

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

BEATRIZ CAMPOS VASCONCELOS

**DIMENSIONAMENTO DE BACIAS DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS
EM CONDOMÍNIO URBANO**

Goiânia, GO
2019

Beatriz Campos Vasconcelos

**DIMENSIONAMENTO DE BACIAS DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS
EM CONDOMÍNIO URBANO**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de
Engenharia Civil, do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás, Campus Goiânia, como parte
dos requisitos necessários para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil**

**Orientador: Prof. Dr. Dálcio Ricardo
Botelho Alves**

**Goiânia, GO
2019**

V441d Vasconcelos, Beatriz Campos.
Dimensionamento de bacias de retenção de águas pluviais em condomínio urbano / Beatriz Campos Vasconcelos. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2019.
82 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Dálcio Ricardo Botelho Alves.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.
Incluem anexos.

1. Drenagem urbana. 2. Reservatório de retenção. 3. Inundação. I. Alves, Dálcio Ricardo Botelho (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva Abreu CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Beatriz Campos Vasconcelos

Matrícula: 20151011050063

Título do Trabalho: Dimensionamento de Bacias de Detenção das Águas Pluviais em Condomínio Urbano

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: 01/01/2020

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☒ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 03/02/20.
Local Data

Beatriz C. Vasconcelos
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Beatriz Campos Vasconcelos

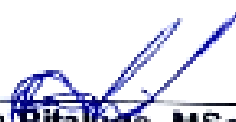
**DIMENSIONAMENTO DE BACIAS DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS
EM CONDOMÍNIO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de
Engenharia Civil, do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás, Campus
Goiânia, como parte dos
requisitos necessários para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil

Aprovado em 03 de dezembro de 2019:



Dalcio Ricardo Botelho Alves, Dr. (IFG)
(Orientador)



Douglas Pereira da Silva Pitaluga, MSc. (IFG)



Patricia Layne Alves Traldi, Dra. (IFG)

Goiânia, GO
2019

RESUMO

DIMENSIONAMENTO DE BACIAS DE DETENÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM CONDOMÍNIO URBANO

AUTOR: Beatriz Campos Vasconcelos
ORIENTADOR: Dr. Dálcio Ricardo Botelho Alves

O crescimento urbano afeta significativamente a dinâmica do meio ambiente, pois a área impermeabilizada é diretamente proporcional à expansão das cidades. A redução da permeabilidade do solo acarreta o aumento da frequência e intensidade de eventos de enchente, além de provocar um acréscimo da velocidade do escoamento superficial gerando problemas que vão desde transtornos à população e possíveis danos a patrimônios públicos e privados até a erosão e sedimentação do leito dos rios. Devido aos impactos causados por precipitações em áreas urbanas, mecanismos de contenção de cheias visando o maior controle do volume das águas pluviais tornam-se imprescindíveis. O presente trabalho visa o dimensionamento de um reservatório de retenção para águas pluviais no município de Goiânia (GO) através de variados métodos: Racional, Chuvas, Decreto 176/2007, Aron Kibler e SCS (Soil Conservation Service). Constatou-se que as propostas apresentaram resultados bastante diferentes entre si e que o dispositivo teria um custo efetivo menor que um sistema de drenagem tradicional, com bueiros e poços de visita, visando o amortecimento do mesmo volume. Além disso, observou-se que para essa área de estudo a proposta mais recomendada seria o Método Racional.

Palavras-chave: Drenagem Urbana, Reservatório de Detenção, Técnicas Compensatórias.

ABSTRACT

SIZING OF RAINWATER HOLDING BASINS IN URBAN CONDOMINIUMS

AUTHOR: Beatriz Campos Vasconcelos

ADVISOR: Dr. Dálcio Ricardo Botelho Alves

Urban growth significantly affects the dynamics of the environment, as the sealed area is directly proportional to the expansion of cities. Reducing soil permeability leads to increased frequency and intensity of flood events, as well as increasing runoff velocity leading to problems ranging from population disturbance and possible damage to public and private heritage to erosion and sedimentation riverbed. Due to the impacts caused by precipitation in urban areas, flood containment mechanisms aimed at greater control of the volume of rainwater become essential. The present work aims the sizing of a rainwater detention reservoir in the city of Goiânia (GO) through various methods: Rational, Rainfall, Decree 176/2007, Aron Kibler and SCS (Soil Conservation Service). It was found that the proposals presented quite different results and that the device would have a lower effective cost than a traditional drainage system, with manholes, aiming at the damping of the same volume. In addition, it was observed that for this area of study the most recommended proposal would be the Rational Method.

Keywords: Urban Drainage, Reservoir Detention, Compensatory Techniques.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1 CONCEITOS RELACIONADOS AOS RESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS	13
3.2 GESTÃO DE DRENAGEM URBANA NO CENTRO-OESTE	15
3.3 DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA.....	17
3.4 LEGISLAÇÕES REGULAMENTADORAS DE DRENAGEM.....	18
3.4.1 Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico	18
3.4.2 Legislações Importantes de Drenagem Urbana.....	18
3.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO.....	19
3.6 CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DOS MÉTODOS ADOTADOS	20
3.6.1 Método Racional.....	20
3.6.2 Método das Chuvas	20
3.6.3 Decreto 176/2007 (Curitiba)	21
3.6.4 Método de Aron Kibler.....	21
3.6.5 Método SCS	21
3.7 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL	22
3.8 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA.....	23
3.9 RESERVATÓRIOS IMPLANTADOS EM GRANDES METRÓPOLES NACIONAIS	24
3.9.1 Reservatório da Avenida Pacaembu.....	24
3.9.2 Piscinões na Região da Tijuca	27
3.10 INTRODUÇÃO A CONCEITOS PRELIMINARES.....	29
4. METODOLOGIA	30
4.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.....	31
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DA REGIÃO	32
4.3 CARACTERIZAÇÃO IMOBILIÁRIA DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA	34
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
4.4.1 Área Impermeável.....	36
4.4.2 Área Prevista para a Locação do Reservatório	37
4.5 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS PRELIMINARES	38
4.5.1 Período de Retorno.....	38
4.5.2 Tempo de Concentração	39
4.5.3 Intensidade Pluviométrica	39
4.5.4 Coeficiente de Run off.....	40
4.5.5 Vazão de Pré e Pós Desenvolvimento	41
4.6 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE CÁLCULO DE CADA MÉTODO.....	41
4.6.1 Método Racional.....	41
4.6.2 Método das Chuvas	41
4.6.3 Decreto 176/2007 (Curitiba)	42
4.6.4 Método de Aron e Kibler (Racional Adaptado)	42
4.6.5 Método SCS	43
5. ANÁLISE DE RESULTADOS	43

5.1 DETERMINAÇÃO DE VARIÁVEIS PRELIMINARES	43
5.1.1 Tempo de Concentração	43
5.1.2 Intensidade Pluviométrica	44
5.1.3 Coeficiente de Runoff.....	45
5.1.4 Vazão de Pré e Pós Desenvolvimento	45
5.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO	45
5.2.1 Método racional.....	46
5.2.2 Método das Chuvas	46
5.2.3 Decreto 176/2007 (Curitiba)	46
5.2.4 Método de Aron Kibler.....	46
5.2.5 Método SCS	47
5.3 COMPARATIVO ENTRE OS VOLUMES OBTIDOS ATRAVÉS DOS MÉTODOS DE ESTUDO	48
5.4 DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA DE SAÍDA.....	49
5.5 TRAÇADO DO HIDROGRAMA E DO HIETOGRAMA CARACTERÍSTICOS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA	50
5.6 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA	51
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
7. REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE A – ESTIMATIVA DE ORÇAMENTO.....	61
APÊNDICE B – TABELAS DE APOIO	65
APÊNDICE C – PROJETO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO	69
ANEXO A - PONTOS CRÍTICOS DE ALAGAMENTOS EM VIAS PÚBLICAS NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA.....	72
ANEXO B – DETALHAMENTO BOCA DE LOBO (DNIT, 2007)	80
ANEXO C - COMPOSIÇÃO BOCA DE LOBO (SINAPI)	81
ANEXO D – DESENHO ESQUEMÁTICO DE RESERVATÓRIO ABERTO (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013)	82

1. INTRODUÇÃO

O conceito de drenagem passou por diversas modificações desde a sua concepção. Inicialmente, surgiu o conceito higienista de drenagem urbana cujo principal objetivo era afastar águas passíveis de contaminação a fim de prevenir possíveis danos à saúde pública. Afinal, antes dessa concepção se tornar popular os resíduos eram despejados em áreas abertas ou mesmo nos corpos hídricos. A partir de então, a evacuação das águas pluviais e de dejetos para fora do meio urbano passou a ser feita através de condutos artificiais. Mais tarde surgiu o sistema separador absoluto pluvial/esgoto sanitário, chegando ao sistema de drenagem convencional que ainda é utilizado em larga escala.

No sistema de drenagem pluvial convencional o volume de água proveniente da precipitação desemboca em bueiros e sarjetas com escoamento bem definido a jusante. Imada (2014, p.74), considera que essa solução não condiz com a realidade atual do meio urbano, pois apesar da água ser captada e drenada muito rapidamente observa-se que esse método promove uma solução pontual, visto que o excesso de água é apenas transferido para outro local considerado mais favorável. Além disso, como essas estruturas são projetadas para determinada capacidade à medida que a impermeabilização for aumentando, estas tendem a se tornarem insuficientes e defasadas. Os principais impactos desse modelo estão relacionados à erosão do solo, que além de causar transtornos à população local ainda colabora para o acúmulo de sedimentos nos corpos d'água afetando a qualidade das águas pluviais e aumentando a frequência e intensidade de possíveis cheias.

O SUDS (Sistema Sustentável de Drenagem Urbana) é uma evolução do sistema de drenagem convencional que visa solucionar ou amenizar problemas relacionados à erosão e aumentar as taxas de infiltração urbana, diminuindo assim o escoamento superficial. Com esse conceito surgem soluções alternativas e compensatórias que atuando em conjunto com as estruturas convencionais buscam atenuar os efeitos da urbanização em termos quantitativos e qualitativos. Os reservatórios de contenção, uma das medidas propostas pelo SUDS, surgem como uma alternativa de controle que pode contribuir de maneira efetiva para o retardamento dos picos de cheias, pois permite uma redução da carga direcionada às redes de drenagem urbana e, conseqüentemente, a diminuição do risco de inundações.

Soluções para Cidades (2013, p.3) ressalta que além do impacto sobre o volume de escoamento, os reservatórios de retenção apresentam vantagens como: caráter multifuncional ao agregarem áreas verdes e de lazer, podendo até mesmo compor projetos urbanísticos;

facilidade de limpeza e redução dos custos com a mesma uma vez que os resíduos carregados pela chuva ficarão mais concentrados nesse ponto; e redução com custos de canalização à jusante. Esses reservatórios podem ser abertos ou enterrados, sendo que o custo de implantação para a primeira situação é bem menor. Contudo, como os reservatórios abertos exigem maiores cuidados com relação à limpeza, a fim de evitar a proliferação de doenças e impedir a sua obstrução, seu custo de manutenção é mais elevado.

O século XX foi marcado por um crescimento significativo da migração da população para os centros urbanos. O município de Goiânia, por exemplo, foi planejado para 50000 habitantes, enquanto em 2018 a população estimada pelo IBGE foi de aproximadamente 1,5 milhões. A expansão das manchas urbanas colabora para uma drástica mudança ambiental, pois com o aumento da impermeabilização dos solos resultante do desmatamento da vegetação local todo o ciclo hidrológico é afetado provocando fenômenos como as ilhas de calor e um aumento significativo do escoamento superficial das águas pluviais. Além disso, a reduzida infiltração de água dos solos compromete o abastecimento de aquíferos subterrâneos.

O sistema de drenagem convencional tem se mostrado cada vez mais defasado, pois como toda água captada é deslocada para um ponto a jusante essa solução não é eficaz para elevados escoamentos superficiais. As possíveis inundações advindas dessa realidade podem causar variados transtornos à população que vão desde danos causados ao tráfego e às moradias até problemas de saúde pública em áreas carentes de saneamento básico. O transporte de material através do escoamento superficial ainda provoca o acúmulo de sedimentos nos corpos hídricos comprometendo o conforto e a segurança da população ribeirinha, além de deteriorar a qualidade das águas ocasionando a perda de patrimônio público e natural, bem como o comprometimento do ecossistema.

Nesse contexto, o conceito de drenagem sustentável surge como opção de sistema alternativo com chances de melhor adaptação à realidade das cidades contemporâneas, pois visa uma maior aproximação com o ciclo hidrológico natural mediante a incorporação de novas técnicas para a atenuação das vazões de pico.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho visa dimensionar um reservatório de retenção para águas pluviais através de cinco propostas, com o intuito de comparar os valores entre si e, assim, verificar a necessidade ou não de uma padronização maior entre elas. Será elaborado um projeto considerando uma configuração fechada e uma estimativa de orçamento para os tipos aberto e fechado a fim de avaliar fatores como viabilidade técnica e econômica.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Estudar e comparar diferentes métodos de dimensionamento de reservatórios de retenção: Método Racional, das Chuvas, Método SCS (Soil Conservation Service), Decreto 176/2007 e de Aron Kibler;
- Estudar a Lei nº9511/2014 que estabelece regras de controle de águas pluviais e drenagem urbana para o município de Goiânia;
- Verificar o impacto da implantação do reservatório sobre o amortecimento das águas pluviais;
- Levantar as composições propostas pela tabela SINAPI, tanto de materiais quanto de serviços, para a execução do reservatório;
- Consultar preços unitários de materiais e serviços para a elaboração dos orçamentos dos projetos de reservatório fechado e aberto;
- Verificar a viabilidade técnica e financeira da implantação do reservatório para o condomínio específico.

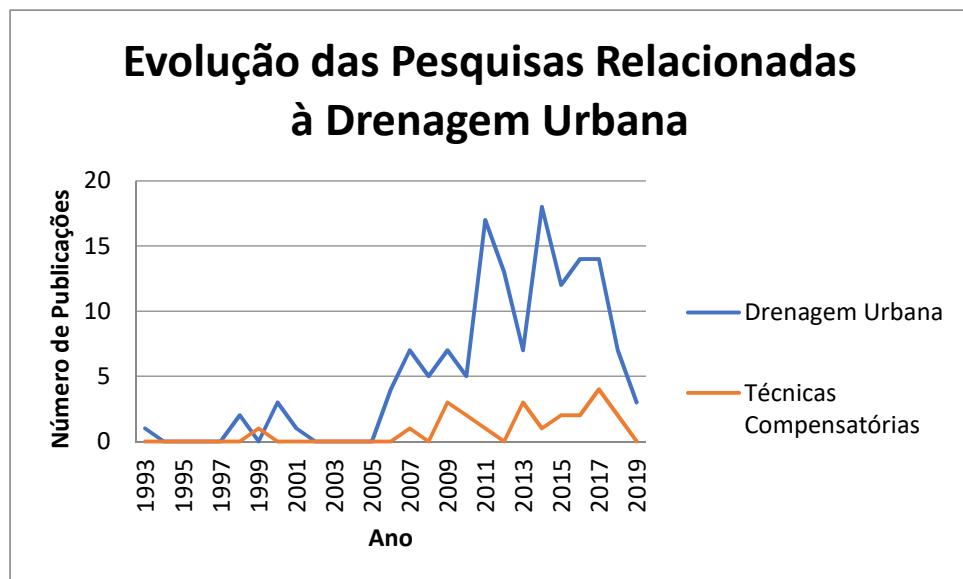
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A premissa básica da drenagem urbana de afastar as águas pluviais para um ponto distante manteve-se quase imutável ao longo dos anos, contudo tem-se percebido que essa já não é mais uma solução suficiente. Afinal, devido ao crescimento das áreas impermeáveis e consequente aumento do escoamento superficial, o sistema convencional está sobrecarregado, não conseguindo atuar de maneira satisfatória. Além disso, com a expansão das manchas

urbanas, as áreas de despejo à jusante tornaram-se densamente povoadas e, por conseguinte, essa alternativa acaba contribuindo para um cenário ainda mais delicado, pois nesses casos o impacto negativo no conforto e segurança desses usuários é ainda mais expressivo. Assim, em decorrência dos variados transtornos causados por uma rede de drenagem mal planejada, o tema tem ganhado cada vez mais repercussão.

Buscando por palavras chaves relacionadas ao tema como *Drenagem Urbana* e *Técnicas Compensatórias* na plataforma de pesquisa Capes foram obtidos, respectivamente, um total de 548 e 370 resultados. Utilizando a ferramenta de refinamento de busca e selecionando como tópicos de interesse as áreas de engenharia, saúde pública e meio ambiente foi possível reduzir esses resultados a, respectivamente, 140 e 22. O Gráfico 1 foi gerado a partir da análise dessas publicações, ilustrando a evolução das pesquisas na área ao longo do tempo. Observam-se inicialmente alguns trabalhos pontuais, porém à medida que transtornos relacionados à drenagem se tornaram mais recorrentes o tema ganhou uma considerável relevância, aumentando não apenas o número de publicações como também a frequência destas, visto que o assunto tem sido alvo de estudos ininterruptos desde 2006.

Gráfico 1: Relação Anual das Publicações na Área de Drenagem.



Fonte: Autoria Própria.

Foram efetuadas ainda buscas em outras plataformas como Scielo e Google Acadêmico. Os resultados em duplicidade foram desconsiderados, bem como aqueles com outro foco como, por exemplo, o tratamento ou a qualidade das águas captadas.

3.1 CONCEITOS RELACIONADOS AOS RESERVATÓRIOS DE CONTENÇÃO DE CHEIAS

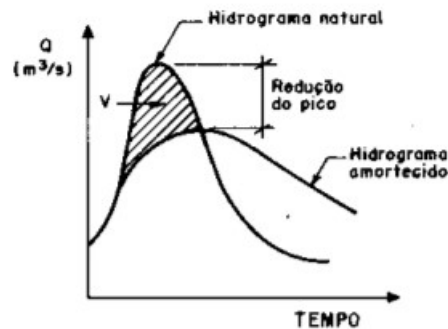
Baptista, Nascimento e Barraud (2011) estabelece que os reservatórios de contenção de cheias podem ser concebidos a partir de duas vertentes principais:

- Retenção: a água é armazenada por longos períodos, podendo ser utilizada para variados fins como abastecimento não potável, redução das cargas de poluição difusa ou mesmo integrar-se à paisagem;
- Detenção: o período de armazenamento é curto, provavelmente inferior a 24 horas, visando apenas o controle momentâneo do escoamento das águas pluviais a jusante.

De acordo com Nakazone (2005, p. 60-61) soluções alternativas diferem-se das tradicionais por envolverem os conceitos de armazenamento e infiltração. Sendo que no armazenamento há a redução do pico do hidrograma devido à retenção temporária do volume precipitado, porém, na maioria das vezes, não há a redução do escoamento superficial; enquanto que a infiltração possibilita a redução do volume escoado através do armazenamento dessa água e posterior recarga do lençol freático. Assim, os reservatórios de retenção são estruturas de armazenamento, enquanto os de detenção podem tanto ser de armazenamento quanto de infiltração.

O Gráfico 2 ilustra o comportamento do hidrograma para as situações de pré e pós urbanização. Como o princípio base que rege o dimensionamento das bacias de detenção é a máxima aproximação possível entre a vazão atual e a de pré urbanização, denominada Teoria do Impacto Zero, a curva que simula a situação após a implantação dessas estruturas teoricamente deveria coincidir com a curva da situação inicial. Tucci e Wanielista apud Nakazone (2005, p. 107) alegam que em geral as bacias de detenção não reduzem o volume do escoamento direto, apenas redistribuem a vazão em um intervalo de tempo maior, de forma a minimizar possíveis impactos.

Gráfico 2: Comportamento do Hidrograma em Diferentes Situações.



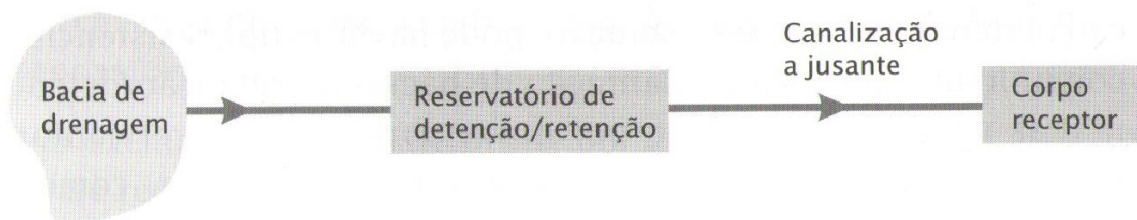
Fonte: Tucci (2005, p.58).

Em geral, esses reservatórios podem ser abertos ou fechados. Os abertos tem um custo de implantação bem mais barato, contudo demandam mais manutenções a fim de evitar a proliferação de mau cheiro e doenças. Em contrapartida, os fechados consistem em alternativa interessante para locais com elevada densidade demográfica, pois, em geral, não há a disponibilidade de grandes áreas nessas regiões e, assim, a solução para aproveitar a área reduzida pode ser o dimensionamento do reservatório com uma maior profundidade. (Soluções para Cidades, 2013).

De acordo com a sua configuração em relação ao curso d'água, os reservatórios de retenção podem ser classificados como:

- Reservatórios em Série (In line): Implantados sobre ou ao longo do curso d'água como na Figura 1;

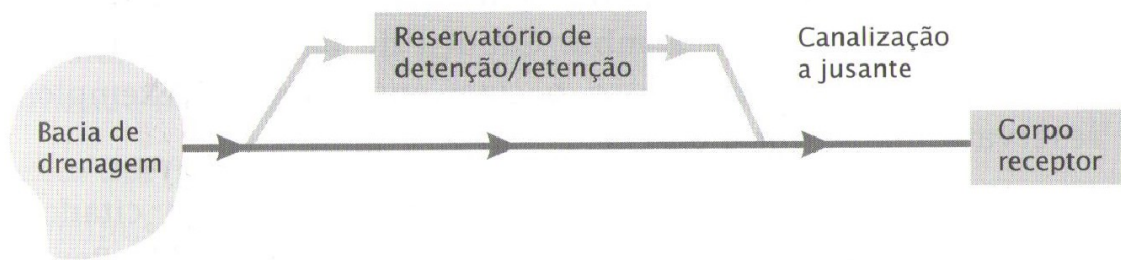
Figura 1: Representação de um Reservatório em Série.



Fonte: Canholi (2014, p. 73).

- Reservatórios em Paralelo (Off line): Construídos nas margens ou paralelamente ao curso d'água como na Figura 2.

Figura 2: Representação de um Reservatório em Paralelo.



Fonte: Canholi (2014, p.73).

Neves et al (2005, p.2) afirma que os reservatórios do tipo off line não entram em funcionamento em todos os eventos e sim em situações específicas quando o volume previsto em projeto é superado; enquanto que no caso dos in line toda a água da chuva é captada. A diferença determinante entre eles é a existência de um by-pass cuja função é desviar a vazão do reservatório caso a capacidade do projeto não seja alcançada.

Soluções para Cidades (2013), afirma que em geral, a configuração de um reservatório é determinada pela disponibilidade de área para a construção da estrutura. Em regiões densamente povoadas, há uma disponibilidade reduzida e, assim, o reservatório em paralelo é uma solução mais viável visto que pode armazenar volumes maiores, devido ao fato de sua cota de fundo ser mais profunda que a do leito do córrego. Destaca-se que normalmente essa configuração está vinculada à necessidade de utilização de bombas para o esvaziamento do reservatório, encarecendo a implantação, operação e manutenção da estrutura. Já em regiões pouco urbanizadas, com mais espaço disponível, é usual a utilização de reservatórios em série e menos profundos.

3.2 GESTÃO DE DRENAGEM URBANA NO CENTRO-OESTE

A Tabela 1 ilustra o percentual de municípios que possuem um plano municipal de saneamento em cada região do Brasil. Observa-se que no ano de 2011 esses municípios ainda representavam uma minoria no país, cerca de 11%. Sendo que a região centro-oeste alcançou uma porcentagem abaixo da média nacional. Além disso, na tabela pode ser identificada uma relação entre os conteúdos abordados por esses planos. De maneira geral, o eixo do saneamento tratado como prioridade é o do abastecimento de água, enquanto que o menos abordado é o de drenagem e manejo das águas pluviais.

Tabela 1: Municípios com Plano Municipal de Saneamento.

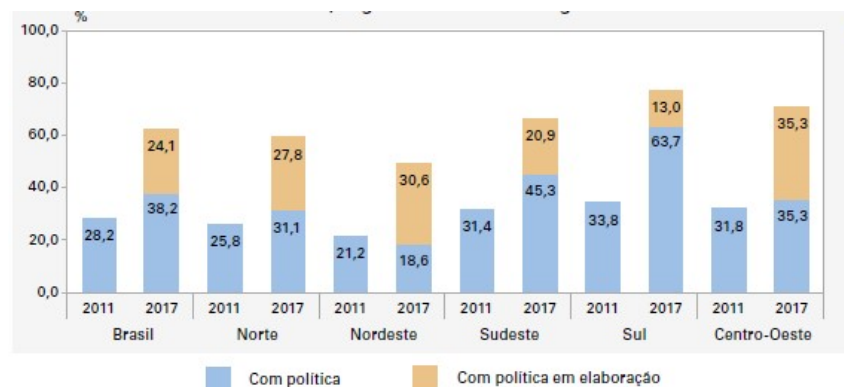
O PLANO ABRANGE OS SERVIÇOS DE:					
BRASIL/REGIÃO	COM PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO (%)	ABASTECIMENTO DE ÁGUA (%)	ESGOTAMENTO SANITÁRIO (%)	LIMPEZA URBANA DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (%)	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS (%)
Brasil	10,9	86,7	85,9	68,1	58,3
Norte	8,7	82,1	61,5	94,9	66,7
Nordeste	5,4	63,9	75,3	81,4	65,0
Sudeste	16,3	91,2	93,0	56,6	46,3
Sul	13,5	93,8	90,0	71,9	70,6
Centro-Oeste	8,8	87,8	70,7	73,2	65,9

Fonte: Munic, IBGE 2011

Fonte: PLANSAB (IBGE, 2011).

O Gráfico 3 retrata a evolução da política de saneamento básico na última década. Sob uma análise do ponto de vista nacional, o percentual de municípios com políticas públicas implantadas ou em processo de elaboração passou de 28,2 para 62,3%. Analisando as regiões de maneira isolada observa-se que com exceção do nordeste todas passaram de 50% de participação. Parte dessa expansão pode ter sido motivada por fatores como preocupação com a saúde pública e transtornos ocasionados pelo mau planejamento/ineficiência de algum dos eixos, porém outra justificativa bastante plausível para esse expressivo aumento percentual é o fato de que os municípios sem plano perdem direito ao seu respectivo incentivo financeiro, estabelecido pelo governo federal, para a implementação de medidas de saneamento. Assim, alguns desses planos podem representar instrumentos vazios, sendo muito incompletos ou restritos, visto que foram propostos às pressas sem um adequado estudo prévio. Esse fator aliado à falta de um padrão nacional a ser seguido acaba por contribuir para o desnivelamento entre as políticas municipais.

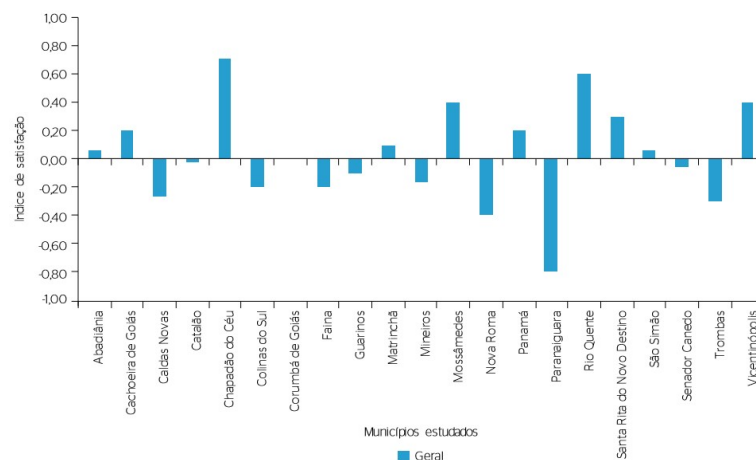
Gráfico 3: Evolução dos municípios com Política Municipal de Saneamento Básico.



Fonte: IBGE (2017).

Lima et al (2017) desenvolveram uma pesquisa visando analisar a satisfação dos usuários dos sistemas de saneamento no estado de Goiás. Foram avaliados um total de 21 municípios e atribuídas notas variando de -1 a 1 para a satisfação com cada um dos eixos de saneamento básico. Analisando os resultados expostos no Gráfico 4, referentes à percepção dos usuários quanto à drenagem urbana, observa-se que dentre os municípios analisados onze alcançaram nota igual ou inferior a zero (referente a 50% da escala). Os autores justificam que Chapadão do Céu e Rio Quente podem ter alcançado os maiores índices de satisfação devido ao fato da rede coletora de água pluvial atender mais de 70% da população além da ausência de ocorrência de inconvenientes relacionados a problemas de drenagem. Além disso, constatou-se que o índice de satisfação médio para drenagem urbana foi de +0,02, ou seja, superior a 50%. Outra conclusão inerente ao mesmo estudo é que os serviços de abastecimento de água, coleta e transporte de resíduos nos municípios goianos foram avaliados positivamente, enquanto que os relacionados à drenagem urbana, disposição final dos resíduos e ao esgotamento sanitário alcançaram notas insatisfatórias.

Gráfico 4: Satisfação em relação ao indicador de drenagem urbana.



Fonte: Lima et al (2017).

3.3 DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

Tom Paulo em matéria para o Portal Dia Online (2019) afirma que a Defesa Civil divulgou o número de pontos críticos de alagamento, sujeitos a enxurradas, inundação ou deslizamento, em Goiânia cresceu de 50 para 97 entre os anos de 2018 e 2019. O Anexo A lista a quantidade de áreas de risco por bairros. Observa-se que a região Sul, que abrange setores como Jardim América, Setor Bueno e Setor Oeste, conta com a maior quantidade de pontos críticos, 28 ao

todo seguida da região Campinas/Centro. Foi falado ainda que os novos pontos devem ser monitorados pelos próximos dois anos a fim de garantir que os transtornos não sejam um problema pontual.

3.4 LEGISLAÇÕES REGULAMENTADORAS DE DRENAGEM

3.4.1 Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico

A drenagem das águas pluviais é um dos quatro eixos do saneamento básico abordados pela Lei Federal nº11445/2007. Contudo, esse documento permite apenas uma visão mais social da problemática, não fornecendo nenhum tipo de parâmetro para o dimensionamento de estruturas ou mesmo maiores detalhamentos sobre o processo executivo ou restrições de projeto. Além disso, observa-se que esse é um assunto que não recebe a devida atenção, pois apenas em 2016 houve uma modificação nesse mesmo documento falando sobre a importância da limpeza e fiscalização preventiva das redes de drenagem urbana.

Conforme estabelecido pela Lei nº 11445/2007, os municípios devem elaborar planos de saneamento básico baseados em suas características locais. Sendo essa uma solução interessante, pois dessa forma é possível estabelecer diretrizes que melhor se adaptem às bacias, topografia e clima da região. Contudo, apesar de cobrar a obrigatoriedade do mesmo, a lei não estabelece um modelo a ser cumprido, além de não fazer exigências específicas quanto ao conteúdo. Assim, esses planos são muito diferentes entre si, havendo alguns muito bem detalhados e outros bastante superficiais. Nota-se, portanto, a necessidade de uma reformulação na política hídrica nacional a fim de melhor amparar as legislações municipais e regionais.

3.4.2 Legislações Importantes de Drenagem Urbana

As questões relacionadas à drenagem urbana e controle das águas pluviais no município de Goiânia são regidas pela Lei nº 9511/2014. A legislação goianiense, contudo, não aborda critérios técnicos de uma forma aprofundada, pois apenas direciona o projetista a estipular alguns parâmetros básicos de projeto e não estabelece diretrizes para o dimensionamento de mecanismos de retenção/detenção. Assim, quando isolada, ela não é

suficiente para a elaboração do projeto dessas estruturas e, portanto, visando este fim observa-se a necessidade de associá-la a outro documento ou bibliografia.

No Brasil os municípios devem criar planos independentes para saneamento básico e, assim, há diversas legislações sobre drenagem em vigor. O Decreto nº 176/2007 dispõe sobre os critérios para a implantação de reservatórios de retenção no município de Curitiba, especificando a obrigatoriedade de presença de mecanismo de retenção e seus respectivos parâmetros de dimensionamento. Nos municípios de São Paulo e Porto Alegre há decretos mais simplificados que também estabelecem um método para dimensionamento do reservatório, porém avaliando menos fatores. No caso de Porto Alegre considera-se apenas a área total e a impermeável do lote enquanto em São Paulo aparecem também as variáveis tempo de chuva e intensidade pluviométrica, contudo diferente de Curitiba esses valores são fixados e não calculados, e, portanto, mais genérico.

3.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE RETENÇÃO

Soluções para Cidades (2013, p.3) enumera as seguintes vantagens da implantação de reservatórios de retenção:

- Caráter multifuncional visto que estes podem agregar áreas verdes e de lazer;
- Após finalizada a construção causam pouca interferência no trânsito e no funcionamento das atividades relacionadas a comércio e serviços;
- Minimização dos possíveis transtornos provocados pelas chuvas;
- Como os sedimentos e o lixo transportados pela água da chuva acabam concentrados em um único ponto, a limpeza pode tornar-se mais fácil e mais barata.

Giudici (2019) enumera as seguintes desvantagens quanto aos reservatórios de retenção:

- Possível não aceitação da medida pelos moradores do entorno quando a medida não agrega nenhum outro potencial;
- Riscos de proliferação de doenças e mau cheiro em casos de manutenção inadequada;
- Em casos de reservatórios com elevada área e volume, pode haver a necessidade de desapropriações para sua construção;
- No caso de estruturas com bombeamento, há risco de falhas na operação;
- Utilização inadequada para lançamento irregular de resíduos sólidos;

- Nível elevado do lençol freático.

3.6 CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DOS MÉTODOS ADOTADOS

No Brasil não há uma legislação específica para o dimensionamento desse tipo de dispositivo e, portanto, a escolha dos métodos foi realizada visando a maior diversificação possível para a estimativa do volume. Junior (2005) divide os modelos de chuva-vazão em duas categorias: simples e complexo. No modelo simples apenas a chuva e a vazão são consideradas, enquanto no complexo há outros fatores como a infiltração e a evapotranspiração. As abordagens adotadas são todas do tipo simples, com exceção da SCS (Soil Conservation Service). Além da variabilidade de parâmetros e fórmulas propostas, os métodos foram escolhidos por serem de fácil aplicação, os Métodos Racional e de Aron Kibler, inclusive, possuem variáveis em comum, enquanto o SCS estipula fatores através de tabelas não exigindo um conhecimento aprofundado sobre a região. Outro fator determinante foi o fato de poderem ser adotados em pequenas bacias e a viabilidade da aquisição de dados como os valores de precipitação para o município de Goiânia, por exemplo. Vale destacar que essas informações foram utilizadas apenas no Método das Chuvas, pois os demais propõem fórmulas para o cálculo da intensidade pluviométrica não implicando na obrigatoriedade de possuir tais dados.

3.6.1 Método Racional

Tomaz (2013) faz as seguintes ressalvas quanto ao Método Racional:

- A precipitação é distribuída uniformemente sobre toda a área da bacia;
- As taxas de infiltração e as condições de permeabilidade são constantes;
- É restrito a bacias de pequeno porte, com área máxima de 3 km², ou cujo tempo de concentração seja inferior a uma hora;
- O tempo de duração da chuva é igual ao tempo de concentração.

3.6.2 Método das Chuvas

O método das chuvas prevê seis diferentes metodologias para o dimensionamento do reservatório, optou-se por adotar o Método Azevedo Neto por ser uma proposta simplificada e de parâmetros de fácil obtenção. Além disso, um diferencial desse método é que ele prevê a reutilização das águas captadas para fins não potáveis, podendo assim funcionar como uma alternativa tanto para o controle de enchentes quanto para uma utilização mais consciente dos recursos hídricos.

3.6.3 Decreto 176/2007 (Curitiba)

Diferente do estado de Goiás, alguns estados brasileiros têm um documento que trata mais especificamente do dimensionamento de reservatórios de retenção. Contudo, apesar de, em geral, as propostas serem bem parecidas não há uma padronização entre elas. Consultando duas legislações regionais importantes, a paulista (Lei nº 12556/2007) e a curitibana (Decreto 176/2007), optou-se pela segunda devido ao fato desta propor uma equação menos semelhante ao Método Racional. Além disso, é importante ressaltar que como o clima de Goiânia e Curitiba são bem diferentes entre si, a intensidade pluviométrica será substituída conforme valor calculado pela Lei nº 9511/2014 (Goiânia).

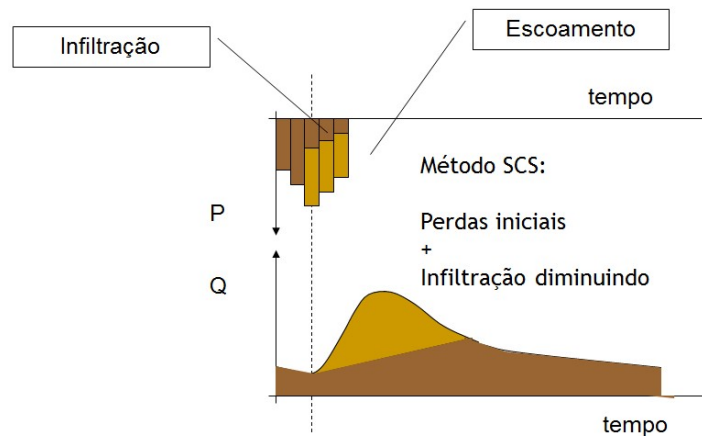
3.6.4 Método de Aron Kibler

Optou-se por esse método por ser uma variação do Método Racional e, por isso, algumas variáveis são comuns facilitando o cálculo. Além disso, essa proposta prevê a adoção de diferentes tempos de duração para o evento chuvoso e, portanto, o reservatório dimensionado absorverá o volume gerado tanto por chuvas rápidas quanto longas.

3.6.5 Método SCS

Segundo Junior (2005, p.36) o método Soil Conservation Service (SCS) é utilizado a fim de estimar o volume de escoamento superficial resultante de um evento de chuva. É empregado em grande escala devido a sua fácil utilização e aos parâmetros reduzidos. Analisando o Gráfico 5 percebe-se que este é um modelo de chuva/vazão complexo, pois considera outros fatores como infiltração, percolação e evapotranspiração. Assim, a vazão resultante não corresponde ao volume precipitado e, sim, aquele não absorvido pelo solo ou dissipado no processo.

Gráfico 5: Comportamento do Escoamento no Método SCS.



Fonte: JUNIOR (2005, p.37).

3.7 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

Os métodos compensatórios de manejo de águas pluviais, também denominados Best Management Practices (BMPs), foram desenvolvidos a fim de sanar boa parte das deficiências típicas dos sistemas higienistas. Há variadas abordagens bastante parecidas, cujo foco é o tratamento do escoamento pluvial próximo à fonte e a sua reaproximação com o cenário de pré urbanização. Contudo, apenas o sistema LID (Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto) será abordado por ter sido alvo de estudos significativos nos últimos anos e por vir apresentando bons resultados durante esse tempo.

Souza, Cruz e Tucci (2012, p.11) enumeram as seguintes características para o sistema: conservação, projetos locais únicos, direcionamento do escoamento para áreas verdes, controle distribuído de pequena escala e manutenção, prevenção à poluição e educação. Assim, pode-se dizer que o LID é uma abordagem que visa não apenas uma correção momentânea, pois respeita a preservação da vegetação e do solo nativos e seus projetos são concebidos de acordo as peculiaridades locais naturais a fim de interferir o mínimo possível no ambiente. Além disso, a preocupação não é apenas com a implantação, mas também com a longevidade e eficiência do sistema, além da aceitação e envolvimento público.

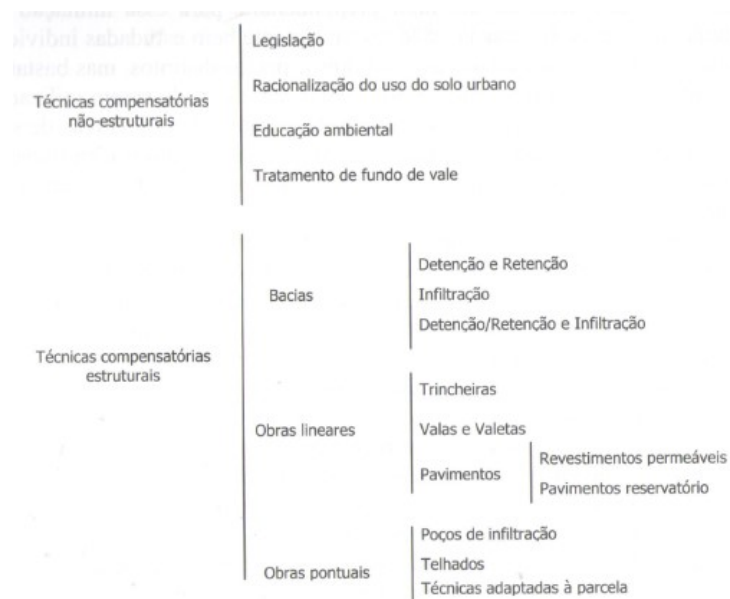
Baptista, Nascimento e Barraud (2011, p.42-46) caracterizam as técnicas não estruturais como procedimentos cujo objetivo é favorecer o retardo dos escoamentos, bem como incentivar o princípio de prevenção propondo ações que envolvam a sensibilização da

população. Os autores ainda separam as técnicas compensatórias estruturais nas seguintes categorias:

- Princípio de funcionamento: infiltração ou retenção;
- Posição de implantação: controle na fonte, no caso de pequenas superfícies de drenagem, aqui incluídos poços de infiltração, microrreservatórios domiciliares e telhados armazenadores; controle centralizado, que corresponde a bacias de detenção ou retenção associadas a áreas consideravelmente significativas; e técnicas lineares, normalmente localizadas junto aos sistemas viários, nesse grupo se enquadram os pavimentos porosos e as valas de detenção e/ou infiltração.

Analisando a Figura 3 observa-se, portanto, que os elementos do item Bacias são medidas de controle centralizado; enquanto os referentes ao tópico Obras Pontuais representam soluções de controle na fonte. Quanto aos critérios de infiltração ou armazenamento os dispositivos podem tanto ter uma característica específica quanto mista.

Figura 3: Esquema dos Diferentes Tipos de Técnicas Compensatórias.



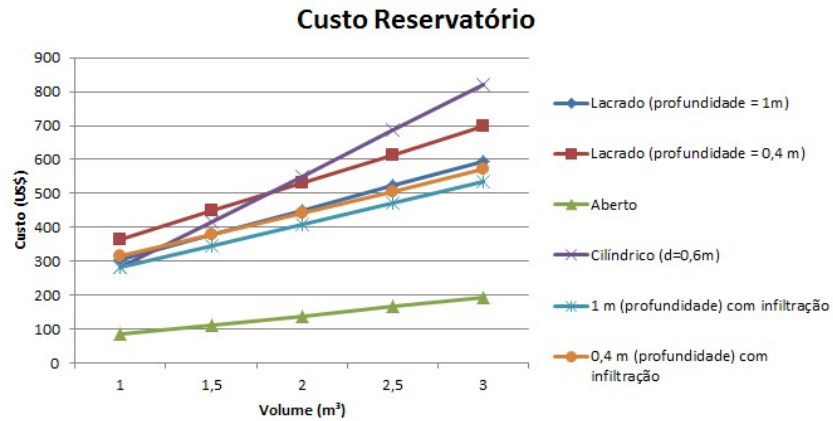
Fonte: Baptista, Nascimento e Barraud (2011, pg. 47).

3.8 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

Cruz, Tucci e Silveira (1998) simularam o custo de implantação desses dispositivos em função de seu volume, tal qual é exposto no Gráfico 6. Verificou-se em seus estudos que os reservatórios abertos tem um custo cerca de 3 ou 4 vezes menor que o subterrâneo. Contudo, como necessitam de manutenções mais frequentes, para os volumes dimensionados

seria algo em torno de US\$ 130 por ano, o custo do reservatório aberto pode equiparar-se ao fechado em um período de 4 a 5 anos.

Gráfico 6: Custo de Implantação por Tipo de Dispositivo e Volume.



Fonte: Adaptado Cruz, Tucci e Silveira (1998).

Analisando de uma maneira mais genérica, sem adotar volumes específicos, Tomaz apud Corsini (2011) afirma que o custo do metro cúbico do piscinão aberto é de cerca de US\$ 34, enquanto que o fechado custaria aproximadamente US\$ 100. Além disso, o autor ainda enfatiza que o custo de manutenção anual do reservatório, para retirar a sujeira e levá-la a um aterro sanitário, seria bem elevado, equivalente a cerca de 10% do custo total do reservatório.

3.9 RESERVATÓRIOS IMPLANTADOS EM GRANDES METRÓPOLES NACIONAIS

3.9.1 Reservatório da Avenida Pacaembu

A Avenida Pacaembu, localizada na zona oeste de São Paulo, registrava inundações desde o início da década de 1960. As Figuras 4a, 4b e 4c são registros de duas enchentes ocorridas no ano de 1993. Trata-se de uma importante via que liga as regiões norte e sul da cidade, com tráfego estimado diário de 60 mil veículos na época do projeto de construção do reservatório.

Figuras 4a, 4b e 4c: Enchente Av. Pacaembu no ano de 1993.



Fonte: Canholi (2014, p.248).

Canholi (2014, p.262-263) esclarece que o projeto básico do reservatório foi orçado em 8 milhões de dólares, no ano de 1993, enquanto que a implantação de galerias no sistema cut-and-cover foi orçada em 20 milhões de dólares, sendo que essa alternativa teria, inclusive, um impacto muito mais negativo sobre o tráfego da região. Além disso, estimativas mostraram que os prejuízos relacionados às interferências no sistema viário seriam praticamente iguais aos da construção de novas galerias, visto que a execução dessas se estenderia por pelo menos dois anos, enquanto o reservatório foi finalizado em apenas um.

Canholi (2014, p.261) aponta informações importantes acerca das características do projeto. A profundidade útil do reservatório é de 5,60 metros. Sendo os principais volumes de serviço: concreto armado (6.000m^3) e escavação (180.000m^3). A laje de cobertura permitiu que o local continuasse exercendo a função de praça e área de lazer, sendo esta sustentada por vigas longitudinais e pilares pré moldados apoiados sobre fundação em sapata como pode ser visto na Figura 5. Há ainda rampas de acesso para manutenção, bem como aberturas de ventilação e um sistema de iluminação.

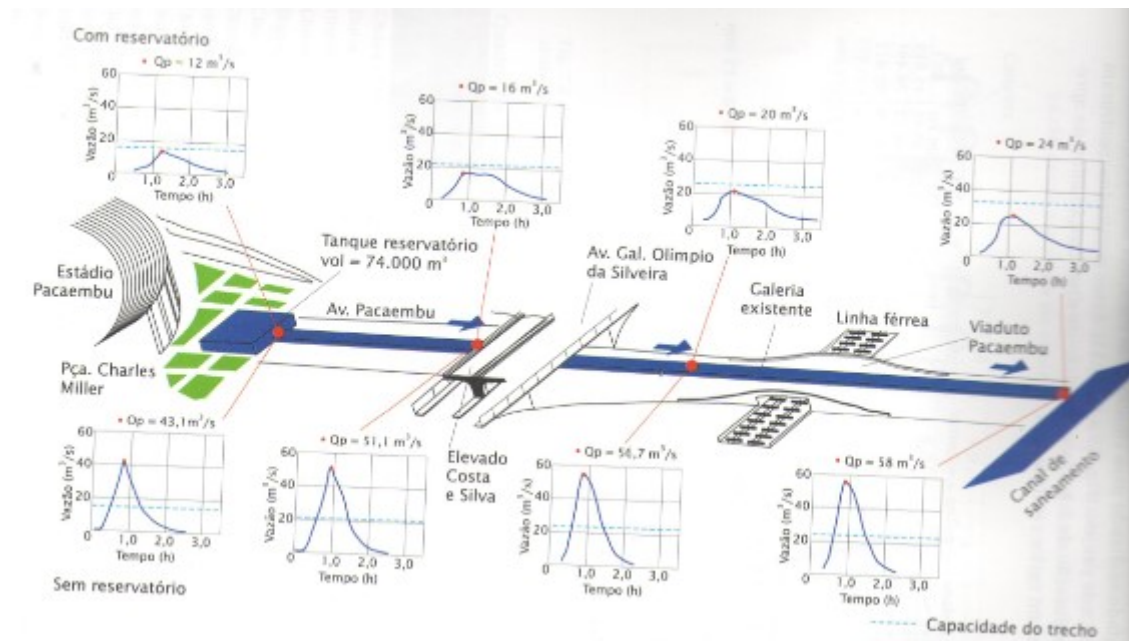
Figura 5: Concepção Geral do Reservatório.



Fonte: Canholi (2014, p. 261).

A Figura 6 permite visualizar a falta de eficiência da galeria existente, visto que antes da implantação do reservatório todos os trechos operavam acima da sua capacidade (delimitada pela linha pontilhada). Após a construção, as vazões efetivas caíram pela metade considerando o mesmo intervalo de tempo.

Figura 6: Influência do Reservatório para Período de Retorno de 25 anos.



Fonte: Canholi (2014, p.260).

3.9.2 Piscinões na Região da Tijuca

De acordo com o portal da Prefeitura do Rio de Janeiro, o Programa de Controle de Enchentes na região da Tijuca inclui a construção de quatro reservatórios para águas pluviais, além do desvio do Rio Joana tal qual representado na Figura 7. A previsão para a inauguração era até as Olimpíadas de 2016, contudo até hoje o Reservatório da Avenida Heitor Beltrão não foi inaugurado. Em reportagem da Veja (2018), o reservatório teria capacidade para 70 milhões de litros de água e custaria R\$2,6 milhões.

Figura 7: Disposição dos Reservatórios da Região da Tijuca.



Fonte: Extra (2015).

O piscinão da Praça da Bandeira (Figuras 8a e 8b), inaugurado em dezembro de 2013, tem 20 metros de profundidade e capacidade de armazenamento de 18 milhões de litros, enquanto o Reservatório da Praça Niterói (Figuras 9a e 9b) ocupa uma área de 4568 metros quadrados, sendo constituído por três grandes poços subterrâneos com profundidade equivalente um prédio de oito andares e capacidade de armazenamento de 58 milhões de litros.

Figuras 8a e 8b: Piscinão da Praça da Bandeira (RJ).



Fonte: Prefeitura do Rio e G1 (2015).

Figuras 9a e 9b: Reservatório da Praça Niterói (RJ).



Fonte: Extra (2015) e Prefeitura do Rio.

O reservatório da Praça Vanhargen (Figura 10a e 10b) conseguirá absorver 43 milhões de litros de água da chuva sobre uma área de 3502 metros quadrados com 24 metros de profundidade. (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2016).

Figura 10a e 10b: Reservatório Praça Vanhargen.



Fonte: Portal do Servidor (2016) e O Globo (2016).

Outro fator que poderia ser considerado ainda é o reaproveitamento das águas captadas para a limpeza de ruas, irrigação de jardins públicos e até nas obras da cidade visto que os

quatro reservatórios tem um potencial enorme como exposto na Figura 11, porém toda a água coletada é despejada posteriormente no manancial. De acordo com Alexandre Pessoa, engenheiro sanitarista e pesquisador da FioCruz, em entrevista para o Extra (2015), “Se não está prevista a utilização para o reuso, há inconsistência. A reutilização é um princípio de sustentabilidade. Usar o bombeamento para jogar a água de volta para o canal é uma visão antiga”.

Figura 11: Capacidade dos Piscinões da Região da Grande Tijuca.

ÁGUA DESPERDIÇADA

Dos quatro piscinões previstos, apenas um está em funcionamento. O investimento contratado das obras é de R\$ 343,4 milhões

Piscinões	Capacidade	Área	Situação
1 Praça da Bandeira	18 milhões de litros = 7,2 piscinas olímpicas	962,11 m ²	Em funcionamento
2 Praça Varnhagen	43 milhões de litros = 17,2 piscinas olímpicas	1.993,86 m ²	A inauguração será no primeiro trimestre de 2016
3 Avenida Heitor Beltrão	70 milhões de litros = 28 piscinas olímpicas	3.587,37m ²	As obras serão licitadas neste trimestre, mas todos os piscinões deverão ser inaugurados até 2016
4 Praça Niterói	58 milhões de litros = 23,2 piscinas olímpicas	2.472,93 m ²	A inauguração será no fim de 2015

Fonte: Extra (2015).

3.10 INTRODUÇÃO A CONCEITOS PRELIMINARES

- Período de Retorno: Tomaz (2013) caracteriza como o “tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez”;
- Tempo de Concentração: Botelho (1998, p.76) define como o tempo que leva para toda a bacia considerada contribuir para o escoamento superficial na seção estudada;

- Intensidade Pluviométrica: precipitação por unidade de tempo, normalmente em mm/hora ou mm/minuto;
- Coeficiente de Run off: também denominado coeficiente de deflúvio, é a razão entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado. (Tomaz, 2013)

4. METODOLOGIA

Inicialmente, será feita uma caracterização breve do município de Goiânia, onde será locado o dispositivo, a fim de situar o leitor e apresentar informações necessárias para os cálculos. Posteriormente, serão determinados parâmetros básicos comuns a todos os métodos como o período de retorno, a intensidade pluviométrica e o tempo de concentração da chuva.

O dimensionamento será efetuado com base nos métodos racional, de chuvas, SCS (Soil Conservation Service), de Aron Kibler e a partir de uma legislação municipal (Curitiba). O método racional foi escolhido por ser uma metodologia amplamente utilizada, que estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial e é considerado o de mais fácil aplicação. A adoção dessa metodologia implica no cálculo da vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. Tomaz (2010b) separa o método racional em: Aron e Kibbler, Abt e Grigg, Baker, Federal Aviation Agency (FAA) e $t_b=3t_c$, sendo t_b o tempo base do processo e t_c o tempo de concentração, ambos em minutos. Nos Estados Unidos o modelo mais popular é o de Aron e Kibbler. Enquanto no Brasil não há uma recomendação padrão, porém ainda de acordo com o mesmo autor o ideal seria utilizar o Método Racional com $t_b=3t_c$ para bacias com área até 3km^2 .

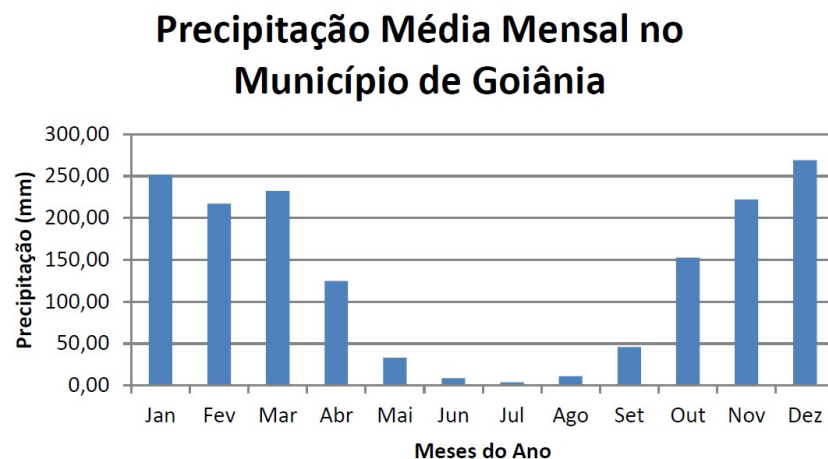
O Método das Chuvas propõe o armazenamento da água visando seu aproveitamento para fins não potáveis, como a limpeza/descarga de vasos sanitários, por exemplo. Contudo, nesse caso será considerado apenas a reservação das águas pluviais sem nenhum tipo de destinação posterior. Esse método requer o conhecimento de características locais, como, por exemplo, a intensidade pluviométrica anual e a quantidade de meses de seca. O Método SCS também é de fácil aplicação visto que trabalha com valores tabelados e diferente das outras propostas ainda leva em consideração o efeito da infiltração da água no solo. Por fim, a última proposição é o dimensionamento a partir de um Decreto Municipal de Curitiba, um dos poucos municípios brasileiros que elaboraram um documento para esse tipo de estrutura. Destaca-se que independente da metodologia o dimensionamento ideal é aquele mais próximo

do proposto pela Teoria do Impacto Zero, na qual a vazão após a construção do reservatório deve ser igual à vazão de pré-desenvolvimento.

4.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

O clima predominante no Estado de Goiás é o Tropical sazonal, de inverno seco, com precipitação pluviométrica média de 1529 mm/ano (Costa *et al.* apud Casaroli *et al.*, 2018). O Gráfico 7 foi gerado a partir de dados pluviométricos coletados pela estação OMM 83423 entre os anos de 1961 e 2018, divulgados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Enquanto, os valores expostos na Tabela 2 são referentes aos mesmos dados, porém, dessa vez, apresentados em uma configuração anual. Nota-se que a média pluviométrica anual da capital é de aproximadamente 1569 mm, valor bem próximo ao estimado para o estado.

Gráfico 7: Dados Pluviométricos do Município de Goiânia.



Fonte: Adaptado INMET (2019).

Tabela 2: Precipitação Média Anual do Município de Goiânia.

Ano	Precipitação Anual (mm)	Ano	Prec. Anual (mm)	Ano	Prec. Anual (mm)	Ano	Prec. Anual (mm)	Média Anual	1569
1961	1355,20	1976	1738,10	1991	1534,00	2006	1705,10		
1962	1447,60	1977	1549,60	1992	1924,30	2007	1095,20		
1963	1064,30	1978	1492,20	1993	1498,10	2008	1809,30		
1964	1621,50	1979	781,50	1994	1610,40	2009	1767,90		
1965	1697,40	1980	1667,70	1995	1694,30	2010	1555,90		
1966	1611,20	1981	709,20	1996	1763,10	2011	1812,60		
1967	1373,50	1982	2049,40	1997	1596,10	2012	1894,10		
1968	1464,70	1983	1771,20	1998	1574,40	2013	1782,10		
1969	1699,80	1984	1473,70	1999	1347,50	2014	1662,00		
1970	1613,40	1985	1749,70	2000	1833,50	2015	1503,40		
1971	1757,90	1986	1269,00	2001	1766,90	2016	1362,00		
1972	1721,70	1987	1663,90	2002	1536,40	2017	1389,00		
1973	1673,10	1988	1551,10	2003	1541,00	2018	1540,00		
1974	1306,60	1989	1659,60	2004	1555,90	Média Período	1606,05		
1975	1443,30	1990	1364,50	2005	1906,90				
Média Período	1523,41	Média Período	1499,36	Média Período	1645,52				

Fonte: Adaptado INMET (2019).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DA REGIÃO

O Plano Diretor Municipal de Goiânia (Lei Complementar nº. 171 de 29 de maio de 2007), institui a divisão da região em oito macrozonas, ilustradas na Figura 12, sendo uma urbana, denominada construída; e as outras rurais: Barreiro, Lajeado, João Leite, Capivara, São Domingos, Alto Anicuns e Alto Dourados. Analisando as descrições de cada uma delas, chegou-se a conclusão de que a área de estudo localiza-se na macrozona de São Domingos ou na de Alto Anicuns, por se encontrar próximo a divisa com os municípios de Trindade e Goianira.

Figura 12: Macrozonas de Goiânia.



Fonte: Plano Diretor de Goiânia, 2007.

SEPLAM, FMDU e ITCO (2008) divide a região em quatro compartimentos geomorfológicos: Planalto Central Goiano, Planalto Rebaixado de Goiânia, Depressões e Morrarias do Rio dos Bois e Planícies Aluviais. Sobre o Planalto Central Goiano, que abrange as Macrozonas Rurais do Lajeado, João Leite, Capivara, São Domingos e Alto Anicuns, foi afirmado que:

[...] tem como características relevos de topos tabulares e/ou planos rampeados, de topo convexo e às vezes aguçado. Estes relevos estão esculpidos nos terrenos granulíticos, parcialmente recobertos por latossolos vermelhos, profundos e de textura argilosa, desenvolvidos, principalmente, nas áreas com declividades entre 0 e 5%.

Tucci (2001, p.404) classifica os grupos hidrológicos do solo de acordo com as taxas de infiltração mínima descritas abaixo:

- Grupo A – Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila;
- Grupo B – Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundo do que o tipo A e com permeabilidade superior à média;
- Grupo C – Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo porcentagem considerável de argila e pouco profundos;
- Grupo D – Solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

De acordo com a caracterização proposta pelo Zoneamento Ecológico Econômico de Goiânia sabe-se que o solo de Goiânia tem considerável teor de argila e, portanto, se enquadraria nos grupos C ou D. Assim, optou-se por analisá-lo como grupo D por se tratar do

caso mais extremo, desfavorável. Foi destacado no Quadro 1 o valor da curva de runoff (CN) para a área em estudo.

Quadro 1: Valores de CN para bacias urbanas.

Tipos de uso do solo/Tratamento/Condições Hidrológicas		Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
Uso Residencial					
Tamanho Médio do Lote	% Impermeável				
até 500 m ²	65	77	85	90	92
1000 m ²	38	61	75	83	87
1500 m ²	30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados		98	98	98	98
Ruas e estradas:					
pavimentadas, com guias e drenagem		98	98	98	98
com cascalho		76	85	89	91
de terra		72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)		89	92	94	95
Distritos industriais (70% de impermeabilização)		81	88	91	93
Espaços abertos, parques, jardins:					
boas condições, cobertura de grama > 75%		39	61	74	80
condições médias, cobertura de grama > 50%		49	69	79	84
Pasto					
condições ruins		68	79	86	89
médias		49	69	79	84
boas		39	61	74	80
curva de nível					
condições ruins		47	67	81	88
médias		25	59	75	83
boas		6	35	70	79
Campos					
condições boas		30	58	71	78
Florestas					
condições ruins		45	66	77	83
médias		36	60	73	79
boas		25	55	70	77

Fonte: Tucci (2001).

4.3 CARACTERIZAÇÃO IMOBILIÁRIA DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

De acordo com o Código de Edificações do município de Goiânia, é considerado um conjunto residencial uma região com 50 ou mais moradias cuja área seja de pelo menos 10.000 m², o que equivale a 0,01 Km². Além disso, a fim de respeitar os padrões locais será considerado que 15% da área desse terreno é permeável, sendo esse o valor mínimo estipulado pelo Plano Diretor de Goiânia.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O terreno a ser analisado localiza-se no município de Goiânia, próximo a GO 060. Essa área foi escolhida por ter um tamanho compatível com vários empreendimentos da

cidade, por se enquadrar dentro do limite de restrição do Método Racional, de até 3 Km², e ter uma área superior a 10.000 m² caracterizando, de acordo com o Código de Edificações da cidade, um conjunto residencial. Além disso, outro fator condicionante para a escolha do local foi o fato da região ter se expandindo muito nos últimos anos.

Utilizando a ferramenta de medição do Google Earth foi possível constatar que o perímetro é de 2,08 Km e a área do residencial é de aproximadamente 174.100 m², tal qual é ilustrado na Figura 13. A fim de facilitar os cálculos esse valor será arredondado para 180.000 m² ou 0,18 Km².

Figura 13: Delimitação da Área de Estudo.



Fonte: Google Earth (04 de setembro de 2019).

Não foi possível obter imagens em planta antigas da região para uma análise mais aprofundada. Contudo, comparando a figuras 14a, disponibilizadas por moradores da região e referentes ao ano de 2002, com a 14b, mesmo local em de agosto de 2019, é possível observar mudanças drásticas nesse intervalo de tempo, como a pavimentação da rua e um expressivo aumento da área construída. Sendo assim, as imagens ilustram bem o conceito de situação de pré e pós desenvolvimento.

Figuras 14a e 14b: Comparativo entre as fases de pré e pós urbanização.



Fonte: Acervo Pessoal de Geraldo Nonato Vasconcelos Figueiredo.

4.4.1 Área Impermeável

A região destacada na Figura 15 foi selecionada por estar vazia e, portanto, totalmente permeável. Considerou-se um índice de ocupação do terreno igual a 70% para as quadras ocupadas. O Quadro especifica a área construída em metros quadrados. Assim, verifica-se que dos 180.000 m² do residencial aproximadamente 101.000 m² estão ocupados, que corresponde a 56,1% da área delimitada.

Figura 15: Áreas não ocupadas do residencial.



Fonte: Adaptado Google Earth (04 de setembro de 2019).

Quadro 2: Área Permeável do Terreno.

Delimitação da Área Impermeável		
Área Total	180000	m ²
Não Ocupada	79115,3	m ²
Área Impermeável	100884,7	m ²

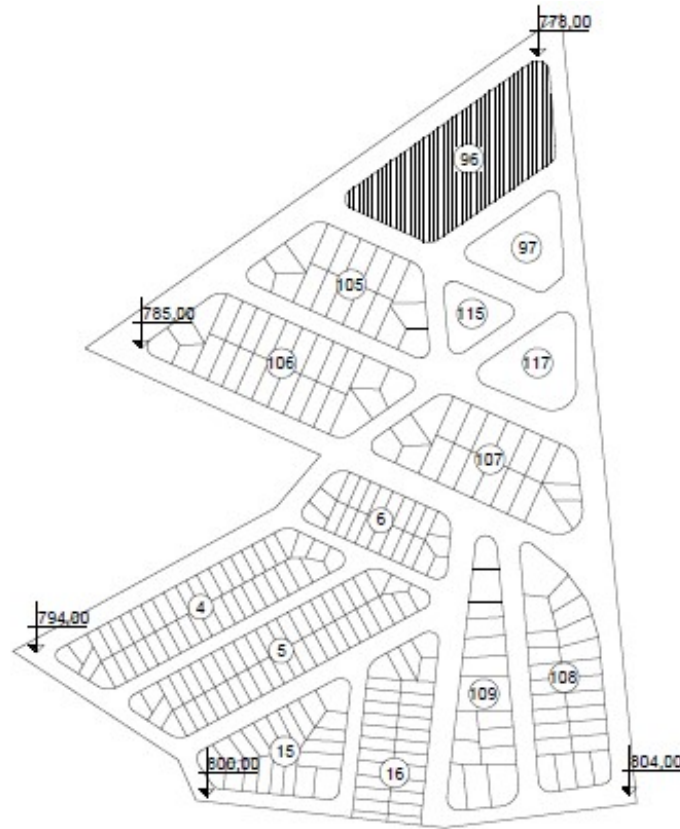
Fonte: Autoria Própria.

4.4.2 Área Prevista para a Locação do Reservatório

Partindo do pressuposto que o objetivo é captar as águas provenientes das chuvas, o reservatório deve localizar-se em um ponto favorável, a fim de facilitar o fluxo do escoamento

por gravidade. Na Figura 16, a região destacada é a ideal para a execução do dispositivo por apresentar a menor cota efetiva e por estar desocupada.

Figura 16: Nível da Região Delimitada.



Fonte: Adaptado Prefeitura de Goiânia (2019).

4.5 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS PRELIMINARES

O dimensionamento de um reservatório depende do conhecimento ou adoção de alguns fatores preliminares. Para a determinação dessas variáveis consultou-se a lei nº 9511/2014, específica do município de Goiânia.

4.5.1 Período de Retorno

O tempo de retorno será definido a partir do índice de Gravélius (k_c) da área em estudo. Essa incógnita representa a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área equivalente. Assim, o fator pode ser calculado a partir de:

$$K_c = \frac{P_{BC}}{P_C} \Leftrightarrow K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Substituindo os valores do perímetro e da área citados na caracterização da área de estudo na Equação 1, tem-se que K_c é igual a 1,37. O inciso V do art. 15 da Lei nº 9511/2014 prevê a adoção de um período de retorno de 10 anos quando K_c é maior que 1,2. (Goiânia, 2014, p. 8-9)

4.5.2 Tempo de Concentração

De acordo com Akan apud Tomaz (2013, p.7) o método racional geralmente utiliza a fórmula de Kirpich (em especial a do Tennessee) para o cálculo do tempo de concentração (t_c) de uma bacia. Para a utilização desta, a área do terreno deve ser de no máximo 0,5km² e a declividade deve estar entre 3 e 10%. A equação proposta pelo método é descrita a seguir:

$$t_c = 0,019 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (2)$$

Sendo:

t_c = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (m);

S = declividade do talvegue (m/m).

4.5.3 Intensidade Pluviométrica

A intensidade pluviométrica é uma grandeza que estabelece uma relação entre a quantidade de chuva em função de uma unidade de tempo. As diretrizes de drenagem de Goiânia, estabelecidas pela Lei nº 9511/2014 prevê que para esse período de retorno (maior que 8 anos) , essa variável seja calculada da seguinte maneira:

$$i = \frac{64,3044 * T^{0,1471}}{(t+24,8)^{0,97471}} \quad (3)$$

Sendo:

i : intensidade pluviométrica em mm/min;

T : período de retorno em anos;

t : tempo de concentração em min.

Para períodos de retorno superiores a 8 anos a intensidade pluviométrica deve ser calculada da seguinte maneira:

$$i = \frac{56,7928 * \left(T^{0,1471 + \frac{0,22}{T^{0,09}}} \right)^{0,6274}}{(t+24,8)^{0,97471}} \quad (4)$$

4.5.4 Coeficiente de Run off

Tucci apud Tomaz (2013, p. 2-7) caracteriza o coeficiente de runoff, ou de deflúvio, como a razão entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado. Essa variável pode ser obtida através de tabelas, como no Quadro 3, porém recomenda-se que seja calculada a partir da equação de Schueler descrita a seguir:

$$C = 0,05 + 0,009 AI \quad (5)$$

Sendo:

AI = Área Impermeável, deve ser substituída na equação em porcentagem.

Quadro 3: Valores do Coeficiente c (ASCE, Manual nº37).

TIPO DE SUPERFÍCIE	C	
	Intervalo	Valor esperado
Pavimento		
Asfalto	0,70 – 0,95	0,83
Concreto	0,80 – 0,95	0,88
Calçadas	0,75 – 0,85	0,80
Telhados	0,75 – 0,95	0,85
Gramados; solos arenosos:		
Plano, (2%)	0,05 – 0,10	0,08
Médio, (2 a 7%)	0,10 – 0,15	0,13
Alta, (7%)	0,15 – 0,20	0,18
Gramados; solo compactado		
Plano (2%)	0,13 – 0,17	0,15
Médio (2 a 7%)	0,18 – 0,22	0,20
Declividade alta (7%)	0,25 – 0,35	0,30

Fonte: ASCE (1969), DNIT (2005) e TUCCI (2013) apud Junior, Lariucci e Sousa (2017, p.4).

4.5.5 Vazão de Pré e Pós Desenvolvimento

A vazão é calculada a partir de:

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad (6)$$

Na qual:

Q = vazão em m^3/s ;

C = coeficiente de Run off;

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

A = área do lote em hectares.

4.6 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE CÁLCULO DE CADA MÉTODO

4.6.1 Método Racional

A fórmula proposta pelo método racional para dimensionamento de reservatórios é descrita a seguir:

$$V_s = 0,5 * (Q_{pós} - Q_{pré}) * t_b * 60 \quad (7)$$

Sendo:

V_s = volume necessário para deter enchentes (m^3);

$Q_{pós}$ = vazão de pico (m^3/s) no pós-desenvolvimento para determinado período de retorno (10 anos);

t_b = tempo base no pós-desenvolvimento (min);

t_c = tempo de concentração (minutos);

$Q_{pré}$ = vazão de pico (m^3/s) no pré-desenvolvimento para determinado período de retorno.

O valor de t_b pode variar, porém optou-se por adotar:

$$t_b = 3 t_c \quad (8)$$

4.6.2 Método das Chuvas

O método das chuvas prevê seis diferentes metodologias para o dimensionamento do reservatório, optou-se por adotar o Método Azevedo Neto que propõe a seguinte equação:

$$V = 0,0042 * P * A * T \quad (9)$$

Sendo:

V = Volume do Reservatório (L);

P = Precipitação média Anual (mm);

A = Área (m²);

T = valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca.

4.6.3 Decreto 176/2007 (Curitiba)

Legislação pertinente ao estado do Paraná cujo foco é a proposição de medidas direcionadas à contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. O cálculo deve ser efetuado mediante o uso da seguinte fórmula:

$$V = KIA \quad (10)$$

Sendo:

V = Volume do reservatório (m³);

K = Constante adimensional = 0,2;

I = Intensidade Pluviométrica (m/h);

A = Área tal qual estipulado no §2º do artigo 5º do Decreto 176/2007.

4.6.4 Método de Aron e Kibler (Racional Adaptado)

Esse método é uma variação do método racional, na qual o volume proposto é calculado a partir de:

$$V_s = I_p * t_d - \frac{Q_p}{2} (t_d + t_c) \quad (11)$$

Sendo:

td = duração da chuva (min);

tc = tempo de concentração (min);

Vs = volume de detenção (m³);

Q_p = pico da vazão de saída (m^3/s);

I_p = pico de vazão de entrada (m^3/s), equivalente a simplificado.

4.6.5 Método SCS

Conhecendo o número da curva de runoff (CN) é possível inferir o potencial máximo de retenção, denominado S, em mm. Sendo S determinado pela equação a seguir:

$$S = \frac{25400}{CN - 254} \quad (12)$$

A partir deste parâmetro é possível calcular a chuva excedente, equivalente à lâmina d'água não absorvida, a partir de:

$$Q = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{(P + 0,8 * S)} \quad (13)$$

Sendo:

$Q \rightarrow$ Escoamento (mm);

$P \rightarrow$ Chuva Acumulada (mm);

$S \rightarrow$ Potencial Máximo de Retenção (mm).

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 DETERMINAÇÃO DE VARIÁVEIS PRELIMINARES

5.1.1 Tempo de Concentração

O comprimento do talvegue, diagonal representada na Figura 17, foi obtido através da escolha de dois pontos extremos do terreno. Verificou-se que a distância entre estes pontos era de aproximadamente 668 m e que suas respectivas cotas eram de 800 e 778 m, contabilizando um desnível de 22 m. A declividade seria, portanto, a razão entre a diferença de nível nesses pontos e a distância entre eles, que nesse caso equivale a 0,03 m/m. Assim, substituindo esses valores na Equação 2 tem-se que o tempo de concentração é de aproximadamente 11 minutos.

Figura 17: Determinação do Comprimento do Talvegue.

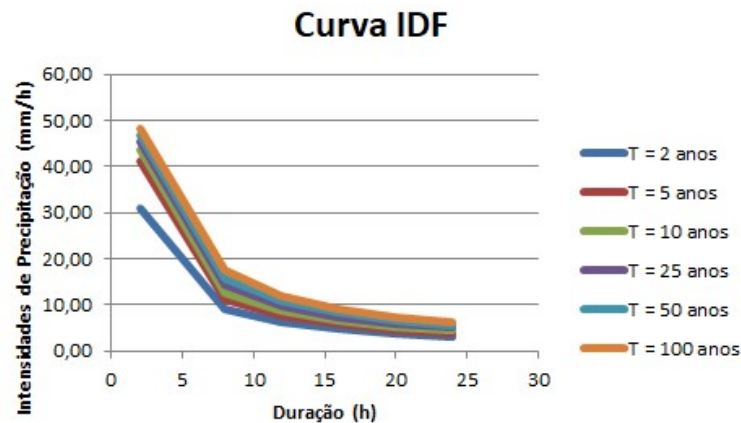


Fonte: Google Maps.

5.1.2 Intensidade Pluviométrica

Substituindo os valores de T e t , respectivamente, 10 anos e 11 minutos na Equação 3, tem-se uma intensidade pluviométrica de 2,79 mm/min ou 0,167 m/h. A partir desse fator e alternando os períodos de retorno traçou-se a curva IDF (intensidade – duração – Frequência) do município de Goiânia, ferramenta muito utilizada na hidrologia para medir as chuvas máximas em uma bacia hidrográfica. Esta curva relaciona a intensidade máxima da chuva (mm/h) com a sua duração no tempo (minutos) e a sua probabilidade ou tempo de retorno (probabilidade em % ou anos). Observa-se no Gráfico 8 que a intensidade pluviométrica tende a crescer conforme o período de retorno aumenta, isso porque quanto maior o intervalo de tempo maior é a probabilidade de ocorrer um evento chuvoso fora dos padrões.

Gráfico 8: Curva Intensidade-Duração-Frequência do Município de Goiânia.



Fonte: Autoria Própria.

5.1.3 Coeficiente de Runoff

Na situação de pós desenvolvimento a área impermeável será de 56,1% tal qual estabelecido anteriormente. Enquanto, que para simular a situação de pré desenvolvimento, Tomaz (2013, p. 2-7) recomenda adotar entre 5 e 10% de área impermeável. Optou-se, portanto, por adotar uma área impermeável de 10%. Assim, os coeficientes de pré e pós desenvolvimento são, respectivamente, 0,14 e 0,56.

A lei nº 9511/2014, do município de Goiânia, não faz nenhuma consideração visando a determinação do coeficiente de Run off, porém estabelece que para bacias de detenção com tempo de concentração superior a 5 minutos deve-se considerar o coeficiente de pré-desenvolvimento igual a 0,15. A fim de seguir ao máximo o padrão da legislação local e visando uma redução, mesmo que pequena, do volume do reservatório serão efetuados cálculos considerando $C_{pré}$ igual a 0,15.

5.1.4 Vazão de Pré e Pós Desenvolvimento

Substituindo a área do condomínio que é de 0,18 Km² ou 18 ha, a intensidade pluviométrica igual a 167 mm/h, já calculada anteriormente, e considerando os coeficientes de pré e pós desenvolvimento iguais a, respectivamente, 0,15 e 0,56; tem-se que as vazões de pré e pós desenvolvimento equivalem a, respectivamente, 1,26 m³/s e 4,65 m³/s.

5.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO

5.2.1 Método racional

Substituindo o valor do período de concentração (11 minutos), os coeficientes de runoff para as etapas de pré e pós desenvolvimento, respectivamente 0,15 e 0,56, e a intensidade pluviométrica (2,79 mm/min) verificou-se que o volume do reservatório é de aproximadamente 3230 m³.

5.2.2 Método das Chuvas

As características climáticas de Goiânia foram abordadas anteriormente e constatou-se que a precipitação anual média do município equivale a 1569 mm. Além disso, analisando o Gráfico 7 observa-se que a região possui cinco meses de seca (de maio a agosto). Assim, substituindo esses valores na Equação 9 tem-se que o volume do reservatório é de cerca de 5931 m³.

5.2.3 Decreto 176/2007 (Curitiba)

A intensidade pluviométrica equivale a 0,164 m/h. O parágrafo segundo do inciso dois do artigo quinto do Decreto 176/2007 faz considerações sobre a área impermeável para taxas de permeabilidade entre 15 e 25% e abaixo de 15%, como a taxa obtida é superior a 25% adota-se o parâmetro mais próximo (entre 15 e 25%), área a ser considerada, portanto, é apenas a impermeável, igual a 0,101 Km² ou 101.000 m². Assim, o volume do reservatório será de aproximadamente 3383 m³.

5.2.4 Método de Aron Kibler

O cálculo é feito por tentativas, pois, a cada tempo, tem-se um valor para a intensidade de chuva, sendo constante o valor de C, da área da bacia em hectares e o tempo de concentração, todos já determinados anteriormente. A vazão de pico de entrada corresponde à vazão de pós ocupação calculada através da fórmula proposta pelo Método Racional, enquanto que a vazão de saída seria a vazão de pré ocupação visto que o dimensionamento do reservatório é baseado na teoria do impacto zero. Analisando a Tabela 3 escolhe-se o maior volume efetivo e, portanto, conclui-se que para este reservatório será de 4476 m³.

Tabela 3: Dimensionamento do Reservatório por Aron Kibler.

td (min)	Tr (anos)	I (mm/h)	Qpré (m³/s)	tc (min)	c	A (ha)	Qpós (m³/s)	V (m³)
5	10	2,81	1,26	11	0,56	18	4,68	818,06
10	10	2,84	1,26	11	0,56	18	4,72	2058,01
15	10	2,49	1,26	11	0,56	18	4,14	2765,04
20	10	2,22	1,26	11	0,56	18	3,69	3277,96
25	10	2,00	1,26	11	0,56	18	3,33	3654,47
30	10	1,82	1,26	11	0,56	18	3,03	3931,40
35	10	1,67	1,26	11	0,56	18	2,79	4133,33
40	10	1,55	1,26	11	0,56	18	2,58	4277,37
45	10	1,44	1,26	11	0,56	18	2,40	4375,75
50	10	1,35	1,26	11	0,56	18	2,24	4437,46
55	10	1,26	1,26	11	0,56	18	2,10	4469,26
60	10	1,19	1,26	11	0,56	18	1,98	4476,35
65	10	1,13	1,26	11	0,56	18	1,87	4462,78
70	10	1,07	1,26	11	0,56	18	1,78	4431,73
75	10	1,02	1,26	11	0,56	18	1,69	4385,78
80	10	0,97	1,26	11	0,56	18	1,61	4327,02

Fonte: Autoria Própria.

5.2.5 Método SCS

Constatou-se no tópico de caracterização do solo que o valor de CN igual a 92, sendo assim seu S corresponde a 22,09 mm. A precipitação acumulada corresponde à lâmina d'água nos 11 minutos do período de concentração da chuva. Assim, seu valor efetivo pode ser obtido através da soma da coluna distribuição da precipitação na Tabela 4 totalizando 30,35 mm. Substituindo na Equação 13 conclui-se que uma chuva de 30,35mm provoca um escoamento de 14mm.

Tabela 4: Intensidade da Chuva por Minuto no Município de Goiânia.

Tempo (min)	Intensidade Parcial (mm/min)	lparc*tc (mm)	Diferença de Coluna (ΔI)	Distribuição da Precipitação (mm)
1	3,80	3,80	3,80	1,99
2	3,66	7,32	3,52	2,22
3	3,53	10,59	3,27	2,51
4	3,41	13,64	3,05	2,85
5	3,30	16,50	2,85	3,27
6	3,19	19,17	2,67	3,80
7	3,10	21,68	2,51	3,52
8	3,00	24,04	2,36	3,05
9	2,92	26,26	2,22	2,67
10	2,84	28,36	2,10	2,36
11	2,76	30,35	1,99	2,10

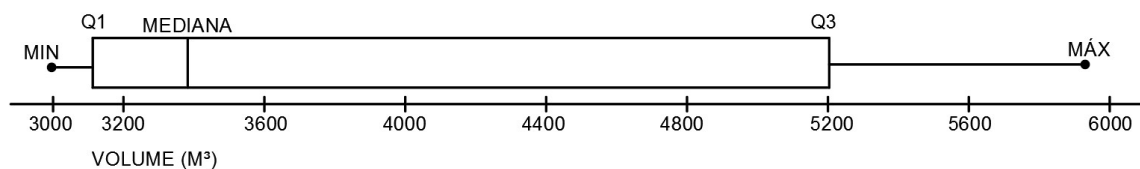
Fonte: Autoria Própria.

O reservatório deve absorver, portanto, o volume de chuva excedente, equivalente à multiplicação da área de estudo (180.000 m^2) pela lâmina de escoamento ($14 \cdot 10^{-3} \text{ m}$). Assim, constata-se que o dispositivo deve ter pelo menos 2996 m^3 .

5.3 COMPARATIVO ENTRE OS VOLUMES OBTIDOS ATRAVÉS DOS MÉTODOS DE ESTUDO

Considerando o Método Racional, das Chuvas, Decreto 176/2007 (Curitiba), Método de Aron e Kibler e, por fim, SCS o reservatório teve um volume estimado, respectivamente, de 3230 m^3 , 5931 m^3 , 3383 m^3 , 4476 m^3 e 2996 m^3 . O Gráfico 9 possibilita a visualização da distribuição dos volumes obtidos através dos métodos apresentados. A mediana, ponto referencial do gráfico, corresponde ao valor localizado no centro do intervalo, nesse caso equivalente ao montante calculado através do Decreto 176/2007 de Curitiba. Os valores mínimo e máximo são os de menor e maior valor absolutos sendo, respectivamente, os dimensionamentos pelo Método SCS e das Chuvas. O primeiro quartil representa a mediana dos dados à esquerda da mediana, enquanto o terceiro quartil segue o mesmo preceito, porém à direita. A falta de simetria na distribuição é resultado da grande variabilidade das propostas estudadas, o intervalo entre a mediana e o terceiro quartil abrange a maior parte dos resultados (62%) enquanto entre o mínimo e o primeiro quartil estão localizados apenas 3,97%. Pode-se dizer que os resultados entre o mínimo e a mediana (Métodos SCS, Racional e Decreto 176/2007 de Curitiba) são mais confiáveis, pois estão mais concentrados e mais próximos entre si. Por exemplo, enquanto esse intervalo (da mediana ao mínimo) há um desvio de 13% entre o Q3 e a mediana o desvio é de 62%.

Gráfico 9: Análise da Variação dos Volumes Calculados.



Fonte: Autoria Própria.

O método SCS (Soil Conservation Service) foi o que apresentou o menor volume efetivo. Enquanto que o Método Racional e o do Decreto de Curitiba apresentaram os resultados mais próximos. Observa-se que para as mesmas condições, visto que a intensidade pluviométrica, o tempo de concentração e o período de retorno foram considerados

constantes, o volume do reservatório variou consideravelmente para os diferentes métodos de dimensionamento, entre 5931 m³ e 2996 m³. Essa discrepância pode ser explicada devido à falta de padronização entre os métodos, visto que alguns utilizaram os coeficientes de pré e pós desenvolvimento, por exemplo, enquanto outros ignoraram esse fator e basicamente levaram em consideração apenas a área do terreno e o índice pluviométrico.

5.4 DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA DE SAÍDA

Canholi (2014, p.183) estabelece que o reservatório de detenção pode ser evacuado a partir da adoção de orifícios, soleiras vertentes e tomadas perfuradas. Havendo, inclusive, a possibilidade de adotar uma combinação de estruturas, as chamadas estruturas mistas.

Tomaz (2010b, p.26) sugere a equação a seguir para determinar tanto orifícios circulares quanto retangulares. Sendo que nesse caso será considerado um orifício de formato circular. Assim:

$$Q = C_d * A * (2gh)^{0,5} \quad (14)$$

Sendo:

Q= vazão (m³/s);

C_d= 0,62 (constante);

A = Área Círculo (m²) $\rightarrow \pi D^2 / 4$;

D= diâmetro (m);

g = aceleração da gravidade = 9,81 m/s²;

h = altura média da lâmina de água em relação ao eixo da tubulação de saída (m).

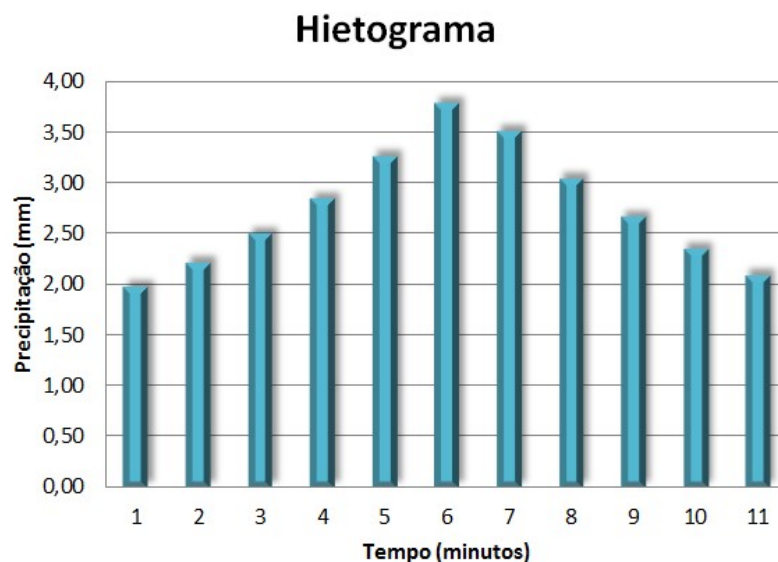
A fim de satisfazer a teoria do impacto zero, o reservatório deve ser capaz de absorver toda a vazão excedente de forma que o montante não absorvido por ele seja equivalente ao de pré desenvolvimento. Assim, a vazão a ser utilizada nos cálculos corresponde à diferença entre as vazões de pré e pós ocupação. Serão consideradas vazões iguais a 1,26 e 4,65, referentes ao método racional. Considerando uma lâmina d'água de 1m, tem-se um diâmetro correspondente de 84 cm. A fim de facilitar o processo construtivo será executado um diâmetro de 100 cm.

5.5 TRAÇADO DO HIDROGRAMA E DO HIETOGRAMA CARACTERÍSTICOS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

O Gráfico 10 é um hietograma do município de Goiânia, ou seja, uma representação da distribuição da chuva ao longo do seu tempo de duração. A metodologia utilizada no traçado foi a do dos Blocos Alternados. Tomaz (2010a) sugere os seguintes passos para a utilização desse método:

- Substituir diferentes valores de tempo na Equação 3, sendo o tempo de concentração a referência limite;
- Estimar a altura da coluna d'água;
- Calcular a variação das colunas em função dos intervalos de tempo;
- Traçar um hietograma posicionando a precipitação máxima no ponto médio, seguida do segundo maior valor à sua direita e, por fim, o terceiro maior à esquerda e, assim, sucessivamente.

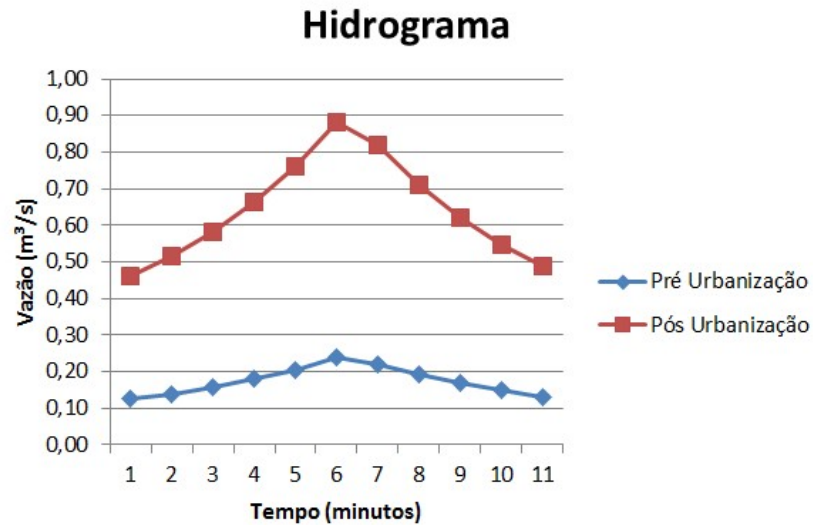
Gráfico 10: Expectativa do Comportamento da Precipitação no Município de Goiânia.



Fonte: Autoria Própria.

O Gráfico 11 foi traçado utilizando os coeficientes de pré e pós ocupação em conjunto com os valores de precipitações parciais ilustradas no Gráfico 9. Observa-se que a vazão na situação de pós urbanização é muito superior à inicial, sendo que no pico a diferença é de quase 4 vezes.

Gráfico 11: Vazão em Função do Tempo para o município de Goiânia.



Fonte: Autoria Própria.

5.6 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Uma boca de lobo simples (como a detalhada no anexo B) armazena um volume de 1,5 m³. Consultando a composição da Tabela SINAPI para a execução de bocas de lobo, disponível no Anexo C, constata-se que o custo unitário estimado desse dispositivo é de R\$712,83. Adotando como parâmetro o valor mediano encontrado, de 3230 m³, seriam necessários 2153 dispositivos como esse para absorver o volume amortecido pelo reservatório. Resultando, assim, em um montante de R\$ 1.534.722,99. Além disso, é importante destacar que esse valor é mais baixo que o orçamento real, pois as bocas de lobo devem ser interligadas a poços de visita, como na Figura 18, a fim de permitir a inspeção e a limpeza das galerias, e este preço não foi incluso nesse levantamento.

Quadro 1: Relação de Piscinões na Região do ABC Paulista.

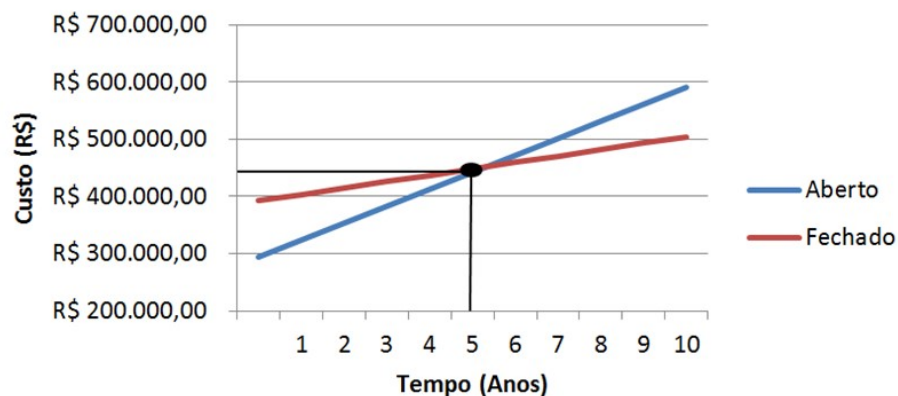
	PISCINÃO	MUNICÍPIO	INVESTIMENTO	CAPACIDADE
1	CANARINHOS	S.Bernardo do Campo	R\$ 7,1 milhões	95 mil m³
2	PAÇO MUNICIPAL	Mauá	R\$ 3,9 milhões	136 mil m³
3	VILA ROSA	S.Bernardo do Campo	R\$ 7,9 milhões	113 mil m³
4	PIRAPORINHA	Diadema	R\$ 6,6 milhões	85 mil m³
5	BOMBEIROS	S.Bernardo do Campo	R\$ 5,6 milhões	34 mil m³
6	FAC.MEDICINA	Santo André	R\$ 7,5 milhões	120 mil m³
7	ECOVIAS IMIGRANTES	Diadema	R\$ 7,5 milhões	120 mil m³
8	CHRYSLER	S.Bernardo do Campo	R\$ 5,6 milhões	190 mil m³
9	CORUMBÉ	Mauá	R\$ 7,7 milhões	105 mil m³
10	PETROBRAS	Mauá	R\$ 21,6 milhões	800 mil m³
11	MERCEDES BENZ	Diadema	R\$ 5,3 milhões	140 mil m³
12	VOLKS DEMARCHI	S.Bernardo do Campo	R\$ 8,7 milhões	170 mil m³
13	SÔNIA MARIA	Mauá	R\$ 7,1 milhões	120 mil m³
14	MERCEDES PAULICÉIA	S.Bernardo do Campo	R\$ 17,1 milhões	380 mil m³
15	SÃO CAETANO	S.Caetano do Sul	R\$ 8,6 milhões	235 mil m³
16	FORD TABOÃO	S.Bernardo do Campo	R\$ 17,5 milhões	340 mil m³
17	ORATÓRIO	Santo André	R\$ 17,7 milhões	320 mil m³
18	TABOÃO	S.Bernardo do Campo	R\$ 9,2 milhões	180 mil m³
19	FORD FÁBRICA	S.Bernardo do Campo	R\$ 7,2 milhões	82 mil m³
	SUB TOTAL		R\$ 179,4 milhões	3.765 mil m³
20	GUAMIRANGA	São Paulo	R\$ 120 milhões	850 mil m³
21	MIRANDA D'AVIZ	Mauá	R\$ 20 milhões	100 mil m³
22	PINDORAMA	S.Bernardo do Campo	R\$ 10 milhões	35 mil m³
23	JABOTICABAL	Diadema	R\$ 76 milhões	900 mil m³
	TOTAL		R\$ 405,4 milhões	5.650 mil m³

OBS.: Piscinões previstos - Guamaranga, Miranda D'Aviz, Pindorama e Jaboticabal

Fonte: DAEE (2019).

O Gráfico 12 projeta o custo acumulado dos reservatórios (implantação e manutenção) durante um período de 10 anos. Observa-se que a partir do quinto ano o dispositivo aberto ultrapassa o valor do fechado. Sendo assim, constata-se que a relação custo benefício do reservatório fechado tende a ser mais interessante visto que a diferença inicial do investimento seria compensada em um curto intervalo de tempo, as manutenções são mais baratas e menos frequentes, além de menores riscos de proliferação de mau cheiro e doenças como a dengue, por exemplo.

Gráfico 12: Projeção do Custo do Reservatório ao Longo dos Anos.

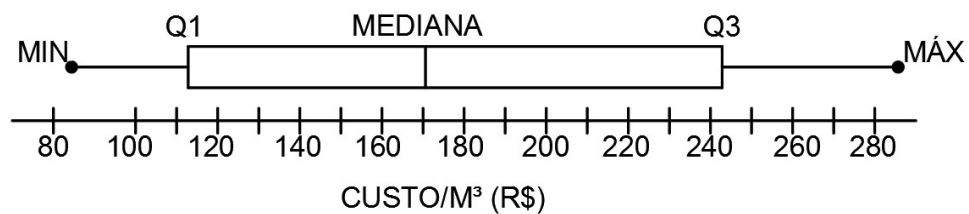


Fonte: Autoria Própria.

Outra análise pertinente ao Quadro 1 é com relação ao custo unitário do metro cúbico do dispositivo. Foram considerados apenas os reservatórios destacados em vermelho, visto que como essas obras ainda não foram finalizadas tratam-se de valores mais atualizados. O preço mais alto foi o do Piscinão de Pindorama (R\$ 285,71/m³) e o mais baixo foi o de Jaboticabal (R\$ 84,44/m³). A cotação estimada do reservatório em estudo foi de R\$ 121,60/m³, portanto, dentro do intervalo. Destaca-se que essa comparação foi feita apenas visando avaliar a concordância dos dados obtidos com levantamentos reais, pois cada reservatório pode ser executado com um método construtivo diferente dificultando a padronização dos valores.

O Gráfico 13 foi traçado seguindo o mesmo princípio do anterior, porém dessa vez a ideia é analisar a variação dos custos de execução. Para tanto os valores utilizados como referência foram os custos e volumes dos reservatórios não implantados na região do ABC Paulista (destacados em vermelho no Quadro 4). O ponto referencial corresponde à mediana dos custos por metro cúbico (R\$ 170,59/m³). Os valores mínimo e máximo são respectivamente, do Piscinão de Jaboticabal (R\$ 84,44/m³) e Pindorama (R\$ 285,71/m³).

Gráfico 13: Variação de preço por m³.



Fonte: Autoria Própria.

A cotação estimada do reservatório em estudo foi de R\$ 121,60/m³, portanto, dentro do intervalo entre o primeiro quartil e a mediana. Nota-se que a distribuição não é simétrica, porém nenhum dos intervalos concentra uma porcentagem muito maior que a dos demais. A variação nos preços é resultado das diferentes concepções de projetos, falta de uniformidade dos custos devido aos métodos construtivos adotados, disponibilidade de mão de obra e de fatores mais específicos como a topografia e o custo das desapropriações caso necessário.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de reservatórios de detenção é economicamente viável, afinal o custo de implantação de um sistema mais tradicional (com bueiros e poços de visita) supondo o amortecimento do mesmo volume seria muito mais caro. Além disso, os benefícios indiretos como a concentração dos resíduos dentro do reservatório, redução dos danos ao tráfego e pavimentos, bem como menores chances de ocorrência de deslizamentos também justificam a opção por esse sistema. Porém, destaca-se que como o loteamento escolhido tem uma área verde considerável e não está em uma região crítica do município, a escolha de uma área mais suscetível a alagamentos potencializaria a relação custo-benefício da implantação do dispositivo. Observou-se a falta de padronização das propostas de dimensionamento e a carência de legislações pertinentes. Além disso, constatou-se que o reservatório fechado, apesar de ter um custo inicial mais elevado, é mais econômico que o aberto a longo prazo. Apesar de o dimensionamento através do Decreto de Curitiba ser o valor mediano entre as propostas, o Método Racional foi considerado o mais adequado para a seção de estudo por ser de fácil aplicação, apresentar valor bem próximo ao mediano e não ser necessária nenhuma ressalva quanto a região, visto que no caso do Decreto 176/2007 foi necessária fazer uma adaptação para o município de Goiânia.

7. REFERÊNCIAS

ALFANO, B. Piscinão contra enchente surte efeito e Praça da Bandeira passa no teste da chuva. Extra, Rio de Janeiro, mar. 2015. Disponível em: < <https://extra.globo.com/noticias/rio/piscinao-contra-enchente-surte-efeito-praca-da-bandeira-passa-no-teste-da-chuva-15680148.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007. 8 p. Disponível em: < <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>>. Acesso em: 08 de junho de 2019.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. 2 ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011.

BOTELHO, M.H.C. *Águas de Chuva: Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades*. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BRASIL. **Lei nº 9511, de 15 de dezembro de 2014**. Estabelece regras de Controle de Águas Pluviais e Drenagem Urbana e dá outras providências. Prefeitura de Goiânia. Goiânia, GO, 15 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.faccar.com.br/normas-da-abnt/modelos-de-referencia>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB*. Brasília: 2013. 173 p. Disponível em: <http://www.cecol.fsp.usp.br/dcms/uploads/arquivos/1446465969_Brasil-PlanoNacionalDeSaneamentoB%C3%A1sico-2013.pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2019.

CANHOLI, A.P. *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CASAROLI, D. et al. *Padrões de Chuva e de Evapotranspiração em Goiânia, GO*. Revista Brasileira de Meteorologia. São Paulo, v.33, n.2, p. 247-256, 2018. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v33n2/0102-7786-rbmet-33-02-0247.pdf>>. Acesso em: 07 de outubro de 2019.

CORSINI, R. *Piscinões para controle de cheias: Dimensionamento, projeto, custos e manutenção de reservatórios de contenção de enchentes em espaços públicos*. Infraestrutura Urbana. Ed. 4, 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/4/artigo220142-2.aspx>>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

CRUZ, M.A.S; TUCCI, C.E.M; SILVEIRA, A.L.L. *Controle do Escoamento com Detenção em Lotes Urbanos*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, v.3, n.4, p. 19-31, out-dez 1998. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/12/controle-do-escoamento-com-detencao-em-lotes-urbanos.pdf>>. Acesso em: 30 de maio de 2019.

DAEE – Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica (São Paulo). Piscinões cumprem papel das várzeas ocupadas desordenadamente. Disponível em:

<http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=60%25>.

Acesso em: 16 de outubro de 2019.

DNIT. Álbum de Projetos-Tipo de Dispositivos de Drenagem. Rio de Janeiro, RJ, 2006, 103p.

Disponível em: <

http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5Calbum_proj_tipos_disp_dren_versao_14.02.2007.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2019.

FRANCISCHET, M.M. *Análise da Influência dos Reservatórios de Detenção Domiciliares no Escoamento Superficial Urbano*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2012. Disponível em: <

<http://clyde.dr.ufu.br/bitstream/123456789/14168/1/d.pdf>>. Acesso em: 07 de outubro de 2019.

GIUDICI, S.L. Reservatórios de detenção – “Piscinões”. Escola Superior de Gestão e Contas Públicas. 2019. Disponível em: < <https://escoladecontas.tcm.sp.gov.br/artigos/2027-reservatorios-de-detencao-piscinoes>>. Acesso em: 23 de outubro de 2019.

Goiânia. **Lei Complementar Nº 177, de 09 de janeiro de 2008**. Dispõe sobre o Código de Obras e Edificações do Município de Goiânia e dá outras providências. Prefeitura de Goiânia, Goiânia, GO, 09 jan. 2008. 76 p. Disponível em: <

<http://www.goiania.go.gov.br/download/legislacao/codigodeobras.pdf>>. Acesso em: 27 de março de 2019.

Goiânia. **Minuta de Lei Complementar, de 16 de fevereiro de 2018**. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Goiânia e dá outras providências. Prefeitura de Goiânia, Goiânia, GO, 09 jan. 2016 fev. 2018. 158 p. Disponível em: < <file:///E:/9%20Periodo/TCC/Minuta-do-Plano-Diretor-19fev18-1.pdf>>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama: Brasil/Goiás/Goiânia. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goiania/panorama>>. Acesso em: 26 de novembro de 2018.

IMADA, R. G. *Prática de Microdrenagem Sustentáveis para a Redução do Escoamento Superficial Urbano*. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014. Disponível em: <
<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180300/tce-04032015-150656/?&lang=br>>.
 Acesso em: 15 de novembro de 2018.

Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP – Banco de Dados Históricos**. Disponível em:
 <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=83423&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/01/1961&mRelDtFim=31/12/2018&mAtributo=s,,,,,,,,,1,,,,,,,,>. Acesso em: 01 de abril de 2019.

JUNIOR, C.R.F. *Modelos Chuva-Vazão*. Centro de Tecnologia UFAL. 2005. Disponível em:
 <http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Pos/MSH_M/6%20Modelos%20Chuva-Vaz%C3%A3o_Ruberto_parte2.ppt>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

JUNIOR, M.R.N; LARIUCCI, F.G; SOUSA, A.C.P. *Avaliação de Soluções de Drenagem Urbana para Novos Loteamentos no Município de Goiânia*. 2017.

LIMA, A. S. C. et al. *Satisfação e percepção dos usuários dos sistemas de saneamento de municípios goianos operados pelas prefeituras*. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 415-428, maio-jun 2017. Disponível em:
 <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522017000300415&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 03 de abril de 2019.

NAKAZONE, L.M. *Implantação de Reservatórios de Detenção em Conjuntos Habitacionais: a Experiência da CDHU*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005. Disponível em:
 <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-13042006-210759/publico/ImplantacaoReservatoriosDetencao.pdf>>. Acesso em: 23 de novembro de 2018.

NEVES, M.G.F.P et al. *Propostas de Melhorias nos Reservatórios para Controle de Cheias Urbanas*. 2005. Disponível em: <

<http://www.ctec.ufal.br/professor/mgn/PropostasDeMelhoriasNosReservat%C3%B3riosParaControleDeCheiasUrbanas.pdf>>. Acesso em: 04 de outubro de 2019.

Nacional del Água, 2005 e III Simposio de Recursos Hidricos del Cono Sur, 2005. Mendonza/Argentina.

Novo reservatório para o controle de enchentes é inaugurado na Tijuca, Rio. G1, Rio de Janeiro, 12 jun. 2016. Disponível em: < <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/06/novo-reservatorio-para-o-controle-de-enchentes-e-inaugurado-na-tijuca-rio.html>>. Acesso em: 13 de novembro de 2019.

PAULO, T. Pontos críticos de alagamento em Goiânia sobem de 50 para 97 em 1 ano. Portal Dia Online, Goiás, 22 nov. 2019. Disponível em: < https://diaonline.ig.com.br/2019/11/22/pontos-criticos-de-alagamento-em-goiania-sobem-de-50-para-97-em-1-ano/?utm_source=Ton+Paulo&utm_campaign=diaonline-author>. Acesso em: 18 de dezembro de 2019.

Portal do Servidor. Praça Varnhagen. 2016. Disponível em: < <http://prefeitura.rio/web/portaldoservidor/exibeconteudo?id=6441149>>. Acesso em: 13 de novembro de 2019.

Praça da Bandeira, na Zona Norte do Rio, é reinaugurada após obras. G1, Rio de Janeiro, 07 fev. 2015. Disponível em: < <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/02/praca-da-bandeira-na-zona-norte-do-rio-e-reinaugurada-apos-obras.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

Prefeitura quer fazer piscinão para evitar inundações na Tijuca. Veja, Rio de Janeiro, 09 abr. 2018. Disponível em: < <https://vejario.abril.com.br/cidades/prefeitura-quer-fazer-piscinao-para-evitar-inundacoes-na-tijuca/>>. Acesso em: 13 de novembro de 2019.

Prefeitura do Rio de Janeiro. Prefeito entrega reservatório de águas pluviais da nova Praça Varnhagen. 2016. Disponível em: < <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=6196739>>. Acesso em: 13 de novembro de 2019.

Prefeitura do Rio de Janeiro. Grandes obras de drenagem e esgotamento sanitário e parceria com os governos Federal e Estadual. Disponível em: < <http://www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas/obras-e-parcerias#>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

Projeto de piscinões que evitam alagamentos não prevê reúso da água. Extra, Rio de Janeiro, 02 fev. 2015. Disponível em: < <https://extra.globo.com/noticias/rio/projeto-de-piscinoes-que-evitam-alagamentos-nao-preve-reuso-da-agua-15215462.html>>. Acesso em: 13 de novembro.

SAVI, C. Pré-Dimensionamento de Reservatórios de Detenção para Controle de Cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira no Município de Joinville - SC [Trabalho de Conclusão de Curso]. Joinville: Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Engenharia de Engenharia de Infraestrutura, 2016. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/171777>>. Acesso em: 16 de novembro de 2018.

Secretaria Municipal de Planejamento (SEPLAM); Fundo Municipal de Desenvolvimento Urbano (FMDU); Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro Oeste (ITCO).

Zoneamento Ecológico Econômico do Município de Goiânia. 2008. Disponível em: < http://www.goiania.go.gov.br/download/aprovnet/zee/zee_Relatorio_tecnico.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices. Relatório de Insumos e Composições – JUL/19 - SEM DESONERAÇÃO. 2019. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_646>. Acesso em: 06 de setembro de 2019.

Soluções para Cidades. *Projeto Técnico: Reservatórios de Detenção*. 2013. Disponível em: < http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf>. Acesso em: 23 de novembro de 2018.

SOUZA, C.F.; CRUZ, M.A.S.; TUCCI, C.E.M. *Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, v.17, n.2, p. 9-18, abr-jun 2012. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=62&SUMARIO=814>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

TOMAZ, P. *Dimensionamento preliminar de reservatório de detenção. Curso de Manejo de Águas Pluviais (livro 14)*. 2010b. Cap 10. Disponível em: <

http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_reservatorios/capitulo10.pdf>. Acesso em: 30 de abril de 2019.

TOMAZ, P. *Hietograma pelo método dos blocos alternados*. Curso de Manejo de Águas Pluviais. 2010a. Cap 42. Disponível em: <
http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo42.pdf>. Acesso em: 08 de junho de 2019.

TOMAZ, P. *Método Racional*. Curso de Manejo de Águas Pluviais. 2010b. Cap 2. Disponível em: <
http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo02.pdf>. Acesso em: 15 de abril de 2019.

TOMAZ, P. *Tempo de Concentração*. Curso de Manejo de Águas Pluviais. 2013. Cap 3. Disponível em: <
http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidraulicos/capitulo04.pdf>. Acesso em: 27 de março de 2019.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Da. UFRGS, 2001. Disponível em: < <https://docero.com.br/doc/1n8e11>> . Acesso em: 19 de março de 2019.

TUCCI, C. E. M. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. Vol. 4. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, 2005.

APÊNDICE A – ESTIMATIVA DE ORÇAMENTO

- Reservatório Fechado

Orçamento						
Obra: Dispositivo Hidráulico - Reservatório de Detenção Fechado						
Preços Pesquisados em: www.caixa.gov.br						
Acessados em: 06 de setembro de 2019				Data: 06 de setembro de 2019		

Item	Descrição do Serviço	Qtde	Unidade	Código	Preço Unitário (R\$)	Preço do Serviço (R\$)
------	----------------------	------	---------	--------	----------------------	------------------------

Área Fundo do Reservatório	1653,2	m²				
Profundidade	4,2	m				

1 Serviços Preliminares

1.1	CAPINA E LIMPEZA MANUAL DE TERRENO	13722	m²	73859/2	R\$ 1,14	R\$ 15.643,08
1.2	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M - 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018	291,4	m	99059	R\$ 34,37	R\$ 10.015,42

2 Movimentação de Terra

2.1	ESCAVAÇÃO VERTICAL A CÉU ABERTO, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M³ / 111 HP), FROTA DE 3 CAMINHÕES BASCULANTES DE 14 M³, DMT DE 0,2 KM E VELOCIDADE MÉDIA 4 KM/H. AF_12/2013	6943,44	m³	89885	R\$ 8,22	R\$ 57.075,08
2.2	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE UM CILINDRO AÇO LISO, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL MÁXIMO 8,1 T, IMPACTO DINÂMICO 16,15 / 9,5 T, LARGURA DE TRABALHO 1,68 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	173,452	CHP	5684	R\$ 101,06	R\$ 17.529,10

3 Reservatório

3.1	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIER, ESPESSURA DE 5 CM. AF_07/2016	165,32	m²	95241	R\$ 21,01	R\$ 3.473,37
3.2	CONTENÇÃO EM CORTINA COM ESTACAS ESPAÇADAS COM 30 CM DE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 10 M. AF_06/2018	53,1	m²	98615	R\$ 85,10	R\$ 4.518,81

3.3	CONCRETAGEM DE CORTINA DE CONTENÇÃO, ATRAVÉS DE BOMBA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_07/2019	223,02	m³	100349	R\$ 393,25	R\$ 87.702,62
3.4	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_06/2017	61,5	m²	96530	R\$ 89,34	R\$ 5.494,41
3.5	CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS BALDRAME, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_06/2017	61,5	m³	96555	R\$ 454,03	R\$ 27.922,85
3.6	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_12/2015	6,4	m²	92409	R\$ 135,92	R\$ 869,89
3.7	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE GRUA EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MAIOR QUE 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	6,4	m²	92721	R\$ 329,68	R\$ 2.109,95
3.8	CONCRETO RAMPA DE ACESSO	297,36	m²	Composição Própria	R\$ 493,95	R\$ 95.345,31
3.9	IMPERMEABILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS ENTERRADAS, COM TINTA ASFALTICA, DUAS DEMAS.	388,34	m²	74106/1	R\$ 8,40	R\$ 3.262,06
3.10	EXECUCAO DE DRENO COM TUBOS DE PVC CORRUGADO FLEXIVEL PERFORADO - DN 100	17	m	73816/1	R\$ 27,15	R\$ 461,55
3.11	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	165,32	m³	92723	R\$ 371,14	R\$ 61.356,86
TOTAL					R\$	392.780,35

- Reservatório Aberto

Orçamento	
Obra: Dispositivo Hidráulico - Reservatório de Detenção Aberto	
Preços Pesquisados em: www.caixa.gov.br	
Acessados em: 06 de setembro de 2019	Data: 06 de setembro de 2019

Item	Descrição do Serviço	Qtde	Unidade	Código	Preço Unitário (R\$)	Preço do Serviço (R\$)
------	----------------------	------	---------	--------	----------------------	------------------------

Área Fundo do Reservatório	1653,2	m²
Profundidade	4,2	m

1 Serviços Preliminares

1.1	CAPINA E LIMPEZA MANUAL DE TERRENO	13722	m²	73859/2	R\$ 1,14	R\$ 15.643,08
1.2	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M - 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018	291,4	m	99059	R\$ 34,37	R\$ 10.015,42

2 Movimentação de Terra

2.1	ESCAVAÇÃO VERTICAL A CÉU ABERTO, INCLUINDO CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE, EM SOLO DE 1ª CATEGORIA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M³ / 111 HP), FROTA DE 3 CAMINHÕES BASCULANTES DE 14 M³, DMT DE 0,2 KM E VELOCIDADE MÉDIA 4 KM/H. AF_12/2013	6943,44	m³	89885	R\$ 8,22	R\$ 57.075,08
2.2	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE UM CILINDRO AÇO LISO, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL MÁXIMO 8,1 T, IMPACTO DINÂMICO 16,15 / 9,5 T, LARGURA DE TRABALHO 1,68 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	173,452	CHP	5684	R\$ 101,06	R\$ 17.529,10

3 Reservatório

3.1	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIER, ESPESSURA DE 5 CM. AF_07/2016	165,32	m²	95241	R\$ 21,01	R\$ 3.473,37
3.2	CONTENÇÃO EM CORTINA COM ESTACAS ESPAÇADAS COM 30 CM DE DIÂMETRO E PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 10 M. AF_06/2018	53,1	m²	98615	R\$ 85,10	R\$ 4.518,81
3.3	CONCRETAGEM DE CORTINA DE CONTENÇÃO, ATRAVÉS DE BOMBA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_07/2019	223,02	m²	100349	R\$ 393,25	R\$ 87.702,62
3.4	CONCRETO RAMPA DE ACESSO	297,36	m²	Composição Própria	R\$ 493,95	R\$ 95.345,31
3.5	IMPERMEABILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS ENTERRADAS, COM TINTA ASFALTICA, DUAS DEMAS.	388,34	m²	74106/1	R\$ 8,40	R\$ 3.262,06
3.6	EXECUCAO DE DRENO COM TUBOS DE PVC CORRUGADO FLEXIVEL PERFORADO - DN 100	17	m	73816/1	R\$ 27,15	R\$ 461,55

TOTAL					R\$ 295.026,39
-------	--	--	--	--	----------------

APÊNDICE B – TABELAS DE APOIO

Determinação Coeficientes Método Racional	
Área Terreno (ha)	18
Período de Retorno (anos)	10
Tempo de Concentração (min)	11
% Area Impermeável	56,11
Intensidade Pluviométrica (mm/min)	2,79
Intensidade Pluviométrica (mm/h)	167,45
Cpós	0,56
Cpré	0,15
Área Impermeável (m²)	101000
Qpré (m³/s)	1,26
Qpós (m³/s)	4,65

Orifício	
Qpós - Qpré	3,39
Cd	0,62
h	1,00
A	0,56
D	0,84

Quantidade Anual de Publicações na Plataforma Capes			
Palavra Chave	Drenagem Urbana	Palavra Chave	Técnicas Compensatórias
1993	1	1993	0
1994	0	1994	0
1995	0	1995	0
1996	0	1996	0
1997	0	1997	0
1998	2	1998	0
1999	0	1999	1
2000	3	2000	0
2001	1	2001	0
2002	0	2002	0
2003	0	2003	0
2004	0	2004	0
2005	0	2005	0
2006	4	2006	0
2007	7	2007	1
2008	5	2008	0
2009	7	2009	3
2010	5	2010	2
2011	17	2011	1
2012	13	2012	0
2013	7	2013	3
2014	18	2014	1
2015	12	2015	2
2016	14	2016	2
2017	14	2017	4
2018	7	2018	2
2019	3	2019	0

Precipitação Média Mensal	
Jan	251,58
Fev	217,10
Mar	232,28
Abr	124,85
Mai	33,13
Jun	8,64
Jul	3,86
Ago	11,19
Set	46,04
Out	152,60
Nov	222,09
Dez	268,97

Custo Reservatório para Diferentes Tipologias					
Lacrado (1m)		Aberto		Lacrado (0,4 m)	
Volume	Custo	Volume	Custo	Volume	Custo
1,0	306,77	1,0	84,6	1,0	364,1
1,5	378,73	1,5	112,06	1,5	448,11
2,0	450,69	2,0	139,51	2,0	531,33
2,5	522,65	2,5	166,96	2,5	614,55
3,0	594,61	3,0	194,42	3,0	697,76
Cilíndrico (0,6 m)		1 m com infiltração		0,4 m com infiltração	
Volume	Custo	Volume	Custo	Volume	Custo
1,0	281,77	1,0	283,56	1,0	314,9
1,5	416,66	1,5	346,59	1,5	378,89
2,0	551,55	2,0	409,62	2,0	442,87
2,5	686,44	2,5	472,66	2,5	506,86
3,0	821,33	3,0	535,69	3,0	570,84

Hidrograma de Pré e Pós Urbanização			
Tempo (s)	Distribuição da Precipitação (mm)	Vazão pré	Vazão Pós
1	1,99	0,12	0,46
2	2,22	0,14	0,52
3	2,51	0,16	0,58
4	2,85	0,18	0,66
5	3,27	0,21	0,76
6	3,80	0,24	0,88
7	3,52	0,22	0,82
8	3,05	0,19	0,71
9	2,67	0,17	0,62
10	2,36	0,15	0,55
11	2,10	0,13	0,49
Área (hectares)		18	
Cpré		1,26	
Cpós		4,65	

Duração Chuva (h)	2	Duração Chuva (h)	8	Duração Chuva (h)	12
T (Período de Retorno)	Intensidade Pluviométrica (mm/h)	T (Período de Retorno)	Intensidade Pluviométrica (mm/min)	T (Período de Retorno)	Intensidade Pluviométrica (mm/min)
2	31,13	2	9,22	2	6,31
5	37,52	5	11,11	5	7,60
10	42,40	10	12,55	10	8,59
25	48,52	25	14,36	25	9,83
50	53,73	50	15,91	50	10,89
100	59,49	100	17,61	100	12,06
Duração Chuva (h)	16	Duração Chuva (h)	20	Duração Chuva (h)	24
T (Período de Retorno)	Intensidade Pluviométrica (mm/min)	T (Período de Retorno)	Intensidade Pluviométrica (mm/min)	T (Período de Retorno)	Intensidade Pluviométrica (mm/min)
2	4,80	2	3,88	2	3,26
5	5,79	5	4,68	5	3,93
10	6,54	10	5,29	10	4,44
25	7,49	25	6,05	25	5,09
50	8,29	50	6,70	50	5,63
100	9,18	100	7,42	100	6,24

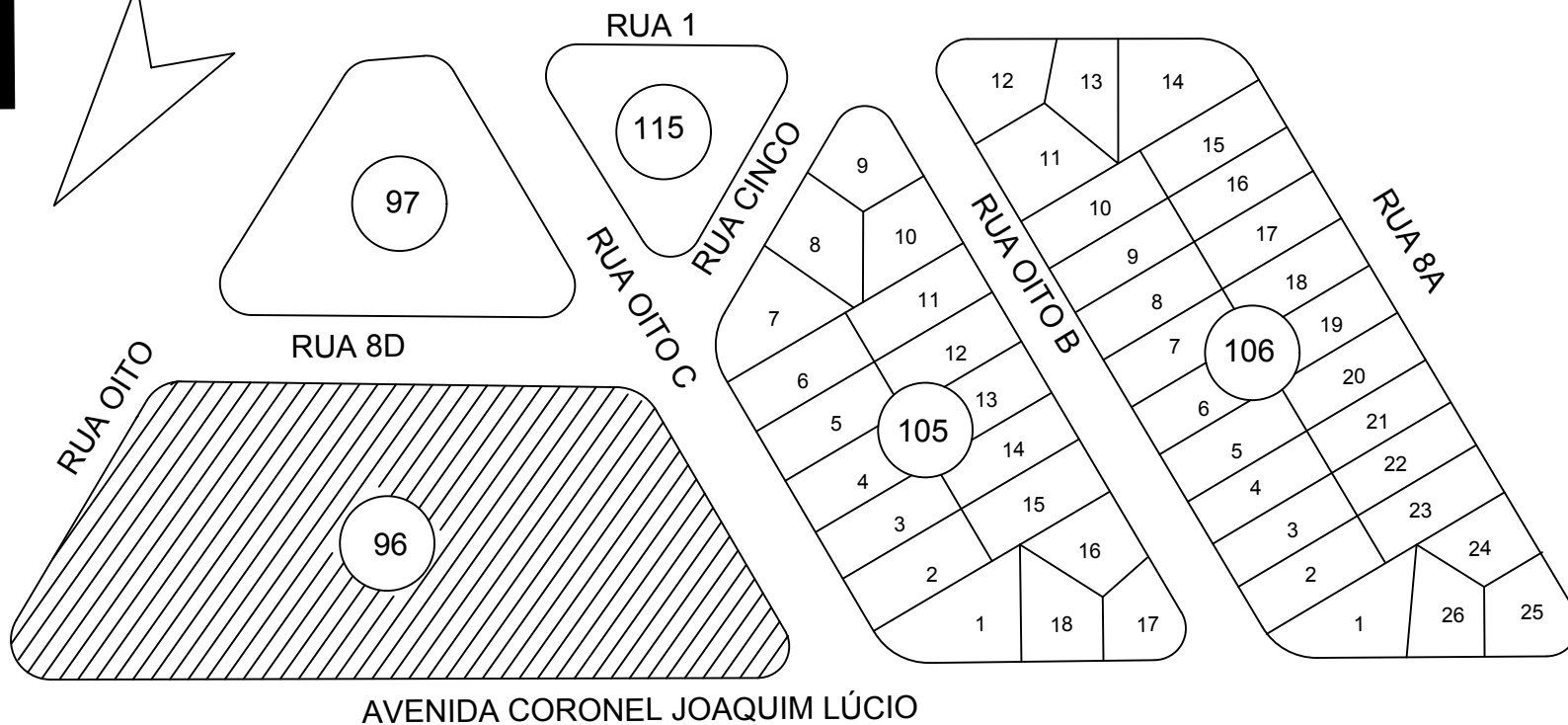
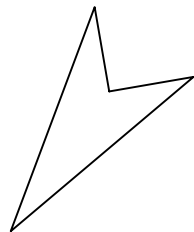
Duração da Chuva (h)	I para T = 2	I para T = 8	I para T = 12	T = 16	T = 20	T = 24
2	31,13	9,22	6,31	4,80	3,88	3,26
8	41,02	11,11	7,60	5,79	4,68	3,93
12	43,55	12,55	8,59	6,54	5,29	4,44
16	45,44	14,36	9,83	7,49	6,05	5,09
20	46,95	15,91	10,89	8,29	6,70	5,63
24	48,23	17,61	12,06	9,18	7,42	6,24

COMPOSIÇÃO RAMPA							
Código	Descrição	Unidade	Valor Unitário	Qtde	Preço do Serviço	SCS	2996,00
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	R\$ 20,05	16	R\$ 320,80	Racional	3229,18
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	R\$ 14,32	16	R\$ 229,12	Dec. 176/2007	3382,50
94965	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	m³	R\$ 389,40	318,79	R\$ 124.136,83	Aron Kibler	4476,35
PREÇO FINAL					R\$ 124.686,75	Chuvas	5930,82
						Mediana	3382,50
						1 Quartil	3112,59
						3 Quartil	5203,59
						L Inferior	2996,00
						L sup	5930,82

Piscinões Previstos para o ABC Paulista					
Piscinão	Custo (R\$)	Volume (m³)	Custo/m³	Mínimo	84,44
Guamiranga	120000000	850000	141,18	Q1	112,81
Miranda D'Aviz	20000000	100000	200,00	Q3	242,86
Pindorama	10000000	35000	285,71	Máximo	285,71
Jaboticabal	76000000	900000	84,44	Mediana	170,59

Área (Km ²)	0,18
tc (h)	0,18
CN	92,00
S (Parâmetro de Armazenamento)	22,09
Ia (Perdas Iniciais)	4,42
P (Chuva acumulada em mm)	30,35
Precipitação Efetiva (mm)	14,00
ta (Tempo de Ascensão em h)	0,06
Qp (Vazão de Pico)	5,79
Vesd (Volume de Escoamento Superficial)	5516,40
Volume Excedente (m ³)	2520,74
Volume Reservatório (m ³)	2995,66

N



1

PLANTA DE SITUAÇÃO

ESCALA 1:2000

TÍTULO:

PLANTA DE SITUAÇÃO

FOLHA:

69

ASSUNTO:

APÊNDICE C - PROJETO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO

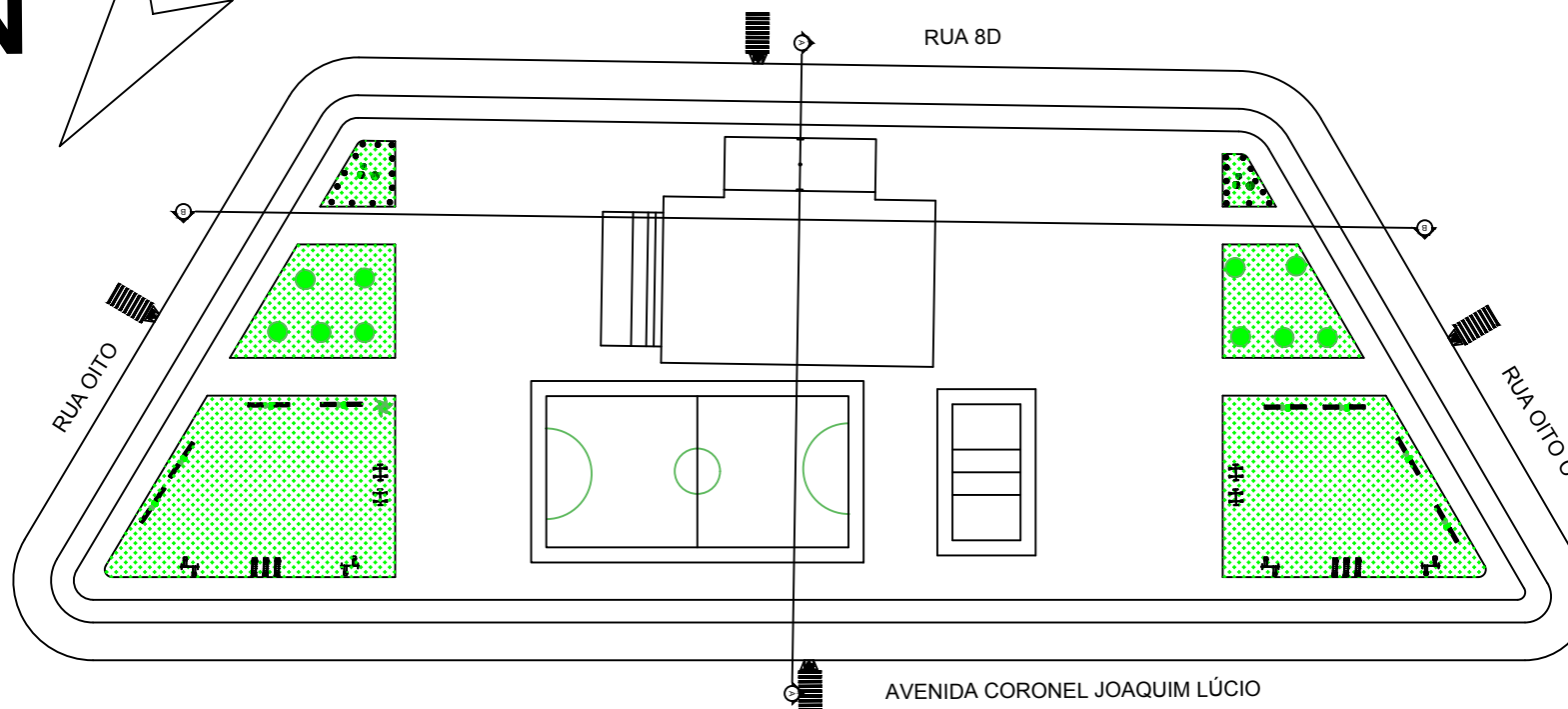
ESCALA:

1:1500

DATA:

05/09/2019

N



2 PLANTA BAIXA
ESCALA 1:1000

TÍTULO:

PLANTA BAIXA ARQUITETÔNICA

FOLHA:

70

ASSUNTO:

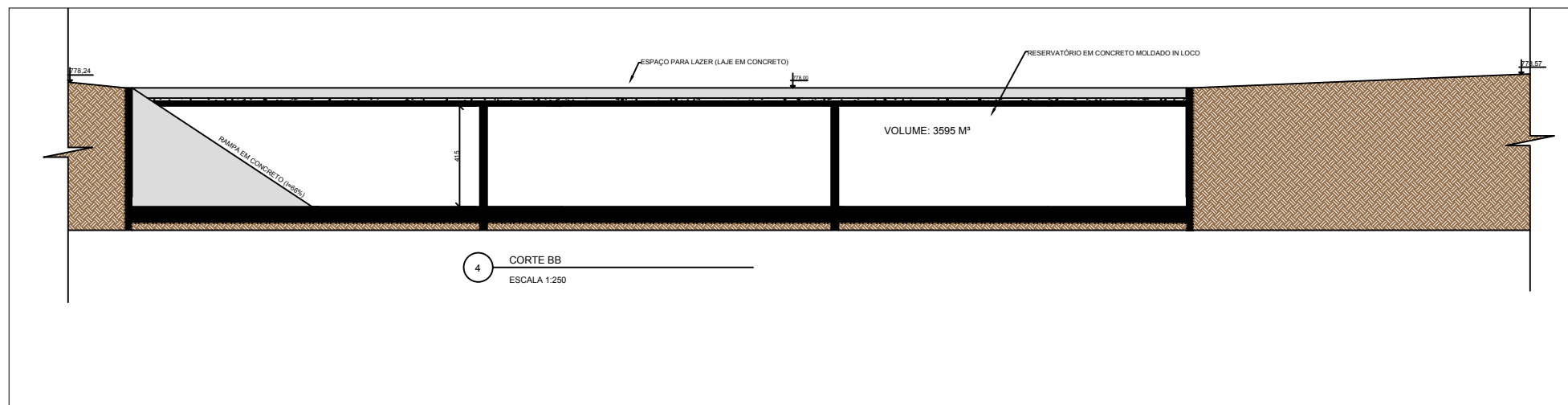
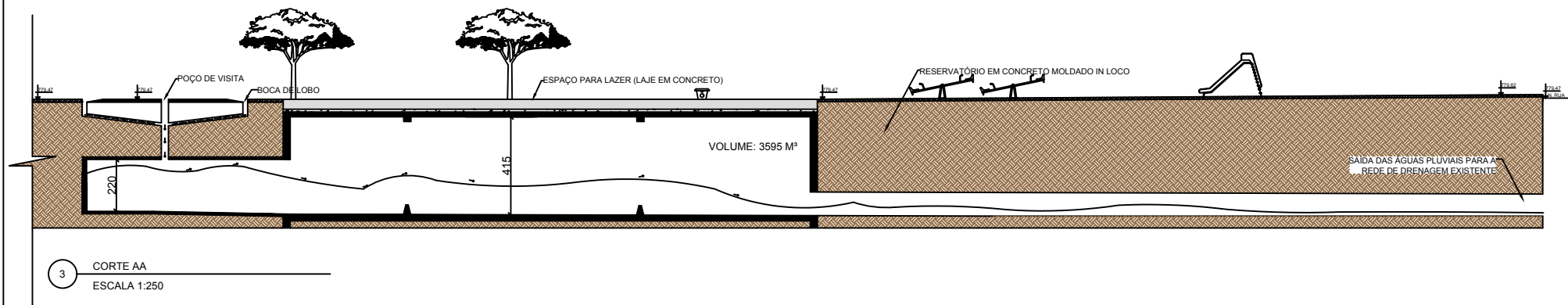
APÊNDICE C - PROJETO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO

ESCALA:

1:1000

DATA:

09/09/2019



TÍTULO:	CORTES RESERVATÓRIO	FOLHA:	71
ASSUNTO:	APÊNDICE C - PROJETO RESERVATÓRIO DE DETENÇÃO	ESCALA:	1:250
		DATA:	09/09/2019

ANEXO A - PONTOS CRÍTICOS DE ALAGAMENTOS EM VIAS PÚBLICAS NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA



**PREFEITURA
DE GOIÂNIA**



PONTOS CRÍTICOS DE ALAGAMENTOS EM VIAS PÚBLICAS NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

Região Sul

01	Vila Redenção	Rua Nonato mota Córrego Botafogo	Alagamento Inundações Enxurradas
02	Parque Amazonas	Avenida Feira de Santana / Córrego Serrinha	Alagamento, Inundações e Enxurrada
03	Parque Amazonas	AV. Ana Nunes de Monteiro cont. da Rua C-183	Alagamento Enxurradas Inundação
04	Parque Amazonas	AV. José Rodrigues de Moraes Neto	Alagamento Enxurradas Inundação
05	Parque Amazonas	Rua Anacá Córrego Minaçu	Alagamento Enxurradas Inundação
06	Parque Amazonas	Av. Dona Terezinha de Moraes Córrego Mingau	Alagamento Enxurradas Inundação
07	Jardim America	Av. C-107 Córrego Cascavel	Alagamento Enxurradas Inundação

08	Jardim América	Rua c-107, com rua c-190- próximo a DPCA	Alagamento Enxurrada
09	Jardim América	Rua C-206, com Rua C- 198- prox. bar Mourão	Alagamento
10	Jardim América	Avenida C -107, com a Rua C-187	Alagamento/ Enxurradas bruscas
11	Pedro Ludovico	Avenida 2ª Radial Córrego Botafogo	Alagamento Inundações Enxurradas
12	Pedro Ludovico	Avenida 1ª Radial, Prox. Ao HUGO	Alagamento Enxurradas
13	Pedro Ludovico	Avenida 3ª Radial Jd. Botânico Córrego Botafogo	Alagamento Enxurradas Inundação
14	Alto da Glória	Avenida Recife - Córrego Barreiro	Alagamento Inundações Enxurradas
15	Jardim Goiás	Viaduto da avenida H, com a Av. Jamel Cecilio	Alagamento / Inundação
16	Jardim Esmeralda	Rua Terezinha, em frente a UNIFAN	Alagamento Inundação Enxurradas
17	Bueno	Av. T -9 prox. clube oasis	Alagamento
18	Bueno	Av. T-10, ao lado do Parque Vaca Brava	Alagamento

		GYN shopping	
19	Bueno	Av. T-8, esq. c/ T- 27 prox. Instituto Ortopédico	Alagamento / Enxurradas
20	Bueno	Avenida T-8, com T -30, Prox. Praça Gilberto da Veiga	Alagamento
21	Bueno	Av. t-2, com a avenida T-8	Alagamento / Enxurradas
22	Oeste	Avenida Anhanguera, Baixada do Lago das Rosas	Alagamento
23	Oeste	Avenida T-7 com a Rua 31- Prox. A Fibrauto	Alagamento
24	Oeste	Avenida T-7, com Ruy Brasil Cavalcante, prox. Paróquia São Paulo Apóstolo	Alagamento
25	Oeste	Av. Assis Chateaubriand, Prox. Fórum	Alagamento
26	Sul	Rua 87 com Av.Cora Coralina e Rua 132	Alagamento
27	Sul	Rua 83 com a Rua 83-A- Próximo a Praça Cívica	Alagamento Enxurradas
28	Sul	Avenida 85 com Praça Cívica	Alagamento

REGIAO NORTE

01	Setor Perim	Rua da Alegria com Viela da Geni e da Mina	Alagamento e Deslizamento de terra
02	Jd. Guanabara	Rua Belo Horizonte, próximo a Igreja Católica Jesus Bom	Alagamento

		Pastor	
03	Residencial Itamaracá	Rua RIT-13	Alagamento
04	Residencial Itamaracá	RUA RIT-9 c/ Rua SP-19, prox. ao Ribeirão Anicuns	Alagamento
05	Vila São Luis	Av. Marechal Rondon esq. c/ Rua 01	Alagamento Inundação
06	Vila Roriz	Rua UM10 e Rua do Brejo/ Rua Lucena	Alagamentos Inundação
07	Vila Jardim São Judas Tadeu	Av. Afonso PENA	Alagamento
08	Chácara Recreio Samambaia	Rua Vinicius de Moraes	Alagamento
09	Vila Maria Rosa	Rua Rosangela Nunes e Rua Ângelo Pereira Nunes	Alagamento Enxurrada
10	Gentil Meireles	Alameda Monet, Al. Modigliani e Al. Matisse	Alagamento Inundação

REGIÃO LESTE

01	Jardim Novo Mundo	Av. Anhanguera, Prox. Viaduto da BR 153	Alagamento
02	Jardim Novo Mundo	Avenida das palmeiras	Alagamento / Inundação
03	Conjunto Caiçara	Alameda Iracema Caldas de Almeida qd. 06	Alagamento / Inundação
04	Vl. Alto da Glória	Avenida Recife - Córrego Barreiro	Alagamento / Inundações / Enxurradas
05	Bairro Santo Hilário	Rua Abel Rodrigues, Prox. Córrego Ladeira	Alagamento
06	St. Jd. Novo Mundo 2	Av. Lincoln	Alagamento/deslizamento

07	St. Grande Retiro	Vila Brasil, Rua São Francisco	Alagamento / Enxurrada
08	Vila Bandeirante/Vila Romana	Qd. G, Rua 13, Rua 9	Alagamento/Inundação

REGIÃO OESTE

01	Residencial Goiânia Viva	Av. Tóquio, próximo ao terminal de ônibus	Alagamento
02	Residencial Goiânia Viva	Rua Gabriel Henrique	Alagamento
03	Residencial Serra Azul	Av. Valmir A. de Queiroz c/Ribeirão Anicuns	Alagamento/Inundação
04	Bairro Capuava	Alameda das Mansões	Alagamento
05	Bairro João Braz I	Rua Marajoara, entre o Bairro Goya e João Braz	Alagamento
06	P. Industrial João Braz I e II	Av. Francisco Alves de Oliveira Entre o P. Ind. João Braz I e o II, Córrego São José.	Alagamento Inundações
07	St. Solange Park	Rua Francisco Alves Forte	Alagamento
08	Bairro Goiá	Av. Frei Miguelino	Alagamento
09	Lorena Parque	Rua Cristovão Colombo	Alagamento/Inundação

REGIÃO CAMPINAS / CENTRO

01	St. Aeroviário	Córrego cascavel, prox.Fac. Padrão	Alagamento
----	----------------	------------------------------------	------------

02	St. Granja Santos Dumont	Rua Dr. Jose Lobo	Alagamento/Inundação
03	St. Granja Santos Dumont	Av. Anhanguera próximo ao nº 9393	Alagamento /Inundação
04	Campinas	Av. Anhanguera c/ Quintino Bocaiúva	Alagamento
05	Campinas	Av. Anhanguera c/ Rua Quintino Bocaiúva	Alagamento
06	St. dos Funcionários	Av. Anhanguera com Avenida Perimetral	Alagamento
07	St. dos Funcionários	Rua P-7 qd. P-66	Alagamento/Inundação
08	S. Centro Oeste	Avenida B, com Rua 41	Alagamento
09	São Jose (antiga vila São Paulo)	Rua 5 c/ Av. São clemente	Alagamento /Inundação
10	São Jose	Ruas 4, 5, 6,8, PE. Pedágio,	Alagamento /Inundação
11	Setor Leste Universitário	Rua 243	Alagamento
12	Vila Izaura Vila Stª Helena	Av. Senador Jaime entre as Ruas 06 e 04	Alagamento
13	Vila Santa Helena	Alameda Anicuns	Alagamento
14	Vila Monticelli	Av. Perimetral c/ Rua 238	Alagamento Inundação
15	Setor Coimbra	Rua 217, com praça "A"	Alagamento
16	Setor Ferroviário	Avenida dos Ferroviários	Alagamento
17	Cj. Vera Cruz I	Av. Dona Gercina, Prox. Avenida Frei Confaloni	Alagamento
18	Centro	Av. Dona Gercina Borges	Enxurradas

		C/Alameda dos Buritis em frente ao bosque	
19	Centro	Avenida 85 c/ Pç. Pedro Ludovico	Alagamento
20	Centro	Av. Paranaíba com Rua 23, Frente ao Estádio Olímpico	Alagamento
21	Centro	Avenida Paranaíba, Frente ao Ginásio Rio Vermelho	Alagamento
22	Setor Aeroporto	Rua 6-A, qd. 15-A	Alagamento Inundação
23	St. Cidade Jardim	Av. Armando de Godoy, Prox. DETRAN	Alagamento

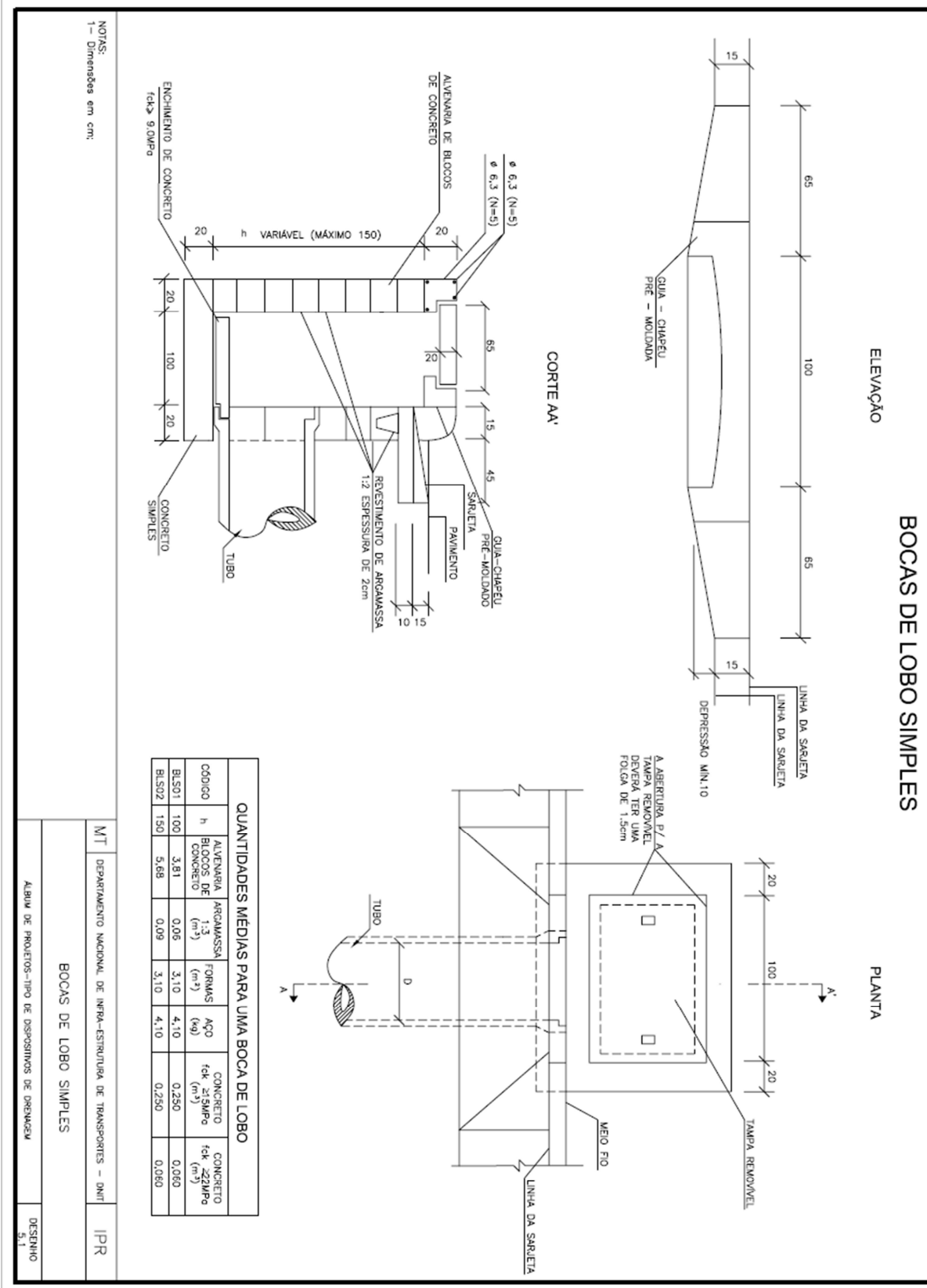
REGIÃO NOROESTE

01	Setor Recanto do Bosque	Av. Goiás com a Av. Mangalô, Prox. Igreja Comunidade Boas Novas	Alagamento
02	Jd. Curitiba III	Av. Oriente c/ Rua JC51	Alagamento
03	St. Estrela Dalva	Av. Oriente com Ailton Sena	Alagamento
04	St. Morada do Sol	Rua da Divisa	Alagamento
05	St. Marabá	Av. José Inácio Sobrinho	Alagamento
06	St. Parque Tremendão	Rua SPT-27	Alagamento/Enxurrada
07	Região do Córrego do Fundo	Jd. Novo Planalto – VI Finsocial- St. Morada do Sol	Alagamento/Inundação

REGIÃO SUDOESTE

01	St. Jardim Presidente	Avenida Presidente Kubitschek Córrego Macambira	Alagamento/ Inundações/ Enxurradas
02	St. Novo Horizonte	Avenida Mauricio Gomes / Córrego Macambira	Alagamento / Inundações /Enxurradas
03	St. Novo Horizonte	Avenida Miguel do Carmo / Córrego Macambira	Alagamento Inundações Enxurradas
04	St. Novo Horizonte	Av. Cesar Lates/Córrego Macambira	Alagamento Inundações Enxurradas
05	St. Jardim Planalto	Avenida T-9 viaduto - Córrego Cascavel	Alagamento Inundações Enxurradas
06	St. Jardim Caravelas	Rua JCA-12	Alagamento
07	St. Rio Formoso	Rua Miguel do Carmo entre a Via Celso Nascimento e Via Augusto Borges de Oliveira	Alagamento
08	St. Parque Oeste Industrial	Rua do Açúcar	Alagamento / Enxurrada
09	Residencial Goiânia Viva	Av. Tóquio, próximo ao terminal de ônibus	Alagamento

ANEXO B – DETALHAMENTO BOCA DE LOBO (DNIT, 2007)



ANEXO C - COMPOSIÇÃO BOCA DE LOBO (SINAPI)

BOCA DE LOBO EM ALVENARIA TIJOLO MACICO, REVESTIDA C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:3, SOBRE LASTRO DE CONCRETO 10CM E TAMPA DE CONCRETO ARMADO						
CÓDIGO	INSUMO	UNIDADE	ORIGEM DO PREÇO	COEFICIENTE	CÓDIGO	83659
					PREÇO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
34	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	KG	COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE	4,2600000	4,36	18,57
337	ARAME RECOZIDO 18 BWG, 1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	COLETADO	0,0720000	12,90	0,92
367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	COLETADO	0,3690000	75,00	27,67
1106	CAL HIDRATADA CH-I PARA ARGAMASSAS	KG	COLETADO	24,8880000	0,65	16,17
1350	CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA PARA FORMA DE CONCRETO, DE *2,2 X 1,1* M, E = 10 MM	UN	COLETADO	0,1338843	33,00	4,41
1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE	87,1860000	0,44	38,36
4718	PEDRA BRITADA N. 2 (19 A 38 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3	COLETADO	0,1260000	59,13	7,45
4721	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3	COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE	0,0320000	59,13	1,89
6189	TABUA DE MADEIRA NAO APARELHADA *2,5 X 30* CM, CEDRINHO OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE	0,3074900	8,68	2,66
7258	TIJOLO CERAMICO MACICO *5 X 10 X 20* CM	UN	COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE	381,6000000	0,32	122,11
88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE	0,4130000	19,93	8,23
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	COLETADO	1,9600000	19,89	38,98
88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	COLETADO	8,2110000	20,05	164,63
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	COLETADO	18,2110000	14,32	260,78
					PREÇO FINAL	712,83

ANEXO D – DESENHO ESQUEMÁTICO DE RESERVATÓRIO ABERTO (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013)

