



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACIG

**CONSTRUÇÃO DE UMA BACIA DE DETENÇÃO NO BAIRRO ALFA SUL PARA
CONTENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL E USO RECREATIVO**

JENIFF DE SOUZA HORST

**MANHUAÇU / MG
2019**



JENIFF DE SOUZA HORST

**CONSTRUÇÃO DE UMA BACIA DE DETENÇÃO NO BAIRRO ALFA SUL PARA
CONTENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL E USO RECREATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACIG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Saneamento

Orientador(a): Leandro José de Lima

**MANHUAÇU / MG
2019**



JENIFF DE SOUZA HORST

**CONSTRUÇÃO DE UMA BACIA DE DETENÇÃO NO BAIRRO ALFA SUL PARA
CONTENÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL E USO RECREATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACIG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Saneamento

Orientador(a): Leandro José de Lima

Banca Examinadora

Data de Aprovação: ____/____/____

Profº. MSc. Leandro José de Lima; UNIFACIG

Profª. MSc. Kastelli Pacheco Sperandio; UNIFACIG

Profº. Esp. Carlos Henrique de Carvalho Junior; UNIFACIG

**MANHUAÇU / MG
2019**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2.DESENVOLVIMENTO.....	6
2.1. Referencial Teórico.....	6
2.1.1. Exposição do Problema	6
2.1.2. Definição e Classificação do Reservatório de Detenção.....	10
2.1.3. Escolha do Reservatório.....	10
2.1.4. Importância Para a Vida, Saúde e Desenvolvimento Local.....	12
2.1.4.1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	12
2.1.4.2. Áreas de Proteção Permanente (APP).....	13
2.2. Metodologia.....	14
2.2.1. Área de Estudo para o Dimensionamento Reservatório.....	14
2.2.2. Área Da Bacia de Contribuição.....	16
2.2.3. Método de Cálculo da Intensidade e vazão da Bacia de Contribuição.....	17
2.2.4. Características do Dimensionamento e Manutenção.....	19
2.3. Discussão de Resultados.....	19
2.3.1. Dados Hidrológicos e Cálculo do Reservatório.....	19
3.CONCLUSÃO.....	21
4. REFERÊNCIAS.....	21

LISTA DE IMAGENS

Imagem 01 – BR-262 entrada para o bairro Alfa Sul em dia de chuva.....	8
Imagem 02 – Probabilidade diária de precipitação.....	9
Imagem 03 – Chuva mensal média.....	9
Imagem 04 – Reservatório de detenção à céu aberto.....	11
Imagem 05 – Planta: Reservatório de detenção subterrânea.....	11
Imagem 06 – Corte esquemático: Reservatório de detenção subterrânea.....	12
Imagem 07 – Altura máxima da bacia de contribuição.....	14
Imagem 08 – Ponto crítico de alagamento.....	15
Imagem 09 – Local escolhido para a execução do reservatório.....	15
Imagem 10 – Local para implantação do reservatório à céu aberto.....	16
Imagem 11 – Bacia de contribuição.....	16
Imagem 12 – Plúvio 2.1.....	17



LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 01: Aumento populacional na cidade de Manhuaçu -Mg.....	8
Quadro 01: Valores do Coeficiente C.....	18

RESUMO

Nos últimos anos, a urbanização vem crescendo em grandes proporções devido ao aumento do contingente populacional nas cidades pelas ofertas de emprego e especulação imobiliária. Esse crescimento populacional aumentou não só a quantidade de pessoas na cidade de Manhuaçu-MG como também é o fator que ajudou no aumento da área impermeabilizada causada pela construção das casas e da pavimentação, diminuindo a porcentagem de água de chuva que infiltra no solo e aumentando o escoamento superficial causando vários transtornos. Com base nesses argumentos, o objetivo deste trabalho foi dimensionar um reservatório de retenção para conter o volume do escoamento superficial despejado pela bacia de contribuição a cada precipitação. Para chegar no resultado final do dimensionamento foi utilizado o método de Chicago com o auxílio do software Pluvio 2.1 para o cálculo da bacia de contribuição e o método racional para o cálculo do volume de retenção. Além de conter a água em um reservatório, amenizando os efeitos negativos e prejuízos causados pelas enxurradas, o reservatório de retenção também será utilizado para fins recreativos, sendo utilizado como praça e área de esportes e lazer para as comunidades carentes do local. O local escolhido se mostrou viável para a construção do reservatório e apresentou área de implantação suficiente para a construção do mesmo.

Palavras-chave: Escoamento Superficial. Lazer. Saneamento. Reservatório.

1. INTRODUÇÃO

Desmatamento, urbanização não planejada juntamente com a impermeabilização do solo e ocupação das áreas de risco, alterou as características do ambiente natural de tal forma, que desencadeou o surgimento de graves problemas de drenagem urbana uma vez que diminui a infiltração do solo e aumenta a velocidade do escoamento superficial. Com o objetivo de atenuar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, a partir da década de 1970, iniciou-se efetivamente o uso de técnicas compensatórias em drenagem urbana, também conhecidas como *Best Management Practices* (BMPs), que utiliza de técnicas para evitar o rápido deslocamento da água a jusante, facilitando a infiltração (BAPTISTA *et al.*, 2005, *apud* FERREIRA *et al.*, 2018).

A principal causa dos problemas está na impermeabilização do solo, desmatamento da vegetação, ocupação das várzeas, erosão e assoreamento, lixo e poluição, retificação e canalização de rios, agravados ainda pela ausência de planos diretores na cidade, e que tem como consequência enchentes que geram impactos econômicos e sociais, em todas as atividades e funções da cidade e na vida dos moradores (KOBAYASHI *et al.*, 2008).

O volume de escoamento na região do Bairro Alfa Sul na cidade de Manhuaçu-MG não é suficiente para escoar toda sua água pluvial, ocasionando alagamentos de grandes proporções causados pela urbanização e impermeabilização do solo o que impede a infiltração da água causando grandes problemas sociais e ambientais. Segundo Pompêo (2000) os documentos que afirmam a necessidade da drenagem e controle de cheias, quase sempre são determinados após casos de desastres. O acesso ao bairro Alfa Sul se dá pela BR 262 onde toda a porção de água fica acumulada, impedindo assim a passagem para bairro e causando transtorno aos que passam pela rodovia (MENDES, 2018).

Conforme estudo realizado anteriormente, esse trabalho tem por objetivo dimensionar uma Bacia de Detenção a fim de conter a água proveniente do escoamento superficial da bacia hidrográfica do bairro Alfa Sul e ser reaproveitada para fins recreativos para uso da população local. Primeiramente será feito um estudo sobre a incidência e vazão de água pluvial na região estudada e a partir dos dados obtidos dimensionar uma bacia que irá conter o escoamento superficial durante as chuvas ajudando a minimizar as enchentes da BR – 262.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

2.1.1. Exposição do problema

De acordo com Tucci (1997) a urbanização desenfreada tem produzido impactos, deixando o ambiente cada vez mais degradado fazendo com que a realidade brasileira piore cada dia mais. Esse processo está sendo ampliado à medida que os limites urbanos aumentam ou a densidade demográfica se torna mais intensa.

O planejamento da ocupação do espaço urbano no Brasil, que é realizado através do plano Diretor Urbano não tem considerado aspectos de drenagem urbana e qualidade da água, o que gera grandes transtornos e prejuízos (como a danificação da pavimentação por exemplo) para a sociedade (MENDES, 2018).

Tucci (2002) completa dizendo que a falta da drenagem urbana, ou até mesmo o planejamento de forma errada da mesma tem causado os principais impactos causando aumento na frequência e magnitude das inundações e deterioração ambiental.

Devido ao aumento significativo da população seguido da expansão urbana, problemas devido à ausência ou ineficiência dos nossos sistemas de drenagem, trazem consequências prejudiciais como o aumento do escoamento superficial que culminam em grandes alagamentos e enchentes. Villela e Mattos (1975) comentam que o escoamento superficial é uma das principais fases do ciclo hidrológico e que é de grande importância para o trabalho do engenheiro pois a maioria dos estudos hidrológicos está ligada ao aproveitamento de água superficial e a proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento.

Para Tucci (2006), o planejamento urbano no Brasil está incoerente com as medidas que devem ser tomadas em relação aos recursos hídricos, e a implantação da infraestrutura urbana ocorre de forma desorganizada. As obras são implantadas com base apenas nos aspectos setoriais, dentro de uma visão pontual, utilizando-se de técnicas de engenharia tradicionais de drenagem urbana, incapazes de abranger a complexidade do ciclo hidrológico.

A cidade de Manhuaçu – MG tem a sua extensão cortada pela BR-262 que é uma das principais vias de tráfego brasileira, ligando principalmente neste trecho a região de Minas Gerais com o Espírito Santo. Esse fato possibilitou com que a economia da cidade crescesse cada vez mais, e por isso, recebe um grande volume de tráfego em suas vias diariamente. Na junção da rua Elói Werner com a rodovia 262 no bairro Alfa Sul, ocorre uma grande inundação neste trecho em dias de chuva que provoca a paralização na rodovia e do acesso ao bairro. Conforme a Imagem 1, pode-se observar tamanho transtorno provocado pela enchente.

É evidente a importância da rodovia BR-262 para o transporte de carga e circulação de veículos no Brasil e desempenha um papel fundamental para o desenvolvimento da cidade de Manhuaçu. Devido ao aumento significativo da população decorrente da expansão urbana, problemas devido à ausência ou ineficiência dos sistemas de drenagem locais, trazem consequências prejudiciais como por exemplo, o aumento do escoamento superficial que culmina em grandes alagamentos e enchentes (MENDES, 2018).

Imagem 01 – BR 262 entrada para o bairro Alfa Sul em dia de chuva



Fonte: MENDES, 2018.

O aumento da população ocorreu forma desordenada nos últimos anos, pessoas construíram suas casas em locais de risco e sem planejamento, gerando grandes impactos sociais e ambientais. As obras de drenagem muitas das vezes não são planejadas de forma correta, o que causa ineficiência das redes pluviais. Dessa forma, sem rede pluvial coletora adequada e sem os demais auxiliares para que a drenagem ocorra a precipitação ocorre, e a água não é infiltrada, este aumento de volume, transborda pelos condutos causando as enchentes. Isso ocorre com frequência na região de Manhuaçu, conforme mostra a Tabela 01 abaixo, onde o aumento populacional provocou um grande aumento populacional nas regiões periféricas das áreas urbanas como no caso do bairro Alfa Sul, onde apesar de possuir uma rede de saneamento, o ponto de projeto, local onde é lançado todo o escoamento da bacia hidrográfica em questão, é uma rede de drenagem antiga instalada antes do surgimento do bairro, cujo dimensionamento não foi calculado para receber este afluente.

Tabela 01: Aumento populacional na cidade de Manhuaçu -MG

<i>Município</i>	<i>População</i>	<i>População</i>	<i>População</i>
	2000	2010	2019
<i>Manhuaçu</i>	67.123	79.574	90.229

Fonte: IBGE, 2019 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

Além do aumento populacional, o aumento do volume de chuvas em um curto espaço de tempo, ou seja, regime chuvas não linear, é um fator determinante para o agravamento do problema estudado neste trabalho.

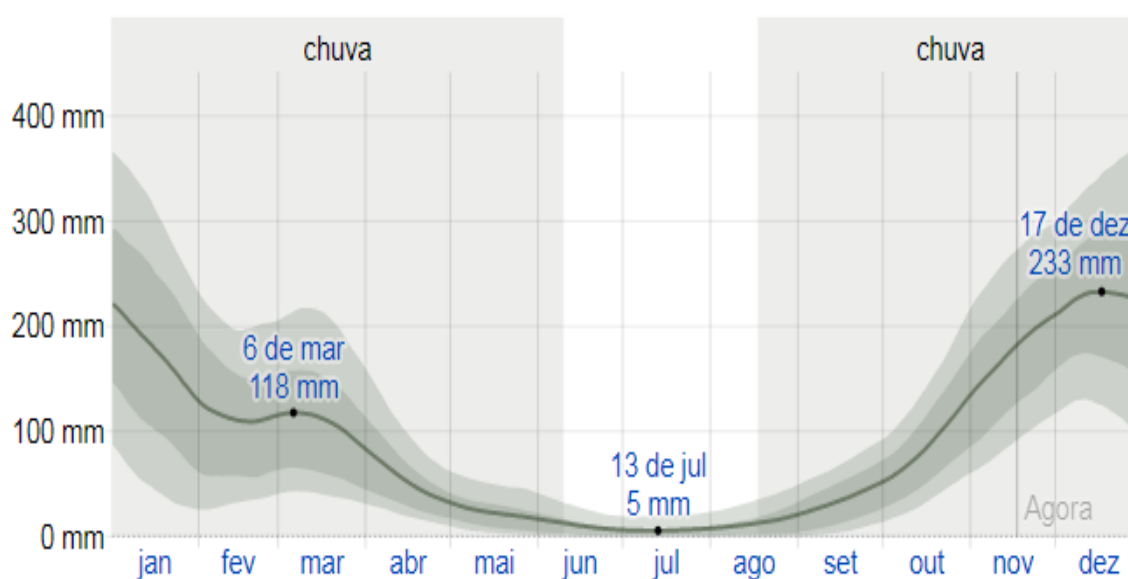
A maior chance de precipitação ocorre em dezembro, com 67% de chance de ocorrência do evento. O período não chuvoso de Manhauçu e região vai de 10 de junho a 17 de agosto e possui precipitação de chuva mínima de 13 milímetros e o mínimo de chuva ocorre por volta de 13 de julho, com acumulação total média de 5 milímetros (WEATHER SPARK, 2019). O máximo de chuva ocorre durante o mês de dezembro, com acumulação total média de 233 milímetros, o que mostra uma grande discrepância nos valores de precipitação no decorrer do ano, conforme os dados do Weather Spark (2019) apresentados nas Imagens 02 e 03 abaixo.

Imagem 02 – Probabilidade diária de precipitação



Fonte: Weather Spark, 2019.

Imagem 03 – Chuva mensal média



Fonte: Weather Spark, 2019.

2.1.2. Definição e classificação do reservatório de detenção

Os reservatórios de detenção popularmente conhecidos como "piscinão", são definidos como estruturas de acumulação temporária das águas pluviais, ou seja, contribuem para a redução das enchentes e inundações urbanas, sendo considerados como dispositivos de drenagem urbana destinados ao armazenamento de certo volume de águas pluviais, com o intuito de reduzir cheias e retardar a taxa de reposta do escoamento superficial (TUCCI, 1997).

"Embora as estruturas apresentem como principal função o amortecimento das ondas de cheias e a redução de enchentes e inundações urbanas, porém também proporcionar a recuperação da qualidade das águas dos córregos e rios urbanos, por meio da captação de sedimentos e detritos posteriormente removíveis dos reservatórios" (PINTO e FRANÇA, 2016).

As bacias de detenção são estruturas de armazenamento temporário, que após o período chuvoso permanecem secas, desempenhando o papel de minimizar o impacto hidrológico da diminuição da capacidade de armazenamento natural da bacia hidrográfica provocada principalmente pela impermeabilização do solo devido a urbanização (PINTO e FRANÇA, 2016).

Essas bacias podem assumir vários formatos e podem ser constituídos de diversos materiais tais como alvenaria, concreto armado, solo, etc. e serem classificadas em três tipos: aberto, fechado e detenção subterrâneos.

Tipo aberto: Reservatórios secos, que armazenam água apenas durante eventos de chuva e podem ser construídos com fundo impermeabilizado, quando há risco de contaminação de águas subterrâneas pelas cargas elevadas de poluentes. Impermeabilizações em concreto podem desempenhar outros tipos de funções, como a implantação de quadras de esportes e áreas de lazer (FCTH, 2006).

Tipo fechado: Empregados em zonas urbanas altamente povoadas, onde não existem áreas para implantação de reservatório a céu aberto. A cobertura destes reservatórios normalmente possibilita a utilização do espaço para atividades públicas ou particulares (FCTH, 2006).

Reservatórios de detenção subterrâneos: em lugares densamente povoados em que se precisa armazenar grandes volumes de água, pode-se utilizar reservatórios de detenção subterrâneos. As águas pluviais que atingem o pavimento, entram nas bocas de lobo e são levados ao reservatório. Com a utilização desse método, as águas que provocariam alagamento são então armazenadas e lentamente desviadas para a rede de drenagem de acordo com a sua capacidade (FCTH, 2006).

2.1.3. Escolha do Reservatório

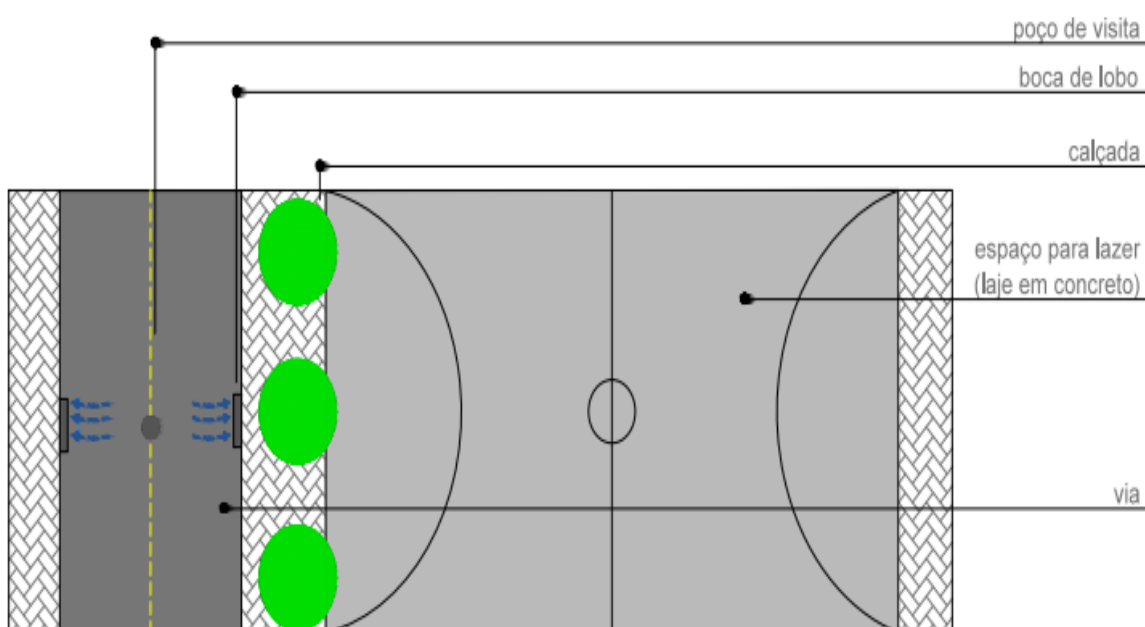
O tipo de reservatório escolhido como medida de contenção para o problema de drenagem urbana identificado no bairro Alfa Sul é o reservatório a céu aberto de detenção subterrânea pois ele possui várias formas de reaproveitamento para outros fins, além da retenção da água proveniente das chuvas. Ele pode ser usado como área recreativa para prática de esportes e também como praça para o desenvolvimento social da população local, tornando-se um local de descanso e lazer para os moradores (FCTH, 2006) conforme mostram as Imagens 04, 05 e 06 abaixo.

Imagem 04 – Reservatório de detenção à céu aberto



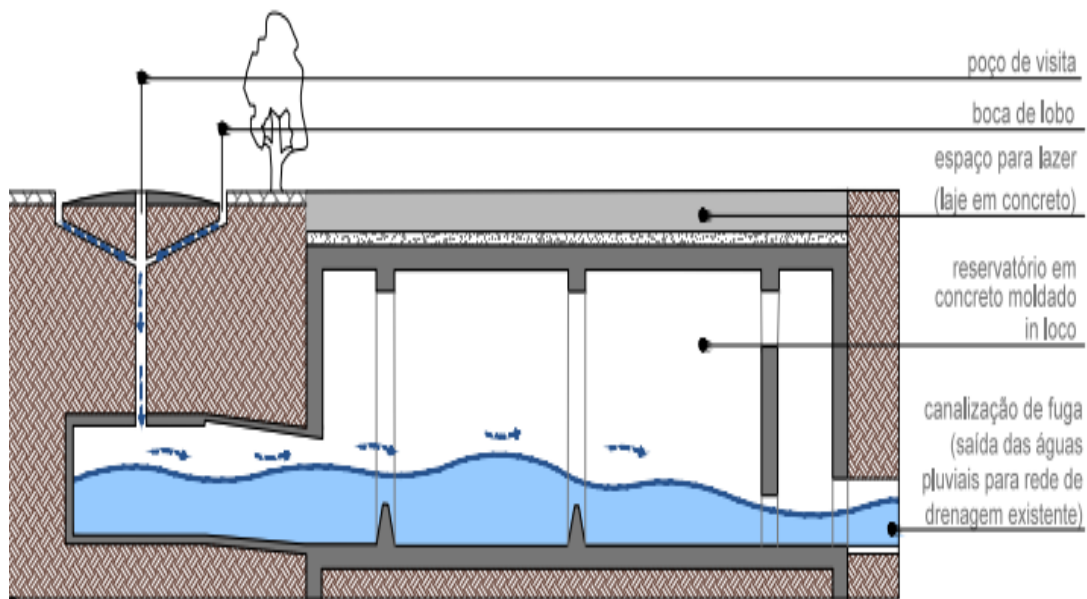
Fonte: Projeto técnico: Reservatórios de detenção (2018).

Imagem 05 – Planta: Reservatório de detenção subterrânea



Fonte: Projeto técnico: Reservatórios de detenção (2018).

Imagem 06 – Corte esquemático: Reservatório de retenção subterrânea



Fonte: Projeto técnico: Reservatórios de retenção (2018).

2.1.4. Importância para a vida, saúde e desenvolvimento local

2.1.4.1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Entre os dias 25 e 27 de setembro de 2015, mais de 150 líderes se reuniram na ONU, em Nova York onde foi definida a agenda de desenvolvimento sustentável que é formada pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem ser implementados por todos os países do mundo durante até 2030.

Dentre os 17 objetivos, 3 deles se relacionam com a importância da implantação de reservatórios de retenção (ONU, 2015). O objetivo 3 é anunciado como "assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades". A implantação do reservatório de retenção se encaixa nesse objetivo pois além de ajudar a prevenir a degradação da pavimentação e enchentes, ainda serve de área recreativa para as comunidades carentes; também foi definido o objetivo 6 que é "assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos". Diariamente, uma média de cinco mil crianças morre de doenças evitáveis relacionadas à água e saneamento e dados da ONU afirmam que enchentes são a causa de 15% de todas as mortes relacionadas a desastres naturais. A implantação do reservatório de retenção ajudaria diminuir a água parada nas ruas, pois a destinaria a um único local, e como já mencionado anteriormente diminuiria consideravelmente as enchentes no ponto de projeto estudado (ONU, 2015).

Por último, o objetivo 13 nos traz o compromisso de "tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos" que é uma das principais funções do reservatório: conter o volume de água provocado pelas chuvas intensas evitando/amenizando os impactos negativos sobre a região (ONU, 2015).

2.1.4.2. Áreas de Proteção Permanente (APP).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente as Áreas de Preservação Permanente foram instituídas pelo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) e consistem em espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa.

Entre as diversas funções ou serviços ambientais prestados pelas APP em meio urbano, vale mencionar:

- "(i) a proteção do solo prevenindo a ocorrência de desastres associados ao uso e ocupação inadequados de encostas e topos de morro;
- (ii) a proteção dos corpos d'água, evitando enchentes, poluição das águas e assoreamento dos rios;
- (iii) a manutenção da permeabilidade do solo e do regime hídrico, prevenindo contra inundações e enxurradas, colaborando com a recarga de aquíferos e evitando o comprometimento do abastecimento público de água em qualidade e em quantidade;
- (iv) a função ecológica de refúgio para a fauna e de corredores ecológicos que facilitam o fluxo gênico de fauna e flora, especialmente entre áreas verdes situadas no perímetro urbano e nas suas proximidades,
- (v) a atenuação de desequilíbrios climáticos intra-urbanos, tais como o excesso de aridez, o desconforto térmico e ambiental e o efeito ilha de calor" (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

A construção da bacia de retenção proposta nesse trabalho será em uma área de APP. A manutenção dessas áreas em meio urbano possibilita a valorização da paisagem e do patrimônio natural e construído (de valor ecológico, histórico, cultural, paisagístico e turístico). Esses espaços exercem, do mesmo modo, funções sociais e educativas relacionadas com a oferta de campos esportivos, áreas de lazer e recreação, oportunidades de encontro, contato com os elementos da natureza e educação ambiental.

A lei que rege a implantação dos reservatório artificiais em áreas de APP é a Lei Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012 que altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

O Art. 5º da Lei 12727 diz que:

“ Art. 5º - Na implantação de reservatório d'água artificial destinado a geração de energia ou abastecimento público, é obrigatória a aquisição, desapropriação ou instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das Áreas de Preservação Permanente criadas em seu entorno, conforme estabelecido no licenciamento ambiental, observando-se a faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100 (cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros e máxima de 30 (trinta) metros em área urbana.

§ 1º Na implantação de reservatórios d'água artificiais de que trata o caput, o empreendedor, no âmbito do licenciamento ambiental, elaborará Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório, em conformidade com termo de referência expedido pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama, não podendo o uso exceder a 10% (dez por cento) do total da Área de Preservação Permanente" (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA DA CASA CIVIL lei Nº 12.727, 2012).

2.2. Metodologia

2.2.1. Área de estudo para o dimensionamento do reservatório

O local tomado para estudo é o Parque Ecológico São Francisco de Assis, se situa no final da Rua Elói Werner, nos fundos das instalações da Escola São Vicente de Paulo, no bairro Alfa Sul na cidade de Manhuaçu - MG. O local é pertinente para a construção do reservatório pois, dentre outros fatores, se encontra abaixo do nível de alimentação do bairro, acima do ponto de projeto (BR 262), podendo então conter a água pluvial que incide sobre o local evitando o alagamento da BR 262, que provoca inúmeros transtornos para os motoristas e pedestres.

O *Google Earth* é um sistema para navegação geográfica, em duas e três dimensões. É um sistema que também permite navegação geográfica, mas a pesquisa é apresentada em mapas estáticos na web (MIRANDA, 2006).

Com o auxílio do programa *Google Earth*, foi feito um levantamento planialtimétrico da bacia hidrográfica estudada onde foi possível determinar a altitude dos principais pontos de estudo e escolher o melhor local para a implantação do reservatório. A partir dos dados obtidos, constatou-se que o melhor local para a execução do reservatório de retenção está entre a BR-262 e a área da bacia de contribuição; o local estratégico recebe uma grande do volume de água (pois se encontra em um nível bem abaixo do mais alto da bacia) e conseguirá reter a água antes que ela inunde o ponto crítico (BR-262).

Na imagem 07, pode -se observar o ponto mais alto da bacia (773 m de altitude), que se localiza ao lado esquerdo da UNIFACIG.

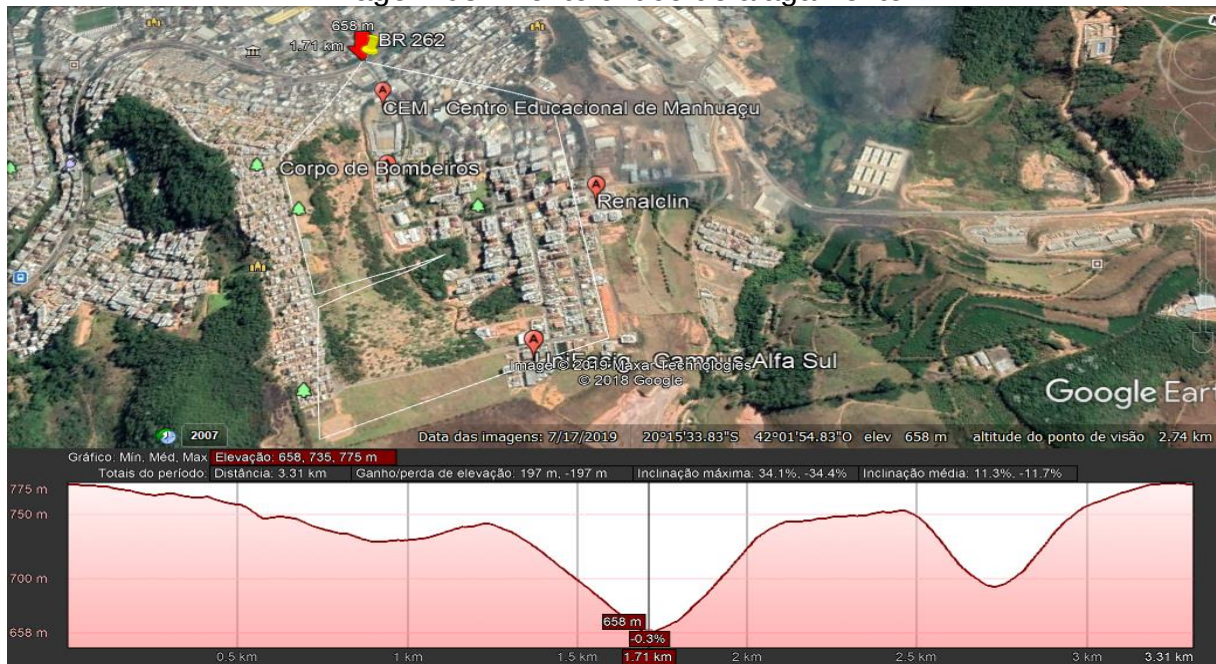
Imagem 07 – Altura máxima da bacia de contribuição



Fonte: *Google Earth* (2019).

O ponto crítico onde ocorrem os alagamentos é na BR-262 (Imagem 08), que recebe todo o volume da bacia de contribuição.

Imagem 08– Ponto crítico de alagamento



Fonte: Google Earth (2019).

A Imagem 09 mostra o local estratégico escolhido para a execução da bacia de contribuição está entre a bacia de contribuição e ponto crítico de alagamento, possibilitando o aproveitamento máximo do reservatório com maior captação do volume de água pluvial.

Imagem 09 – Local escolhido para a execução do reservatório



Fonte: Google Earth (2019).

2.2.2. Área da Bacia de Contribuição

Imagem 11 – Bacia de contribuição

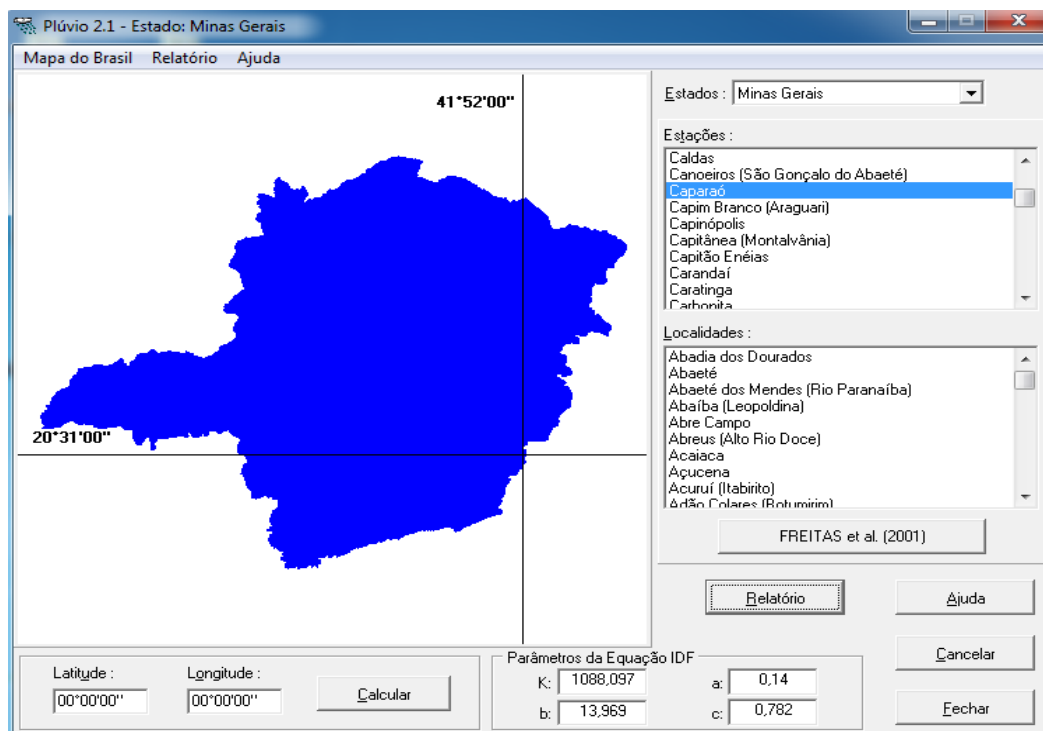


Fonte: Google Maps (2019).

2.2.3. Método de cálculo da intensidade e vazão da Bacia de Contribuição

Para a obtenção dos dados necessários para o cálculo da bacia de contribuição para o dimensionamento do reservatório, é necessário inicialmente conhecer a intensidade de chuva da região estudada, ou seja, precipitação em função do tempo e depois obter a vazão da área de contribuição.

Imagem 12 – Plúvio 2.1



Fonte: MENDES (2018)

O Software desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Plúvio 2.1 (Imagem 12) possibilita a obtenção dos dados de chuvas intensas de vários estados.

De acordo com Mendes (2018) “essa metodologia está fundamentada no uso de interpolador que permite obter cada um dos parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação a partir das informações disponíveis para o Estado”.

O hietograma (registro gráfico da precipitação durante um determinado período de tempo num dado local) é composto por coeficientes obtidos através do software, que se definem por:

K = Coeficiente de simplificação (m^3/s)

a, b, c = coeficientes obtidos por análise de regressão.

A partir da interpretação dos dados do Pluvio 2.1 para a região do Caparaó (cidade mais próxima da região estudada disponibilizada pelo programa), obteve-se os valores para os coeficientes:

$K = 1088,097$

$a = 0,14$

$b = 13,969$

$c = 0,78221$

O método de cálculo usado para intensidade média de precipitação da área de contribuição será o método de Chicago proposto por Keifer e Chu (1957). Esse método atribui a cada intensidade do hietograma um mesmo período de retorno e se caracteriza por considerar como parâmetro a posição relativa do pico de intensidade na duração do evento (MENDES, 2018).

A equação do método Chicago é expressa por:

$$I = \frac{K \times Tr^a}{(t + b)^c} \text{ (mm/h)}$$

Seguindo os mesmos princípios de Mendes (2018), área de contribuição será calculada pelo método racional, que são usados dois parâmetros, tempo de concentração e o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de “run off” (Quadro 01) que segundo Carvalho e Silva (2006) *apud* Mendes (2018), é a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado.

Ainda segundo a abordagem de Mendes (2018), este método é recomendado para o dimensionamento de galeria de águas pluviais e avaliação de escoamento superficial, para pequenas bacias de contribuição. A equação para o cálculo da vazão é proposta por Tucci (1998) *apud* Mendes (2018) que considera uma área menor que < 2 km².

$$Q = \frac{(C \times I \times A)}{360}$$

Onde:

Q Contr. = Vazão da área de contribuição (m³/s)

C = Coeficiente de escoamento (adimensional)

I = Intensidade média de precipitação sobre toda área de contribuição (m/s)

A = Área de contribuição (ha)

Tr = Tempo de retorno (anos)

t = Duração da chuva (min)

Quadro 01: Valores do Coeficiente C

VALORES DO COEFICIENTE C		
SUPERFÍCIE	INTERVALO	VALOR ESPERADO
Asfalto	0,70 - 0,95	0,83
Concreto	0,80 - 0,95	0,88
Calçadas	0,75 - 0,85	0,8
Telhado	0,75 - 0,95	0,85
<i>Cobertura: grama solo arenoso</i>		
Plano (2%)	0,05 - 0,1	0,08
Médio (2% a 7%)	0,1 - 0,15	0,13
Alta (7%)	0,15 - 0,2	0,18
<i>Grama, solo pesado</i>		
Plano (2%)	0,13 - 0,17	0,15
Médio (2% a 7%)	0,18 - 0,22	0,2
Declividade alta (7%)	0,25 - 0,35	0,3

Fonte: MENDES, 2018 *apud* ASCE, 1969.

O cálculo do volume de detenção pelo método racional, dentre os métodos existentes, é o mais simples de ser aplicado.

$$V = Q \cdot t$$

onde:

- V é o volume de acumulação (m³);
- Q_{pós} é a vazão de pico (m³/s);
- t é o tempo de concentração.

2.2.4. Características do dimensionamento e manutenção

O dimensionamento das bacias de retenção segue algumas recomendações para uma melhor eficiência. O cálculo da área da bacia deve ser feito em função da profundidade do reservatório e da área impermeabilizada da bacia. A profundidade do reservatório deve ser maior que 0,6 m para evitar a estratificação térmica e menor que 1,8 m para evitar o crescimento de algas (TOMAZ, 2010 *apud* MELO, 2016).

Para a manutenção da bacia de detenção, Tomaz, 2010 *apud* Melo, 2016 recomenda um volume adicional para o depósito de sedimentos, que deve ser retirado e levado para o aterro sanitário quando estiver cheio. O autor também recomenda que as águas pluviais não fiquem empoçadas mais que três dias para evitar o desenvolvimento de vetores; limpeza das estruturas de entrada e saída; corte da grama e remoção da vegetação indesejável.

- Cenário de urbanização:

Situação atual e futura de urbanização: alta urbanização da área estudada com uma área de impermeabilização proposta em 95%.

2.3. Discussão de Resultados

2.3.1. Dados hidrológicos e cálculo do reservatório

- Intensidade média de precipitação sobre toda área de contribuição (mm/h)

Utilizando os dados obtidos da análise do hietograma e aplicando a fórmula do método de Chicago, obtivemos os seguintes resultados:

$$I = \frac{K \times Tr^a}{(t + b)^c} \text{ (mm/h)}$$

$$a = 0,14$$

$$b = 13,969$$

$$c = 0,782$$

$$Tr = 25 \text{ (anos)}$$

$$t = 10 \text{ (min)}$$

$$I = \frac{1088,097 \cdot 25^{0,14}}{(10 + 13,969)^{0,782}}$$

$$I = 142,39 \text{ mm/h}$$

A intensidade média de precipitação a área de contribuição (I) encontrada foi 142,39 mm/h, ou seja, de acordo com o cálculo do dimensionamento, a rede analisada neste estudo deveria suportar 142,39 mm/h de precipitação.

Com o valor da intensidade média de precipitação calculado acima e com o auxílio do Quadro 01 apresentado anteriormente, podemos encontrar a vazão da área de contribuição aplicando o método racional:

$$Q = \frac{(C \times I \times A)}{360}$$

C = 0,8 (média dos valores referentes à asfaltos, concreto e calçadas)

I = 142,39 mm/h

A = 78,3 ha

$$Q = \frac{(0,80 \times 142,39 \times 78,3)}{360}$$

$$Q = 24,78 \text{ m}^3/\text{s}$$

A partir dos dados obtidos, foi possível observar que as inundações ocorrem quando a chuva ultrapassa o escoamento de 40 mm/h. Isso ocorre devido à falta de planejamento e da previsão de crescimento demográfico da região, pois a rede instalada no ponto de projeto foi calculada para suportar apenas uma intensidade pluviométrica de até 40 mm/h. Como observado nos cálculos acima, a intensidade do escoamento que a bacia hidrográfica analisada deveria suportar para que não houvesse alagamento é de 142,39 mm/h, 3 vezes mais que o suportável e é o motivo pelo qual ocorrem as inundações. Todo o afluente da bacia é despejado em único ponto que não possui a vazão suficiente para tamanho escoamento.

A construção da bacia de retenção entra para amenizar os efeitos das inundações e controlar todo esse excedente não suportado pela rede pluvial.

- Volume de retenção pelo método racional

Aplicando-se a fórmula temos:

$$V = Q \cdot t$$

onde:

-Q = 24,78 (m³/s);

-t = 10 min = 600s

Logo, o volume de concentração é igual a 15.000 m³.

Ao considerar um tempo de concentração de 10 minutos à vazão calculada de 24,78 m³/s, tem-se então um volume de 15.000 m³ de água passando pela rede. A rede existente foi projetada para suportar apenas 5000 m³ (1/3 do volume total), os 10.000 m³ excedentes devem ser represados em um reservatório com 50 metros de largura, 100 metros (5000 m²) de comprimento e 2 metros de profundidade medidas que são compatíveis com a área disponível para a construção do reservatório.

A área de construção do reservatório, conforme já apresentada anteriormente, detém a área disponível para a construção do reservatório, por ser uma Área de Proteção Permanente devem ser tomados os cuidados necessários conforme consta na lei de nº 12.727 já mencionada neste trabalho.

3.CONCLUSÃO

O estudo e aprofundamento em técnicas de drenagem urbana são essenciais para ajudar a desenvolver e aplicar os métodos existentes para amenizar os efeitos do escoamento superficial em áreas pavimentadas ajudando a melhorar a qualidade de vida dos moradores da região afetada. Conforme mostrado ao longo deste trabalho, os reservatórios de retenção são um excelente exemplo desses métodos pois além de possuir viabilidade construtiva são eficientes para atividade a qual são destinados e ainda servem de espaço recreativo para a comunidade.

O espaço recreativo para a comunidade traz inúmeros benefícios pois aumenta o convívio social, ajudando nas relações interpessoais e traz mais lazer a parcela carente da cidade. Os ganhos econômicos também são consideráveis, pois, a partir da execução do reservatório, as enchentes não afetaram com tanta expressividade os domínios da BR-262 pois a água proveniente do escoamento superficial ficará retida no reservatório o que culminará em menos engarrafamentos e menos gastos com manutenção na pavimentação.

Em suma foi possível constatar que método de drenagem com dupla funcionalidade é uma solução não só funcional do ponto de vista técnico e prático, mas também em questões sociais e ambientais pois aumentaria a área verde da região afetada e melhoraria a infiltração da água no lençol freático. Como sugestão para trabalhos futuros, tem-se a criação do projeto arquitetônico da execução do reservatório de retenção com o planejamento da praça recreativa para uma possível execução no futuro e também o projeto para o reaproveitamento da água retida no reservatório.

4. REFERÊNCIAS

CARVALHO, D. F; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Rio de Janeiro/RJ: UFRRJ, 2006.

FCTH. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica Projeto Técnico. **Reservatórios de retenção**, 2006.

FERREIRA, T. S.; BARBASSA, A. P.; MORUZZI, R. B. **Controle de enchentes no lote por poço de infiltração de água pluvial sob nova concepção**. Eng Sanit Ambient | v.23 n.3 | São Paulo, maio/jun 2018.

IBGE BRASIL – **DADOS ESTATÍSTICOS DA CIDADE DE MANHUAÇU MG** – Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/manhuacu/panorama>. Acesso em: 17 de novembro de 2019.

KEIFER, C.J., CHU, H.H. **Synthetic storm pattern for drainage design**. Journal for Hydraulic Division, ASCE, v 83, n.4, p 1-25. 1957. Disponível em <https://docs.ufpr.br/~bleninger/dissertacoes/083-Carolina_Ferreira_Enomoto.pdf>. Acesso em 29 de setembro de 2019.

KOBAYASHI, F.Y.; FAGGION, F. H. M.; DEL BOSCO, L. M.; CHIRINÉA, M. L. B. **Drenagem Urbana Sustentável**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Engenharia Civil. São Paulo, 2008.

MELO, G. M. I. **Dimensionamento de Reservatórios de Detenção como controle do escoamento superficial na zona de expansão de Aracaju**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Sergipe - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, departamento de Engenharia Ambiental. São Cristóvão, Sergipe, 2016.

MENDES, C. R. **Drenagem pluvial: um estudo de caso da bacia hidrográfica no bairro alfa sul em Manhauçu – mg**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhauçu - FACIG - Manhauçu, Mg, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas de Preservação Permanente Urbanas**. Governo Federal, 2012.

MIRANDA, J. I. **Usando o Google Earth para publicar Dados Proprietários**. Embrapa Informática Agropecuária - Documentos. São Paulo, 2006.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL (ONU). **Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU**. Desenvolvimento Sustentável, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>. Acesso em novembro de 2019.

PINTO, F. R.; FRANÇA, R. A. B. **Dimensionamento de uma bacia de retenção e proposta para reutilização da água retida em um loteamento na cidade de São José dos Campos – SP**. Trabalho de Conclusão de Curso, São Paulo, 2016.

Presidência da República Casa Civil. **LEI Nº 12.727, DE 17 DE OUTUBRO DE 2012**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2012/Lei/L12727.htm. Acesso em 17 de novembro de 2017.

Projeto técnico: Reservatórios de detenção. Online, 2018. Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf>. Acesso em 02 de novembro de 2019.

POMPÊO, C. A. **Drenagem Urbana Sustentável**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n.1, pag. 15, Jan/Mar 2000.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: Coleção ABRH de recursos hídricos, v.4, Editora Universidade, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Estimativa do volume para controle da drenagem no lote**. In: **Drenagem urbana - gerenciamento, simulação e controle**. Porto Alegre: Universidade, Associação Brasileira dos Recursos Hídricos, 1998.

TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção**. Revista brasileira de recursos hídricos, v. 2, n. 2, p. 5-12, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n.1, pag. 1, Jan/Mar 2002.

TUCCI, C. E. M. **Curso de Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: MMA; SQA, 2006.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Ed. Mc Graw Hill do Brasil, pag.12-102, 1975.

WEATHER SPARK - **Condições meteorológicas médias de Manhauçu**. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/30686/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Manhua%C3%A7u-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em 17 de novembro de 2019.