

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMILLA ODA

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA URBANO DE DRENAGEM
SUSTENTÁVEL (SUDS) PARA A CIDADE DE LUIZIANA - PR**

CAMPO MOURÃO

2019

CAMILLA ODA

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA URBANO DE DRENAGEM
SUSTENTÁVEL (SUDS) PARA A CIDADE DE LUIZIANA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Luciane Maria Vieira do Couto

Co-orientadora: Profa. Dra. Paula Cristina de Souza

CAMPO MOURÃO

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso
DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA URBANO DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL
PARA A CIDADE DE LUIZIANA – PR
por
CAMILLA ODA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14h00min do dia 08 de julho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Helton Mazzer
(UTFPR)

Prof. Dr^a. Vera Lucia Barradas
(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Paula Cristina de Souza
(UTFPR)
Co-orientadora

Prof. Dr^a. Luciane Maria Vieira do Couto
(UTFPR)
Orientadora

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr(a). Paula Cristina de Souza

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Sou grata a Deus por não limitar os seus planos para minha vida como normalmente eu faço, além de conceder a mim familiares, amigos, professores e pessoas que me impulsionaram a sempre fazer o melhor possível em tudo o que é proposto. Se este trabalho enfim está finalizado é porque cada um, em sua forma particular, me sustentou em todos os âmbitos, toda honra e glória seja dada ao Pai.

Agradeço especialmente aos meus pais, meu irmão, cunhada e neném por serem a minha base, sem eles nada disso seria possível e cada conquista está diretamente ligada a eles.

Ao meu amor, namorado, companheiro e principalmente meu amigo, Márcio, pelo apoio e carinho através das palavras de incentivo, conversas, risadas, consolo e por cada momento vivido juntos.

Aos meus amigos que sem dúvidas foram a minha família em Campo Mourão.

À Igreja Metodista de Campo Mourão por todo acolhimento, amor e carinho, não tenho palavras para descrever a imensa gratidão por estas pessoas.

Ao grupo PET e em especial ao Professor Jorge Góes por todo o aprendizado, amizade e incentivo a ir além, a graduação não seria a mesma sem eles.

À professora orientadora deste trabalho, Professora Luciane Maria Vieira do Couto pela disponibilidade, interesse no assunto, conhecimento, incentivo, tempo dispendido e principalmente pela leveza e amizade, também à Professora co-orientadora Paula Cristina de Souza pela disponibilidade em buscar conhecimento e auxílio mesmo nos finais de semana, além das conversas amigas.

E à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, pela infraestrutura e o corpo docente formado por professores capacitados e principalmente motivados a transmitir todo o conhecimento para os alunos.

RESUMO

ODA, CAMILLA. **Dimensionamento de sistema urbano de drenagem sustentável (SUDS) para a cidade de Luiziana – PR.** 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

A modificação do meio pelas ações humanas acarreta diversas consequências para o meio ambiente, dentre elas, pode-se citar a interferência na drenagem natural do solo devido a impermeabilização do mesmo através da urbanização. A cidade de Luiziana no oeste do Paraná, por exemplo, apresenta casos de erosão do solo, em que em alguns casos atinge níveis de voçoroca por consequência da força com que o escoamento superficial vindo do centro da cidade atinge determinadas áreas. Portanto, este trabalho tem como objetivo o estudo de um dos casos de voçoroca na cidade e como proposta de solução apresenta-se a instalação de uma bacia de retenção em formato de campo de futebol. Através dessa solução é possível sanar o problema apresentado e ainda contribuir para a qualidade de vida da população, uma vez que o município não apresenta nenhuma área de lazer e a provável região de instalação da bacia está próxima de escolas e áreas residenciais. Determinou-se o volume necessário da bacia através do Método Racional e conseqüentemente as dimensões necessárias do campo de futebol, dotado do sistema de drenagem com traçado de espinha de peixe, tubulações corrugadas perfuradas de PVC e também uma área de arquibancada com o intuito de acomodar a população e dissipar a energia da água pluvial. Portanto, para auxiliar no processamento dos dados utilizou-se dos *softwares* Google Earth, Global Mapper, Plúvio e para a representação em 3D, o *software* Revit.

Palavras-chave: Drenagem Sustentável, Bacia de Detenção, Dimensionamento.

ABSTRACT

ODA, CAMILLA. **Dimensioning of urban sustainable drainage system (SUDS) for the city of Luiziana - PR.** 2019. Undergraduate thesis (Bachelor of Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2019.

The modification of the environment by human actions entails several consequences for the environment, among them, it is possible to mention the interference in the natural drainage of the soil due to the waterproofing of the same through the urbanization. The city of Luiziana in the west of Paraná, for example, has cases of soil erosion, in some cases reaching levels of voçoroca due to the force with which the surface runoff from the city center reaches certain areas. Therefore, this work has as objective the study of one of the cases of voçoroca in the city and as proposal of solution presents the installation of a basin of detention in format of soccer field. Through this solution it is possible to remedy the problem presented and also contributes to the quality of life of the population, since the municipality does not present any leisure area and the probable region of installation of the basin is close to schools and residential areas. The necessary volume of the basin was determined through the Rational Method and consequently the necessary dimensions of the soccer field, equipped with the drainage system with fishbone tracing, perforated PVC corrugated pipes and also a bleachers area in order to accommodate the population and dissipate the energy of rainwater. Therefore, to aid in the processing of data, we used the software Google Earth, Global Mapper, Pluvius and for 3D representation, Revit software.

Keywords: Sustainable Drainage, Detention Basin, Sizing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Pilares do SUDS.	11
Figura 2: Bacia de detenção integrada a praça de esportes.	13
Figura 3: Bacia de detenção integrada a campo de futebol.	14
Figura 4: Bacia de detenção integrada a parque municipal.	14
Figura 5: Reservatório de detenção em São Bernardo do Campo (SP).....	15
Figura 6: Bacia de detenção: Praça Júlio Andreatta, Porto Alegre (RS).	15
Figura 7: Reservatório de detenção após chuva em 1999.	16
Figura 8: Localização do Município de Luiziana.....	18
Figura 9: Localização da área de estudo.	19
Figura 10: Localização da voçoroca.....	20
Figura 11: Sobreposição dos Hidrogramas.	21
Figura 12: Área de Estudo.	23
Figura 13: Determinação do Talvegue	24
Figura 14 - Traçado Espinha de Peixe	26
Figura 15 - Camadas do Campo de Futebol.	27
Figura 16: Hidrogramas Resultantes.....	29
Figura 17 - Detalhes da Espinha de Peixe.	30
Figura 18 - Vazão em cada ponto.	31
Figura 19 - Traçado do Campo de Futebol.....	31
Figura 20 - Dimensões do Campo de Futebol.....	32
Figura 21 - Detalhes do Campo de Futebol.....	33
Figura 22: Voçoroca I de Luiziana - PR.....	44
Figura 23: Voçoroca II de Luziana – PR.....	44
Figura 24: Bacia de detenção presente in loco.	44

LISTA DE SIGLAS

SUDS	Sistema Urbano de Drenagem Sustentável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LID	Low Impact Development
WSUD	Water Sensitive Urban Design
LIUDD	Low Impact Urban Design and Development
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 JUSTIFICATIVA	4
3 OBJETIVOS	5
3.1 Objetivo Geral	5
3.2 Objetivos Específicos	5
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
4.1 Sistema de Drenagem	6
4.1.1 Sistemas de Drenagem urbana no Brasil	7
4.1.2 Erosões nas Áreas Urbanas.....	8
4.2 Sistema Urbano de Drenagem Sustentável (SUDS)	10
4.2.1 Bacias de Detenção	12
4.3 Métodos de Dimensionamento da Bacia de Detenção	16
5 METODOLOGIA	18
5.1 Localização da Área de Estudo	18
5.2 Dimensionamento do Volume da Bacia de Detenção	20
5.2.1 Vazão de Pico	21
5.2.2 Coeficiente de Runoff.....	22
5.2.3 Intensidade de Chuva.....	22
5.2.4 Área Estudada.....	22
5.2.5 Comprimento do Talvegue e Declividade	23
5.2.6 Tempo de Concentração	24
5.2.7 Volume da Bacia de Detenção	25
5.4 Dimensionamento da Tubulação de Drenagem	25
5.5 Projeto da Bacia de Detenção	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
6.1 Área, Comprimento do Talvegue e Declividade	28
6.2 Hidrogramas	28
6.3 Volume da Bacia de Detenção	29
6.4 Dimensão das Tubulações de Drenagem do Campo	30
6.5 Representação Gráfica do Campo de Futebol	32
7 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O sistema de drenagem urbano – (SDU) é definido pelo CREA-PR como “o principal meio de escoamento da água da chuva, sem um bom sistema de drenagem, as chuvas podem causar sérios danos à população e às cidades: erosão, alagamentos, enxurradas, aumento de transmissão de doenças e perdas materiais” (DAL-PRÁ, 2016). Por isso, esse sistema em conjunto com os sistemas de tratamento de esgoto, abastecimento público de água e a coleta de resíduos domésticos constitui o sistema de saneamento de um município.

A importância do SDU é enfatizada através de uma das diretrizes descritas no artigo 39 do capítulo III da lei denominada Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001, que determina regimentos quanto ao uso da propriedade urbana integrando o bem coletivo, a segurança, o bem-estar da população e o equilíbrio ambiental do meio.

Além da cidade de Luiziana no Paraná, local de estudo desta pesquisa, há também indícios em cidades de grande porte como São Paulo, Curitiba, Belo Horizonte, Porto Alegre da ocorrência da ineficiência do SDU. Em Bauru no estado de São Paulo houve consequências mais graves, em que resultou na perda de no mínimo nove moradias e ainda a morte de uma pessoa, além da obstrução de um lago e da interferência nas atividades de uma estação de abastecimento urbano (TUCCI; COLLISCHONN, 1998).

Em busca de remediar essa situação e outras consequências que podem ser apresentadas, comumente é utilizado o sistema de canalização do escoamento em que o destino final é o desague em um ponto hídrico. No entanto, alguns países como Reino Unido, Suécia, Noruega, Estados Unidos, Canadá e até mesmo no Brasil, cidades como Porto Alegre (RS) e Curitiba (PR) vem adotando medidas que unem a drenagem urbana convencional e a preocupação com o meio ambiente, resultando no Sistema Urbano de Drenagem Sustentável (SUDS) (POLETO, 2011).

O SUDS tem como objetivo proporcionar uma drenagem de alta qualidade, contribui também na neutralização dos impactos no ciclo hidrológico, alterado principalmente pela crescente urbanização dos meios, além de integrar a paisagem urbana (BALLARD et al, 2007). Por isso, este trabalho utilizou-se do estudo do uso deste sistema para a cidade de Luiziana no Paraná.

2 JUSTIFICATIVA

O município de Luiziana está localizado no noroeste do estado do Paraná e vem apresentando a ocorrência de voçorocas, caracterizadas por serem erosões profundas no solo, devido à força com que a água pluvial chega a determinados pontos da cidade, resultado do direcionamento incorreto do escoamento superficial do meio urbano, de acordo com moradores do local, esse fenômeno ocorre há aproximadamente 47 anos segundo Kallás e Sant'Ana (2018).

Através de visitas *in loco*, constatou-se os danos causados na região, ao qual, as erosões já alcançaram aproximadamente 5 metros de profundidade até o momento, fotos do local presentes no ANEXO A. O que afeta diretamente a população local, uma vez que na região existe a presença de moradias, cultivo agrícola e a criação de animais.

Além das erosões, pode-se citar consequências como riscos a população: perdas materiais e humanas, interrupção de atividades econômicas das áreas inundadas, contaminação por doença de veiculação hídrica como leptospirose, cólera, dentre outras, contaminação da água pela inundação, além da contaminação dos corpos hídricos pelo arraste dos sedimentos, (SANTOS E SANTOS (2013) apud TUCCI (2005)).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Propor uma solução para o problema de erosão do solo em uma área específica do município de Luiziana (PR) através do Sistema Urbano de Drenagem Sustentável (SUDS).

3.2 Objetivos Específicos

- Definir o tipo de sistema hidráulico sustentável que melhor se aplica as condições do município;
- Determinar a descarga da bacia hidrográfica que abrange o local de estudo, a partir de dados pluviométricos históricos por meio do Método Racional;
- Dimensionar o volume de amortecimento da bacia de retenção;
- Apresentar uma proposta de uma bacia de retenção no formato de um campo de futebol através de um projeto arquitetônico;

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem é responsável pelo gerenciamento da água pluvial, de acordo com a lei relacionada às diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, Lei Federal nº 11.445 de 2007, define-se como “o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas” (BRASIL, 2007).

Com relação à classificação do sistema, pode-se obter a microdrenagem e a macrodrenagem. A macrodrenagem é caracterizada por “herdar as funções da malha hídrica original da bacia hidrográfica nas quais córregos, riachos e rios foram substituídos por canalizações, túneis elevatórios, reservatórios de detenção e retenção, barragens e outros dispositivos” (SCARATI, 2012). Sendo assim, a vertente do sistema de drenagem abrange áreas de maiores extensões, uma vez que também recebem águas já concentradas, advindas das contribuições do subsistema de microdrenagem (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

A microdrenagem, por outro lado, refere-se ao âmbito urbano, é responsável por conduzir o escoamento superficial das vias públicas provenientes dos loteamentos, ruas, parques, praças, dentre outros elementos constituintes das áreas urbanas. A composição desse subsistema é feita pelas vias (traçado das ruas), sarjetas, meios-fios, bocas de lobo, tubulações e suas respectivas conexões, poços de visita e condutos forçados.

Na natureza esse gerenciamento da água pluvial ocorre de forma espontânea através dos componentes de uma bacia hidrográfica (rios, riachos, córregos, lagos, lagoas, solo, aquíferos, dentre outros), ou seja, de modo geral, o sistema de drenagem simula esse gerenciamento natural considerando principalmente as alterações antrópicas do meio, consequência principalmente da urbanização das cidades (BALLARD et al, 2007)

A Lei Federal nº 11.445 de 2007 determina que “deve haver disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado”

(BRASIL, 2007). Portanto, verifica-se que o saneamento básico, composto pelos sistemas de drenagem, esgoto, água tratada e coleta de resíduos domésticos, é um dos fatores dos quais contribuem para o melhoramento da qualidade de vida da população.

Esse entendimento sobre a relação da qualidade de vida da população atrelada ao sistema de drenagem urbana não é atual, segundo Rosen (1994), encontrou-se em construções na Índia indícios de existência de sistema de esgoto e drenagem urbana que datam cerca de 4000 anos.

De acordo com Silveira (2002) *apud* Desbordes (1987), há a presença canalizações nas cidades com o intuito de acelerar o escoamento de águas provenientes de chuva e de fossas, datando o século XVIII na Itália, ao qual, disseminou-se com rapidez para os países vizinhos como Inglaterra, Alemanha e França. Essa medida adotada ocorreu principalmente devido ao fato de que essas águas empoadas contribuíam para a disseminação de doenças como a cólera, influenciando diretamente na mortalidade de pessoas e animais.

4.1.1 Sistemas de Drenagem Urbana no Brasil

Com o decorrer do tempo, outros países também adotaram essa medida com o mesmo objetivo. No Brasil, Poletto (2011) em seu texto sobre a contextualização histórica do sistema de drenagem, diz que em 1856, implantou-se o primeiro sistema de drenagem do país, em que era caracterizado por ser constituído de uma mesma galeria destinada tanto para a drenagem quanto para o esgoto, denominado sistema unitário. Essa implantação ocorreu na cidade do Rio de Janeiro, devido a um grave surto de cólera que atingiu a então capital do país em 1855, que culminou na morte de mais de cinco mil pessoas.

A partir desse momento, aos poucos, as demais cidades brasileiras preocuparam-se com esse sistema e passaram a adotá-lo. No início do século XX, o sistema unitário transformou-se em sistema absoluto, mudança atribuída ao Engenheiro Francisco Saturnino Rodrigues de Brito. O sistema absoluto determina a divisão da galeria de águas pluviais e de esgoto, ao qual, passam a serem considerados sistemas independentes (NASCIMENTO; BERTRAND-KRAJEWEKI; BRITTO, 2013). Como as composições das águas desses sistemas se diferem, pode-

se a partir dessa divisão, trata-las de maneira mais adequada, promovendo a melhoria na qualidade dos serviços.

Portanto, pode-se notar que o desenvolvimento do sistema de drenagem é diretamente relacionado à urbanização. É notório que a implantação desse sistema é primordial para o básico funcionamento da área urbana e do bem-estar da população. Porém, em diversas cidades, o planejamento de drenagem feito no início da ocupação das áreas não acompanhou o crescimento desenfreado da urbanização e isso trouxe consequências para a população.

No Brasil, por exemplo, “a taxa de população urbana é de 80%, próxima à saturação. O processo de urbanização acelerado ocorreu depois da década de 60, gerando uma população urbana praticamente sem infraestrutura, principalmente na década de 80, quando os investimentos foram reduzidos” (TUCCI; PORTO; BARROS, 2015).

Segundo o IBGE (2010), de 1940 até 2010, a taxa de urbanização do Brasil passou de 31,24% para 83,48%. Em se tratando de regiões, o Sudeste desponta com 92,95%, seguido pelo Centro-Oeste com 88,80%, o Sul com 84,93%, Norte 73,53% e Nordeste com 73,13%, de acordo com o último levantamento feito pelo instituto no ano de 2010.

As consequências do fato das cidades crescerem sem infraestrutura são diversas, com relação ao impacto no sistema drenagem, pode-se citar, de acordo com Pereira e Ito (2017) e Scarati (2012), a impermeabilização das áreas, devido à substituição da vegetação por calçadas e pavimentos, a redução da infiltração do solo, o que também reduz a vazão de água subterrânea (importante fonte de água doce), a retidão do escoamento superficial favorecendo a ocorrência de enchentes e a alteração na qualidade das águas que chegam aos corpos hídricos devido ao carregamento de sedimentos ao passarem pelas vias públicas.

4.1.2 Erosões nas Áreas Urbanas

Outro efeito que se pode notar nas áreas urbanas é a formação de erosões. As erosões são definidas como “processo de desagregação e remoção das partículas do solo ou de fragmentos partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos” (ALBUQUERQUE, 1999).

Com relação à erosão causada pela chuva, de acordo com Tucci, Porto e Barros (2015), há diversas fases que a constitui, a primeira é relacionada aos impactos das gotas de chuva, que corresponde às ações hidrodinâmicas nas partículas desagregadas do solo, a segunda é a erosão laminar, ao qual se caracteriza por ser uma erosão superficial resultado da superação da capacidade de infiltração do solo em meio às precipitações. Mesmo que durante essa fase não haja grande intensidade pontual, ainda sim abrange uma grande extensão de área, colaborando para o efeito como um todo.

A terceira fase constitui na erosão em sulco, em que o escoamento superficial dirige-se por caminhos preferenciais, favorecendo o aprofundamento dos mesmos. Ao tomarem grandes proporções, são classificadas como ravinas. E finalmente o último estágio das erosões são as voçorocas, que provocam grandes escorregamentos do solo, esta erosão é caracterizada por ser agressiva devido aos danos que pode causar nas áreas urbanas, (TUCCI; PORTO; BARROS, 2015).

Os fatores condicionantes dos processos erosivos são: “o clima (mais especificamente a precipitação pluviométrica), o relevo (forma e inclinação), os solos, a cobertura vegetal e a ação humana” (BRITO, 2012). Através desses fatores, pode-se ver que a erosão é um processo do qual varia amplamente no tempo e no espaço.

As consequências para a população quando não há o tratamento adequado das erosões principalmente nos estágios das voçorocas são diversas, conforme descreve os autores Almeida et al (2001), cita-se, por exemplo, danos a agricultura, devido a retirada das camadas férteis do solo, além de impedir a passagem de maquinário para o auxílio da atividade, se próximo de moradias, pode haver a desestabilização do solo ao qual se apoiam as fundações das mesmas e outra consequência de grande relevância é a deterioração da qualidade da água, efeito do arrastamento da produção e transporte de sedimentos, resultando no assoreamento dos cursos d'água.

Para mitigar esse problema, Tucci, Porto e Barros (2015) no livro *Drenagem Urbana* descreve que há dois modelos de métodos que se podem adotar, os métodos preventivos, descritos como um estudo das características da ocupação do meio, quanto ao modo que ocorre essa ocupação, as características físicas e o uso, ao qual, é obtido por um plano de uso dos solos, legislação e fiscalização, por parte dos órgãos competentes.

O outro método citado pelo autor é o corretivo, destinado a solucionar o problema de erosão por meio de uma proposta de projeto, de forma que envolvam o estudo e análise da situação atual da localidade e este é o método utilizado por este trabalho.

Este problema não ocorreu somente no município de Luiziana, Tucci e Collischonn (1998) citam cidades como Bauru (SP), São Paulo (SP), Curitiba (PR), Belo Horizonte (MG) e Porto Alegre (RS), ao qual, também apresentaram erosões nas áreas urbanas. Em Bauru apresentou-se as consequências mais graves, citam que as voçorocas destruíram nove moradias no mínimo e resultou na morte de uma pessoa, além da obstrução de um lago e de uma estação de abastecimento de água.

4.2 Sistema Urbano de Drenagem Sustentável (SUDS)

O conceito de sustentabilidade vem sendo discutido e aplicado nas diversas esferas da sociedade, que atingiu também o âmbito da drenagem no desenvolvimento de medidas para os municípios. De modo geral essa concepção, de acordo com Sartori, Latrônico e Campo (2014) é apresentada como um princípio aplicável à interação de um conjunto de sistemas: abertos (sociedade-natureza), industriais (transporte, produção, energia, etc.), sociais (urbanização, mobilidade, comunicação, etc.) e naturais, de forma que busque o atendimento da necessidade da população em conjunto com o cuidado do meio ambiente.

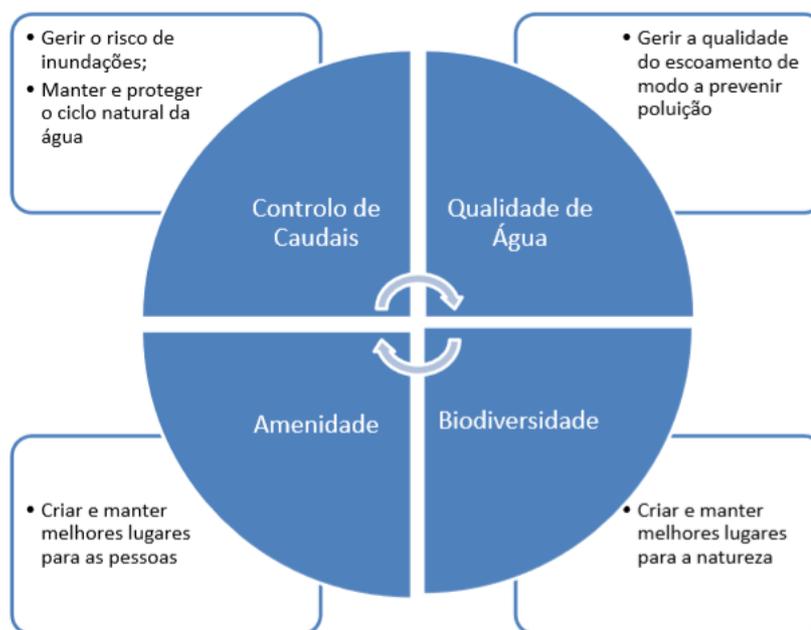
No contexto dos sistemas de drenagem adotados atualmente, estes são baseados no princípio do escoamento rápido, com o intuito de transferir os pontos de alagamento (DIAS; ANTUNES; 2010), porém, esse conceito tem sido alvo de discussões pela apresentação das consequências já mencionadas no capítulo anterior e com isso o sistema urbano de drenagem sustentável se mostra uma solução alternativa para a mitigação desses problemas.

O sistema urbano de drenagem sustentável (SUDS) tem como finalidade buscar “reduzir o escoamento superficial com a integração de pequenas e discretas unidades de controle de águas pluviais em todo o sítio planejado por meio de elementos semelhantes com a paisagem natural” (GONÇALVES; NUCCI; 2017). Além disso, propõe o aumento da infiltração do solo colaborando para o equilíbrio do ciclo hidrológico e incentiva o uso sustentável da água (POLETO, 2011).

A Figura 1 evidencia os principais pontos abordados pelo SUDS. De acordo com Vasco (2016), o controle do escoamento superficial está relacionado ao volume de águas pluviais que percorrem as vias públicas, atuando principalmente no gerenciamento do risco de inundações. A qualidade da água diz respeito à poluição dos corpos hídricos onde são os pontos finais do desague do escoamento superficial, devido ao arrastamento de sedimentos durante o percurso.

Além desses dois pilares mencionados, há também a questão da amenidade e da biodiversidade, o primeiro está ligado à adoção de medidas conjuntas que promovam o bem-estar da população e a biodiversidade está relacionada ao cuidado com o meio ambiente, tanto a flora, quanto a fauna.

Figura 1: Pilares do SUDS.



Fonte: José Ricardo Vasco (2016).

Os principais componentes desse sistema são apresentados através de “faixas de filtração, valas de infiltração, bacias de infiltração, retenção e detenção, charcos artificiais ou banhados construídos, trincheiras de filtração, dispositivos de infiltração, pavimentos permeáveis e telhados verdes” (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). A escolha dos componentes é feita de acordo principalmente com as características hidrológicas e a ocupação do solo por parte da população da localidade de implantação do sistema.

A utilização desse modelo de sistema de drenagem surgiu nos países escandinavos, mais especificamente na Noruega e na Suécia, o governo sueco menciona que a primeira implantação do SUDS ocorreu na cidade de Malmö. Outro exemplo importante da implantação desse sistema é o situado no distrito de Augustenborg, Dinamarca, ao qual, em 1998, foram colocados canais para escoamento da água pluvial, pavimentos porosos, faixas de gramado e telhados verdes. Com isso, o modelo de sistema propagou-se para os países europeus, em destaque o Reino Unido, para os países americanos também e até mesmo na Austrália e Nova Zelândia (POLETO, 2011).

Há diversas denominações que estão relacionadas a essa inovação como: “Low Impact Development (LID), nos EUA e Canadá; Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), no Reino Unido; Water Sensitive Urban Design (WSUD), na Austrália; e Low Impact Urban Design and Development (LIUDD), na Nova Zelândia” (POLETO, 2011), em cada país, a abordagem das medidas aplicadas diferem-se, porém, o intuito de cada sistema é o mesmo. Pode-se notar que no Brasil, a nomenclatura assemelha-se ao do Reino Unido, apresentadas pelas referências bibliográficas.

De acordo com Parkinson et al (2003) em cidades como Porto Alegre (RS), Curitiba (PR), Belo Horizonte (MG), Caxias do Sul (RS) e Santo André (SP), está sendo implantado o Plano Diretor de Drenagem Urbana, ao qual, em conjunto com o Código de Obras, o Código Ambiental, Código de Posturas, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Lei Orgânica Municipal, determinam as medidas sustentáveis para o sistema de drenagem de cada cidade.

Na cidade de Curitiba, por exemplo, por meio do plano desenvolvido, foi realizada a limpeza dos canais e reformas de pontes, construção de um canal e a criação de um parque interno da região, com intuito de ser uma área de amortecimento do escoamento superficial e de lazer para a população (PARKINSON et al, 2003).

4.2.1 Bacias de Detenção

Como mencionado anteriormente, a urbanização contribui para a impermeabilização das áreas, fazendo com que haja o aumento na vazão máxima e no escoamento superficial. “Para que esse acréscimo de vazão máxima não seja transferido à jusante, utiliza-se o amortecimento do volume gerado, através de

dispositivos como: tanques, lagos, e pequenos reservatórios. Essas medidas são denominadas de controle a jusante (*downstream control*)” (TUCCI; PORTO; BARROS, 2015).

Miguez (2016) classifica essas medidas como compensatórias, por serem formas de remediar o sistema de canalização implantado, e ainda faz a diferenciação separando-as em dois grupos, um destinado principalmente à armazenagem e recuperação da capacidade de retenção, como exemplo: reservatórios de detenção, retenção e de lote, já no segundo grupo, o foco está na infiltração, como visto em pavimentos permeáveis, valas e trincheiras de infiltração e telhados verdes.

Dentre essas medidas citadas, a proposta escolhida para o caso em estudo é a bacia de detenção ou também denominada como reservatório de detenção combinado à área de lazer para a população representado por um campo esportivo com o principal intuito de que o excedente do escoamento superficial não suportado pelo sistema de drenagem presente na região seja absorvido pela infiltração natural do solo do campo.

Os autores Pinto e Pinheiro (2006) citam algumas alternativas de aproveitamento dos espaços urbanos para amortecimento das cheias ainda com relação aos reservatórios de detenção como praças de esportes (Figura 2), campo de futebol (Figura 3) e parques municipais (Figura 4).

Figura 2: Bacia de detenção integrada a praça de esportes.



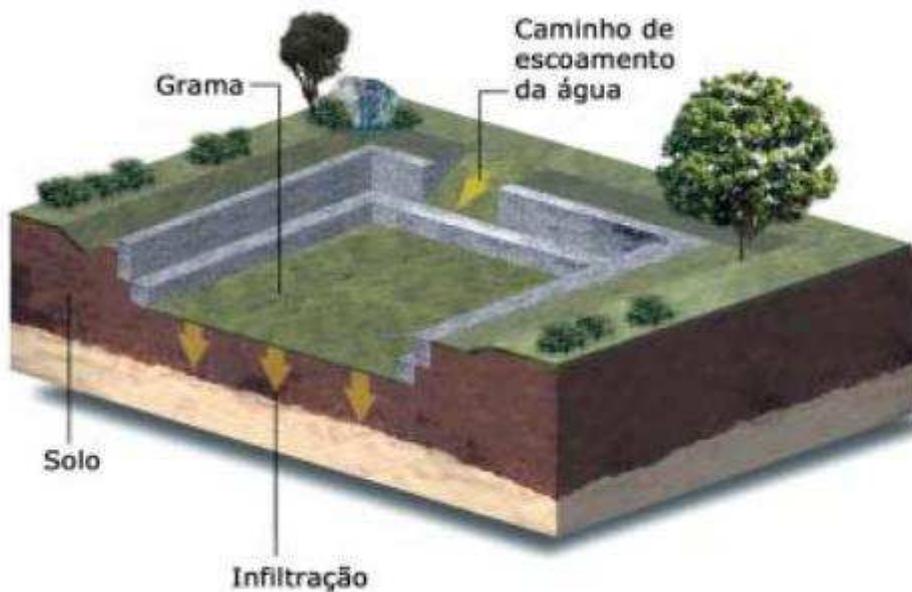
Fonte: Pinto e Pinheiro (2006) .

Figura 3: Bacia de detenção integrada a campo de futebol.



Fonte: Pinto e Pinheiro (2006).

Figura 4: Bacia de retenção integrada a parque municipal.



Fonte: Pinto e Pinheiro (2006) .

No Brasil já existem modelos com essa proposta, como pode ser verificado na Figura 5, situado na cidade de São Bernardo do Campo, São Paulo, este é um dos seis reservatórios executados, em que há o projeto para mais doze, não somente destinado a Bacia do Rio Tamandueí, mas também há projetos semelhantes para as bacias dos rios: Pirajussara, Baquirivu Guaçu, Juqueri, Ipiranga, Paranaíba do Sul, dentre outros (DAEE, 2000).

Figura 5: Reservatório de detenção em São Bernardo do Campo (SP).



Fonte: DAEE (2000).

Outro exemplo localiza-se na cidade do Rio de Janeiro, “no rio Orfanato, destaca-se o fato da utilização do reservatório para múltiplas funções, tais como campo de futebol, quadra de esporte e outras opções de lazer a ser utilizadas no período seco” (FONSECA; NASCIMENTO; LONGO; 2006). De semelhante modo ocorre em Porto Alegre no Rio Grande do Sul, através da Praça Julio Andreatta como pode ser verificada na Figura 6 (MARTINS, 2015).

Figura 6: Bacia de detenção: Praça Júlio Andreatta, Porto Alegre (RS).



Fonte: Martins (2005).

A Figura 7 mostra a situação do Reservatório de Detenção AM-3 após chuvas em dezembro de 1999, na cidade de Santo André (SP). A estrutura é caracterizada por possuir a superfície de concreto e foi contruída pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) em conjunto com a prefeitura da cidade, desempenhando a função de amortecimento da região do Ribeirão dos Meninos (OYAKAWA, 2004).

Figura 7: Reservatório de detenção após chuva em 1999.



Fonte: Oyakawa (2004).

4.3 Métodos de Dimensionamento da Bacia de Detenção

Nakazone (2005), Lima, Silva e Raminhos (2006), Franco (2004) afirmam que para o dimensionamento de bacias de detenção não há um método em específico de cálculo determinado por norma ou legislação, ou seja, não há um consenso no meio técnico, por isso, fica a critério de cada profissional qual metodologia seguir. Porém, quanto aos parâmetros relacionados ao estudo hidrológico, a autora diz ser possível utilizar as mesmas considerações utilizadas no dimensionamento dos outros tipos de dispositivos de drenagem, sendo possível a determinação de variáveis como: contribuições da bacia, período de retorno, tempo de concentração, equações de chuva, hidrogramas, dentre outros.

Tomaz (2010) concorda com os autores citados anteriormente, porém afirma que há poucas variações entre um método e outro. Em seu livro intitulado Curso de

Manejo de Águas Pluviais (2010) descreve cerca de quatorze métodos, ao qual, estão descritos pela Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Métodos de dimensionamento de bacia de detenção.

Métodos de Dimensionamento de Bacia de Detenção
Heurístico
Porto-Função Gama
Porto-reservatório com paredes verticais e saída em vertedouro retangular
Porto-reservatório com paredes verticais e saída em orifício
Porto-reservatório com paredes parabólicas e saída em vertedouro retangular
Porto-reservatório com paredes parabólicas e saída em orifício
Aron e Kibbler
Baker
Federal Aviation Agency
Abt e Grigg
Kessler e Diskin
McEnroe
Wycoff e Singh
Método Racional

Fonte: Tomaz (2010)

Tomaz (2010) ainda apresenta o dimensionamento de bacia de detenção através de todos esses métodos mencionados e conclui recomendando a utilização do Método Racional com tempo básico de três vezes o tempo de concentração para reservatórios de áreas com até 3km² e período de retorno de 100 anos, devido a sua simplicidade e o fato de proporcionar resultados satisfatórios. Por isso, para este presente trabalho, utilizou-se como metodologia o Método Racional.

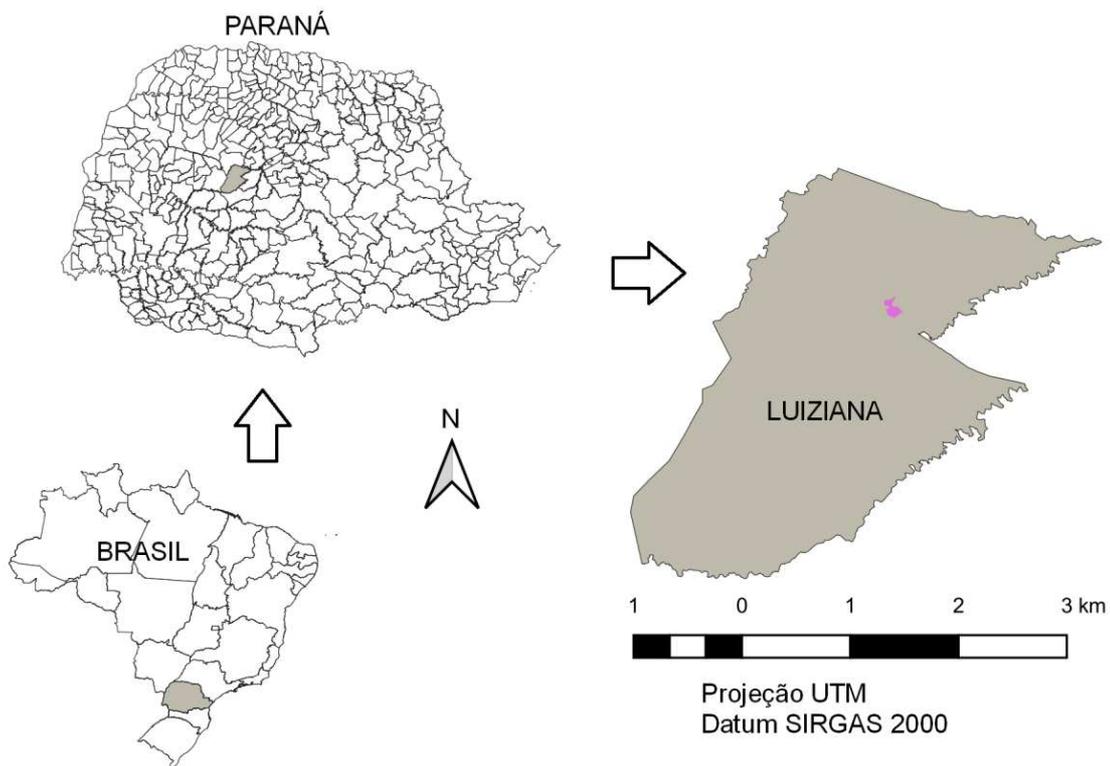
A adoção de um período de retorno de 100 anos baseou-se na recomendação de Tomaz (2010) ao qual, determinou-se segundo tipo de estrutura do projeto, que no caso deste trabalho é destinado a controle urbano de inundação, ocupação do solo referente a áreas comerciais e residenciais e complementa citando diversos outros autores, referências na área, que também recomendam esse tempo de retorno para este modelo de estrutura.

5 METODOLOGIA

5.1 Localização da Área de Estudo

O município de Luiziana se localiza na região noroeste do estado do Paraná conforme mostra o ponto em vermelho da Figura 8, próximo à cidade de Campo Mourão. Segundo dados do último censo realizado pelo IBGE em 2010, o município possui uma população de 7.315 habitantes e estima que em 2018 tenha 7.285, ao qual, aproximadamente um terço está situado na região rural. A extensão territorial é de 36 mil alqueires, em torno de 906 km² de acordo com os dados apresentados pela Prefeitura de Luiziana (2018).

Figura 8: Localização do Município de Luiziana.



Fonte: Autoria Própria.

Quanto ao clima do município, este é caracterizado por ser “subtropical úmido mesotérmico, verões quentes com tendência de concentração de chuva, invernos com geadas pouco frequentes, sem estação seca definida” (PREFEITURA MUNICIPAL DE LUIZIANA, 2018). Isso colabora para a manutenção dos diversos rios e cachoeiras

presentes na cidade e em torno dela, podendo citar exemplos como: Rio Sem Passo que abastece a Usina Mourão I, o Rio Formoso, utilizado no amparo de propriedades da região, dentre outros, conforme descritos também pelo site da prefeitura. Esses rios compõem a bacia do Rio Ivaf.

A área de estudo onde ocorrem as erosões estão em destaque vermelho na Figura 9 e para auxílio da localização, a rota em amarelo representa a PR-553, em que ao seguir pela direita direciona-se para a cidade de Campo Mourão, ao entrar no município de Luiziana, transforma-se na Avenida Independência e ao seguir pela esquerda, cruza com a PR-158, que resulta nas vias de acessos aos municípios como Mamborê e Roncador.

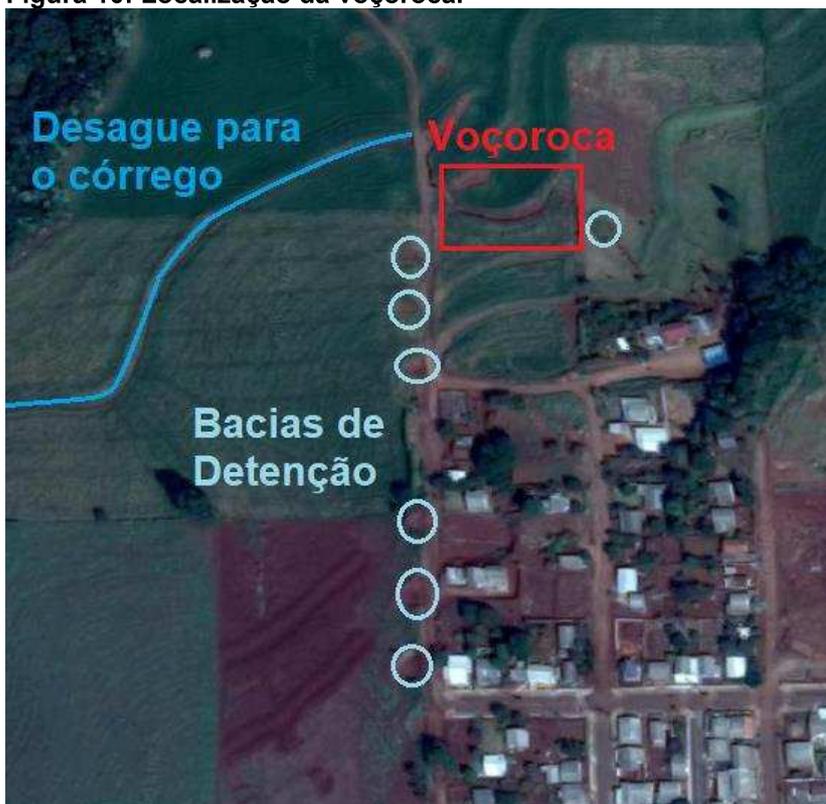
Figura 9: Localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2018).

Na Figura 10 pode-se identificar a localização específica da voçoroca (vermelho), ao qual através da visita in loco, pode-se medir a profundidade de aproximadamente cinco metros de profundidade, nos círculos azuis mais claros, encontram-se as bacias de retenção que o proprietário escavou ao longo do percurso do escoamento pluvial e em azul mais escuro o caminho do desague até o córrego, destino final das águas. No anexo A, estão presente mais algumas imagens feitas in loco.

Figura 10: Localização da voçoroca.



Fonte: Adaptado do Google Maps (2018).

Para que se dimensione com maior precisão o volume de amortecimento que a bacia de retenção deve suportar, será realizado um estudo aprofundado no projeto de drenagem original da cidade através do fornecimento de dados pela prefeitura e o contato com o profissional responsável pela infraestrutura do município.

5.2 Dimensionamento do Volume da Bacia de Detenção

A metodologia adotada baseou-se nos estudos de Tomaz (2013) e Giordani (2016), ao qual, adaptou-se um dos métodos citados pelo Georgia Stormwater Management Manual Technical Handbook (2001) para cálculo do volume de retenção para bacias de pequeno porte de até 2 km². Outros autores como Hong, Yeh, Chen (2006) também utilizam do hidrograma triangular para caracterizar a vazão pelo tempo.

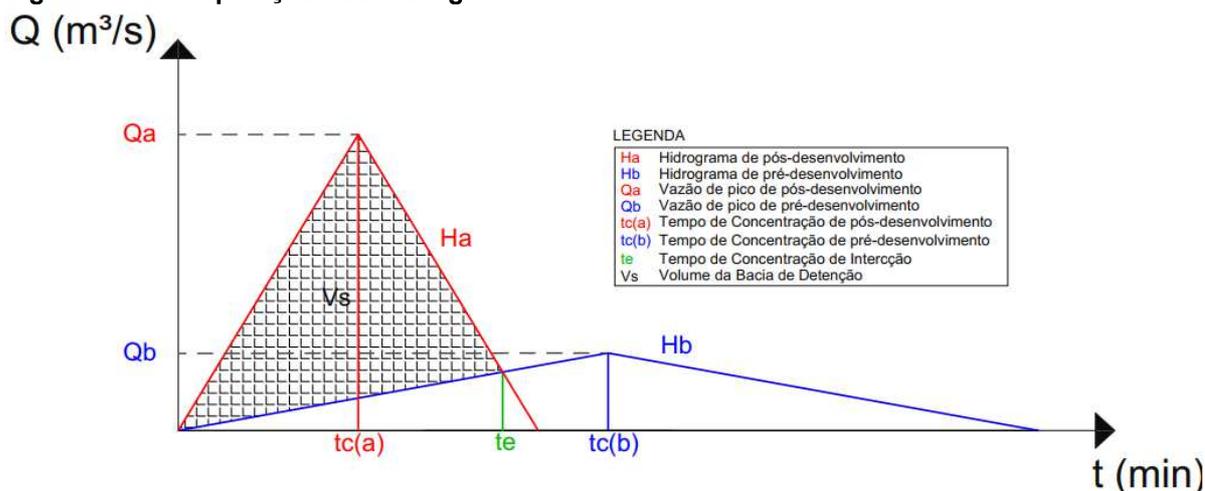
O método está caracterizado pela comparação dos hidrogramas na situação de pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento. A primeira situação está relacionada às características hidrológicas da área na situação antes da urbanização e a segunda, após a ocupação humana.

O hidrograma é “a representação gráfica da vazão que passa por uma seção, ou ponto de controle, em função do tempo.” (STUDART, 2006). Ao sobrepor os hidrogramas nas situações citadas culmina no volume excedente da vazão da água pluvial, ao qual, deverá ser contida pela bacia de detenção, como representado pela região hachurada da Figura 11.

Para a determinação dos hidrogramas, baseou-se na metodologia utilizada por GIORDANI (2016), em que se utiliza do equacionamento do Método Racional para a determinação da vazão de pico relacionada ao tempo de concentração como tempo de duração de precipitação, considerando que a vazão aumenta e diminui de forma constante.

A Figura 11 apresenta essa sobreposição, em que o hidrograma em azul representa a situação antes da urbanização e o vermelho, após a urbanização.

Figura 11: Sobreposição dos Hidrogramas.



Fonte: Georgia Stormwater Management Manual Technical Handbook (2001), adaptado pela autora (2019).

5.2.1 Vazão de Pico

A vazão de pico é o “valor máximo para a vazão resultante da precipitação sob análise” ANA (2012). Para o cálculo dessa variável em ambas as situações se utilizou a Equação 1, descrita a seguir.

$$Q_p = \frac{C.I.A}{360}$$

Equação (1)

- *C*: Coeficiente de Runoff, adimensional;
- *I*: Intensidade de chuva, em mm/h;
- *A*: Área estudada, em há;
- *360*: constante.

5.2.2 Coeficiente de Runoff

Para a situação de pós urbanização, o coeficiente de Runoff adotado baseou-se no mesmo valor utilizado por Lanuti (2016), ao qual, estudou a mesma área analisada deste trabalho, o valor adotado foi de 0,65. Na situação de pré-urbanização adotou-se o coeficiente de 0,20, baseado na mesma referência que o autor citado anteriormente utilizou.

5.2.3 Intensidade de Chuva

Determinou-se a intensidade de chuva através da Equação 2, utilizando-se dos parâmetros fornecidos pelo software Pluvio 2.1 para a cidade de Luiziana (PR), relatório completo no Anexo B. Com relação ao tempo de retorno, adotou-se 100 anos, conforme recomendação do engenheiro Plínio Tomaz (2010).

$$I \text{ (mm/h)} = K \cdot Tr^a / (tc + b)^c \quad \text{Equação (2)}$$

- | | |
|---|---------------------|
| - <i>I</i> : Intensidade da Chuva, em mm/ | - <i>a</i> : 0,148 |
| - <i>K</i> : 2537,086 | - <i>b</i> : 21,952 |
| - <i>Tr</i> : Tempo de Retorno, em anos; | - <i>c</i> : 0,917 |
| - <i>Tc</i> : Tempo de Concentração (min) | |

5.2.4 Área Estudada

A área da bacia utilizada no estudo foi baseada no estudo de LANUTI (2016) que analisou a mesma área, como mostra a Figura 11, porém sugeriu outra forma de solução para o problema.

De acordo com o artigo apresentado por Porto (2003) na Revista Brasileira de Recursos Hídricos, essa concepção de retenção/detenção dos escoamentos pode ser feita em três escalas: no lote, o loteamento ou na bacia. Em outro artigo para a mesma revista, Silveira e Goldenfum (2007) apud Tucci e Genz (1995) afirmam que é comum a utilização de bacias de retenção em espaços abertos de condomínios privados ou

espaços públicos, sendo assim, essa utilização pode ser chamada de aplicação em loteamento ou off-line.

Figura 12: Área de Estudo.

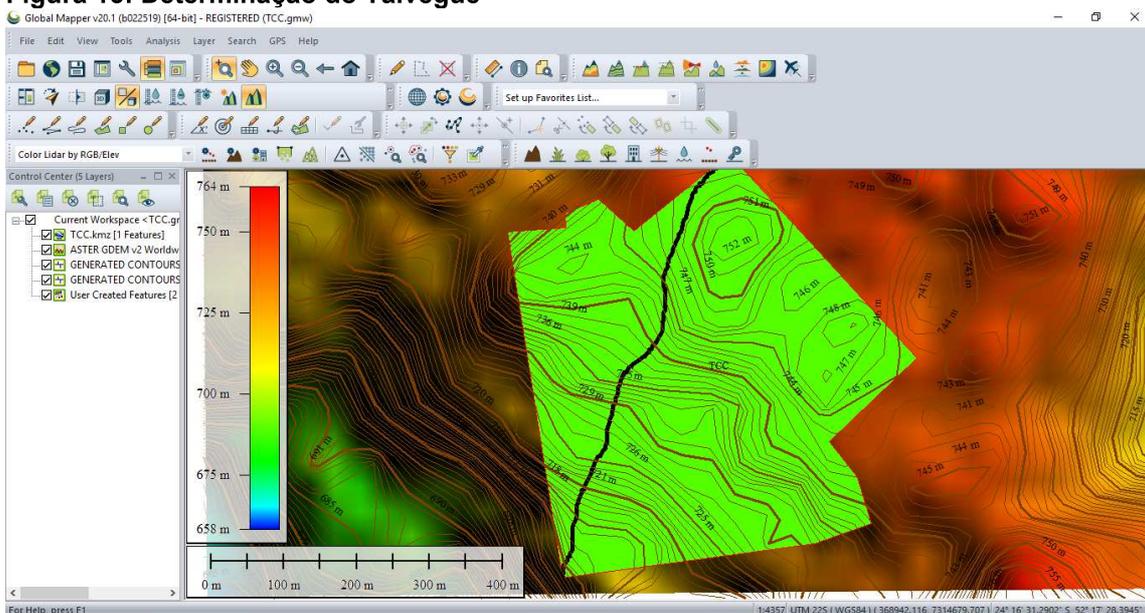


Fonte: Lanuti (2016).

5.2.5 Comprimento do Talvegue e Declividade

Para determinar o comprimento do talvegue principal e a declividade, utilizou-se o software Global Mapper 20.1, que por meio do arquivo da área gerado pelo Google Earth Pro, sobrepôs-se as curvas de nível do local e traçou-se o talvegue através do estudo destas curvas.

Figura 13: Determinação do Talvegue



Fonte: Global Mapper 20.1 (2019).

5.2.6 Tempo de Concentração

Calculou-se o tempo de concentração relacionada a área da bacia, em cada situação (pré e pós-desenvolvimento) através da equação de Schaake, Geyer e Knapp (1967), descrita pela Equação 3.

$$tc = \frac{4,968 \cdot L^{0,24}}{S^{0,16} \cdot Ai^{0,26}} \quad \text{Equação (3)}$$

- tc : Tempo de concentração, em min;
- L : Comprimento do talvegue, em km;
- S : Declividade, em (m/m);
- Ai : Fração de Área Impermeável, adimensional.

Na situação de pré-desenvolvimento considerou-se que não havia nenhuma interferência humana, por isso, adotou-se o valor de 0,10, ou seja, apenas 10% da área estudada seria impermeável baseado no estudo do Engenheiro Plínio Tomaz (2010), já na situação de pós-urbanização, adotou-se 0,65, valor relacionado ao grau de urbanização constando no último levantamento realizado pelo IBGE (2010) informado pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico Social (2019).

Em comparação com as taxas de urbanização de outros municípios, pode-se verificar que este grau de urbanização adotado está abaixo, como já mencionado nos

itens anteriores deste trabalho, porém, de acordo com o relatório de Projeção da População Total dos Municípios do Paraná para o Período 2016-2030 também do IPARDES (2016), a tendência da população do município de Luiziana é diminuir, de 7.324 para 6.581 habitantes.

5.2.7 Volume da Bacia de Detenção

Como mencionado anteriormente, é possível determinar o volume da bacia de detenção através da área que excede a sobreposição dos hidrogramas. Esta área foi determinada através da plotagem dos hidrogramas no software AutoCad e verificada através da Equação 4 (GIORDANI, 2016).

$$V_s = A = \int_0^{te} [Qa(t) - Qb(t)] dt \quad \text{Equação (4)}$$

- V_s : Volume da bacia de detenção, em m³;
- te : Tempo em que os hidrogramas se cruzam, em min;
- $Qa(t)$: Função do hidrograma de pós-desenvolvimento;
- $Qb(t)$: Função do hidrograma de pré-desenvolvimento;

5.4 Dimensionamento da Tubulação de Drenagem

Quanto à tubulação de drenagem, a proposta é que não se considere o traçado existente das tubulações do centro da cidade e que a bacia de detenção seja destinada ao volume total do escoamento superficial advindo da região em estudo.

Para se determinar o melhor local de instalação da bacia de detenção, estudou-se as curvas de níveis da região, portanto, uma vez determinada a localização é possível configurar o traçado das tubulações de drenagem do campo de futebol que terão destino final no córrego situado próximo a região de estudo.

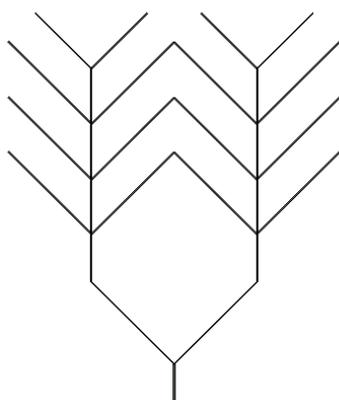
De acordo com o Catálogo de Águas Pluviais e Drenagem da Tigre (2019), um dos traçados das tubulações de drenagem de gramados e campos esportivos mais comum utilizado é no formato de espinha de peixe (Figura 14), por isso, prosseguiu-se o estudo empregando este modelo de traçado.

Quanto a dimensão dos diâmetros das tubulações, assim como no cálculo do volume da bacia de detenção, não há uma metodologia específica para drenagem de

campo de futebol, portanto, determinou-se a vazão por metro linear de tubulação, dividindo-se a vazão de pós-desenvolvimento pelo comprimento total de tubulação, multiplicou-se por cada trecho e comparou-se com as informações fornecidas por fabricantes desta tubulação em específico, caracterizada por ser corrugada, composta por furos ao longo de seu comprimento, podendo ser de PVC ou concreto.

Através deste método considera-se a pior situação possível, ao qual, é caracterizada pelo comportamento da tubulação atuando totalmente afogado, sem a presença de pressão atmosférica, em que o campo de futebol se encontra totalmente alagado.

Figura 14 - Traçado Espinha de Peixe



Fonte: Autoria própria (2019).

5.5 Projeto da Bacia de Detenção

Apresentou-se a representação em 3D da bacia de detenção em formato de campo de futebol, ao qual, considerou-se a proporção dos campos oficiais da FIFA, em conjunto com o traçado das tubulações de drenagem através do *software Revit*.

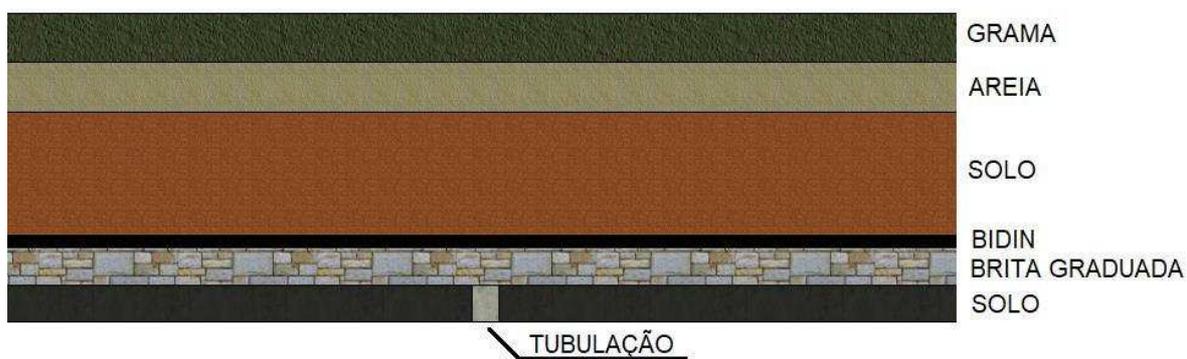
De acordo com o Guia de Estádios de Futebol elaborado pelo Ministério do Esporte (2014) o gramado deve ser composto por uma camada inicial de grama, logo abaixo há uma camada de solo com profundidade em torno de 10 a 15 centímetros composto por material permeável, livre de pedras e que proporcione o crescimento saudável da grama, como a areia em diversas granulações, por exemplo.

Abaixo do solo é necessário colocar uma manta permeável, conhecido como Bidin, com espessura de aproximadamente 50 mm, em seguida uma camada de 150 mm de pedra com diversas granulações, com o intuito de facilitar o escoamento da

água até as tubulações de drenagem, presentes abaixo dessa última camada, Figura 15.

Por fim, representou-se o acesso ao campo por meio de escadas de concreto para que auxilie na dissipação de energia, além de servir como arquibancada e também a colocação de rampas para acessibilidade.

Figura 15 - Camadas do Campo de Futebol.



Fonte: Autoria própria (2019).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Área, Comprimento do Talvegue e Declividade

Os valores para a área estudada, comprimento do talvegue e declividade estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados da Área, Comprimento do Talvegue e Declividade.

Área de Estudo	21,74 ha
Comprimento do Talvegue	670,89 m
Declividade (m/m)	0,0581 m/m

Fonte: Tomaz (2010)

6.2 Hidrogramas

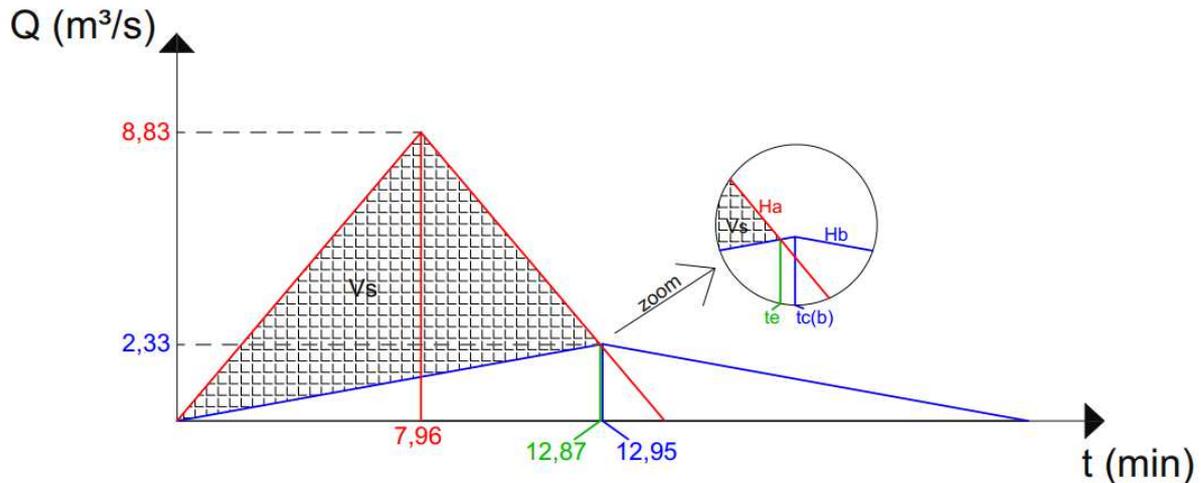
A Tabela 3 demonstra os valores obtidos de intensidade de chuva, tempo de concentração e vazão de pico de pré e pós-desenvolvimento. A Figura 16 evidencia a configuração final dos hidrogramas, em que Ha é o hidrograma de pré-desenvolvimento e Hb de pós-desenvolvimento.

Tabela 3 - Resumo dos Resultados.

Variável	Pré - desenvolvimento	Pós - desenvolvimento
Coeficiente de Runoff	0,20	0,65
Área Impermeável	0,10	0,85
Tempo de Concentração	12,95 min	7,96 min
Intensidade de Chuva	192,99 mm/h	222,32 mm/h
Vazão de Pico	2,35 m ³ /s	8,83 m ³ /s

Fonte: Aatoria Própria (2019).

Figura 16: Hidrogramas Resultantes.



Fonte: Autoria Própria (2019).

6.3 Volume da Bacia de Detenção

Ao representar os hidrogramas no software AutoCad, é possível determinar o volume da bacia, desta forma, resultou em $45,7806 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{min}$, transformando-se o minuto em segundos, resulta em $2.746,84 \text{ m}^3$.

Através da Equação 4 também é possível determinar o volume, sendo assim, divide-se cada hidrograma em duas retas, ascendente e decendente, em que o limite da integral é t_e , ou seja, o tempo em que os dois hidrogramas se cruzam, no minuto 12,905.

Sendo assim, os cálculos realizados foram os apresentados a seguir.

Tabela 4 - Determinação das Retas dos Hidrogramas.

Retas Ascendentes	Retas Decendentes
$Qa(t) = \frac{8,83}{7,96} \cdot t$	$Qa(t) = -\frac{8,83}{7,96} \cdot t + 17,66$
$Qb(t) = \frac{2,33}{12,87} \cdot t$	$Qb(t) = -\frac{2,33}{12,87} \cdot t + 4,66$
$\int_0^{7,96} \left[\frac{8,83}{7,96} \cdot t \right] - \left[\frac{2,33}{12,87} \cdot t \right]$	$\int_{7,96}^{12,87} \left[-\frac{8,83}{7,96} \cdot t + 17,66 \right] - \left[-\frac{2,33}{12,87} \cdot t + 4,66 \right]$
1764,46 m^3	981,60 m^3

$$V_s = 1764,46 + 981,60 = 2.746,06 \text{ m}^3$$

Fonte: Autorial Própria (2019).

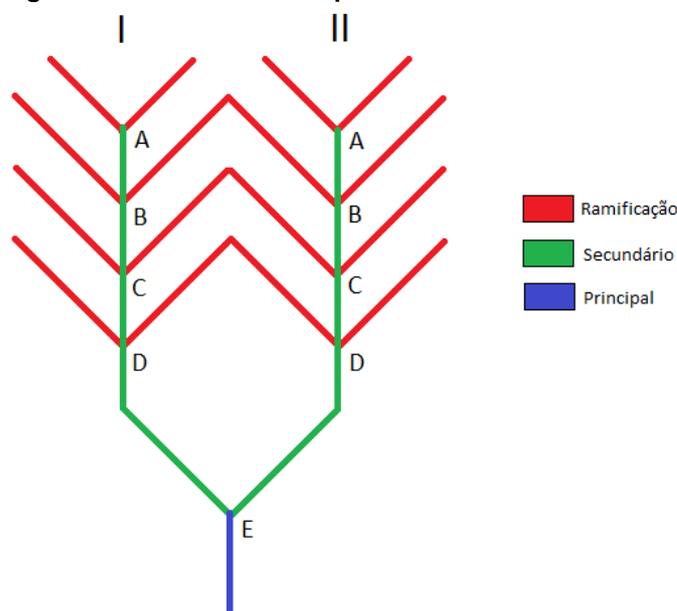
6.4 Dimensão das Tubulações de Drenagem do Campo

Como a vazão de pós-desenvolvimento resultou em $8,83 \text{ m}^3/\text{s}$, cada conjunto irá receber a metade desta vazão, sendo de $4,41 \text{ m}^3/\text{s}$ ou 4410 l/s . De acordo com a Figura 17, as tubulações demarcadas em vermelho são caracterizadas por absorver toda a água pluvial que chega a bacia de detenção, a soma do comprimento de todas as ramificações de um conjunto é de $117,60 \text{ m}$, em que conta com 8 ramificações de $14,70\text{m}$ cada, ainda são essas as tubulações caracterizadas por conterem furos ao longo de todo seu comprimento, sendo que o material escolhido foi o PVC.

Por metro linear, deverá ser drenado $0,0375\text{m}^3/\text{s}$ ou $37,50\text{l/s.m}$, sendo assim, ao multiplicar a vazão por metro linear e o comprimento de cada ramificação, acumulando-se ao longo do trecho da tubulação principal, resulta-se nos valores da Tabela 5.

A tubulação em verde de cada conjunto possui o comprimento de $41,85\text{m}$ e capta toda a vazão vinda das ramificações, acumulando-se ao longo do trecho até a tubulação principal e por fim, os dois conjuntos se encontram na tubulação principal que receberá a vazão total de pós-desenvolvimento.

Figura 17 - Detalhes da Espinha de Peixe.



Fonte: Aatoria própria (2019).

Figura 18 - Vazão em cada ponto.

Ponto	A	B	C	D	E
Vazão (m ³ /s)	1,1025	2,205	3,3075	4,41	8,82
Vazão (l/s)	1102,50	2205,0	3307,50	4410,0	8820,0

Fonte: Aatoria própria (2019).

Ao verificar a ficha técnica da fabricante de tubulações TechDuto, consta que há tubulações de 65mm, 90mm, 100mm, 110mm, 160mm e 200mm, e informações em diversas inclinações, porém, de acordo com o Catálogo Técnico da Tigre, a inclinação recomendada para esse modelo de drenagem é de 1% e as dimensões de tubos comumente usadas é de 100mm ou de 150mm, portanto, ao analisar a tabela de vazões fornecida pela ficha técnica da TechDuto, determinou-se a utilização de tubulação de 160mm e assim, verifica-se que a vazão para este diâmetro, à inclinação de 1%, admite velocidade de 0,85 m/s e vazão de 10,437 l/s, portanto, se a vazão que chegasse ao campo de futebol tivesse que ser drenada diretamente, a tubulação não drenaria toda a água, porém uma porção ainda fica retida no solo e nas demais camadas drenante.

Figura 19 - Traçado do Campo de Futebol.

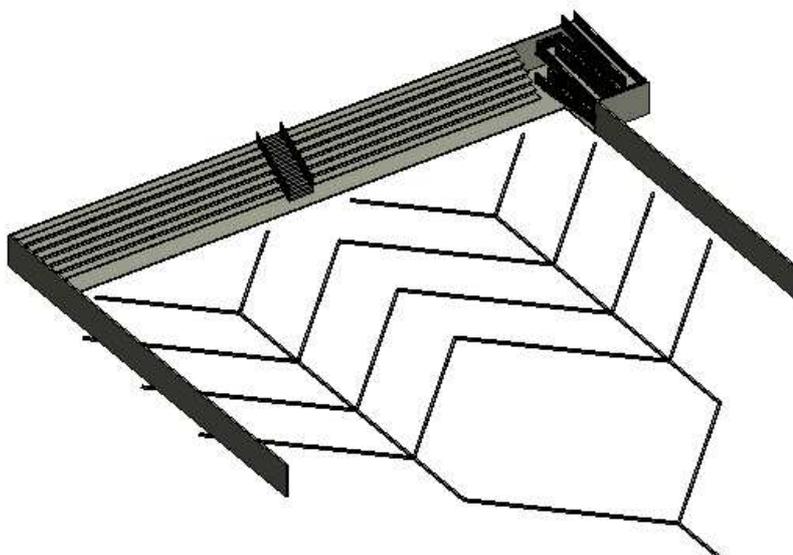
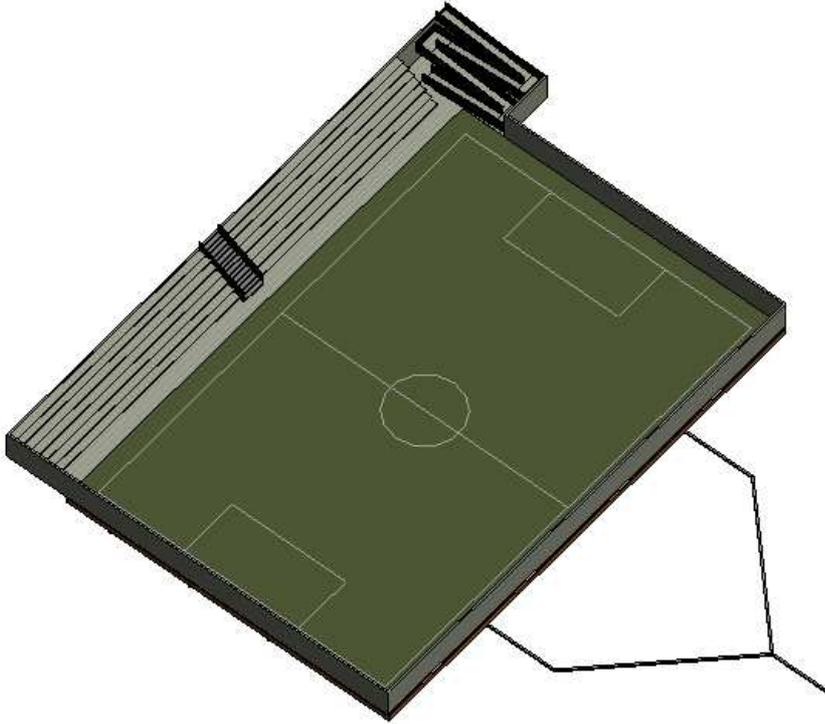


Figura 21 - Detalhes do Campo de Futebol.



Fonte: Revit (2019).

7 CONCLUSÃO

A ineficiência do sistema de drenagem urbano de Luiziana tem afetado diretamente a população da região, há diversas residências no local, a área é propícia para o cultivo da agricultura e pecuária, além do arraste de grande quantidade de sólidos para o córrego onde há o desague final da água pluvial advinda do centro da cidade.

Em visitas *in loco*, verificou-se que houve algumas tentativas de solução, dentre elas o aterramento da voçoroca por meio de pedregulhos e brita graduada por parte da prefeitura, além da tentativa de criar bacias de retenção ao longo de todo o caminho do escoamento superficial através da retirada do solo, aos quais, corriqueiramente é necessário a manutenção das mesmas, mostrando-se como uma solução ineficaz.

De acordo com a visualização por meio do *software* Google Earth Pro, é possível verificar a disponibilidade de espaço para a instalação da bacia de retenção em formato de campo de futebol nas dimensões determinadas pelos cálculos realizados neste trabalho, principalmente em questão de espaço físico ao qual substituiria as bacias de retenção provisórias instaladas no local.

Quanto a viabilidade da implantação deste projeto, são necessários diversos estudos complementares, principalmente relacionados às características do solo, uma vez que este é a primeira camada drenante do sistema, além de auxiliar como filtro dos resíduos conduzidos até as tubulações. Por outro lado, a proposta de característica projetos sustentáveis tem se tornado cada vez mais comum no meio da construção civil e o fato de poder ser usado como campo de futebol em um país como o Brasil, famoso pelo apego ao esporte, também agrega um valor positivo.

Portanto esta bacia de retenção além de propor uma solução para o volume excedente de escoamento superficial, ao qual, o sistema de drenagem presente no município não comporta, também propõe a melhoria da qualidade de vida da população local, além de incentivar o estudo e a utilização de soluções sustentáveis na construção civil.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, Gerson Salviano de et al. Prevenção e Controle da Erosão Urbana no Estado de São Paulo. In: **21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 2001, São Paulo.. João Pessoa: Abes, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/saneab/brasil/ix-003.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

BALLARD, Woods B.; WILSON, S.; UDALE-CLARKE, H.; ILLMAN, S.; SCOTT, T.; ASHLEY, R.; KELLAGHER, R. **The SuDS Manual**. Londres: British Library Cataloguing (CIRIA), 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Água (ANA). Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Hidrologia básica**. Disponível em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/66>>. Acesso em: 06 fev. 2019.

BRASIL. **Estatuto da Cidade**. Lei N° 10.527, de 10 de julho de 2001. Brasília, jul. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: 12 de set. 2018.

BRASIL. **Saneamento Básico**. Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 10 set. 2018.

BRITO, Annanery de Oliveira. **Estudos da Erosão no Ambiente Urbano, Visando Planejamento e Controle Ambiental no Distrito Federal**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10876/1/2012_AnnanerydeOliveiraBrito.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

DAL-PRÁ, Leoni Lúcia. **Drenagem Urbana**. Curitiba: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), 2016.

DESBORDES, M., 1987, **Contribution à l'analyse et à la modélisation des mécanismes hydrologiques en milieu urbain**, Montpellier : Académie de Montpellier. 242 p. Thèse.

DIAS, F. S.; ANTUNES, P. T. da S. C. **Estudo Comparativo de Projeto de Drenagem Convencional e Sustentável para Controle de Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos**. Monografia. Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio Janeiro, 2010.

FILHO, José Luiz Albuquerque. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados - Relatório Final**. São Paulo, 1999. 260 p. (Relatório nº 40.675).
Volume 1. Disponível em:
<<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7001/volume-1.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

FONSECA, Paulo Luiz da; NASCIMENTO, Elson Antonio do; LONGO, Orlando Celso. Gestão ambiental de bacias hidrográficas: medidas não convencionais no controle de cheias urbanas – principais aspectos, considerações e ações integradas. In: **XIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2006, Bauru. Feb, 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/258.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.

FRANCO, Edu José. **Dimensionamento de bacias de retenção das águas pluviais com base no método racional**. 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~bleninger/dissertacoes/085-Edu_Jose_Franco.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2019.

GEORGIA. Atlanta Regional Commission. (Org.). **Georgia stormwater management manual**. 2001. Volume 2: Technical Handbook. Disponível em: <<http://www.lex-co.com/Departments/PublicWorks/GSMMVol2.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2019.

GIORDANI, Lídio Campos. **Dimensionamento de reservatório de detenção para controle de enchentes em Fortaleza/CE**. 2016. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/35391/1/2016_tcc_lcgiordani.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2019.

GONÇALVES, Felipe Timmermann; NUCCI, João Carlos. SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVEVÊ, CURITIBA-PR. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [s.l.], p.192, 21 dez. 2017. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v42i0.47043>. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/47043>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Superintendência de desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de Drenagem Urbana – Região Metropolitana de Curitiba (PR)**. Curitiba, 2002. 150p.

HONG, Yao-ming; YEH, Naichia; CHEN, Jen-yan. The simplified methods of evaluating detention storage volume for small catchment. **Ecological Engineering**, [s.l.], v. 26, n. 4, p.355-364, jul. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.12.006>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/257200843_The_simplified_methods_of_evaluating_detention_storage_volume_for_small_catchment>. Acesso em: 06 fev. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 1940-2010**. Até 1970 dados extraídos de: Estatísticas do século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007 no Anuário Estatístico do Brasil, 1981, vol. 42, 1979. Disponível em:<

<https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico: 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/luiziana/panorama>> Acesso em: 10 set. 2018.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Projeção da População Total dos Municípios do Paraná para o Período 2016-2030 – Alguns Resultados: 2016**. Disponível em: <http://www.ipardes.pr.gov.br/pdf/indices/projecao_populacao_Parana_2016_2030_set.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico: Município de Luiziana. 2019**. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=87290>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

KALLÁS, Filipe; SANT'ANA, Lucas César Frediani. Análise Ambiental da Causa da Voçoroca Urbana Localizada no Município de Luiziana-PR. In: **XIV FÓRUM AMBIENTAL**, 2018, Alta Paulista. Alta Paulista: Edição Online, 2018. Disponível em: <<https://www.amigosdanatureza.org.br/eventos/data/inscricoes/4058/form236812919.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

LANUTI, Yohan Vinícius Rocha. **AVALIAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM URBANA NA ÁREA CENTRAL DO MUNICÍPIO DE LUIZIANA-PR**. 2018. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.

MARTINS, Lucas Rangel. **Viabilidade Técnica da Construção de Banhados no Espaço Urbano para Controle Quali-Quantitativo do Escoamento Superficial**. 2015. 110 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em:

<[https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/127702/000970947.pdf?sequence=1%20\(28\)](https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/127702/000970947.pdf?sequence=1%20(28))>. Acesso em: 14 nov. 2018.

MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. **Drenagem Urbana: Do projeto tradicional à sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

MINISTÉRIO DO ESPORTE. Fundação Getúlio Vargas. **Guia de Recomendações de Parâmetros e Dimensionamentos para Segurança e Conforto em Estágios de Futebol**. Brasil: Fundação Getúlio Vargas, 2014. Disponível em: <<http://portal.esporte.gov.br/futebolDireitosTorcedor/pdf/guiadeRecomentadacoesdeestadios.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

NAKAZONE, Lucia Midori. **IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO EM CONJUNTOS HABITACIONAIS: A EXPERIÊNCIA DA CDHU**. 2005. 305 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; BERTRAND-KRAJEWSKI, Jean-luc; BRITTO, Ana Lúcia. **ÁGUAS URBANAS E URBANISMO NA PASSAGEM DO SÉCULO XIX AO XX: o trabalho de Saturnino de Brito**. Ufmg, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p.102-133, jan. 2013. Disponível em: <https://www.ufmg.br/revistaufmg/downloads/20/6-_aguas_urbanas_e_urbanismo_nilo_de_oliveira.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018.

OYAKAWA, K. A. O., 2004, Manutenção do Reservatório de Detenção AM-3 no Município de Santo André. In: **VII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento** – ASSEMAE (Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento), Santo André, SP.

PARKINSON, Jonathan et al. **Drenagem Urbana Sustentável no Brasil: Ocupação da Bacia Hidrográfica**. Goiânia: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 24 p. Disponível em: <http://semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem_urbana_no_brasil-workshop_relatorio081003.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.

PEREIRA, Priscila Pini; ITO, Alexandre Hitoshi. Efeitos da urbanização e soluções sustentáveis para o sistema de drenagem. **Synergismus Scientifica Utfpr**, Pato Branco, v. 12, n. 1, p.183-195, 18 nov. 2017.

PINTO, Luiza Helena; PINHEIRO, Sérgio Avelino. **Orientações Básicas para Drenagem Urbana**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2006.

Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.

POLETO, Cristiano. SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica. **Thema**, Pelotas, v. 8, n. 1. 2011. Disponível em: <http://revistathema.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/38>. Acesso em: 06 out. 2018.

PORTO, Rodrigo de Melo. Metodologia de Cálculo para o Planejamento de Bacias de Detenção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Carlos (SP), v. 8, n. 3, p.135-149, jul. 2003. Trimestral. Departamento de Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/35/c7b32cef89e6d49b22c9cfd8a44a14bf_a4b4b325983774301b822307e6f3546d.pdf. Acesso em: 06 fev. 2019.

PREFEITURA DE LUIZIANA. **Dados Gerais: 2018**. Luiziana, 2018.

SANTOS JÚNIOR, Valdevino José dos; SANTOS, Carolina Oliveira. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Estação Científica (UNIFAP)**, Macapá (AP), v. 3, n. 1, p.19-30, jan. 2013. Quadrimestral. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/view/734/valdevinov3n1.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2019.

SÃO PAULO. Jorge Simão Júnior. Departamento de Água e Energia Elétrica. **O PROGRAMA AMBIENTAL DE CONTROLE DAS INUNDAÇÕES NO ESTADO DE SÃO PAULO**. São Paulo, 2000. Disponível em:

<<http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/relatorios/revista/raee0002/inundacoes.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

ROSEN, George. **Uma História da Saúde Pública**. São Paulo: Unesp, 1994.

SÃO PAULO. MARTINS, José Rodolfo Scarati. Universidade de São Paulo. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?** 2012. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidr%C3%A1ulic/gestaodrenagem.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

SÃO PAULO. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. (Org.). **Hidrologia Básica**. Conteúdo de turma EaD. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/66/2/Unidade_1.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2019.

SARTORI, Simone; LATRÔNICO, Fernanda; CAMPOS, Lucila M.s.. SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL:: UMA TAXONOMIA NO CAMPO DA LITERATURA. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 1, p.1-22, jan. 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n1/v17n1a02.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

SCHAAKE, J. C., GEYER, J. C., KNAPP, J. W. **Experimental examination of the rational method**. Journal of Hydraulics Division, ASCE, vol. 93, No. HY6. 1967.

SILVEIRA, André L. L. **Apostila: Drenagem Urbana: aspectos de gestão**. 1. Ed. Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq), 2002.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da; GOLDENFUM, Joel Avruch. Metodologia Generalizada para Pré-Dimensionamento de Dispositivos de Controle Pluvial na Fonte. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre (RS), v. 12, n. 2, p.157-168, abr. 2007. Trimestral. Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2018/09/Silveira-e-Goldengum-2007-RBRH-v.12-n.2-2007.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2019.

SUDS (SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS): Uma contextualização Histórica. Pelotas: Revista Thema, 2011.

STUDART, T. M. de C. **Hidrologia.** Apostila do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC, 2006.

TOMAZ, Plínio. Dimensionamento preliminar de reservatório de retenção. In: **Curso de Manejo de Águas Pluviais.** 14. ed. São Paulo: 2010.

TOMAZ, Plínio. **Capítulo 111 - Hidrogramas do método Racional.** 2013. Curso de Manejo de águas pluviais. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazio/capitulo111.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2019.

TECHDUTO (Org.). **Flexibilidade e Resistência a toda prova.** Catálogo Técnico. Disponível em: <https://www.techduto.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Catalogo_Tecnico_Baixa.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2019.

TIGRE (Org.). **Orientações técnicas sobre instalações de irrigação.** Catálogo Técnico. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-irrigacao.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

TUCCI, C. E. M., GENZ, F., 1995, Controle do Impacto da Urbanização, In : Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T. (org.), 1995, Drenagem Urbana, Editora da Universidade, ABRH.

TUCCI, Carlos E. M.; COLLISCHONN, Walter. DRENAGEM URBANA E CONTROLE DE EROSIÃO. In: **VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSIÃO**, 6., 1998, Presidente Prudente. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/12/drenagem-urbana-e-controle-de-erosao.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

VASCO, João Ricardo Justino. **Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável**. 2016. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2016. Disponível em: <http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Teses/Tese_Mest_Rossana-Lourenco.pdf>. Acesso em: 06 out. 2018.

VAZ, Valéria Borges (Rio Grande do Sul). Núcleo de Pesquisa e Extensão em Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Drenagem Urbana**. 2014. Disponível em: <https://social.stoa.usp.br/articles/0048/3006/Drenagem_Urbana.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

ANEXO A**Figura 22: Voçoroca I de Luiziana - PR**

Fonte: Autoria própria.

Figura 23: Voçoroca II de Luiziana – PR.

Fonte: Autoria própria.

Figura 24: Bacia de denteção presente in loco.

Fonte: Autoria própria.



Plúvio 2.1



Copyright (2005) © GPRH

RELATÓRIO

Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação

LOCALIZAÇÃO:

Localidade: Luiziana **Estado:** Paraná

Latitude: 24°17'10"

Longitude: 52°16'33"

PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:

K: 2537,086

a: 0,148

b: 21,952

c: 0,917

MAPA DE LOCALIZAÇÃO:

