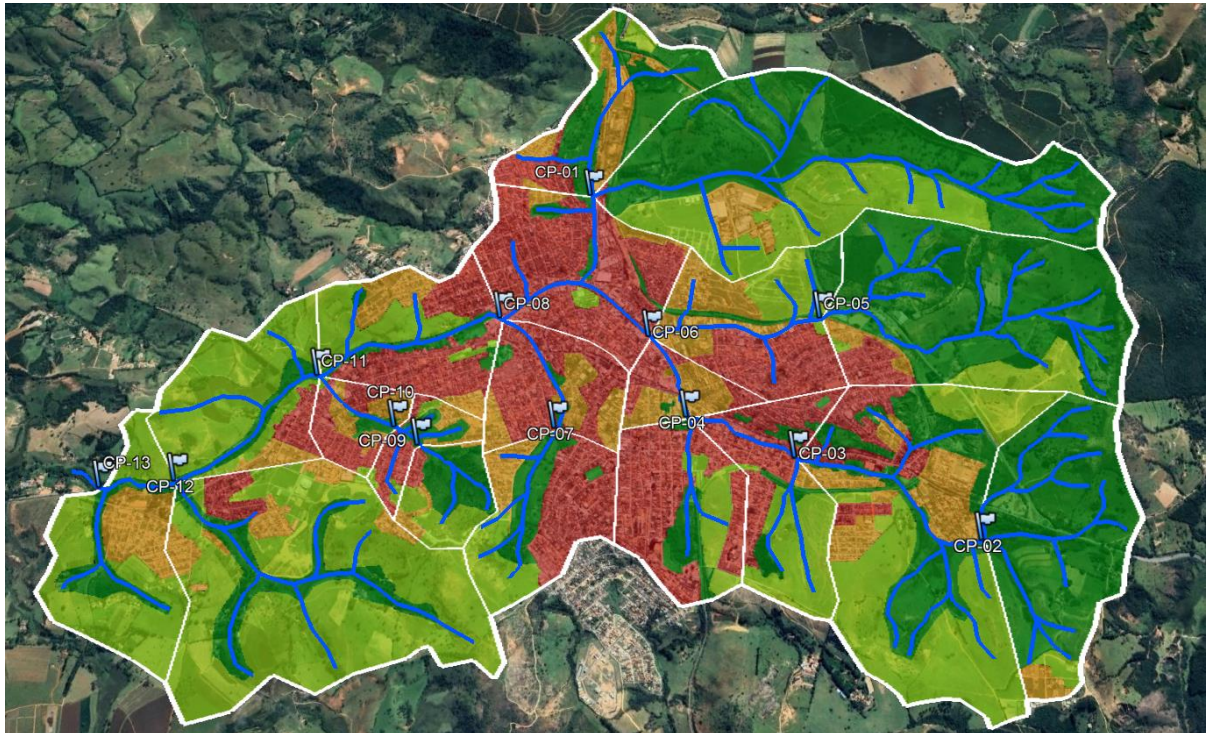
4.3 Pontos de verificação da vazão máxima

Com o objetivo de subsidiar futuras análises em diferentes regiões da área urbana do município de Oliveira, iremos estimar a vazão máxima em vários pontos estratégicos escolhidos em conjunto com autoridades do município espalhados pela bacia de estudo (Figura11).

Os pontos a serem analisados são:

- CP-01: Rua Dr. Cícero de Castro Filho (próximo à empresa de pneus);
- CP-02: Fundos do Condomínio Rocha Costa;
- CP-03: Rua Rio Araguari (rua sem saída);
- CP-04: Av. São Cristóvão (próximo a Oliveira Tênis Clube);
- CP-05: Av. Miguel Resende (início da avenida);
- CP-06: Praça do Rotary;
- CP-07: Rua São Francisco de Assis (ponte);
- CP-08: Encontro das canalizações objeto de recente obra da Prefeitura;
- CP-09: Av. dos Imigrantes (ponte);
- CP-10: Rua Aralton Coelho de Carvalho (ponte);
- CP-11: Galeria sob galpões comerciais (próximo à Copacafé);
- CP-12: Rua Antônio Pedro Avelar (área de mata);
- CP-13: Saída da área urbana (próximo ao “Ranchão Saraiva”).

Figura 10 – Pontos análise vazão máxima



Fonte: adaptação Google Earth

Com vistas aos cálculos hidrológicos para determinação da vazão máxima, as sub-bacias de contribuição foram caracterizadas quanto a sua área subdividida por zona de ocupação, cotas altimétricas mínima e máxima, comprimento máximo e declividade (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização das sub-bacias.

Sub-bacia	Área por Zona de Ocupação (m ²)				Área total (m ²)	Cota mín (m)	Cota máx (m)	L total (m)	S (m/m)
	ZN-4	ZN-3	ZN-2	ZN-1					
SB-A	10.030	165.430	909.408	2.010.707	3.095.575	952,00	1.123,00	3.716,00	0,046
SB-D	133.209	274.770	83.187	505.855	997.021	951,00	1.015,00	1.428,00	0,045
SB-C	-	49.643	36.242	1.210.478	1.296.363	974,00	1.080,00	1.148,00	0,092
SB-F	248.146	364.937	1.015.297	614.375	3.539.118	960,00	1.080,00	2.598,00	0,046
SB-I	352.821	17.814	329.372	82.495	782.502	955,00	960,00	767,00	0,007
SB-K	531.097	-	154.544	126.920	5.134.181	954,00	1.080,00	3.363,00	0,037
SB-B	111.997	59.576	181.677	1.738.883	2.092.133	969,00	1.087,00	2.076,00	0,057
SB-H	130.852	178.183	-	8.153	317.188	952,00	955,00	608,00	0,005
SB-E	367.669	304.183	184.375	120.679	8.520.408	952,00	1.080,00	3.924,00	0,033
SB-P	338.902	85.401	171.169	177.583	773.055	965,00	1.021,00	1.055,00	0,053
SB-G	1.092.871	56.432	21.665	62.263	1.233.231	943,00	952,00	1.300,00	0,007
SB-J	429.481	189.536	-	33.776	14.619.290	943,00	1.080,00	5.133,00	0,027
SB-O	24.672	37.055	112.566	174.044	348.337	952,00	994,00	672,00	0,063
SB-N	98.723	51.101	26.684	61.588	586.433	948,00	994,00	870,00	0,053
SB-R	160.123	100.333	9.320	32.377	888.586	938,00	994,00	1.189,00	0,047
SB-L	127.942	125.943	249.389	45.897	549.171	938,00	944,00	1.331,00	0,005
SB-M	299.730	32.013	17.318	74.914	17.133.815	938,00	1.080,00	6.380,00	0,022
SB-Q	79.740	59.814	728.655	107.036	975.245	936,00	938,00	1.222,00	0,002
SB-S	91.616	180.159	1.705.378	371.979	20.458.192	934,00	1.080,00	7.782,00	0,019
SB-T	-	208.124	602.457	159.404	21.428.177	930,00	1.080,00	8.294,00	0,018
Total	4.629.621	2.540.447	6.538.703	7.719.406	-	-	-	-	-

4.4 Escolha do método

Por se tratar de um fenômeno da natureza relacionado a inúmeros fatores intervenientes cuja determinação é, em grande parte, imprecisa, existem vários métodos para o cálculo das vazões de pico. Cada um desses métodos possui limitações no que diz respeito a sua aplicabilidade.

Considerando as características da bacia em estudo, iremos utilizar o método racional corrigido para o cálculo da vazão máxima de projeto.

O método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos Estados Unidos por Emil Kuichling em 1889 e

estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio).

O método racional deve ser aplicado somente em pequenas bacias, ou seja, com área de drenagem inferior a 10km² (1000 ha) conforme Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem do DNIT ou quando o tempo de concentração seja inferior a uma hora. Na Austrália é usado o Método Racional Probabilístico para pequenas bacias (25 km²) e médias bacias (500 km²). Akan,1993 admite para o Método Racional área da bacia até 13 km².

Tendo em vista que a área total da bacia a ser calculada é 21,48 km², se faz necessário pontuar que: para grandes áreas o método Racional tende a superestimar a vazão máxima. Assim, foi aplicada uma correção por meio de um coeficiente de retardo, este coeficiente procura corrigir o fato de escoamento superficial sofrer um retardamento em relação ao início da precipitação. Com a aplicação do coeficiente de retardamento, que varia de 0 a 1, procura-se uma compensação para este efeito.

O Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes - DNIT, através do “Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem” (BRASIL), propõe duas maneiras para expressar o coeficiente de retardo baseando-se na área da bacia, uma para áreas rurais e outra para áreas urbanas.

Para o presente estudo, o método adotado para cálculo do coeficiente de retardo será o proposto pelo DNIT para áreas urbanas:

$$\phi = A^{-0,15}; \text{ em que:}$$

A = área da bacia (km²).

Na metodologia racional corrigida, a vazão máxima ou de pico é calculada pela expressão:

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot i \cdot A \cdot \phi, \text{ onde:}$$

Q = Vazão de projeto em m³/s;

C = Coeficiente de deflúvio (adimensional);

i = Intensidade pluviométrica em mm/h;

A = Área da microbacia em hectares;

Ø = Coeficiente de retardo.

4.5 Período de retorno

Período de retorno é o período médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. Quanto maior for o valor adotado para o período de retorno, mais segura será a obra e mais dispendiosa para o município.

A SUDECAP recomenda a utilização de um período de retorno de 10 anos para os projetos de micro drenagem na região metropolitana de Belo Horizonte. Segundo Wilken, 1978 em se tratando de obras de canalização de cursos d'água de pequenas bacias de drenagem para controle de inundação, como é o caso, os problemas são atenuados comparados ao rompimento de uma barragem, por exemplo. Portanto, o período de retorno a ser adotado deve estar entre 5 e 50 anos, de acordo com a importância da obra.

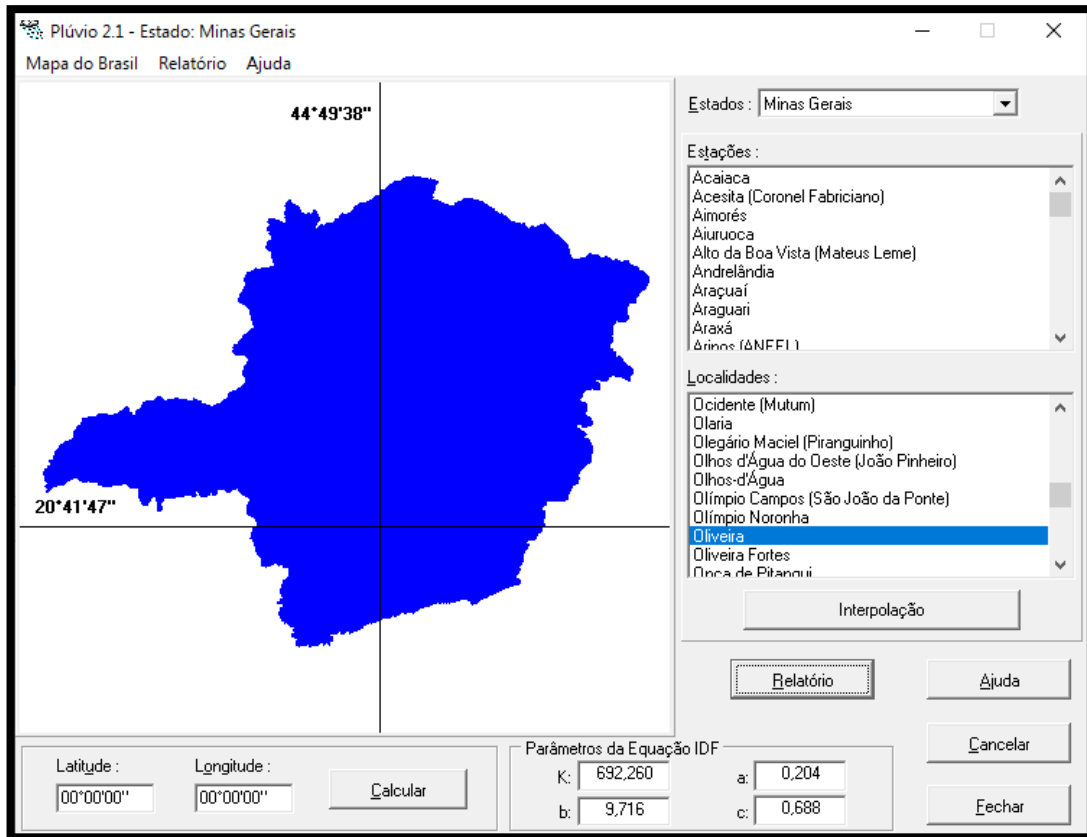
O procedimento recomendado pela Instrução de Serviço IS-203 – Estudos Hidrológicos, das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários, a verificação do nível d'água a montante para a enchente deve ser de 20 ou 25 anos.

Considerando que a bacia de estudo tem uma área urbana densamente ocupada e que ocorrências de inundações podem trazer riscos à vida humana, prejuízos materiais e eventual responsabilização da administração pública, será adotado um tempo de retorno de **25 anos**, (TOMAZ,2012).

4.6 Intensidade pluviométrica

A estimativa da intensidade pluviométrica da região do município de Oliveira foi obtida a partir da equação intensidade – duração - frequência a seguir apresentada, estabelecida com os coeficientes regionais fornecidos pelo software *Plúvio - Chuvas Intensas 2.1*, 2006, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa (Figura12).

Figura 11 - Tela do software Plúvio



Fonte: Plúvio

A intensidade de precipitação é a quantidade de chuva (mm) por unidade de tempo (horas). É um fator importante porque está diretamente relacionado com dimensionamento de condutos,

Essa intensidade pode ser medida utilizando um pluviógrafo, calculada através de equações IDF (curva-intensidade-duração-frequência), conforme demonstrado abaixo:

$$i = \frac{692,26T^{0,204}}{(t+9,716)^{0,688}} \text{ Onde,}$$

T = Período de retorno (anos).

t= Duração da chuva (minutos).

i = Intensidade da chuva(mm/h).

Utiliza-se o tempo de concentração $T_c=t$ quando utilizado método racional, devido tamanho da bacia.

4.7 Coeficiente de escoamento superficial

No método racional a relação ou proporção entre a vazão precipitada sobre a área da bacia de contribuição, e a que efetivamente se escoou pelo sistema de drenagem, é expressa em termos de coeficiente de escoamento superficial, ou *run-off*.

Como referência iremos adotar os valores da (Tabela 3) a seguir, utilizada pela prefeitura municipal de São Paulo, conforme Wilken, que segue de perto a classificação de Frühling, não diferindo dos valores preconizados pelos pesquisadores americanos Kuichling e Gregory e pelo professor L. N. Garcez.

Tabela 3 – Valores coeficiente de Deflúvio

	ZONAS	Valores de C
1	DE EDIFICAÇÃO MUITO DENSA. Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
2	DE EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA. Partes adjacentes ao centro de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
3	DE EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES. Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
4	DE EDIFICAÇÃO COM ALGUMA EDIFICAÇÃO. Partes residenciais tipo Cidade-Jardim ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 a 0,50
5	DE SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO. Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,20 a 0,25
6	DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTE. Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Wilken, 1978

Para o caso da região em estudo (Tabela 4), iremos adotar uma correlação de valores entre os da tabela 3 apresentada e as zonas de urbanização definidas no

item 3.2, conforme a Tabela 1.

Tabela 4 – Coeficiente C Oliveira.

LEGENDA	ZONAS DE URBANIZAÇÃO	C
ZN-1	Áreas verdes	0,10
ZN-2	Áreas predominantemente verdes com potencial/processo de expansão	0,20
ZN-3	Áreas urbanizadas	0,35
ZN-4	Áreas plenamente urbanizadas	0,85

Temos na Tabela 4 os valores do coeficiente C para o estudo no município de Oliveira.

4.8 Tempo de concentração

Para o presente estudo, optou-se por calcular o tempo de concentração através da expressão de Kirpich. O valor será multiplicado por 0,4 por se tratar de área urbana conforme recomendações de Chin, 2000 e Akan, 1993. Contudo, em áreas que apresentem um coeficiente de escoamento superficial inferior a 0,28 não será aplicado este ajuste, considerando estas áreas como sendo rurais, apenas para efeito de cálculo. Evitando uma majoração distorcida da vazão em função de uma minoração do tempo de concentração.

A equação de Kirpich conforme Chin, 2000 é a seguinte:

$$tc = \frac{0,019 \times L^{0,77}}{S^{0,385}} \text{ sendo:}$$

tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (m);

S = declividade do talvegue (m/m).

Para efeito de análise comparativa, foram calculados os tempos de concentração, utilizando metodologias propostas por Dooge, Ven Te Chow, Kirpich e Kirpich multiplicado por 0,4 para bacias com C inferior a 0,28, conforme (Tabela 5).

A equação de Dooge é a seguinte:

$$tc = 21,88 \frac{A^{0,41}}{S^{0,17}} \text{ sendo:}$$

tc = tempo de concentração (min);

A = Área de drenagem da bacia (Km²);

S = declividade média da bacia (m/m).

A equação de Ven Te Chow é a seguinte:

$$tc = 25,2 \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0,64} \text{ sendo:}$$

tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (Km);

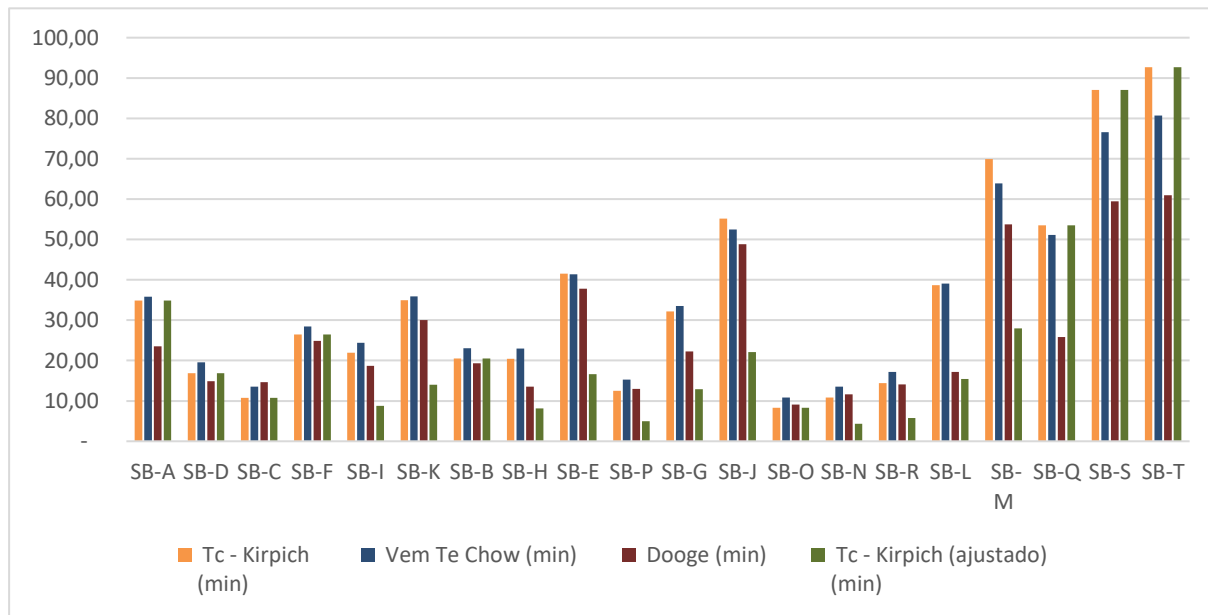
I = declividade do talvegue (%).

Tabela 5 – Resultados de Tc em vários métodos.

	Área total (m ²)	Cota mín (m)	Cota máx (m)	L total (m)	S (m/m)	Tc - Kirpich (min)	Vem Te Chow (min)	Dooge (min)	Tc - Kirpich (ajustado) (min)
SB-A	3.095.575	952,00	1.123,00	3.716,00	0,046	34,87	35,82	23,54	34,87
SB-D	997.021	951,00	1.015,00	1.428,00	0,045	16,87	19,59	14,86	16,87
SB-C	1.296.363	974,00	1.080,00	1.148,00	0,092	10,80	13,52	14,63	10,80
SB-F	3.539.118	960,00	1.080,00	2.598,00	0,046	26,43	28,45	24,85	26,43
SB-I	782.502	955,00	960,00	767,00	0,007	21,96	24,39	18,67	8,78
SB-K	5.134.181	954,00	1.080,00	3.363,00	0,037	34,95	35,89	29,99	13,98
SB-B	2.092.133	969,00	1.087,00	2.076,00	0,057	20,53	23,06	19,34	20,53
SB-H	317.188	952,00	955,00	608,00	0,005	20,44	22,98	13,52	8,18
SB-E	8.520.408	952,00	1.080,00	3.924,00	0,033	41,52	41,41	37,80	16,61
SB-P	773.055	965,00	1.021,00	1.055,00	0,053	12,52	15,29	13,01	5,01
SB-G	1.233.231	943,00	952,00	1.300,00	0,007	32,21	33,53	22,27	12,88
SB-J	14.619.290	943,00	1.080,00	5.133,00	0,027	55,16	52,43	48,80	22,06
SB-O	348.337	952,00	994,00	672,00	0,063	8,31	10,87	9,12	8,31
SB-N	586.433	948,00	994,00	870,00	0,053	10,81	13,53	11,62	4,32
SB-R	888.586	938,00	994,00	1.189,00	0,047	14,37	17,15	14,05	5,75
SB-L	549.171	938,00	944,00	1.331,00	0,005	38,69	39,05	17,19	15,48
SB-M	17.133.815	938,00	1.080,00	6.380,00	0,022	69,93	63,87	53,71	27,97
SB-Q	975.245	936,00	938,00	1.222,00	0,002	53,51	51,13	25,85	53,51
SB-S	20.458.192	934,00	1.080,00	7.782,00	0,019	87,03	76,60	59,46	87,03
SB-T	21.428.177	930,00	1.080,00	8.294,00	0,018	92,71	80,74	60,98	92,71

Os resultados obtidos em formato de gráfico temos um comparativo dos métodos de tempo de concentração, conforme (Figura 11).

Figura 11 – Gráfico comparativo métodos tempo de concentração



Percebe-se que os valores de Dooge são menores que os demais em bacias com maior tempo de concentração devido ser indicada para áreas maiores com 140 a 390 Km², já o Vem Te Chow mostra resultados bons em pequenas bacias, mas nas

grandes mostra um superdimensionamento. Interessante também observar que o tempo de concentração calculado em bacias mais adensadas como por exemplo SB-I, SB-K, SB-H, SB-E, SB-P, SB-G, SB-J, SB-N, SB-R e SB-M que possuem grande impermeabilização, a aplicação do coeficiente recomendado por Chin, 2000 e Akan, 1993 causam um efeito importante para o cálculo no que se refere à segurança, tornando-o mais conservador, por se tratar de áreas mais sensíveis no aspecto do escoamento superficial.

4.9 Análise de cenários de crescimento urbano

Para realizar uma análise de possíveis cenários futuros, considerando um maior adensamento da malha urbana da bacia em estudo, foram projetados 3 cenários possíveis, conforme (Tabela 6):

Etapa 1 – Situação atual;

Etapa 2 – Adensamento da zona ZN-2, considerando uma maior impermeabilização desta área, em função da considerável quantidade de novos loteamentos em implantação, elevando seu coeficiente C de 0,20 para 0,30 somado a um adensamento da ZN-3 elevando seu coeficiente C de 0,35 para 0,42.

ETAPA 3 - Adensamento mais intenso da zona ZN-2, elevando seu coeficiente C de 0,20 para 0,60 somado a um adensamento da ZN-3 elevando seu coeficiente C de 0,35 para 0,48.

Tabela 6 – Coeficiente C em cenários futuros

LEGENDA	ZONAS DE URBANIZAÇÃO	ETAPA 1 C	ETAPA 2 C	ETAPA 3 C
ZN-1	Áreas verdes	0,10	0,10	0,10
ZN-2	Áreas predominantemente verdes com potencial/processo de expansão	0,20	0,30	0,60
ZN-3	Áreas urbanizadas	0,35	0,42	0,48
ZN-4	Áreas plenamente urbanizadas	0,85	0,85	0,85

4.10 Cálculo da vazão máxima de contribuição

Com metodologia apresentada, foram calculadas as vazões máximas de todas as sub-bacias e nos pontos de verificação determinados, para os períodos de retorno de 25 anos considerando as 3 etapas de expansão urbana serão apresentadas a seguir:

Tabela 7 – Calculo vazão máxima 1 etapa 25 anos.

Cálculo da vazão máxima - ETAPA 1				Período de retorno:				25 Anos				
Sub-bacia	(a)								(b)	(c)	(d)	(e)
	Área por Zona de Ocupação (m ²)								C sub-bacia	Área da sub-bacia (m ²)	C x A da sub-bacia	C x A acumulada
	ZN-4	C	ZN-3	C	ZN-2	C	ZN-1	C				
SB-A	10.030	0,85	165.430	0,35	909.408	0,20	2.010.707	0,10	0,15	3.095.575	449.378	449.378
SB-D	133.209	0,85	274.770	0,35	83.187	0,20	505.855	0,10	0,28	997.021	276.620	276.620
SB-C	-	0,85	49.643	0,35	36.242	0,20	1.210.478	0,10	0,11	1.296.363	145.671	145.671
SB-F	248.146	0,85	364.937	0,35	1.015.297	0,20	614.375	0,10	0,27	2.242.755	603.149	748.820
SB-I	352.821	0,85	17.814	0,35	329.372	0,20	82.495	0,10	0,49	782.502	380.257	380.257
SB-K	531.097	0,85	-	0,35	154.544	0,20	126.920	0,10	0,61	812.561	495.033	1.624.110
SB-B	111.997	0,85	59.576	0,35	181.677	0,20	1.738.883	0,10	0,16	2.092.133	326.273	326.273
SB-H	130.852	0,85	178.183	0,35	-	0,20	8.153	0,10	0,55	317.188	174.404	174.404
SB-E	367.669	0,85	304.183	0,35	184.375	0,20	120.679	0,10	0,48	976.906	467.926	2.592.712
SB-P	338.902	0,85	85.401	0,35	171.169	0,20	177.583	0,10	0,48	773.055	369.949	369.949
SB-G	1.092.871	0,85	56.432	0,35	21.665	0,20	62.263	0,10	0,78	1.233.231	959.251	959.251
SB-J	429.481	0,85	189.536	0,35	-	0,20	33.776	0,10	0,67	652.793	434.774	5.082.684
SB-O	24.672	0,85	37.055	0,35	112.566	0,20	174.044	0,10	0,21	348.337	73.858	73.858
SB-N	98.723	0,85	51.101	0,35	26.684	0,20	61.588	0,10	0,48	238.096	113.296	187.154
SB-R	160.123	0,85	100.333	0,35	9.320	0,20	32.377	0,10	0,58	302.153	176.323	363.476
SB-L	127.942	0,85	125.943	0,35	249.389	0,20	45.897	0,10	0,38	549.171	207.298	207.298
SB-M	299.730	0,85	32.013	0,35	17.318	0,20	74.914	0,10	0,65	423.975	276.930	5.930.389
SB-Q	79.740	0,85	59.814	0,35	728.655	0,20	107.036	0,10	0,25	975.245	245.149	245.149
SB-S	91.616	0,85	180.159	0,35	1.705.378	0,20	371.979	0,10	0,22	2.349.132	519.203	6.694.740
SB-T	-	0,85	208.124	0,35	602.457	0,20	159.404	0,10	0,22	969.985	209.275	6.904.016
Total	4.629.621	22%	2.540.447	12%	6.538.703	31%	7.719.406	36%	0,32	21.428.177	-	-

(a)	Área de cada sub-bacia por zona de ocupação e respectivo coeficiente C
(b)	Média ponderada do coeficiente C
(c)	Área total de cada sub-bacia
(d)	Área total de cada sub-bacia vezes o seu coeficiente C médio
(e)	Área total de cada sub-bacia vezes o seu coeficiente C médio (acumulado)

(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	(p)
C médio	Área total (m ²)	Cota mín (m)	Cota máx (m)	L total (m)	S (m/m)	Tc - Kirpich (min)	i (mm/h)	Qmáx (m ³ /s)	Ponto de Checagem	Qmáx AC. (m ³ /s)
0,15	3.095.575	952,00	1.123,00	3.716,00	0,046	34,873	97,90	10,32	-	-
0,28	997.021	951,00	1.015,00	1.428,00	0,045	16,869	139,73	10,75	CP-01	21,07
0,11	1.296.363	974,00	1.080,00	1.148,00	0,092	10,796	167,03	6,51	CP-02	6,51
0,21	3.539.118	142,00	1.080,00	2.598,00	0,361	11,977	160,71	27,68	CP-03	27,68
0,49	782.502	955,00	960,00	767,00	0,007	8,783	179,33	19,67	-	-
0,32	5.134.181	954,00	1.080,00	3.363,00	0,037	13,981	151,24	53,43	CP-04	53,43
0,16	2.092.133	969,00	1.087,00	2.076,00	0,057	20,534	127,85	10,38	CP-05	10,38
0,55	317.188	952,00	955,00	608,00	0,005	8,176	183,49	10,57	-	-
0,30	8.520.408	952,00	1.080,00	3.924,00	0,033	16,607	140,69	73,53	CP-06	73,53
0,48	773.055	965,00	1.021,00	1.055,00	0,053	5,007	209,83	22,43	CP-07	22,43
0,78	1.233.231	943,00	952,00	1.300,00	0,007	12,884	156,25	40,38	-	-
0,35	14.619.290	943,00	1.080,00	5.133,00	0,027	22,063	123,59	116,78	CP-08	116,78
0,21	348.337	952,00	994,00	672,00	0,063	8,306	182,58	4,39	CP-09	4,39
0,32	586.433	948,00	994,00	870,00	0,053	4,323	216,81	12,22	CP-10	12,22
0,41	888.586	938,00	994,00	1.189,00	0,047	5,749	202,85	20,86	CP-11*	20,86
0,38	549.171	938,00	944,00	1.331,00	0,005	15,476	145,01	9,14	-	-
0,35	17.133.815	938,00	1.080,00	6.380,00	0,022	27,974	109,90	118,32	CP-11	118,32
0,25	975.245	936,00	938,00	1.222,00	0,002	53,509	76,99	5,27	-	-
0,33	20.458.192	934,00	1.080,00	7.782,00	0,019	87,034	57,45	67,99	CP-12	67,99
0,32	21.428.177	930,00	1.080,00	8.294,00	0,018	92,711	55,24	66,95	CP-13	66,95
-	-	-	-	-	-	-	-	66,95	-	66,95

(f)	Média ponderada do coeficiente C da área acumulada a montante
(g)	Área total acumulada
(h)	Cota mínima na sub-bacia
(i)	Cota máxima na sub-bacia
(j)	Comprimento da sub-bacia (acumulado)
(k)	declividade da sub-bacia (acumulado)
(l)	Tempo de concentração (acumulado)
(m)	Intensidade de precipitação (acumulado)
(n)	Vazão máxima da su-bacia (acumulado)
(o)	Identificação do ponto de checagem
(p)	Vazão máxima no ponto de checagem

Tabela 8 – Calculo vazão máxima 2 etapa 25 anos.

Cálculo da vazão máxima - ETAPA 2		Período de retorno:							25			
Sub-bacia	(a)								(b)	(c)	(d)	(e)
	Área por Zona de Ocupação (m ²)								C sub-bacia	Área da sub-bacia (m ²)	C x A da sub-bacia	C x A acumulada
	ZN-4	C	ZN-3	C	ZN-2	C	ZN-1	C				
SB-A	10.030	0,85	165.430	0,42	909.408	0,30	2.010.707	0,10	0,18	3.095.575	551.899	551.899
SB-D	133.209	0,85	274.770	0,42	83.187	0,30	505.855	0,10	0,31	997.021	304.173	304.173
SB-C	-	0,85	49.643	0,42	36.242	0,30	1.210.478	0,10	0,12	1.296.363	152.770	152.770
SB-F	248.146	0,85	364.937	0,42	1.015.297	0,30	614.375	0,10	0,33	2.242.755	730.224	882.995
SB-I	352.821	0,85	17.814	0,42	329.372	0,30	82.495	0,10	0,53	782.502	414.441	414.441
SB-K	531.097	0,85	-	0,42	154.544	0,30	126.920	0,10	0,63	812.561	510.488	1.807.923
SB-B	111.997	0,85	59.576	0,42	181.677	0,30	1.738.883	0,10	0,17	2.092.133	348.611	348.611
SB-H	130.852	0,85	178.183	0,42	-	0,30	8.153	0,10	0,59	317.188	186.876	186.876
SB-E	367.669	0,85	304.183	0,42	184.375	0,30	120.679	0,10	0,52	976.906	507.656	2.851.066
SB-P	338.902	0,85	85.401	0,42	171.169	0,30	177.583	0,10	0,51	773.055	393.044	393.044
SB-G	1.092.871	0,85	56.432	0,42	21.665	0,30	62.263	0,10	0,78	1.233.231	965.368	965.368
SB-J	429.481	0,85	189.536	0,42	-	0,30	33.776	0,10	0,69	652.793	448.042	5.513.591
SB-O	24.672	0,85	37.055	0,42	112.566	0,30	174.044	0,10	0,25	348.337	87.709	87.709
SB-N	98.723	0,85	51.101	0,42	26.684	0,30	61.588	0,10	0,50	238.096	119.541	207.249
SB-R	160.123	0,85	100.333	0,42	9.320	0,30	32.377	0,10	0,61	302.153	184.278	391.528
SB-L	127.942	0,85	125.943	0,42	249.389	0,30	45.897	0,10	0,44	549.171	241.053	241.053
SB-M	299.730	0,85	32.013	0,42	17.318	0,30	74.914	0,10	0,66	423.975	280.903	6.427.075
SB-Q	79.740	0,85	59.814	0,42	728.655	0,30	107.036	0,10	0,33	975.245	322.201	322.201
SB-S	91.616	0,85	180.159	0,42	1.705.378	0,30	371.979	0,10	0,30	2.349.132	702.352	7.451.628
SB-T	-	0,85	208.124	0,42	602.457	0,30	159.404	0,10	0,29	969.985	284.090	7.735.717
Total	4.629.621	22%	2.540.447	12%	6.538.703	31%	7.719.406	36%	0,36	21.428.177	-	-

(a)	Área de cada sub-bacia por zona de ocupação e respectivo coeficiente C
(b)	Média ponderada do coeficiente C
(c)	Área total de cada sub-bacia
(d)	Área total de cada sub-bacia vezes o seu coeficiente C médio
(e)	Área total de cada sub-bacia vezes o seu coeficiente C médio (acumulado)

(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	(p)
C médio	Área total (m ²)	Cota mín (m)	Cota máx (m)	L total (m)	S (m/m)	Tc - Kirpich (min)	i (mm/h)	Qmáx (m ³ /s)	Ponto de Checagem	Qmáx AC. (m ³ /s)
0,18	3.095.575	952,00	1.123,00	3.716,00	0,046	34,873	97,90	12,68	-	-
0,31	997.021	951,00	1.015,00	1.428,00	0,045	6,748	194,30	16,44	CP-01	29,12
0,12	1.296.363	974,00	1.080,00	1.148,00	0,092	10,796	167,03	6,82	CP-02	6,82
0,25	3.539.118	960,00	1.080,00	2.598,00	0,046	10,574	168,28	34,17	CP-03	34,17
0,53	782.502	955,00	960,00	767,00	0,007	8,783	179,33	21,44	-	-
0,35	5.134.181	954,00	1.080,00	3.363,00	0,037	13,981	151,24	59,47	CP-04	59,47
0,17	2.092.133	969,00	1.087,00	2.076,00	0,057	20,534	127,85	11,09	CP-05	11,09
0,59	317.188	952,00	955,00	608,00	0,005	8,176	183,49	11,32	-	-
0,33	8.520.408	952,00	1.080,00	3.924,00	0,033	16,607	140,69	80,86	CP-06	80,86
0,51	773.055	965,00	1.021,00	1.055,00	0,053	5,007	209,83	23,83	CP-07	23,83
0,78	1.233.231	943,00	952,00	1.300,00	0,007	12,884	156,25	40,64	-	-
0,38	14.619.290	943,00	1.080,00	5.133,00	0,027	22,063	123,59	126,68	CP-08	126,68
0,25	348.337	952,00	994,00	672,00	0,063	8,306	182,58	5,21	CP-09	5,21
0,35	586.433	948,00	994,00	870,00	0,053	4,323	216,81	13,53	CP-10	13,53
0,44	888.586	938,00	994,00	1.189,00	0,047	5,749	202,85	22,47	CP-11*	22,47
0,44	549.171	938,00	944,00	1.331,00	0,005	15,476	145,01	10,63	-	-
0,38	17.133.815	938,00	1.080,00	6.380,00	0,022	27,974	109,90	128,23	CP-11	128,23
0,33	975.245	936,00	938,00	1.222,00	0,002	21,403	125,38	11,27	-	-
0,36	20.458.192	934,00	1.080,00	7.782,00	0,019	34,814	97,99	129,08	CP-12	129,08
0,36	21.428.177	930,00	1.080,00	8.294,00	0,018	37,084	94,69	128,59	CP-13	128,59
-	-	-	-	-	-	-	-	128,59	-	128,59

(f)	Média ponderada do coeficiente C da área acumulada a montante
(g)	Área total acumulada
(h)	Cota mínima na sub-bacia
(i)	Cota máxima na sub-bacia
(j)	Comprimento da sub-bacia (acumulado)
(k)	declividade da sub-bacia (acumulado)
(l)	Tempo de concentração (acumulado)
(m)	Intensidade de precipitação (acumulado)
(n)	Vazão máxima da su-bacia (acumulado)
(o)	Identificação do ponto de checagem
(p)	Vazão máxima no ponto de checagem

Tabela 9 – Calculo vazão máxima 3 etapa 25 anos.

Cálculo da vazão máxima - ETAPA 3			Período de retorno: 25									
Sub-bacia	(a)								(b)	(c)	(d)	(e)
	Área por Zona de Ocupação (m ²)								C sub-bacia	Área da sub-bacia (m ²)	C x A da sub-bacia	C x A acumulada
ZN-4	C	ZN-3	C	ZN-2	C	ZN-1	C					
SB-A	10.030	0,85	165.430	0,48	909.408	0,60	2.010.707	0,10	0,27	3.095.575	834.647	834.647
SB-D	133.209	0,85	274.770	0,48	83.187	0,60	505.855	0,10	0,35	997.021	345.615	345.615
SB-C	-	0,85	49.643	0,48	36.242	0,60	1.210.478	0,10	0,13	1.296.363	166.622	166.622
SB-F	248.146	0,85	364.937	0,48	1.015.297	0,60	614.375	0,10	0,47	2.242.755	1.056.710	1.223.331
SB-I	352.821	0,85	17.814	0,48	329.372	0,60	82.495	0,10	0,66	782.502	514.321	514.321
SB-K	531.097	0,85	-	0,48	154.544	0,60	126.920	0,10	0,69	812.561	556.851	2.294.503
SB-B	111.997	0,85	59.576	0,48	181.677	0,60	1.738.883	0,10	0,19	2.092.133	406.688	406.688
SB-H	130.852	0,85	178.183	0,48	-	0,60	8.153	0,10	0,62	317.188	197.567	197.567
SB-E	367.669	0,85	304.183	0,48	184.375	0,60	120.679	0,10	0,59	976.906	581.219	3.479.978
SB-P	338.902	0,85	85.401	0,48	171.169	0,60	177.583	0,10	0,58	773.055	449.519	449.519
SB-G	1.092.871	0,85	56.432	0,48	21.665	0,60	62.263	0,10	0,79	1.233.231	975.253	975.253
SB-J	429.481	0,85	189.536	0,48	-	0,60	33.776	0,10	0,70	652.793	459.414	6.544.426
SB-O	24.672	0,85	37.055	0,48	112.566	0,60	174.044	0,10	0,36	348.337	123.702	123.702
SB-N	98.723	0,85	51.101	0,48	26.684	0,60	61.588	0,10	0,55	238.096	130.612	254.314
SB-R	160.123	0,85	100.333	0,48	9.320	0,60	32.377	0,10	0,64	302.153	193.094	447.408
SB-L	127.942	0,85	125.943	0,48	249.389	0,60	45.897	0,10	0,59	549.171	323.426	323.426
SB-M	299.730	0,85	32.013	0,48	17.318	0,60	74.914	0,10	0,68	423.975	288.019	7.603.280
SB-Q	79.740	0,85	59.814	0,48	728.655	0,60	107.036	0,10	0,56	975.245	544.386	544.386
SB-S	91.616	0,85	180.159	0,48	1.705.378	0,60	371.979	0,10	0,52	2.349.132	1.224.775	9.372.441
SB-T	-	0,85	208.124	0,48	602.457	0,60	159.404	0,10	0,49	969.985	477.314	9.849.755
Total	4.629.621	22%	2.540.447	12%	6.538.703	31%	7.719.406	36%	0,46	21.428.177	-	-

(a)	Área de cada sub-bacia por zona de ocupação e respectivo coeficiente C
(b)	Média ponderada do coeficiente C
(c)	Área total de cada sub-bacia
(d)	Área total de cada sub-bacia vezes o seu coeficiente C médio
(e)	Área total de cada sub-bacia vezes o seu coeficiente C médio (acumulado)

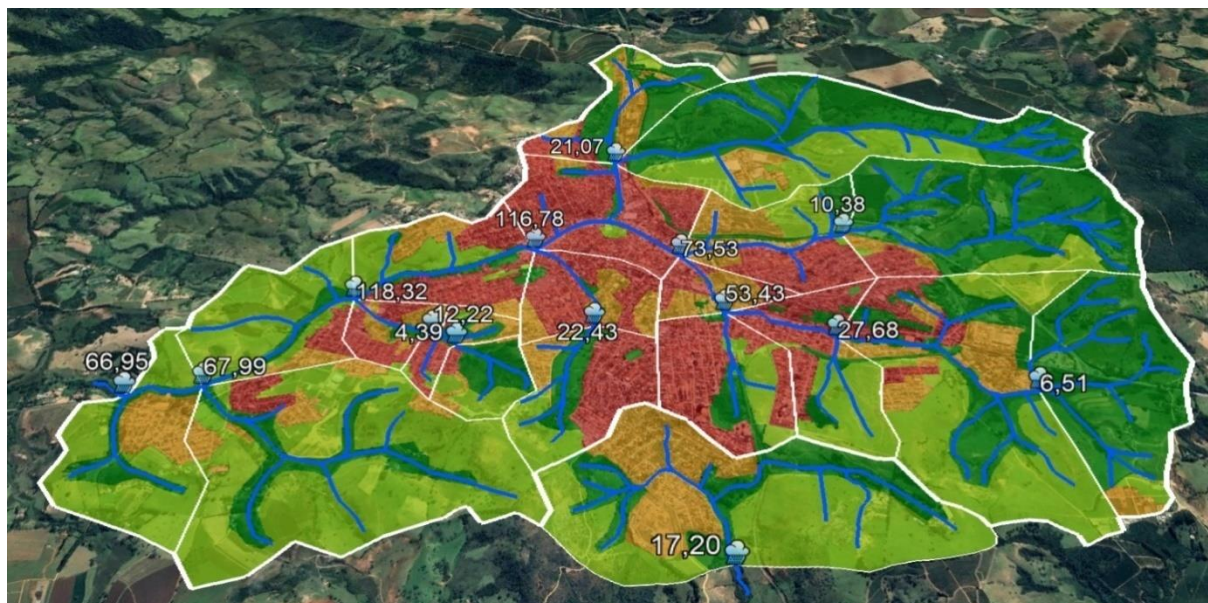
(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	(p)
C médio	Área total (m ²)	Cota mín (m)	Cota máx (m)	L total (m)	S (m/m)	Tc - Kirpich (min)	i (mm/h)	Qmáx (m ³ /s)	Ponto de Checagem	Qmáx AC. (m ³ /s)
0,27	3.095.575	952,00	1.123,00	3.716,00	0,046	34,873	97,90	19,17	-	-
0,35	997.021	951,00	1.015,00	1.428,00	0,045	6,748	194,30	18,68	CP-01	37,85
0,13	1.296.363	974,00	1.080,00	1.148,00	0,092	10,796	167,03	7,44	CP-02	7,44
0,35	3.539.118	960,00	1.080,00	2.598,00	0,046	10,574	168,28	47,35	CP-03	47,35
0,66	782.502	955,00	960,00	767,00	0,007	8,783	179,33	26,60	-	-
0,45	5.134.181	954,00	1.080,00	3.363,00	0,037	13,981	151,24	75,48	CP-04	75,48
0,19	2.092.133	969,00	1.087,00	2.076,00	0,057	20,534	127,85	12,94	CP-05	12,94
0,62	317.188	952,00	955,00	608,00	0,005	8,176	183,49	11,97	-	-
0,41	8.520.408	952,00	1.080,00	3.924,00	0,033	16,607	140,69	98,70	CP-06	98,70
0,58	773.055	965,00	1.021,00	1.055,00	0,053	5,007	209,83	27,25	CP-07	27,25
0,79	1.233.231	943,00	952,00	1.300,00	0,007	12,884	156,25	41,05	-	-
0,45	14.619.290	943,00	1.080,00	5.133,00	0,027	22,063	123,59	150,37	CP-08	150,37
0,36	348.337	952,00	994,00	672,00	0,063	3,323	228,12	9,19	CP-09	9,19
0,43	586.433	948,00	994,00	870,00	0,053	4,323	216,81	16,61	CP-10	16,61
0,50	888.586	938,00	994,00	1.189,00	0,047	5,749	202,85	25,68	CP-11*	25,68
0,59	549.171	938,00	944,00	1.331,00	0,005	15,476	145,01	14,26	-	-
0,44	17.133.815	938,00	1.080,00	6.380,00	0,022	27,974	109,90	151,70	CP-11	151,70
0,56	975.245	936,00	938,00	1.222,00	0,002	21,403	125,38	19,05	-	-
0,46	20.458.192	934,00	1.080,00	7.782,00	0,019	34,814	97,99	162,35	CP-12	162,35
0,46	21.428.177	930,00	1.080,00	8.294,00	0,018	37,084	94,69	163,73	CP-13	163,73
-	-	-	-	-	-	-	-	163,73	-	163,73

(f)	Média ponderada do coeficiente C da área acumulada a montante
(g)	Área total acumulada
(h)	Cota mínima na sub-bacia
(i)	Cota máxima na sub-bacia
(j)	Comprimento da sub-bacia (acumulado)
(k)	declividade da sub-bacia (acumulado)
(l)	Tempo de concentração (acumulado)
(m)	Intensidade de precipitação (acumulado)
(n)	Vazão máxima da su-bacia (acumulado)
(o)	Identificação do ponto de checagem
(p)	Vazão máxima no ponto de checagem

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Conforme (Figura 12), podemos observar os valores das vazões máximas calculadas no mapa (T=25 anos).

Figura 12 – Valores das vazões máximas calculadas no mapa (T=25 anos).



Fonte: adaptação Google Earth

Como podemos observar, o ponto que apresenta a maior vazão de pico é o CP-11 com vazão máxima com período de retorno de 25 anos e com a situação de urbanização atual (Etapa 1) de **118,32 m³/s**.

Se levarmos em consideração o cenário de expansão urbana/adensamento, denominado Etapa 2, a vazão aumentaria para **128,23 m³/s** (aumento de 8%) e com o cenário da etapa de 3 a vazão seria de **151,70 m³/s** (aumento de 28%), conforme (Figura 13).

Figura 13 – Incremento de vazão conforme adensamento urbano

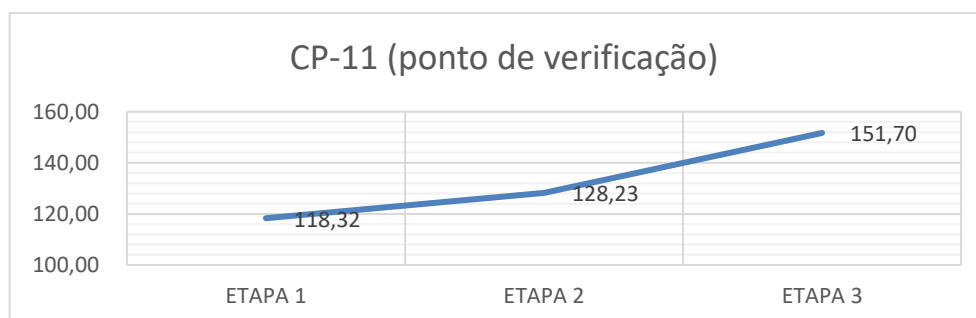
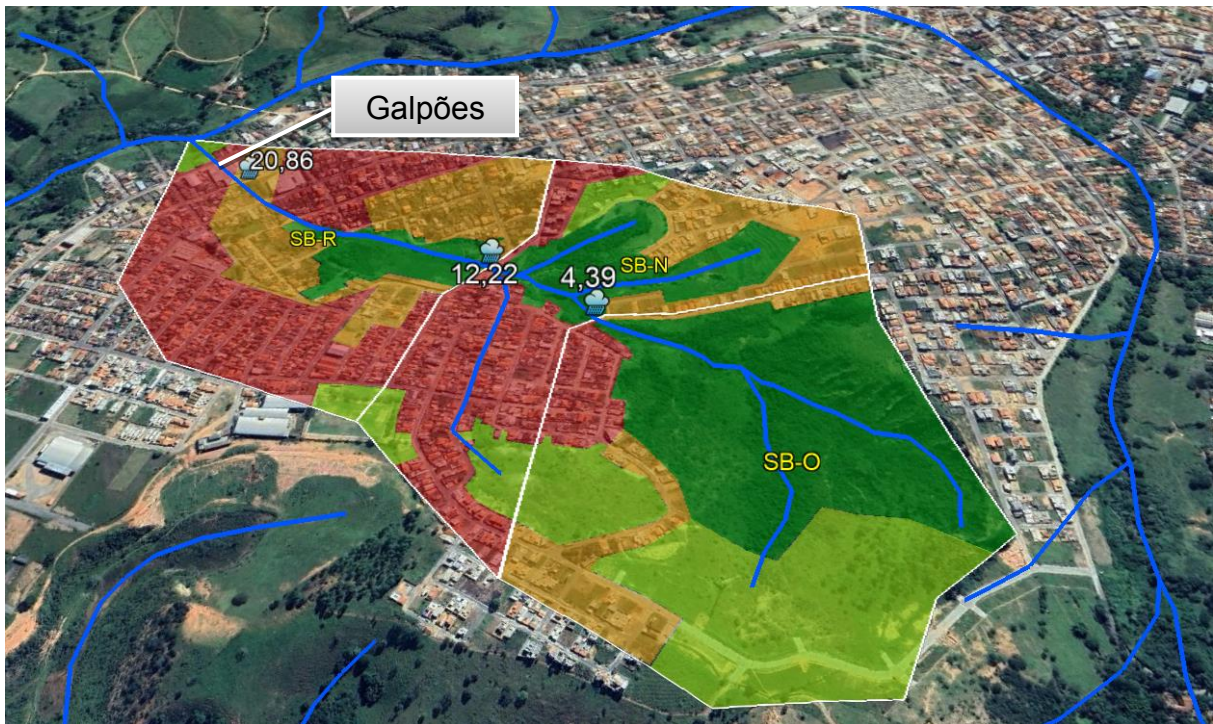


Figura 15 – Área de incidência de enchentes.



Fonte: adaptação Google Earth

Ao analisar a área das 3 sub-bacias de contribuição, constata-se que há preservada uma considerável área verde, de fundo de vale, conforme (Figura 16), que poderia ser usada como bacias de retenção em série que poderiam reduzir significativamente a vazão no ponto crítico.

Figura 16 – Áreas verdes na bacia de contribuição.



Fonte: adaptação Google Earth

Em uma primeira análise o que ocorre é uma sobrecarga nas galerias localizadas sob os galpões, sendo que estas galerias não têm capacidade suficiente para conduzir a vazão de cheia calculada em 20,86 m³/s com período de retorno = 25 anos.

Sendo assim, para eliminar ou reduzir o problema, restam dois caminhos principais: ou deve-se aumentar a capacidade de escoamento do trecho através da construção de novas galerias, que se mostrou inviável por existirem residências e galpões comerciais sob as manilhas de drenagem que deveriam ser ampliadas para suportar a vazão ou controla-se a vazão na fonte através de retenção ou detenção,

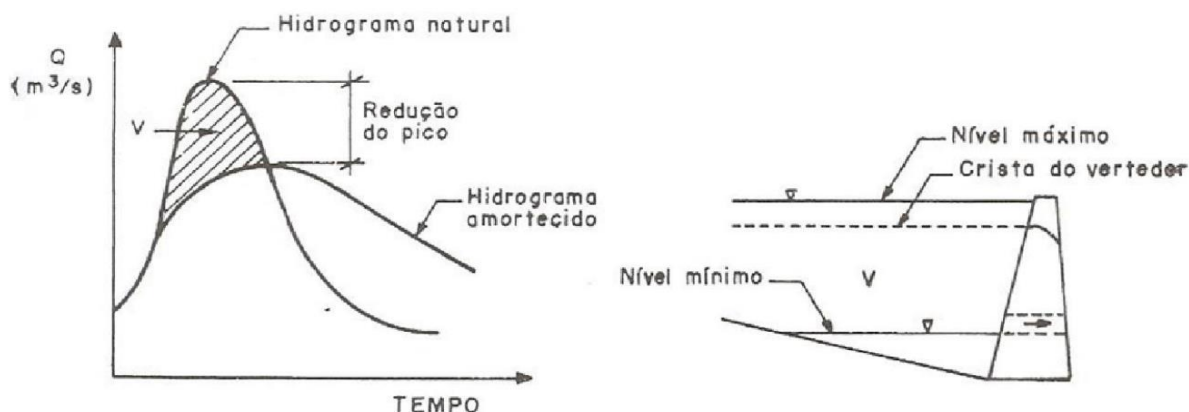
Levando em consideração a solução de menor impacto e menor custo, propõe-se a utilização das áreas verdes dispostas ao longo do córrego principal que corta as sub-bacias em análise, para disposição de bacias de detenção em série.

Do ponto de vista do projeto da bacia de detenção os dois elementos mais importantes são a redução do pico de vazão, devido ao reservatório e o volume necessário para atender aquela redução.

Essas bacias poderiam ser preparadas em terreno natural, com a utilização de maquinário de terraplanagem, aproveitando ao máximo a topografia original da área.

Isto porque a bacia de detenção retarda a concentração de água no ponto crítico, fazendo com que o hidrograma apresente um volume mais distribuído ao longo do tempo conforme (Figura 17).

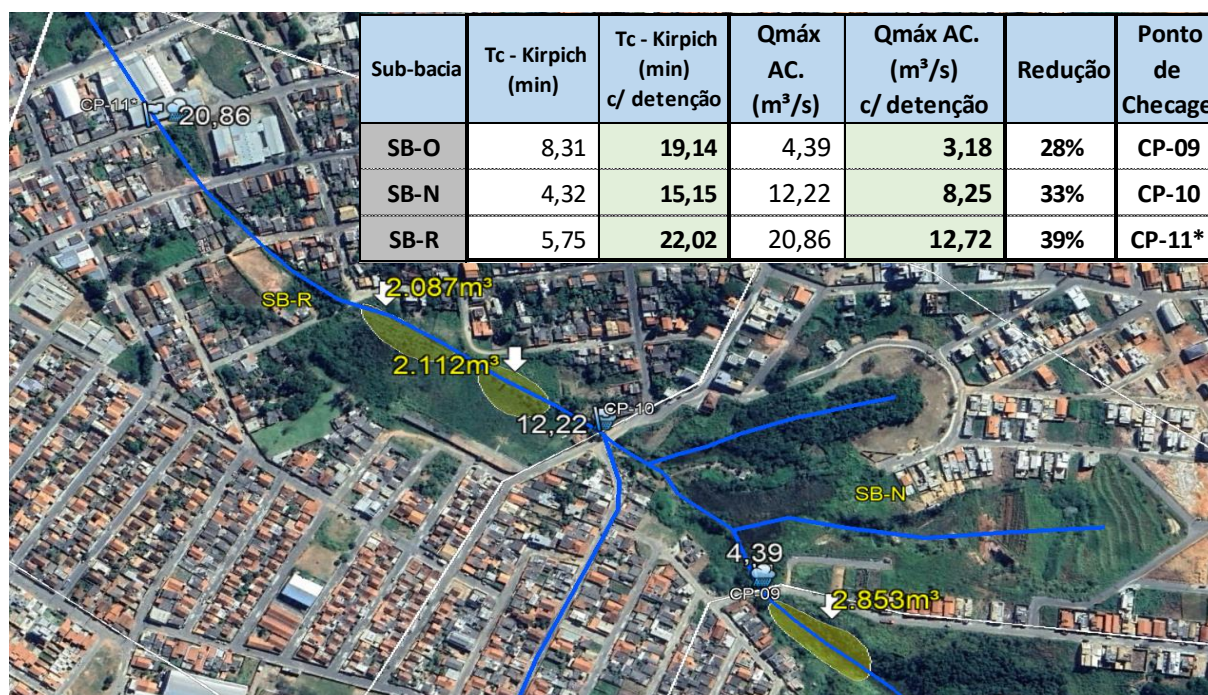
Figura 17 – Hidrograma amortecido por detenção.



Fonte: TUCCI (2003)

Realizando um cálculo bastante simplificado, baseado apenas no acréscimo do tempo de concentração através do tempo de detenção hidráulica das lagoas, podemos estimar uma redução de 39% na vazão máxima no ponto crítico, e um aumento de 283% no tempo de concentração, de 5,75 minutos para 22,02 minutos, com um volume total de detenção igual a 7.052 m³, conforme (Figura 18).

Figura 18 – Áreas verdes na bacia de contribuição.



Fonte: adaptação Google Earth

Temos na figura 19a e 19b exemplos de lagoas de detenção hidráulicas, localizadas em Várzea Paulista – SP e Belo Horizonte – MG, ambas construídas com o intuito de evitar enchentes, com intuito de retardar a concentração de água no ponto crítico. Agem como barragens que ficam vazias e com o decorrer das chuvas enchem e armazenam a água, fazendo com que o escoamento ocorra sem sobrecarregar as manilhas que fazem a drenagem da área.

Figura 19a e 19b– Lagoa de retenção (Várzea Paulista-SP) e Área de retenção Rio do Nado (Belo Horizonte-MG).



Fonte: Google.

6 CONCLUSÃO

Nas condições propostas com tempo de projeto de 25 anos e supondo expansão das áreas mapeadas segundo dados da Prefeitura de Oliveira-MG, as lagoas de retenção juntas somam volume total de retenção igual a 7.052 m^3 se mostrando muito eficientes e sustentáveis causando uma redução de 39% na vazão máxima e aumentando o tempo de concentração em 283% no porto crítico e evitando assim as recorrentes enchentes na região. É uma das opções mais utilizadas quando se tem espaço, por ser de fácil construção e de baixo custo em relação as demais opções para resolver os problemas de drenagem urbana.

Concluo após realizado este estudo hidrológico a importância que ele traz para tomada de decisões nas medidas públicas e de saneamento, com o intuito de salvar vidas e bens matéria que são perdidos em enchentes que atingem diversas cidades, e que trazem com elas também doenças, sendo assim de grande importância para a saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PORTO, R. L.L. ZAHED FILHO, K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In TUCCI, C. E. M. (Org) Hidrologia ciência e aplicação, Porto Alegre, ABRH, 2015. P,805- 848.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas. 2005. 116p.

SILVEIRA, A. L. L. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. Revista Brasileira de Recursos hídricos, v.10, n.1, p.5-23, 2005.

TUCCI, C. E. M. Parâmetros do hidrograma unitário para bacias urbanas brasileiras. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, p. 195. 2003.

CINTRA, M. S.; SILVA, C. F. Drenagem Sustentável, Soluções Possíveis em Busca de Conforto Ambiental Urbano no Bairro de Capim Macio - Natal – RN. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., 2009, Recife. p. 6.

PORTO, R. M., 1989. - Atenuação de Vazões de Pico em Bacias de Detenção, Revista Brasileira de Engenharia, ABRH, Volume 7, Número 2, pp. 5-17. PORTO, R. M., 1998. - Análise de Desempenho de Bacias de Detenção, in: Drenagem Urbana Gerenciamento, Simulação, Controle, Editora da Universidade UFRGS/ABRH, pp. 177-187.

RIGHETTO, A. M., PORTO, R. M. & VILLELA, S. M., 1993. - Adequação de Metodologia para Estudos Hidrológicos de Macro-Drenagem Urbana-Aplicação para a Cidade de São Carlos. X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Gramado, Rio Grande do Sul, 7 a 12 de Novembro de 1993. Vol 3, pp. 505-514.

BRAGA, B. P. F., 1998. - Controle de Cheias Urbanas em Ambiente Tropical, in: Drenagem Urbana Gerenciamento, Simulação, Controle, Editora da Universidade UFRGS/ABRH, pp. 51-65.

CANHOLI, A. P., 1995. - Soluções Estruturais Não Convencionais em Drenagem Urbana, São Paulo: Escola Politécnica da Universidade São Paulo. 185 p. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Hidráulica.

BARCELLOS, C. Informações sobre água e saúde no Brasil: Fonte de dados e possibilidades de interrelacionamento. O estado das águas no Brasil 2001-2002. Agência Nacional Das Águas. Brasília. p. 247-255.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. Geomorfologia Urbana (Guerra, A. J. T. org.). Editora: Bertrand Brasil, Rio de Janeiro 2011. p. 71- 116.

CARVALHO, D.; MELLO, J, L. P. SILVA.; L. D. Hidrologia – Cap. 3: Bacia Hidrográfica.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2011.

MAIA, A. C. et al. História Contemporânea de Oliveira: 1961-2011. Gazeta de Minas. 2011.

COSTA, T. e LANÇA, R., 2001. Capítulo I: Hidrologia de Superfície. Área Departamental De Engenharia Civil Núcleo de Hidráulica e Ambiente da Escola Superior de Tecnologia Universidade do Algarve, Portugal, 2001.

DNIT - Departamento Nacional de Infra_Estrutura de Transportes, 2005. Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem. Publicação IPR-715. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2005.

FRANCO, E. J., 2004. Dimensionamento de Bacias de Detenção das Águas Pluviais com Base no Método Racional. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná - UFPR.

TUCCI, C. E. M.(Org.), 1993. Hidrologia. Ciência e Aplicação. ABRH, p. 459-476. Editora da Universidade, ABRH, EDUSP, 1993.Porto Alegre, RS.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). População.

Prefeitura Municipal de São Paulo. Manual de drenagem e manejos de Águas Pluviais. Volume III. FCTH, 2012.