

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
EDIFICAÇÕES E AMBIENTAL

VALÉRIA SHIRLEY ORTH DE JESUS

**SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE  
DRENAGEM DO CAMPUS DA UFMT, CUIABÁ, MT.**

CUIABÁ – MT

MAIO, 2017

VALÉRIA SHIRLEY ORTH DE JESUS

**SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE  
DRENAGEM DO CAMPUS DA UFMT, CUIABÁ, MT.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Edificação Sustentável na área de Saneamento Ambiental.

**Orientador:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliana Beatriz Nunes  
Rondon Lima.

CUIABÁ – MT



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental  
Cuiabá, Mato Grosso

**Valéria Shirley Orth de Jesus**

**SUBSÍDIOS PARA A ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE DRENAGEM  
DO CAMPUS DA UFMT, CUIABÁ, MT.**

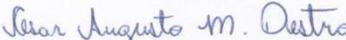
Esta dissertação foi avaliada e julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E AMBIENTAL. Esta versão final foi aprovada pelo orientador e pela banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental.

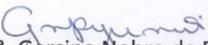
Cuiabá, 23 de maio de 2017.

Prof. Dr. Bismarck Castillo Carvalho  
Coordenador do PPGEEA

Banca Examinadora:

  
Profª. Drª. Eliana Beatriz Nunes Rondon  
Lima  
(Orientadora)  
Departamento de Engenharia Sanitária  
Faculdade de Arquitetura, Engenharia  
e Tecnologia  
Universidade Federal de Mato Grosso

  
Prof. Dr. César Augusto Medeiros Destro  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
(PPGEC)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Pato Branco

  
Profª. Drª. Gersina Nobre da Rocha Carmo  
Júnior  
Departamento de Engenharia Sanitária  
Faculdade de Arquitetura, Engenharia  
e Tecnologia  
Universidade Federal de Mato Grosso

  
Profª. Drª. Elisabeth Aparecida Furtado  
de Mendonça  
Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade  
Faculdade de Agronomia e Zootecnia  
Universidade Federal de Mato Grosso

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

J58s JESUS, Valéria Shirley Orth de.  
Subsídios para a elaboração do diagnóstico do sistema de drenagem do campus da UFMT, Cuiabá, MT / Valéria Shirley Orth de JESUS. -- 2017  
139 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Profª Drª Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Cuiabá, 2017.  
Inclui bibliografia.

1. Sustentabilidade. 2. Sistema de Informação Geográfica-SIG. 3. Indicadores de sistema de drenagem. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**

Dedico este trabalho à Deus, à família pela paciência e compreensão e a minha orientadora.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por todas as coisas que apresentou no meu caminho.

A minha família, em especial ao meu esposo pelo carinho, força e compreensão. Aos meus filhos pela paciência durante minha jornada acadêmica.

Agradeço a minha professora orientadora, Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima, pela confiança, respeito, amizade e incentivo na realização deste trabalho, me abrindo os olhos no potencial a ser desenvolvido.

Aos meus pais pelo incentivo e carinho me impelindo a seguir em frente em todos os momentos.

Aos meus sogros, Sr. Sabino de Jesus e Sra. Conceição Silva de Jesus, que me ajudaram apoiando com os cuidados de meus filhos em minha ausência .

Ao professor Cleberson Ribeiro de Jesus, pela presteza, incentivo e orientação.

A professora Elisabeth Furtado de Mendonça pelo incentivo e liberação para a realização deste mestrado.

À minha amiga Ana Paula por fornece todo o apoio no período de ocorrências das aulas do mestrado.

À minhas amigas Shanny dos Santos Mota e Vanessa Souza de Araújo, pelo companheirismo e incentivo nos momentos em que ousei me desesperar, me confortando e animando na busca de soluções as problemáticas apresentadas.

Aos meus colegas de mestrado por estarem junto nesta jornada.

À Secretaria de Infra Estrutura desta instituição por fornecer os dados necessários aos levantamentos realizados dando apoio também a minha formação.

À Banca Examinadora pelas orientações e incentivos no decorrer do estudo.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram na construção deste trabalho.

*“A Cidade é uma segunda natureza e a mais complexa das obras humanas porque sua implantação depende de agentes diversos atuando em tempos diferentes sobre objetos diversos ou parcialmente coincidentes, com distintos poderes de intervenção materiais e legais.”* Edézio Teixeira de Carvalho

## RESUMO

A gestão de uma Bacia Hidrográfica pode esbarrar em critérios que dificultam sua realização como: levantamento topográfico e determinação do uso e ocupação do solo. O Sistema de Informação Geográfica (SIG), vem se tornando uma ferramenta que auxilia na determinação destes parâmetros podendo ser também utilizada como um fator de gerenciamento visual que demonstra as possíveis áreas de risco. O objetivo geral é dar subsídios para a elaboração do diagnóstico do sistema de drenagem de forma a amparar a realização do Plano Setorial de Drenagem para compor o Plano de Gestão sustentável da UFMT. A metodologia utilizada se baseia na realização mapas de: declividade, curvas de nível, distâncias da rede hídrica e uso e ocupação do solo com utilização de sistema SIG. A área deste estudo se localiza na região central do Brasil, em Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, na Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado. Os mapas de declividade, curvas de nível, altitudes, distâncias da rede hídrica, foram obtidos a partir de imagens de satélites do Modelo Numérico do Terreno (MNT), este modelo numérico, conforme Câmara, Monteiro e Davis (2004) é a representação matemática de um fenômeno espacial que ocorre na superfície da terra. Esta imagem foi obtida em 20.05.2016 estando disponível pela missão Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) no site do United States Geological Survey (USGS). Esse arquivo possui formato matriciais com resolução de 30 metros. Já o uso e ocupação do solo foi realizado com a classificação da imagem de satélite LANDSAT 5TM, de 24.08.2016 com o geoprocessamento de imagem no sistema Datum Siglas 2000. Concluindo, a bacia possui uma capacidade drenante regular, mas, apresenta uma forma que propicia a ocorrência de enchente. Entretanto, atualmente ocorrem processos de alagamento no córrego na região considerada médio curso em decorrência de obstruções no escoamento superficial pela rede viária implantada e por falta de manutenção das galerias pluviais. Com a implantação da obra do viaduto, isso impede o escoamento natural causando um acúmulo de água na saída do elevado e áreas adjacentes.

Palavras chaves: Sustentabilidade, Sistema de Informação Geográfica-SIG, Indicadores de sistema de drenagem.

## **Abstract**

The management of a Watershed can bump into criteria that hinder their achievement as: topographic survey and determination of land use and occupation. The Geographic Information System (GIS), has become a tool that assists in the determination of these parameters may also be used as a factor of visual management that demonstrates the potential risk areas. The overall goal is to give subsidies for the development of diagnosis of the drainage system in order to support the implementation of the Plan of drainage to compose the plan for the sustainable management of the UFMT. The methodology used is based on the realization of maps: slope, level curves, distances from water supply network and land use and occupation with use of GIS system. The area of this study is located in the central region of Brazil, in Cuiaba, the capital of the state of Mato Grosso, in the hydrographic basin of the stream of the Barbado. The maps of slope, slopes, altitude, distance from the water supply network, were obtained from satellite images of the numeric model of the terrain (NTM), this numerical model, as Camera, Monteiro and Davis (2004) is the representation of mathematical a space phenomenon that occurs on the surface of the earth. This file has the format array with a resolution of 30 meters. Already the use and occupation of the land was carried out with the classification of satellite image of Landsat 5 TM, 24.08.2016 with the geoprocessing image on the system Acronyms Datum 2000. In conclusion, the basin have a capacity draining regular, but presents a form that promotes the incidence of flooding. However, today there occur cases of flooding in the stream in the region considered medium-haul flights as a result of obstructions in runoff by road network deployed and by lack of maintenance of the galleries rainwater drainage system. With the deployment of the work of the viaduct, this prevents the flow naturally causing an accumulation of water at the outlet of the high and adjacent areas.

Keyword: Sustainability, Geographic Information System-SIG, indicators of drainage system.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Ciclo hidrológico .....	19
Figura 02: Ciclo urbano das águas.....	20
Figura 03: Representação dos divisores de água .....	23
Figura 04: Relação da área da bacia com o comprimento axial .....	25
Figura 05: Relação do comprimento axial pela média da largura.....	27
Figura 06: Ilustração da classificação de ocorrências hídricas .....	29
Figura 07: Etapas do Sistema Sustentável de Água Urbana .....	33
Figura 08: Demonstração de processo de inundações no baixo curso do Córrego do Barbado .....	51
Figura 09: Mapa de localização do Córrego do Barbado e UFMT .....	58
Figura 10: Imagem do campus de 1975 e 2016 .....	59
Figura 11: Fluxograma geral da metodologia adotada .....	60
Figura 121: Fluxograma da primeira fase .....	60
Figura 13: Segunda fase do fluxograma .....	61
Figura 14: Contorno e hidrografia do Córrego do Barbado .....	71
Figura 15: Levantamento de dado da bacia 2011 .....	72
Figura 16: Rede hidrográfica construída a partir de imagem aérea de 1964 .....	73
Figura 17: Mapa de sobreposição de redes de drenagem .....	75
Figura 18: Mapa de distancias de APPs .....	76
Figura 19: Mapa de altitudes da Bacia do Barbado .....	78
Figura 20: Mapa de declividade da Microbacia Hidrográfica do Córrego do Barbado .....	80
Figura 21: Uso e ocupação do solo em 2016 .....	81
Figura 22: Mapa de risco de ocorrência de eventos .....	83
Figura 23: Córrego do Barbado, Av. Fernando Correa da Costa, Cuiabá-MT ...	84
Figura 242: Corredor estrutural de transporte coletivo – VLT em frente a UFMT.	85
Figura 25: Construção do viaduto na Fernando Correa em frente a UFMT .....	86
Figura 26: Projeto de desapropriação para a Av. Parque do Barbado .....	86
Figura 27: Demonstração do andamento da canalização do Córrego do Barbado .....	87
Figura 28: Projeto de implantação da Avenida Parque do Barbado .....	88
Figura 29: Foto de execução da obra de fechamento do córrego do barbado ..	89
Figura 30: Viaduto alagado margem do córrego.....	90
Figura 31: Alagamento do viaduto da UFMT .....	90
Figura 32: Área da UFMT antes da implantação do campus .....	91
Figura 33: Mapa do campus da UFMT localizando as fotografias antigas .....	92
Figura 34: Plano Diretor atual da UFMT .....	93
Figura 35: Mapa com bacia de detenção, bueiro, descida de água e dissipador de energia .....	97
Figura 36: Rompimento da bacia de detenção .....	97
Figura 37: Condições dos bueiros .....	98
Figura 38: Condições da Descida de água .....	99
Figura 39: Dissipador de energia inadequado .....	99
Figura 40: Drenagem demonstrando boca de lobo .....	100
Figura 41: Condições da Boca de Lobo.....	100

Figura 42: Locais do escoamento.....	101
Figura 43: Localização das caixas de passagem .....	102
Figura 44: Caixa de passagem (CX1) .....	102
Figura 45: Caixa de passagem (CX2) .....	102
Figura 46: Situação da área verde após precipitação .....	103
Figura 47: Caixa de passagem com múltiplas tubulações assoreada .....	103
Figura 48: Caixa de passagem assoreada e tampa quebrada .....	103
Figura 49: Situação da caixa de passagem de água .....	104
Figura 50: Canal localizado na FAET/ICET .....	104
Figura 51: Canal próximo à Fernando Correa.....	104
Figura 52: Mapa de localização dos canais .....	105
Figura 53: Mapa de passeios permeáveis e pontos de alagamento. ....	106
Figura 54: Piso intertravado próximo ao bloco de geografia, pp1 .....	107
Figura 55: Piso grama próximo a marcenaria .....	107
Figura 56: Mapa de localização das canaletas e vala de infiltração .....	108
Figura 57: Canaleta entupida com terra e folhas .....	109
Figura 58: Canaleta quebrada .....	109
Figura 59: Mapa de pontos de erosão e resíduos .....	109
Figura 60: Compartimentos utilizados para a disposição dos resíduos .....	110
Figura 61: Total da intensidade de chuvas por mês no ano de 2016 .....	111
Figura 62: Área interna afetada .....	112
Figura 63: Área externa afetada .....	112
Figura 64: Processo de erosão decorrente de enxurrada .....	112
Figura 65: Bosque ao lado da antena da TVU .....	113
Figura 66: Alagamento próximo ao ginásio de esporte.....	114
Figura 67: Centro Oficial de Treinamento (COT) da UFMT .....	114
Figura 68: Escoamento da água pluvial da avenida central da UFMT .....	115
Figura 69: Levantamento topográfico, do canal em comparação com o COT ...	115
Figura 703: Perfil de projeto da Avenida Córrego do Barbado .....	116
Figura 71: Perfil de frente da canalização .....	117
Figura 72: Vista aérea da canalização .....	117
Figura 73: Bueiro do afluente Córrego do Macaco para o Barbado .....	117
Figura 74: Retorno de água do córrego .....	118
Figura 75: Enchente de área lateral .....	118

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Classificação da declividade .....	25
Tabela 02: Classificação para o índice de capacidade .....	26
Tabela 03: classificação do fator de forma .....	27
Tabela 04: Classificação da densidade de drenagem .....	28
Tabela 05: Síntese do levantamento sistêmico para sistemas de drenagem sustentável do Brasil .....	37
Tabela 06: Dados e descrição das variáveis obtidas .....	62
Tabela 07: Percentual de área para cada classe de elevação altimétrica .....	64
Tabela 081: Classe de declividade do terreno .....	64
Tabela 2: Classificação das distâncias de Área Permanente de Preservação (APP) .....	65
Tabela 10: Período das vistorias da rede de drenagem .....	67
Tabela 11: Revisão sistêmica sobre os indicadores para a avaliação do sistema de drenagem .....	68
Tabela 12: Classificação da valoração de risco .....	69
Tabela 13: Classificação dos mapas com a adoção de valores .....	70
Tabela 14: Valoração do uso e ocupação do solo .....	70
Tabela 15: Comparação de dados geométricos do Córrego do Barbado .....	74
Tabela 16: Percentual de área para cada classe de elevação altimétrica .....	79
Tabela 173: Classificação das faixas de declividade da Bacia do Córrego do Barbado .....	80
Tabela 18: Percentual de uso e ocupação do solo .....	82
Tabela 19: Quantidades de áreas e Percentuais do Campus da UFMT .....	94
Tabela 20: Relação de dispositivos com as referidas quantidades e determinação da qualidade .....	95
Tabela 21: Aspectos da área de drenagem do campus da UFMT .....	96
Tabela 22: Período das vistorias da rede de drenagem .....	111

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIRGAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>APP</b>	Área Permanente de Preservação
<b>ASI</b>	Agência Espacial Italiana
<b>Ats</b>	<i>Alternative Techniques</i>
<b>Bmps</b>	<i>Best Management Practices</i>
<b>BHCB</b>	Microbacia do Hidrográfica do Córrego do Barbado
<b>CPA</b>	Centro Político Administrativo
<b>CPRM</b>	Serviço Geológico do Brasil
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>COT</b>	Centro Oficial de Treinamento
<b>Cts</b>	<i>Compensatory Techniques</i>
<b>DCM</b>	Defesa Civil Municipal
<b>DLR</b>	Agência Espacial Alemã
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>FAET</b>	Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
<b>GI</b>	<i>Green Infrastructure</i>
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>ICET</b>	Instituto de Ciências Exatas e da Terra
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>IQA</b>	Índices de Qualidade Ambiental
<b>IUWM</b>	<i>Integrated Urban Water Management</i>
<b>LID</b>	<i>Low Impact Development</i>
<b>LIUDD</b>	<i>Low Impact Urban Design and Development</i>
<b>MDE</b>	Modelo Digital de Elevação
<b>NASA</b>	National Aeronautics and Space Administration
<b>NIMA</b>	National Imagery and Mapping Agency
<b>PDDU</b>	Plano Diretor de Drenagem Urbana
<b>PMSB</b>	Plano de Municipal de Saneamento Básico
<b>PNSB</b>	Plano Nacional de Saneamento Básico
<b>RM</b>	Regiões Metropolitanas
<b>Scms</b>	<i>Stormwater Control Measures</i>
<b>SECID</b>	Secretaria de Estado das Cidades
<b>SECOPA</b>	Secretaria Extraordinária da Copa do Mundo
<b>SECOMM</b>	Secretaria de Comunicação e Multimeios
<b>SINFRA</b>	Secretaria de Infraestrutura da UFMT
<b>SIG</b>	Sistema Informações Geográficas

<b>SIRGAS</b>	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
<b>SRTM</b>	Shuttle Radar Topographic Mission
<b>SSD</b>	Sistema de Decisão Gerencial
<b>SUDs</b>	<i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>
<b>SUD</b>	Sistema de Drenagem Sustentável
<b>SUWM</b>	<i>Sustainable Urban Waters Management</i>
<b>Sqids</b>	Stormwater Quality Improvement Device
<b>TVU</b>	TV Universidade
<b>UFMT</b>	Universidade Federal de Mato Grosso
<b>UWC</b>	<i>Urban Water Cycle</i>
<b>USGS</b>	United States Geological Survey
<b>VLT</b>	Veículo Leve sobre Trilho
<b>WSUD</b>	<i>Water Sensitive Urban Design</i>

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	15
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1.	CICLO HIDROLÓGICO.....	18
2.2.	BACIA HIDROGRÁFICA.....	21
2.2.1.	<i>Características físicas de uma Bacia Hidrográfica</i> .....	22
2.2.2.	<i>Área de uma Bacia</i> .....	23
2.2.3.	<i>Curva hipsométrica</i> .....	24
2.2.4.	<i>Curva de declividade</i> .....	24
2.2.5.	<i>Índice de conformação</i> .....	25
2.2.6.	<i>Índice de capacidade</i> .....	26
2.2.7.	<i>Fator de Forma</i> .....	27
2.2.8.	<i>Densidade da drenagem</i> .....	28
2.3.	O ESCOAMENTO SUPERFICIAL E A URBANIZAÇÃO .....	29
2.4.	PLANO DIRETOR DE DRENAGEM .....	31
2.5.	SISTEMAS DE DRENAGEM .....	33
2.6.	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS .....	48
2.6.1.	<i>Fotointerpretação</i> .....	50
2.6.2.	<i>Álgebra de mapas</i> .....	50
2.7.	ESTUDOS ANTECEDENTES SOBRE O CÓRREGO DO BARBADO. .	51
3.	ÁREA DE ESTUDO .....	57
4.	METODOLOGIA .....	60
4.1.	VARIÁVEIS ANALIZADAS E EQUIPAMENTOS .....	61
4.1.1.	<i>Análise de dados de Imagem</i> .....	62
4.1.2.	<i>Análise de dados físicos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado</i> <i>65</i>	
4.1.3.	<i>Dados de infraestrutura</i> .....	67
4.1.4.	<i>Indicadores de sistemas de drenagem</i> .....	67
4.1.5.	<i>Estudo comparativos</i> .....	69
5.	RESULTADO E DISCUSSÕES .....	71
5.1.	MICROBACIA DO BARBADO E CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS .....	71
5.1.1.	<i>Classificação da distância da rede hídrica</i> .....	76
5.1.2.	<i>Classificação hipsométrica da bacia</i> .....	77
5.1.3.	<i>Classificação da declividade da bacia</i> .....	79
5.1.4.	<i>Classificação do uso e ocupação da bacia</i> .....	81
5.1.5.	<i>Classificação de risco na bacia do Barbado</i> .....	82
5.1.6.	<i>Influência de obras externas ao campus da UFMT</i> .....	84
5.2.	ASPECTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM DA UFMT .....	91
5.2.1.	<i>Caracterização do uso e ocupação do solo da UFMT</i> .....	91
5.2.2.	<i>Análise da infraestrutura existente</i> .....	94
5.2.3.	<i>Análise do funcionamento de sistema de drenagem</i> .....	110
6.	CONCLUSÃO .....	119
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	121

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional acelerado gera perturbações intensas ao meio ambiente que acarretam problemas sociais, políticos e de urbanização. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2013), o Brasil em 1950, possuía uma densidade demográfica de 6,1 hab./km<sup>2</sup> e em 2010 aumentou para 22,6 hab./km<sup>2</sup> o que demonstra o rápido crescimento populacional com variação da densidade demográfica de 16,5 hab./km<sup>2</sup>, num espaço de sessenta anos e isso afeta diretamente as cidades piorando o planejamento urbano referente ao escoamento das águas.

As cidades deste século, vêm passando por processo acelerado de impermeabilização, onde as infraestruturas existentes não conseguem lidar ou atender as variáveis impostas pelo atual processo de uso e ocupação do solo nas áreas urbanas. Junto a este processo, crescem também as demandas de aplicações de medidas sustentáveis nas modificações do meio em que vivemos.

A drenagem é um dos aspectos a ser acrescentados à pegada ecológica das cidades, de forma a proporcionar a resiliência que responda a todas as imposições realizadas ao meio ambiente buscando desfechos que relacionem a gestão das águas urbanas nas cidades. Tais aspectos já foram enfatizados por Cidin; Silva (2004) e Armond (2014) numa abordagem mais ampla sobre a pegada ecológica onde os autores definem como sendo a capacidade de consumo dos recursos naturais realizada pela atividade humana e o quanto o meio ambiente suporta tais influências. Já a resiliência, conforme Mendonça (2011), Peiter (2012), Fava; *et al* (2013) e Yin; Yu; Wilby (2016), refere-se a capacidade do meio ambiente em recuperar seu estado anterior após a ocorrências de impactos, sejam estes oriundos de atos sociais, naturais ou tecnológicos.

Com o advento da implementação de novas tecnologias, surgem sistemas de gestão que vêm ao encontro às necessidades de melhorias no gerenciamento das águas urbanas. Assim, a utilização de Sistema de Informação Geográfica – SIG, pode auxiliar nesta gestão, pois apresenta uma gama de ferramentas que auxiliam na análise, gerenciamento, manipulação e armazenamento de informações que podem ser trabalhadas para que se propicie uma melhor análise de dados referente a bacia hidrográfica de forma a orientar na tomada de decisão.

O estudo sobre drenagem se justifica uma vez que as alterações dos espaços urbanizados sofrem com impactos de inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos. Esses fatores, acarretam diversos estragos podendo ser meramente danos materiais ou ainda danos à saúde. Isso depende do grau da ocorrência, ou seja, mais grave ou menos grave, podendo ocasionar estado de calamidade pública (HADDAD; TEIXEIRA, 2014). Neste aspecto, torna-se essencial a implementação de estudo referente ao Plano Diretor de Drenagem. O planejamento é primordial para evitar situações que venha a causar qualquer tipo de malefício ao ambiental ao ser humano, tornando-se a principal ferramenta de atuação do gestor público. Assim, faz parte da atuação de um sistema de logística sustentável, a realização de diagnóstico inicial referente as condições antecedentes no ambiente a ser estudado, servindo este de base fundamental para a realização do planejamento estratégico.

Atualmente, nota-se a ocorrências de enchentes, inundações e ou alagamentos ocasionadas com baixa intensidade de chuva em diversas cidades brasileiras (HADDAD; TEIXEIRA, 2014). Isso interfere diretamente no sistema de drenagem devido a ocorrência de alterações no meio ambiente que interferem diretamente no escoamento superficial. Demonstrando assim, a problemática do sistema de drenagem local.

O SIG vem auxiliar na elaboração deste planejamento, propiciando a produção de mapeamentos e sobreposição de mapas de forma a demonstrar os principais pontos críticos a serem saneados, tornando-se uma ferramenta essencial para a realização desse estudo.

Não distante desta problemática, a Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Campus de Cuiabá, vem sofrendo constantes alagamentos, os quais, estão localizados próximo ao ginásio de esportes (dentro da instituição) e na saída da avenida Fernando Corrêa da Costa. Este último, é evidenciado pelo grande movimento de veículos e pessoas que ficam impossibilitadas de retirar-se do *campus*, ocasionando transtornos no fluxo da saída.

A Universidade Federal de Mato Grosso, apresenta em seus 46 anos de existência, uma logística variável no processo de uso e ocupação do solo desde sua criação em virtude das diversas etapas distintas de tomada de crescimento durante as décadas após sua criação. Isso é um indicador no acompanhamento das interferências ocasionada no sistema de drenagem existente em virtude da

implantação de construções que podem ser relacionadas com as intercorrências de alagamentos.

O conhecimento do processo de uso e ocupação do solo é importante pois interfere diretamente nos critérios e soluções que proporcionam a sustentabilidade de uma cidade dentro de um planejamento ambiental.

A hipótese norteadora deste estudo é que o problema de alagamento do *campus* tem sido agravado por fatores externos a esta instituição. A infraestrutura de drenagem interna, não tem suportado as modificações ocorridas no uso e ocupação do solo em virtude da implantação de construções interna e externa ao *campus*.

Neste sentido, o objetivo geral desse estudo é “dar subsídios para a elaboração do diagnóstico do sistema de drenagem de forma a amparar a realização do Plano Setorial de Drenagem para compor o Plano de Gestão sustentável da UFMT”.

Os objetivos específicos são:

- ✓ Analisar o processo de uso e ocupação da bacia hidrográfica do córrego do Barbado e os impactos causados na área da UFMT.
- ✓ Elaborar mapas morfométricos da área da bacia hidrográfica onde se encontra inserido o campus, levando em conta suas características lineares e hipsométricas.
- ✓ Realizar uma análise dos padrões de distribuição das características físicas além do uso e ocupação do solo na bacia.
- ✓ Identificar e avaliar a infraestrutura existente do sistema de drenagem.
- ✓ Mapear os dispositivos de drenagem existentes e realizar uma análise da sua eficiência.
- ✓ Identificar os fatores determinantes no agravamento das condições de drenagem.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os planos de bacia hidrográfica, constituem um importante instrumento da política de Recursos Hídricos que busca planejar e ordenar a utilização dos Recursos Hídricos adotando para isso os princípios de sustentabilidade de forma a evitar conflito ou pelo menos minimizar os impactos em uma bacia com elevado percentual de urbanização.

O impacto ambiental causado pelo desenvolvimento urbano está relacionado com o aumento de áreas impermeáveis além de alterações locais do microclima em função da mudança no balanço energético e na circulação atmosférica o que causam transformações no ciclo hidrológico. Tais aspectos podem ser observados na bibliografia apresentada por Tucci (1997), Cruz (2001), Vieira (2003), Nascimento; Heller (2005), Marsalek; *et al* (2006), Marlow; *et al* (2013), Du; *et al* (2015), Kidmose; *et al* (2015), Ahiablame; Shakya (2016).

De acordo com Vieira (2003) e Marsalek; *et al* (2006), o ciclo hidrológico natural foi alterado pelo homem de forma significativa nos regimes caudais do rio. Podemos destacar as seguintes alterações no ciclo hidrológico: zonas de inundações, redução da área de infiltração, aumento do escoamento superficial diminuição do nível do lençol freático com redução do escoamento subterrâneo e redução da evapotranspiração.

### 2.1. CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é caracterizado pela presença de vários processos que relacionam o estado físico da água no qual ressaltamos: a evaporação, infiltração, transpiração, escoamento superficial e a precipitação.

Conforme Tundisi (2006), Carvalho e Silva (2006), Tucci (2013), o ciclo hidrológico é um fenômeno fechado pois ocorre a circulação da água entre a superfície da terra e a atmosfera sob determinadas condições meteorológicas que influenciam sua movimentação.

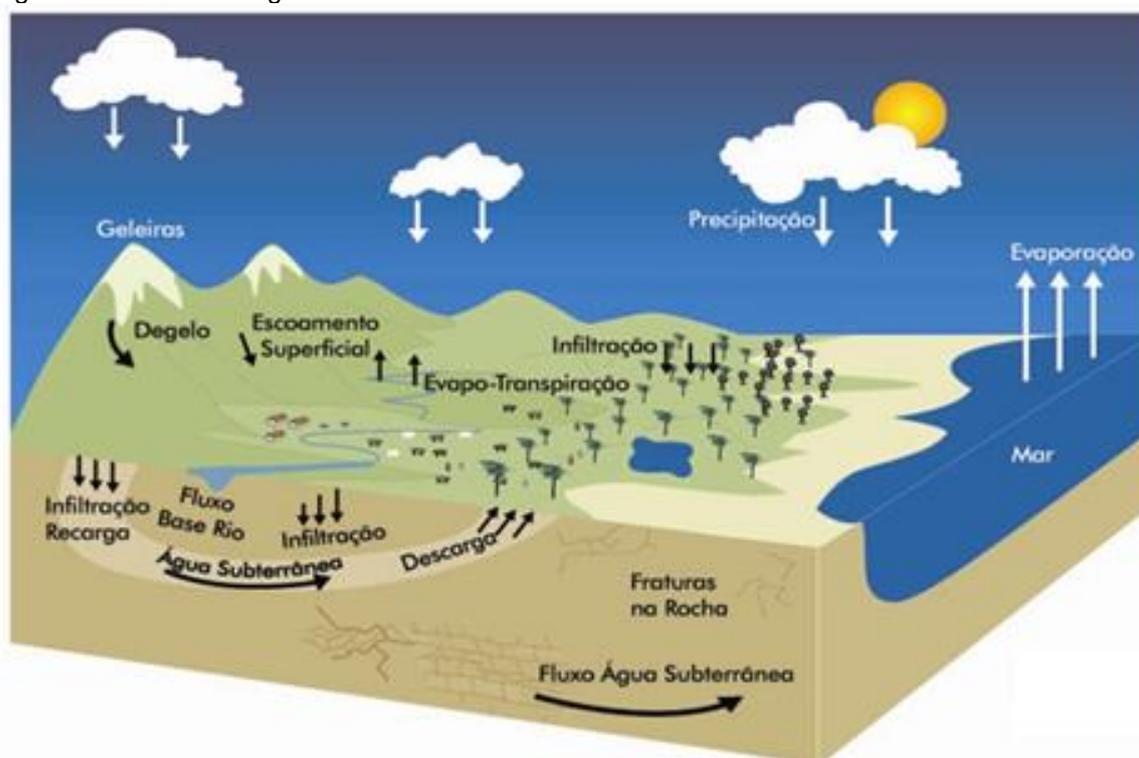
Basicamente o ciclo hidrológico se inicia com a condensação do vapor de água presente na atmosfera no qual em condições meteorológicas adequadas

ocasiona a precipitação. A precipitação ao percorrer o caminho rumo a crosta terrestre é afetada por processos de evaporação e interceptação.

O processo de evaporação ocorre em função das altas temperaturas no meio ambiente e a interceptação, acontece quando a precipitação é obstruída em seu caminhamento junto a crosta terrestre. Esta obstrução pode acontecer pela interferência do homem ou de forma natural. A intervenção humana, se dá pela captação da água por estrutura construída, neste caso podemos citar prédios de uma forma geral, pontes, viadutos, entre outros. Já o processo natural, decorre da captação da água pelas folhas, caules e troncos, ou seja, de uma forma geral pela flora local.

Ao chegar ao solo, a água, pode escoar superficialmente ou infiltrar. O processo de escoamento da água pode ocorrer de forma natural ou artificial sendo que a forma natural, ocorre quando a água percorre os caminhos existentes em função das curvas de níveis chegando posteriormente a córregos e rios, conforme apresentado na figura 01.

Figura 04: Ciclo hidrológico



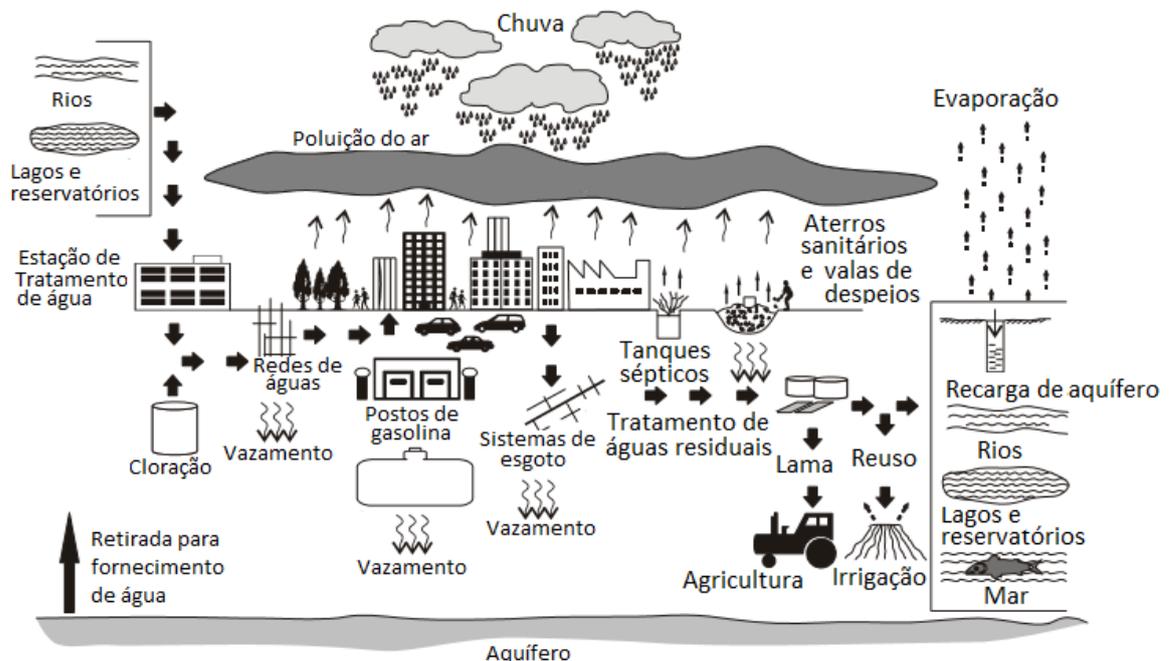
Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2016).

A figura 01, ilustra todo o ciclo hidrológico sem a intercorrência humana. A água é infiltrada pelo processo de absorção do solo, sendo o principal meio de recarga do aquífero. No solo, a água poderá ficar armazenada ou ser descarregada novamente para as nascentes de córregos ou rios pelo processo de percolação por fraturas existentes na rocha ou por sua porosidade.

Já na figura 02, demonstra as ocorrências causadas em função do elevado nível de precipitação, concomitante ao uso e ocupação do solo e as características físicas de uma bacia hidrográfica.

Marsalek; *et al* (2006) definem ainda que nas áreas urbanizadas, o ciclo passa a ser identificado como *Urban Water Cycle -UWC*, ou seja, ciclo urbano das águas em função das modificações antrópicas sofridas neste espaço.

Figura 02: Ciclo urbano das águas



Fonte: Adaptado de Marsalek; *et al* (2006)

A figura 02, apresenta as intervenções realizadas no processo evolutivo do espaço urbano. Esse desenvolvimento, ocasiona diversos impactos no meio ambiente como: poluição do ar, solo e água. Desta forma, a água para se tornar potável, requer tratamento e cloração. Após esse procedimento, será encaminhada para o abastecimento da população. O esgoto, no geral, apenas uma parcela é deslocada para a estação de tratamento. A maior parte, é disposto in natura nas galerias de drenagem, córregos e rios provocando contaminação dos corpos

hídricos. Por outro lado, os resíduos sólidos produzidos, também não são devidamente coletados e destinados aos aterros, sendo dispostos de forma inadequada nas ruas e terrenos baldios os quais acabam sendo levados pela chuva até as bocas de lobo existentes causando obstruções e prejudicando a captação da água de chuva.

Percebe-se que o ciclo das águas urbanas, apresenta características distintas do ciclo da água natural. A adoção de técnicas e tecnologias construtivas não consegue atender a essas novas demandas presentes nesse novo cenário.

De forma simplista, a busca para soluções ambientais relacionados aos sistemas de drenagem, estão focados em quatro fases básicas do ciclo hidrológico: a precipitação, a evapotranspiração, o escoamento superficial e a infiltração, conforme destacado por Villela e Mattos (1975).

Neste sentido, Mendonça (2011), aborda a necessidade de buscar processos e tecnologias inovadoras que integrem a resiliência ambiental como uma premissa arrojada na solução de problemas socioambientais urbanos.

Portanto, a gestão de águas urbanas é complexa e requer a adoção de medidas estruturais que permitam minimizar o impacto na fonte geradora dos resíduos.

Assim, o ciclo hidrológico natural, não pode ser utilizado para avaliar as condições ambientais dos centros urbanos em decorrências das diversas interferências que o homem realiza. Diversos sistemas, são criados de forma a amenizar os impactos causados ao ciclo hidrológico buscando uma restituição mais próxima possível do ciclo natural das águas.

Gurgel e Righetto (2016), esclarecem que o conhecimento das modificações do uso e ocupação são essenciais para identificar a influência no escoamento da bacia. Esse aspecto auxilia na busca de soluções sustentáveis para o desenvolvimento local.

## 2.2. BACIA HIDROGRÁFICA

A lei nº 9.433 (BRASIL,1997), instituiu a bacia como uma unidade de planejamento e gestão a ser implementada na Política Nacional de Recursos Hídricos e atua no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O conceito de bacia hidrográfica apresentado por Barrela (2001) apud Teodoro (2007) define como conjunto de terras drenadas por um rio ou afluente formada por divisores de água ou seja, uma região de relevo alta para um mais baixo, onde as águas da chuva infiltram para compor o lençol freático ou formar as nascentes e ou correm superficialmente para a parte mais baixa da elevação formando riacho, ou rio, e na medida que descem e encontram novos cursos de água, aumentam o volume de escoamento até desembocarem em rios maiores ou oceanos.

Outro conceito também apresentado por Tucci (2013) é que a bacia hidrográfica compõe um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um único leito ou exutório.

Garcez e Alvarez (1988), define a bacia hidrográfica como um conjunto de área com declividade no sentido de determinada seção transversal de um curso de água com medida da área em projeção horizontal.

Assim, a bacia hidrográfica é um conjunto de vertentes ligadas a uma rede drenante, delimitada pelo pico das curvas de níveis originando a área de projeção horizontal e que se inicia de uma região com maior altitude e termina em uma região baixa altitude denominada de foz.

A delimitação de uma bacia hidrográfica é realizada com o traçado de uma linha de divisores de águas consideradas contínuas, podendo ainda ser definido em conjunto sub-bacias necessárias, estas são obtidas por plantas topográfica pelo processo planímetro (GARCEZ; ALVAREZ,1988).

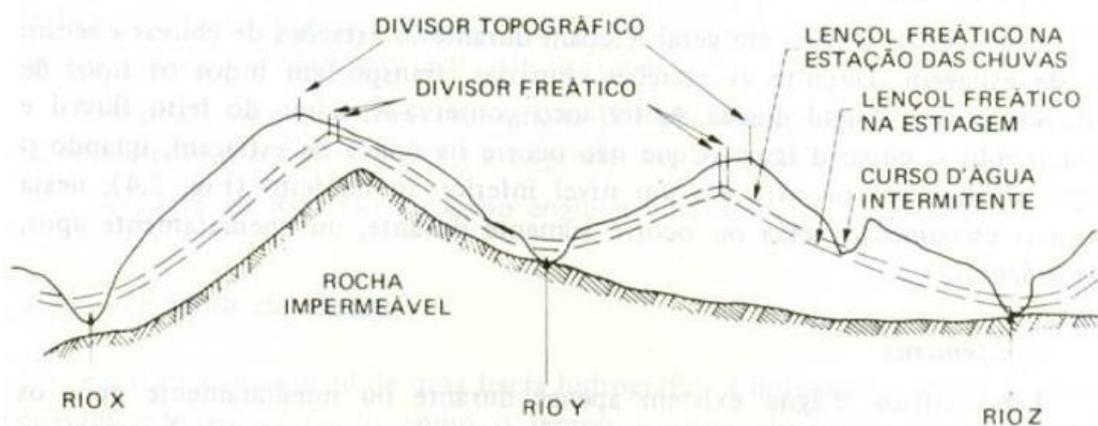
### 2.2.1. Características físicas de uma Bacia Hidrográfica

A determinação das características físicas, dependem exclusivamente da topografia do ambiente em que estão inseridas e levam em consideração os seguintes quesitos: área, curva hipsométrica e curva de declividade. Estes constituem importantes indicadores da bacia hidrográfica.

### 2.2.2. Área de uma Bacia

A área de uma bacia pode ser dividida em: divisores topográficos, formação geológica ou por limites de lençol freático. Este último, depende das variações de intensidade de precipitação ocorrida e das estações do ano (VILLELA, MATTOS; 1975). A figura 03, busca representar os tipos de divisores de água.

Figura 03: Representação dos divisores de água



Fonte: Villela e Matos (1975)

O mesmo autor, conforme apresentado na figura 03, exibe um corte transversal evidenciando três divisores de rios, onde apresenta os lençóis freáticos tanto para a estação chuvosa como para a estação de estiagem e ratifica que um lençol pode contribuir para um ou mais cursos de água dependendo do posicionamento e topografia do mesmo. Assim, a área de uma bacia é a área de projeção horizontal delimitados pelos divisores topográficos de água.

Lima (2008), menciona que a área de uma bacia hidrográfica é o espaço de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários. Esclarece ainda, que o deflúvio (produção de água da bacia) pode originar se tanto superficialmente quanto subterraneamente podendo ocorrer em áreas de drenagem que não correspondam aos limites de escoamentos.

### 2.2.3. Curva hipsométrica

Villela e Mattos (1975) elencam que a curva hipsométrica representa o estudo da variação das elevações do terreno e são elementos que influenciam a precipitação, as perdas de água por evaporação e transpiração, e o escoamento superficial.

Para Garcez e Alvarez (1988), são também consideradas a representação das curvas de níveis da superfície de forma ordenada simulando as diversas altitudes em relação ao nível do mar.

Assim, a curva hipsométrica é composta de várias curvas de níveis. Sua alternância, demonstra as variações de altitude do terreno dentro da área de escoamento superficial da bacia.

### 2.2.4. Curva de declividade

A declividade do terreno é responsável pelo controle da velocidade de escoamento superficial, afetando o tempo em que a água leva para se concentrar nos leitos dos rios. Dessa maneira, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento, aumentando a amplitudes de ocorrências de enchente e erosões, e a diminuição do processo de infiltração (VILLELA, MATTOS; 1975). A curva de declividade são curvas apresentadas pelo percentual da declividade que o terreno possui.

Strahler (1964), aponta que a declividade dos canais está ligada a declividade dos terrenos, sendo que vertentes com declividades altas, contribuem com o rolamento de quantidade maiores de detritos em direção aos canais que permitem efetuar o transporte, ao passo que vertentes com relevo mais suave acabam gerando detritos menores e em menor quantidade, facilitando o transporte pelos rios, que necessitam então de uma declividade menor.

Existem diversas classificação para a declividade do terreno. A mais utilizada é a da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, conforme apresentado na tabela 01.

Tabela 01: Classificação da declividade

Declividade do terreno (%)	Classificação
0 - 3	Plano
3 - 8	Suavemente ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Fortemente ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Fortemente montanhoso

Fonte: EMBRAPA (1979)

Na tabela 01, verifica-se uma classificação de terreno entre plano de 3% até fortemente montanhoso, ou seja, declividade acima de 75%.

A declividade vem sendo abordada como fator importante para a restrição do uso e ocupação do solo, sendo este um marco regulatório da ocupação nas áreas urbanas (IBGE, 2009).

### 2.2.5. Índice de conformação

Este índice é a relação entre a área da bacia e o quadrado do comprimento axial conforme apresentado por Garcez e Alvarez (1988). Desta premissa, expressa-se a seguinte equação:

$$IC = A/L^2 \quad (1)$$

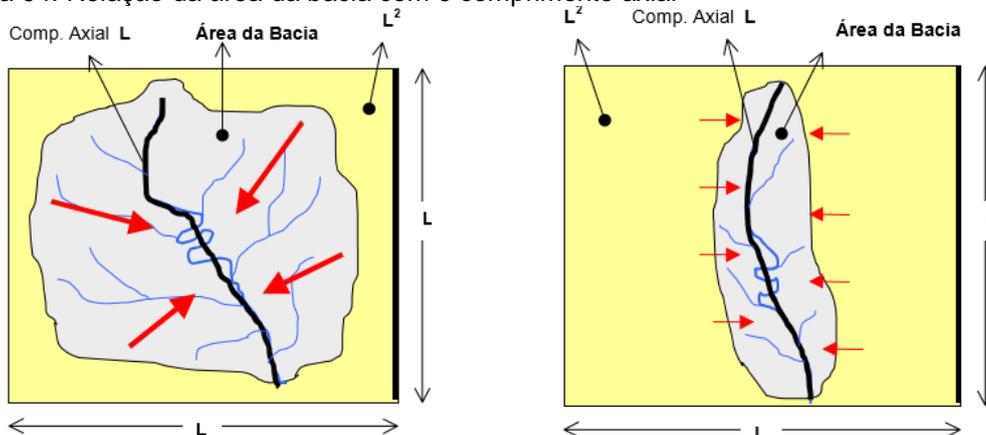
Onde: IC = índice de conformação

A = área da bacia

L = comprimento axial

Porto, Filho e Silva (1999), alude que quanto mais a área da bacia se aproximar do quadrado do comprimento axial maior a potencialidade de produção de picos de cheia. A figura 04 (a) e (b), demonstra essa relação.

Figura 04: Relação da área da bacia com o comprimento axial



(a) Área da bacia maior

(b) Área da bacia menor

Fonte: adaptado de Porto, Filho e Silva (1999)

Na figura 04, a área maior da bacia (a) propicia uma menor velocidade no escoamento, já a área menor, incentiva o aumento da velocidade pela diminuição das distancias percorrida na bacia hidrográfica.

#### 2.2.6. Índice de capacidade

Para Wilken (1978) e Garcez e Alvarez (1988), o índice de capacidade é a relação entre perímetro e a área da circunferência correspondente a área da Bacia.

Este método serve para caracterizar a forma da bacia sendo que quanto mais irregular for a bacia maior será o índice de capacidade. Este índice está expresso na equação abaixo:

$$k_c = 0,28 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (2)$$

Onde: Kc = índice de capacidade;

P = Perímetro da bacia; e

A = área total.

Novaes (2015), comenta que este índice informa sobre a susceptibilidade da ocorrência de inundações nas partes baixas da bacia alegando ainda que quanto menor unidade deste fator corresponde a 1, mais compactas e concentrando o escoamento serão, portanto, mais susceptíveis a ocorrência de inundações.

Oliveira; *et al* (2012), apresentam uma breve classificação conforme demonstrado na tabela 02 abaixo.

Tabela 02: Classificação para o índice de capacidade

<b>Índice de capacidade</b>	<b>Classificação</b>
1,00 – 1,25	alta disposição a grandes enchente
1,25 – 1,50	tendência mediana a grandes enchente
> 1,50	não sujeita a enchente

Fonte: Adaptado de Oliveira; *et al* (2012)

A tabela 02, verifica se que quanto maior o valor do índice de capacidade da bacia menor serão as probabilidades de ocorrência de inundações ou enchentes.

### 2.2.7. Fator de Forma

O fator de forma e o índice de capacidade de uma bacia hidrográfica definem sua forma superficial, sendo importantes pois estão relacionadas com o tempo de concentração, definindo o tempo que toda a água leva para escoar de seus limites iniciais até seu exutório. (VILLELA, MATTOS; 1975)

Porto, Filho e Silva (1999), definem o fator de forma como sendo a relação entre a o comprimento axial da bacia e a média da largura axial existente na bacia, ou seja, pode ser definida pela seguinte expressão matemática:

$$F = L / \left( \frac{\sum_i l}{n} \right) \quad (3)$$

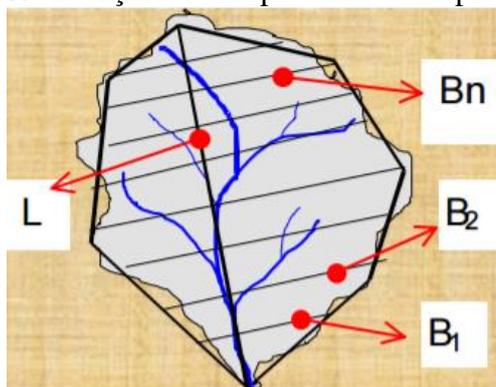
Em que: F = fator de forma;

L = Comprimento axial da bacia

$\frac{\sum_i l}{n}$  = média da largura da bacia

A figura 05, mostra a relação do fator de forma.

Figura 05: Relação do comprimento axial pela média da largura



Fonte: Porto, Filho e Silva (1999)

O fator de forma representado pela figura 05, relação do comprimento axial da bacia pela média das diversas larguras aferida.

Oliveira; *et al* (2012), classificam o fator de forma conforme a tabela 03.

Tabela 03: classificação do fator de forma

Fator de Forma	Classificação
1,00 – 0,75	sujeito enchente
0,75 – 0,50	tendência mediana a enchente
< 0,50	não sujeita a enchente

Fonte: Adaptado de Oliveira; *et al* (2012)

Observa se na tabela 03, que quanto maior o valor do fator de forma da bacia maior serão as probabilidades de ocorrência de inundações ou enchentes.

Costa e Lança (2011), menciona que o fator de forma indica a maior ou menor tendência de ocorrências das enchentes, ou seja, um fator de forma baixo, apresenta menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão. Alega ainda que uma bacia que possui formas mais próximas da circular, concentra o deflúvio da bacia em um único ponto.

#### 2.2.8. Densidade da drenagem

A densidade da drenagem se refere a relação entre a somatória do comprimento de todos afluentes e o curso principal do rio pela unidade de área da bacia.

De acordo com Hiruma e Ponçano (1994), destaca que a densidade da drenagem está diretamente relacionada com os dados geomorfológicos, pedológicos e geológicos estruturais. Sendo a equação descrita por Garcez e Alvarez (1988) como:

$$Dd = \frac{\sum_i L}{A} \quad (4)$$

Onde:  $\sum_i L$  = somatório dos comprimentos dos leitos dos rios e seus afluentes

A = área da bacia.

Villela e Matos (1975) apontam que a densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial, indicando assim a eficiência da drenagem da bacia. Os mesmos, indicam que este índice varia entre 0,5 Km/Km<sup>2</sup> para bacias com drenagem pobre, e 3,5 Km/Km<sup>2</sup> para bacias bem drenadas, conforme apresentado por Novaes (2015), na tabela 04.

Tabela 04: Classificação da densidade de drenagem

<b>Densidade de drenagem</b>	<b>Classificação</b>
Dd < 0,5 Km/Km <sup>2</sup>	drenagem pobre
0,5 ≤ Dd < 1,5 Km/Km <sup>2</sup>	drenagem regular
1,5 ≤ Dd < 2,5 Km/Km <sup>2</sup>	drenagem boa
2,5 ≤ Dd < 3,5 Km/Km <sup>2</sup>	drenagem muito boa
Dd ≥ 3,5 Km/Km <sup>2</sup>	excepcionalmente bem drenadas

Fonte: adaptado de Novaes (2015)

Tonello, *et al*; (2006) apud Novaes (2015), explanam que a baixa densidade se associa a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade com pouca concentração da precipitação.

### 2.3. O ESCOAMENTO SUPERFICIAL E A URBANIZAÇÃO

O escoamento superficial pode ser alterado em função das modificações antrópicas ocorrida no meio ambiente. Esse efeito pode ser observado principalmente nas bacias hidrográficas urbanizadas.

Bichança (2006), Peiter (2012) e Rego (2015), salientam que o processo de urbanização produz uma grande impermeabilização, aumentando a canalização do escoamento superficial que ocasiona uma vazão máxima, ou seja, um acréscimo significativo no volume caudal de saída de um curso de água.

Tucci (2005) e Canholi, (2014) numa perspectiva ampla, demonstram que a urbanização caótica acelera o escoamento superficial o que reduz a capacidade de infiltração ocasionando problemas de armazenamento natural de água no subterrâneo.

O escoamento natural ocupa a calha de um leito propiciando a sua defluência sem a ocorrência de transbordos numa situação natural.

O canal drenante é influenciado diretamente pela topografia e pode ser constituído de duas partes: leito menor determinado pelo nível normal de vazão, e leito maior onde a calha propicia uma cota maior do canal, conforme Tucci (2008).

Tingsanchali (2012) afirma que grande parte das cidades se desenvolvem nas planícies inundáveis pelos seguintes fatores: primeiro pela facilidade de utilização da água para o abastecimento do uso doméstico, industrial e na agricultura, segundo pela fertilidade do solo de planícies e terceiro pelos meios de transporte e comunicação. O autor, ainda classifica as inundações como: inundações devido a fortes chuvas locais, devido ao fluxo fluvial do rio e em função das mares altas ou a ondas de tempestades. A figura 06, apresenta a ocorrências hídricas

Figura 06: Ilustração da classificação de ocorrências hídricas



Fonte: Adaptado de Brasil (2007).

A figura 06, demonstra a classificações de ocorrências causadas em função do elevado nível de precipitação, concomitante ao uso e ocupação do solo e as características físicas de uma bacia hidrográfica.

O Ministério da Cidades (BRASIL, 2007), classifica as enchentes como sendo a elevação temporária do nível de água em um canal de drenagem em decorrência do aumento da vazão. Porém quando o nível de água extravasa o canal de drenagem para as áreas marginais, esse processo é considerado de inundação. Define-se ainda que: alagamento é o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial e a enxurrada é caracterizada pelo escoamento superficial concentrado com alta energia de transporte, conforme representado na figura 6, que elenca os pontos de situação normal do leito do rio, situação de enchente, inundação, alagamento e enxurrada na área urbanizada.

Verifica se também que os mesmos conceitos são rerepresentados por Peiter (2012), Vilela (2012), Licco; Dowell (2015) e Reis (2015).

Como tentativa de amenizar o efeito da urbanização, numa visão sustentável, a engenharia apresenta diversas alternativas que podem solucionar tais problemas num processo que busca imitar o ciclo hidrológico natural.

Oliveira; *et al* (2007) elencam que a urbanização gera impactos ambientais na bacia hidrográfica de forma rápida o que causa transformações na paisagem, degradação ambiental, falta de planejamento urbano, aumento de escoamento superficial.

O principal responsável pela ocorrência de enchentes e inundações é o aumento do volume do escoamento superficial, o que pode ocorrer na escala de tempo tanto de minutos quanto de horas. (VELÁSQUEZ, 1996).

A precipitação em uma bacia rural, no decorrer do tempo de escoamento, pode infiltrar, ser retida por depressões ou vegetações ou evaporar, enquanto que na área urbanizada, ocorre o aumento do escoamento superficial e a velocidade de deslocamento por condutos e canais em decorrência da impermeabilização das áreas o que diminui as áreas de infiltração, reduzindo a evapotranspiração para o meio ambiente. (TUCCI, 2016)

## 2.4. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM

A Legislação de Saneamento Básico (BRASIL, 2007), estabelece a obrigatoriedade dos municípios para elaborar os planos que deve atender a quatro eixos: abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais.

A drenagem e manejo das águas pluviais constituem um conjunto de medidas que visam o amortecimento das vazões de cheia, considerando o tratamento e a disposição final das águas pluviais que devem constar obrigatoriamente no Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB. De acordo com o plano, também podem ser estipulados taxa de cobrança, levando se em conta o percentual de impermeabilização e os dispositivos utilizados para este gerenciamento. (BRASIL, 2007)

Estes planos devem ser concebidos de forma a garantir a universalização, integralidade, transparência, sustentabilidade e eficiência na prestação dos serviços e ainda observem a integração entre as políticas de recurso hídrico e o meio ambiente.

Segundo Tucci (2005), o problema advindo no sistema de drenagem está relacionado com a elaboração de projetos restritos a área local de utilização, sem considerar uma análise mais ampla em todo o processo de ocupação da bacia hidrográfica.

Atualmente, o desenvolvimento sustentável das águas pluviais, busca a aplicação de critério e elementos que propiciem o aproveitamento racional dos recursos hídricos em consequência da ocorrência de deterioração da qualidade da água e diminuição de sua disponibilidade (TUCCI,2005). Essa visão, deve constar no planejamento do sistema de drenagem com o incremento de novas técnica e tecnologias construtivas.

Um planejamento mais assertivo, referente a implementação de sistemas de drenagem visa não só o escoamento superficial da água, mas também a possibilidade de um controle de inundações, enchentes e alagamentos. Afinal, cada usuário urbano não pode simplesmente transferir seu escoamento superficial, visto que este propicia o afogamento da foz e conseqüentemente o aumento de cheias. (TUCCI, 2007)

Visando um aprimoramento e desenvolvimento sustentável urbano, a gestão das águas pluviais, passou da fase higienista até 1970, o qual preconizava essencialmente o escoamento da água pluvial por canalizações, para a fase corretiva no período de 1970 até 1990, que visava o amortecimento quantitativo da drenagem e controle do impacto na qualidade da água e atualmente possui uma visão sustentável do planejamento da drenagem que busca entrelaçar o planejamento da ocupação do espaço urbano, visando o desenvolvimento sustentável do escoamento pluvial pela busca da recuperação do processo de infiltração ao lençol. (TUCCI, 2005)

Tucci (2005) ainda elenca que os princípios de um planejamento sustentável da água pluvial, envolvem a recuperação ou manutenção das funções naturais do escoamento pluvial como: a infiltração, o mantimento do escoamento natural e a redução de fontes poluidoras.

Assim, o plano diretor de drenagem, dentro de uma visão mais sustentável, apresentará diversas inter-relações com várias áreas, entre elas podemos destacar: a arquitetura, engenharia, geologia, geografia e ambiental. Exigindo uma interdisciplinabilidade das áreas para a elaboração de um projeto mais sustentável.

Como forma de atender as visões apresentadas sobre o plano diretor, são aplicadas diversas medidas podendo estas ser classificadas como medidas estruturais e não estruturais. Righetto, Moreira e Sales (2009), menciona que essas medidas visam resolver problemas de enchentes.

As medidas estruturais compreendem todas as ações realizadas que modificam o curso natural da água. São obras de engenharia que visam escoar, infiltrar ou reter água. Righetto, Moreira e Sales (2009), juntamente com Finkler (2014) elencam as seguintes medidas estruturais: canais, galerias, bueiros, boca de lobo, bacia de detenção, bacia de retenção, canais verdes, sistema de biorretenção, bacia de infiltração, vala de infiltração, pavimento permeável e telhado verde. Essas medidas, buscam a implementação de sistemas de drenagem sustentáveis.

As medidas não estruturais envolvem ações como a sensibilização das pessoas, elaboração de legislações adequadas, manutenções das estruturas existentes, fiscalização do uso e ocupação do solo sendo apontado tanto por Righetto, Moreira e Sales (2009) e Finkler (2014).

## 2.5. SISTEMAS DE DRENAGEM

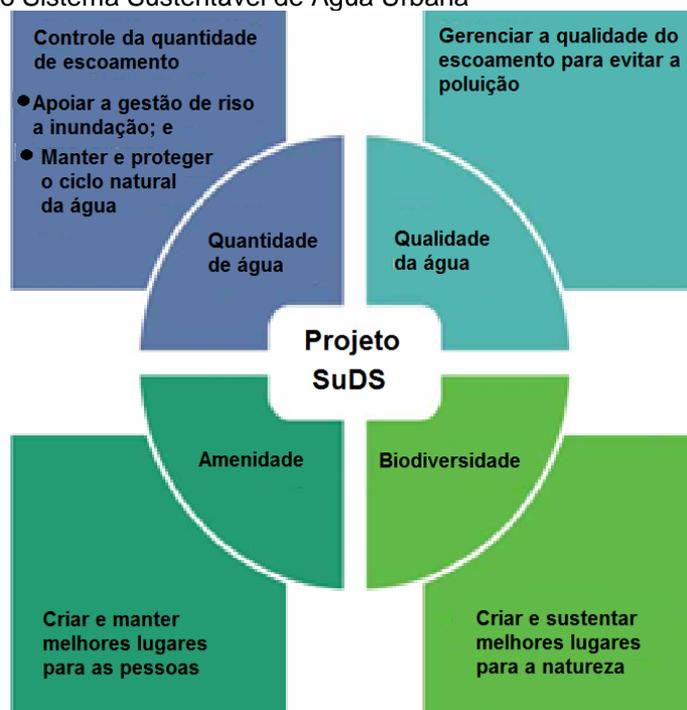
Numa visão mais clássica, os sistemas de drenagem direcionam o escoamento pluvial das áreas urbanas para córregos ou canais. Porém, essa alternativa não constitui uma solução mais adequada, visto que provocam alterações na área urbana que contribuem para um excessivo aumento na parcela de água escoada ocasionando enxurradas, alagamentos, enchentes ou inundações.

Numa visão mais holística, Kareiva; *et al.* (2007), relatam que as paisagens representam a promoção de serviços de ecossistemas que visam proporcionar menor risco, maior produtividade, e comercialização de forma mais conveniente para a utilização do espaço.

Neste sentido, vários autores apresentam uma abordagem mais ampla contemplando todas as etapas do ciclo hidrológico de forma a se obter uma gestão sustentável das águas.

Marlow; *et al* (2013), demonstram a visão de diversos autores referentes a Gestão Sustentável das Águas Urbanas - *Sustainable Urban Waters Management* – SUWM, entre eles destacamos o apresentado na figura 07.

Figura 07: Etapas do Sistema Sustentável de Água Urbana



Fonte: Ballard, *et al* (2015)

A figura 07, apresenta dentro de um ciclo as fases que o Sistemas Sustentáveis de Águas Urbanas – SUDs alcançam quando são devidamente trabalhadas na sua implantação com o envolvimento da SuDS na elaboração dos projetos de forma que estes abordem quatro etapas: Quantidade de Água (*Water Quantity*), a Qualidade de Água (*Water Quality*), Biodiversidade (*Biodiversity*) e a Amenidade (*Amenity*). A quantidade de água, visa o desenvolvimento de metodologias e técnicas que possam propiciar a proteção natural do ciclo das águas e a gestão de riscos de inundações e enchentes. A qualidade da água busca prevenir quanto a ocorrências de poluição, a biodiversidade propicia melhores lugares para o desenvolvimento da natureza e a Amenidade procura a interação das pessoas para uma melhor convivência com o meio hídrico.

Neste sentido, os Sistemas Sustentáveis de Águas Urbanas – SUDs, visa o estabelecimento de metas para gerenciar o ciclo das águas, de forma a produzir maiores benefícios do que as abordagens tradicionais. Também demonstra que o transporte da água causa desperdício, alegando assim que uma abordagem mais integrada entre os sistemas de abastecimento de água, esgoto e águas pluviais forneceria uma melhor utilização deste recurso hídrico o que propicia um uso mais adequado das águas no ciclo urbano melhorando de forma sustentável, social, ecológica e econômica a vida nas cidades e proporcionando uma melhor resiliência do espaço urbano. (MARLOW, *et al*; 2013)

A visão de planejamento integrado aos processos hídricos está evidenciada por Wong (2007), que conforme o acordo Intergovernamental sobre a Iniciativa Nacional da Água na Austrália, define o Projeto Urbano Sensível à Água - *Water Sensitive Urban Design* -WSUD como sendo a integração do planejamento urbano com a gestão, a proteção e a conservação do ciclo urbano da água sensíveis aos processos hidrológicos e ecológicos naturais, isto também ajuda a entender a necessidade de se repensar o ciclo hidrológico urbano conforme apresentado anteriormente por Marsalek; *et al* (2006).

Assim, o WSUD, propõem uma abordagem de planejamento e projetos urbanos com a integração do ciclo das águas aos diversos ambientes, utilizando-se da multidisciplinabilidade entre as engenharias, planejamento, arquitetura, ecologia, ciências sociais e ambientais, visando a proteção do meio ambiente aquáticos nos espaços urbanos. Possuem como objetivos a conservação da água,

o controle da poluição das águas residuais e pluviais e a atenuação dos efeitos calçais numa bacia hidrográfica urbana. Sendo demonstrado pelos autores Wong, (2007), Fletcher, *et al* (2015) e Ballard, *et al* (2015).

Mrowiec (2016), ao expor sobre o WSUD, menciona que este é um termo global usado para descrever uma abordagem de planejamento e concepção de cidades sustentáveis na gestão dos recursos hídricos. Pois, preconiza a análise do ciclo hidrológico como um todo de forma a se desenvolver projetos e ecossistemas saudáveis integrando o ciclo da água urbana, devendo este, ser gerenciado o mais próximo da fonte, de forma a restaurar os sistemas cíclicos em pequenas escalas.

Fletcher, *et al* (2015), visando a comunicação dos princípios que evidenciam as terminologias do sistema de drenagem e sua evolução, documenta os conceitos presentes nos seguintes termos: *Low Impact Development - LID*, *Low Impact Urban Design and Development - LIUDD*, *Water Sensitive Urban Design - WSUD*, *Integrated Urban Water Management – IUWM*, *Best Management Practices – Bmps*, *Stormwater Control Measures - Scms*, *Alternative Techniques-Ats* ou *Compensatory Techniques-Cts*, *Source Control*, *Green Infrastructure - GI*, *Stormwater Quality Improvement Devices-Sqids*, *Sustainable Urban Drainage Systems – Suds*, sendo apresentado a seguir os conceitos mais relevantes para os sistemas.

O autor esclarece que o primeiro termo utilizado para a drenagem urbana sustentável foi o *Low Impact Development – LID*, que significa desenvolvimento de baixo impacto. O LID, foi abordado pela primeira vez nos Estado Unidos em 1977, tem o conceito de minimizar os custos de implantação de sistema de drenagem pluvial de forma a desenvolver métodos que causem baixos impactos e protejam as áreas de recarga dos aquíferos alcançando uma hidrologia natural. Já o programa de Pesquisa com Projeto e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto ou LIUDD é um programa que visa a utilização de projetos que proporcionem baixo impacto no desenvolvimento urbano envolvendo as diversas áreas como mencionado acima nos sistemas SUDs. Nesta mesma perspectiva, o autor menciona que o WSUD, originou se na Austrália em 1992 com os seguintes objetivos: gerir o balanço hídrico, manter e melhorar a qualidade da água, incentivar a conservação da água e proporcionar possibilidades recreativas relacionadas à água.

Fletcher; *et al* (2015), informa que a gestão integrada de águas urbanas ou o IUWM, envolve todas as partes do ciclo da água dentro de uma bacia hidrográfica, ou seja, a interação entre a gestão do abastecimento de água, águas subterrâneas, residuais e pluviais considerando os papéis e interações das instituições envolvidas neste planejamento, já o sistemas de drenagem urbana sustentáveis– SUDs, iniciou se no final dos anos 1980 no reino unido e compreende a aplicação de várias tecnologias e técnicas usadas para drenar águas pluviais ou o escoamento fluvial. São procedimentos mais sustentáveis do que as soluções convencionais baseadas na filosofia de replicar o máximo possível a visão da drenagem natural. O SUDs é uma sequência de práticas e tecnologias de águas pluviais que trabalham juntas para formar uma complexa estrutura de manejo pluvial.

Ahiablame, Shakya (2016), mencionam que os créditos dados as práticas do LID foram direcionados a gestão do pico de escoamento de tempestades, volumes de escoamento e qualidade da água. Assim as principais práticas incluem: a adoção de telhado verde, o swale (vala de infiltração), o barril de chuvas, a bioretenção, o jardim de chuva e o pavimento poroso. Estes são responsáveis por cerca de 42% da redução de picos de escoamento quando implantados.

Ballard, *et al* (2015), apresentam diversos procedimentos que abrangem o planejamento, concepção, construção e manutenção de Sistema de Drenagem Sustentável – SUD, destacando se os seguintes tipos de sistemas: coleta de água da chuva de telhados e outras superfícies pavimentadas para utilização no local; telhados verdes; pavimentos permeáveis; bioretenção; árvores que capturam a água da chuva; cisternas, bacias de retenção, lagoas e zonas húmidas; bacias de filtração ou valas de infiltração.

No Brasil, vários são os autores que abordam o tema referente a técnicas e sistemas vinculados ao SUD. Esses autores mencionam diversa técnicas como: implementação de bacias de retenção, que podem fazer o papel de captação e infiltração, ou serem utilizadas no reaproveitamento do uso da água pluvial ou ainda o simples papel de retenção inicial das águas pluviais como: Agra (2001), Souza (2002), Tassi (2002), Mano (2004), Buffon (2010), Mello (2014), Kinzel (2015).

Também se constatou dois estudos referente a aplicação de taxas efetuados por Lengler (2012) e Alves Júnior (2014), ou seja, a implementação de sistemas de tributação como uma forma mitigadora de se buscar recursos para a implementação e manutenção dos sistemas de drenagem.

Existem estudos referente a utilização de pavimentos permeáveis como mencionado em Acioli (2005), Rathke (2012), Mello (2014), Kinzel (2015)

A implementação também como medida mitigadora a execução de vídeo educacional referente ao sistema de drenagem conforme Rührwiem (2013).

Já a análise mais geral referente ao sistema macro de drenagem podem ser destacados pelos autores: Cruz (2004), Evangelista (2005), Souza (2005), Tucci (2008), Bünecker (2012), Bochi (2013), Flores, Samuel e Guerra (2014).

A tabela 05, relaciona as pesquisas já realizadas no espaço temporal de 2000 à 2015 abordando as metodologias de alguns autores brasileiros.

Tabela 05: Síntese do levantamento sistêmico para sistemas de drenagem sustentável do Brasil.

<b>Ano</b>	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Metodologia adotada</b>
2001	Agra	Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial	Construção de micro reservatório experimentais para a análise da eficiência do dispositivo mediante a relação entre o hidrograma de entrada e saída, com análise da ocorrência de sedimentação.
2002	Souza	Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial	Execução de experimento com dois tipos de trincheiras para análise dos processos de infiltração em solo argilo arenoso com baixa permeabilidade.
2002	Tassi	Efeitos dos microrreservatórios de lotes sobre a drenagem urbana	Simulação numérica do comportamento de uma bacia hipotética de forma a quantificar os impactos obtidos com a utilização de sistemas de micro drenagem aplicadas em lote.
2004	Cruz	Otimização do controle da drenagem em macrobacias urbanas	Análise de aplicabilidade e eficiência de um modelo de otimização associado a modelos hidrológicos-hidráulicos como instrumentos de suporte a decisão em problemas de drenagem urbana.

Continuação da tabela 05: Síntese do levantamento sistêmico para sistemas de drenagem sustentável do Brasil.

Ano	Autor	Título	Metodologia adotada
2004	Mano	Captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefício do sistema	Estudo experimental feito em quatro fases: levantamento da demanda, tratamento dos dados pluviométricos, cálculo do volume do reservatório e esquema da instalação do sistema para verificação da viabilidade de utilização da água de chuva para fins não potáveis.
2005	Acioli	Estudo experimental de pavimentação permeável para o controle do escoamento superficial na fonte.	Construção de estacionamento com pavimento permeável e reservatório de brita para monitoramento e avaliação deste tipo de dispositivo na ocorrência de chuvas.
2005	Evangelista	Enchentes, fenômeno cíclico?	Levantamento de dados referente aos processos de enchentes no município de Camaquã com utilização de imagens de satélite, fotografias aéreas e saídas em campo para a aferição das ocorrências e delimitação da área.
2005	Souza	Mecanismos técnicos-institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana.	Avaliação hidrológica, financeira quanto à preservação de vegetação natural como o estabelecimento de análise de quatro cenários diferentes para esta determinação em um condomínio.
2008	Tucci	Águas urbanas	Estudo dos conceitos da gestão integrada dos recursos hídricos (GIRH) com o envolvimento de componentes que permitam o desenvolvimento ambiental sustentável.
2010	Buffon	Aproveitamento de águas pluviais: efeito sobre o sistema de drenagem urbana.	Realização de simulações em um condomínio fechado de processos com a utilização da captação da água pluvial para uso não potável e a determinação dos efeitos causados no sistema de drenagem.

Continuação da Tabela 05: Síntese do levantamento sistêmico para sistemas de drenagem sustentável do Brasil.

Ano	Autor	Título	Metodologia adotada
2012	Bünecker	Análise do plano diretor participativo do município de Teutônia/RS.	Realização de análise do plano diretor do município de Teutônia, para aferir se o mesmo contempla os requisitos de um plano participativo.
2012	Lengler	Instrumento tributários imobiliários municipais aplicados à drenagem urbana: estudo de caso de taxa, contribuição de melhoria e benefícios fiscal em porto alegre, RS	Estudo sobre a aplicação de taxa de drenagem para mitigar a crescente impermeabilização do solo e obter recursos financeiros para custeio da implementação e manutenção de sistemas de drenagem.
2012	Rathke	Medidas de controle pluvial no lote: pavimentos permeáveis e telhados verdes	Realização de experimento para implantação de sistema de telhado verde e pavimento permeável com a elaboração de cenários hipotéticos de forma a verificar a atuação desses sistemas de forma isolada ou em conjunto.
2013	Bochi	Corredores urbanos: ambiental e percepção e desenho urbano.	Pesquisa realizada em área fundamentada na metodologia do estudo de ambiente comportamental de forma a avaliar as atitudes diante das características físico-espaciais percebidas pelos habitantes da bacia.
2013	Rührwiem	Desenvolvimento de vídeos educacional como instrumento de medida mitigadora na drenagem urbana: aplicação na bacia de vila Isabel Viamão-RS	Realização de estudo sobre os impactos causados em bacia hidrológica no processo de uso e ocupação com a caracterização das medidas mitigadoras e desenvolvimento de vídeo educacional demonstrando o papel do planejamento e da educação ambiental.
2014	Flores, Samuel e Guerra	As políticas públicas com ênfase em saneamento na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí	Levantamento quanto a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) e sua implementação no município que fazem parte da Bacia Hidrográfica do Gravataí

Continuação da Tabela 05: Síntese do levantamento sistêmico para sistemas de drenagem sustentável do Brasil.

Ano	Autor	Título	Metodologia adotada
2014	Alves Júnior	Estudos dos aspectos jurídicos relativos a criação da taxa de manutenção do sistema de drenagem pluvial de Porto Alegre.	Revisão bibliográfica com a coleta de jurisprudência e legislação pertinentes, além de levantamentos junto ao departamento responsável pela drenagem pluvial para a caracterização e proposição de aplicação de taxa de forma a proporcionar recursos financeiros para manutenção pluvial.
2014	Mello	Gerenciamento de drenagem urbana: uso de indicadores na análise comparativa da sustentabilidade de medidas de controle	A adoção de indicadores para avaliar as medidas de controle de drenagem para os processos de bacia de retenção e piso permeável.
2015	Kinzel	Medidas de controle de escoamento na fonte: Estudo de caso de reservação sob piso elevado	Adoção de estudo de caso para a aplicação de dimensionamento de três tipos de reservatório sendo: reservatório convencional, reservatório de piso elevado e a junção dos dois tipos de sistema para controle e reutilização da água pluvial.

Fonte: Jesus, *et al* (2016)

A seguir, as pesquisas serão comentadas de forma paulatina referenciando as áreas de pesquisa sobre bacias de retenção, aplicação de taxas, pavimentos permeáveis, medidas mitigadoras e análise macro do comportamento dos sistemas de drenagem.

Agra (2001), construiu um micro reservatório para a captação da água pluvial de um telhado de forma a permitir a aleatoriedade dos eventos em função das características pluviométricas, garantindo o controle das variáveis com a medição das precipitações, da entrada de vazão e o nível do reservatório. O autor, dimensionou o reservatório com 2m de comprimento, por 1m de largura e 0,6m de profundidade em acrílico para aferir as medições de vazões referente a entrada de água no sistema do reservatório e sua saída. Os resultados demonstraram que a estrutura de descarga não se comporta como os orifícios de saída, sendo o valor entrada de vazão 34% maior do que a saída. Assim, concluiu que a implementação

de micro reservatórios, é capaz de devolver a bacia a sua capacidade natural de armazenamento.

Souza (2002), analisou o funcionamento de dois tipos de trincheiras para infiltração. O primeiro recebendo a água de uma área pavimentada de paralelepípedos e devidamente limitada por meio fio, sendo que a trincheira foi executada mecanicamente manta tipo Bedin no fundo da vala de acordo com as técnicas, com a instalação de poço de observação feito com cano de PVC de 150 mm furado a uma profundidade maior que a da trincheira com a realização do fechamento desta com brita. A segunda trincheira também foi realizada e dimensionada de acordo com as mesmas metodologias da trincheira I, entretanto, em função do excessivo aporte de material, optou-se pela utilização de uma faixa grama de 1 m e a separação em três módulos feita por caixa de alvenaria e realização de impermeabilização de forma a evitar contatos. Como um dos resultados infere-se que a trincheira forneceu um bom escoamento entretanto este também deve ser levada em consideração o fator de permeabilidade do solo. Também se verifica a necessidade do controle das sedimentações existente no processo de infiltração para que se diminua o estado de colmatação superficial.

Tassi (2002), Montou-se uma bacia hipotética com duas ocupação de lotes de 300 m<sup>2</sup> e 600 m<sup>2</sup>. Para a bacia foram pegadas as características de uma bacia urbana da cidade de Porto Alegre. Realizou-se então a definição de vazão de pré urbanização o dimensionamento dos micro reservatórios, simulação das microdrenagens e simulação das macrodrenagens. A bacia caracterizada foi a do Arroio Areia em Porto Alegre. Após simulações, verificou-se que para lotes de 300 m<sup>2</sup> a redução é em média de 63% do pico de vazão, enquanto que para lotes de 600 m<sup>2</sup> a redução é de 59%. Verificou-se que mesmo com a utilização de micro reservatórios, a vazão de pico é cerca de 4 vezes maior que a vazão obtida para a bacia pré urbanizada e caso não ocorra essa microdetenção, a vazão sobe para 10 vezes acima da vazão inicial. Assim é possível reduzir a vazão de escoamento para as redes de macrodrenagem em até 50% porém não é possível melhorias no dimensionamento utilizando-se sistemas off-line. A diferença deste estudo para o estudo feito por Agra (2001) foram as considerações de vazões em um sistema de drenagem considerando-se vários lotes e a influencia na macrodrenagem da implantação dos sistemas de micro reservatórios.

Mano (2004), preconiza a captação da água pluvial para a utilização como fins não potáveis. Em seus resultados verifica-se: a reservação residencial de água da chuva, consiste em uma medida estrutural de mitigação dos efeitos de inundação, diminuindo os picos das cheias, referentes ao hidrograma da bacia natural. Elas podem ser medidas de detenção onde a água é reservada por um período curto de tempo e de retenção onde o período é mais longo. É necessário a realização de cálculos do volume do reservatório de forma a considerar um volume para a retenção ao uso habitacional e o volume de detenção e que este se faz necessário principalmente em cidades subdesenvolvidas, visto que para funcionar como detenção de água pluvial o reservatório deve estar vazio, porém a dimensão de reservatórios grandes propicia um custo elevado a implementação do sistema. a economicidade pode ser garantida em função de se propiciar menores investimento em sistemas de drenagem principalmente em locais que se torna inviável a implantação deste tipo de sistema. Além de demonstrar a viabilidade da utilização também do sistema para o reaproveitamento como água não potável.

Buffon (2010), buscou identificar os efeitos desta utilização de sistema na drenagem urbana, por meio de levantamento de imagens de satélite foi realizada a caracterização do loteamento a ser estudado, quantificando-se as áreas de telhado, gramado, pavimentos e ruas e com a coleta de dados hidrológicos realizou os levantamentos para a caracterização das áreas. Como resultado chegou-se a: quanto maior a área de telhado, menor o coeficiente de escoamento após a implementação de sistema de aproveitamento, e maior a redução de volume escoado. O valor médio mínimo diário de redução de escoamento foi de 15,6% no bloco C e 20,31% no bloco D. Também foi demonstrado que em função da sazonalidade do regime pluviométrico, ou seja quanto mais dias chuvosos menor a capacidade dos reservatórios de reduzirem o tempo de escoamento.

Mello (2014), realizou uma comparação entre a utilização de reservatório de retenção e a utilização de pavimentos permeáveis, com a implementação de indicadores para a análise comparativa entre as medidas de controle implementadas. Entre os resultados obtidos destaca-se que os pavimentos permeáveis permitem uma maior sustentabilidade permitido uma maior permeabilidade.

Kinzel (2015), também adota o sistema de controle da água por micro reservatório, entretanto este micro reservatório é realizado sob piso elevado com a

realização de estudo hipotético. Entre os resultados, destaca-se que a elaboração de projeto de controle e reutilização de águas pluviais com sistemas de piso elevado com vegetação, fazem com que a camada vegetativa utilize por capilaridades água ali acumulada para sua irrigação permitindo a economicidade com bombas de elevação entre outros elementos.

Já em relação ao sistema de tributação utilizado como uma forma mitigadora constata-se os seguintes estudos:

Lengler (2012) após a verificação da aplicação de diversas metodologias, conclui que a melhor metodologia a ser aplicada se encontra referenciada na seguinte equação apresentada a baixo:

$$T_{man} = (C_{manp}/A1) * S1 * (1 - T1) + (C_{mant}/A1) * S1 * T1 + (C_{manp}/A1) * (ASVp/Ab) * S1 + (C_{mant}/A1) * (ASVI/Ab) * S1$$

Fonte: Gomes, et al, (2008) apud Lengler (2012)

Essa metodologia pondera o custo de manutenção tanto pela área maior quanto pela área menor em relação a proporção das superfícies permeáveis e impermeáveis.

Os resultados que podem ser elencados são: existem possibilidades de implementação da taxa de tributação, entretanto estas instituições dependem de adequação do sistema tributário brasileiro. O incentivo fiscal tem como objetivo diminuir a carga tributária dos contribuintes que utilizam medidas voltadas a não impermeabilização da área.

Alves Júnior (2014), sugere a uma metodologia proposta por Tucci:

$$Cu = [100 * Ct]/[Ab * (15,8 + 0,84 * Ai)]$$

Fonte: Tucci (2002) apud Alves Júnior (2014)

Essa metodologia preconiza que a taxa seja obtida em função do custo total para a realização da operação e manutenção divididos pela área total da bacia em função da área permeável desta. Destaca-se os seguintes resultados: Os municípios podem implementar a cobrança da taxa de manutenção do sistema de drenagem pluvial, respeitando-se todas as legalidades de implementação

propiciando o aumento no recurso orçamentário visando a manutenção dos sistemas de drenagem urbana e combate a inundações.

Atualmente não há no Brasil nenhum município que tenha adotado tais cobranças, verifica-se que há uma necessidade de um aprimoramento para a verificação se essas cobranças seriam realmente efetivas, mas atualmente seria considerado pela população somente mais uma taxa a ser cobrada e que poderia auxiliar num melhor planejamento da cidade para a busca de soluções mais adequadas.

Quanto aos estudos referente à utilização de pavimentos permeáveis elencamos:

Acioli (2005), realizou a implementação e monitoramento de dois tipos de pavimentos permeáveis sendo: blocos vazados e revestimento asfáltico poroso em um estacionamento com área de 264 m<sup>2</sup> dividido igualmente para a realização das aferições. Na apresentação de resultados verificou-se que os pavimentos em blocos apresentaram uma média de 2,27% enquanto que nas áreas pavimentadas é considerado a média de 80%. Para o escoamento de pavimento em asfalto poroso, este apresentou um coeficiente de escoamento na média de 5,08%, demonstrando que este valor é extremamente satisfatório pois para áreas superficiais verdes ou naturais arborizadas o escoamento é de 5%.

Rathke (2012), com a utilização de imagens de satélite, demarcou-se na área de estudo a quantificação das áreas pavimentadas, áreas de cobertura, áreas de vegetação e áreas inalteráveis sendo o estudo realizado em três shopping. Em comparação com o cenário hipotético criado, e os valores obtidos para as condições ideais de utilização dos dispositivos, verificou-se uma redução de 15% nas vazões de pico e no volume de escoamento superficial.

Mello (2014), como já mencionado anteriormente fez a comparação entre a utilização de pavimento permeável e micro reservatórios.

kinzel (2015), apesar de utilizar micro reservatório este é implementado sob piso elevado dando uma nova disposição de para os tipos de pisos a serem utilizados.

Em relação a medidas educacionais, Rührwiem (2013), com a obtenção dos impactos hidrológicos em bacias urbanas, caracterização das medidas mitigadoras e levantamento de todos os aspectos relacionados a bacia hidrográfica da Vila Santa Isabel, verificando-se nesse aspecto o processo de ocupação o hidrograma

local, realizou demonstração de medidas como a implementação de bacias de retenção e utilização de pavimentos permeáveis desenvolvendo um vídeo educacional da comunidade estudada de forma a apresentar como um medida mitigadora educacional. Com resultado destacou que o conhecimento é um dos pontos chaves para a implantação destas medidas.

Em relação as análises gerais referente ao sistema macro do sistema de drenagem verifica-se:

Cruz (2004), foi implementado o Sistema de Decisão Gerencial – SSD, em duas bacias na região de Porto Alegre, sendo elas a do arroio da areia e arroio do moinho com o levantamento por imagem de satélite referente as bacias, levantou-se os sistemas de macrodrenagem, as taxas de impermeabilização atual e futura, o tempo de concentração. Entre os resultados apresentados apontaram uma eficiência na implementação de sistemas de reservação de bacias de retenção com custo menores que a implementação de sistemas de drenagem na ordem de 16% a 38 %. Apontando como um dos critérios viável.

Evangelista (2005), realizou um estudo referente as enchentes ocorridas no município de Camaquã, com levantamentos de dados por fotos de satélites, dados de enchentes históricas. Como um dos resultados apresentados constatou-se que uma das causas do aumento das enchentes são as ocupações desordenadas da região e que estas devem ser criados planos de ações minimizar os efeitos das cheias com medidas educacionais, porem demonstrou que as enchentes já ocorriam desde 1936, porem se intensificaram. Adotou medidas de implementação nas regiões críticas régua de marcação de altura de 60 cm e de um metro de água como uma medida mitigadora a população das áreas mais afetadas.

Souza (2005), realizou um estudo de caso de implementação da metodologia de desenvolvimento urbano de baixo impacto, com a realização de avaliação hidrológica, financeira, quantidades de áreas verdes, em estabelecimento de análise de quatro cenários diferentes para uma bacia. Como um dos resultados apresentados destacamos que a implementação do sistema LID reduziu o custo de implementação na ordem de 23% a 30,5% e no custo de manutenção na ordem de 65%.

Tucci (2008), salienta que os principais componentes de uma cidade se relacionam com planejamento e gestão do uso do solo, infraestrutura e gestão social. Apresenta que os principais indicadores do desenvolvimento urbano são a

população, a economia e o uso do solo. A taxa de crescimento das Regiões Metropolitanas-RM é pequena. Os principais problemas relacionados a infraestrutura nos países desenvolvidos principalmente a América Latina são: grande concentração populacional em pequenas áreas, aumento das periferias da cidade e a urbanização é espontânea. Os problemas relacionados a infraestrutura de água na área urbana são: falta de tratamento de esgoto, falta de rede de drenagem, ocupação de leito de inundação ribeirinha, impermeabilização e canalização de rios urbanos e deterioração da qualidade de água por falta de tratamento de efluentes. Existem uma visão limitado do que é gestão integrada do solo urbano e da sua infraestrutura, destacando-se os seguintes aspectos relacionados: falta de conhecimento, concepção inadequada dos profissionais de engenharia para o planejamento e controle do sistema, visão setorializada do planejamento urbano, falta de capacidade gerencial. A inundação decorre em função do aumento da impermeabilização do solo ou obstruções ao escoamento sendo consideradas inundações locais. Na medida que existe o crescimento das cidades, ocorre os seguintes impactos: aumento das vazões, aumento pela produção de sedimentos, a deterioração da qualidade da água e a forma de organização da infraestrutura urbana implantada. A qualidade da água das redes pluviais depende dos fatores de limpeza urbana, da intensidade da precipitação e sua distribuição espacial e temporal, da estação do ano e do tipo de uso da área urbana. Cabe elencar também que em vários trabalhos este mesmo autor, vem sendo citado com publicações desde 2002 referente a sistemas de drenagem e urbanização.

Bünecker (2012), faz uma análise referente a implementação do Plano Diretor Participativo. O Plano Diretor Municipal é o principal instrumento da política urbana e visa o foco nos principais problemas estruturais da cidade como segregação territorial, degradação ambiental, ordenamento da expansão urbana e financiamento do desenvolvimento urbano. O Plano Diretor Participativo visa a inclusão territorial, justiça social e gestão demográfica sendo incentivado pelo Ministério das Cidades a partir de 2005, com a elaboração em cinco etapas: implantação de núcleo gestor, leitura técnica e comunitária dos aspectos problemáticos do município, formulação e pactuação de propostas, elaboração do projeto de lei discutido e aprovado pela câmara legislativa e a implementação e monitoramento do Plano Participativo. Detectou-se neste estudo que para o

Município de Teutônia/RS, o plano diretor não está inserido como um plano participativo, devendo em sua revisão ser reanalisados alguns aspectos para que o mesmo possa se enquadrar de acordo com Estatuto das Cidades em um Plano Diretor Participativo.

Bochi (2013), Menciona que a forma abordada para a implementação de infra estrutura de obras de drenagem e saneamento, alteram o curso natural do corpo hídrico. A expressão "corredores fluviais urbanos" define o ambiente fluvial de curso de água como componentes estruturais da paisagem urbana. A canalização de um rio não é a forma mais adequada para controlar enchentes e inundações, pois favorece o aumento da vazão. Verifica-se também que a taxa de impermeabilização agrava a situação do escoamento pois diminui a infiltração e a evapotranspiração das águas precipitadas. Medidas de manejo de água como telhados verdes, captação de água fluviais, jardins de infiltração são medidas que promovem a infiltração diminuindo o fluxo de vazão, e que já são adotadas em outros países como Estados Unidos, Canadá, Holanda, Inglaterra e Alemanha. A integração entre o manejo de águas e o planejamento urbano propicia a implementação de técnicas sustentáveis para a aproximação do ciclo hidrológico urbano ao ciclo natural das águas, sendo conhecido como desenho urbano sensível a água. No Brasil essas drenagens são caracterizadas como higienistas e corretivas ao invés de sustentáveis em função da falta de conhecimento. Variáveis contextuais que afetam o desempenho de corredores fluviais são: infraestrutura urbana, à estrutura urbana, variáveis associadas ao uso, variáveis associadas a estética fluvial. Como um dos resultados apresentou que os aspectos físicos espaciais, de aspectos relacionados a infraestrutura, uso, estrutura e estética interferem na qualidade do ambiente urbano.

Flores, Samuel e Guerra (2014), realizou pesquisa de forma a elaborar o plano de drenagem da bacia hidrográfica do rio Gravataí. Em relação a drenagem, o gerenciamento inadequado deste sistema pode resultar em impactos ambientais, sobretudo nas populações residentes nas áreas urbanas. Demonstra que somente 12,7% dos municípios possuidores de manejo de águas pluviais possuem dispositivos coletivos de retenção e amortecimento de vazão. Além disso, 39,5% dos municípios declararam apresentar problemas com assoreamento, e 51,2% possuem problemas com inundações e alagamentos, demonstrando a necessidade de planejamento de mecanismos de drenagem e manejo de águas pluviais. Em

verificação ainda constatou que 75% dos municípios na região da bacia Hidrográfica do Rio Gravataí não terminaram o Plano de Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Nenhum município possui o Plano de Drenagem Pluvial.

## 2.6. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

A abordagem da utilização do sistema SIG na área de gestão de recursos hídricos em outros países pode ser descrita por: Singh, Fiorentini (1996) e Tsihrintzis, Hamid, Fuentes (1996) que discorrem sobre a utilização do sistema SIG na hidrologia. Verdin, Verdin (1999) onde apresenta a importância da utilização de modelos digitais de elevação e sistemas de informação geográfica para caracterizar a utilização na realização de codificações de bacias hidrográficas. Wilson, Mitsova, Wright (2000) que aborda a importação da utilização de sistemas SIG para a realização de avanços na gestão de recursos hídricos.

No Brasil, vários são os autores que elencam a utilização do SIG no desenvolvimento ambiental, uso e ocupação de solo, gerenciamento de recursos hídricos e caracterizações de bacias hidrográficas. A seguir serão apresentados alguns autores conforme cronologia e seus respectivos trabalhos.

Fagundes (2002), Machado, Vettorazzi e Xavier (2003), Silva (2007), Silva, Silva e Leonardi (2015) e Oliveira, Vestena, Vestena (2016), realizam diversas abordagens utilizando a ferramenta SIG para discutir os aspectos quanto a densidade demográfica, o uso e ocupação do solo, áreas permeáveis e impermeáveis, e métodos para a utilização desta ferramenta no processo de expansão da área urbana.

Os aspectos relacionados à risco de inundações e enchentes, avaliação de enchentes pluviais por interpolação de modelos, identificação de áreas susceptíveis a alagamento, podem ser verificados estudos com a utilização do sistema SIG pelos seguintes autores: Valente (1996), Valente (1999), Neto, et al (2014), e Righi, (2016)

A morfologia, hidrografia, planimetria, vazões e características referentes a fragilidade ambiental com a adoção da ferramenta SIG, podem ser observados em estudos dos seguintes pesquisadores: Carvalho (2004), Garcia (2005), Castro e

Carvalho (2009), Magalhães; *et al* (2010), Lagoeiro, Costa e Leão (2014), Silva; *et al*, (2016) e Oliveira, Vestena, Vestena (2016)

Kawakubo, *et al* (2005), com emprego do Modelo Digital de Elevação e álgebra campo, mapeou a fragilidade ambiental proposta por Ross em 1994, demonstrando a importância das técnicas computacionais na produção de mapas.

Becker, (2006), adotou o SIG utilizando métodos para cálculo da precipitação e vazão visando identificar e sistematizar as informações pertinentes à elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) e dados cadastrais do sistema de drenagem urbana.

Dias, (2016), gerou o Modelo Digital de Elevação – MDE, utilizando imagens de radar Shuttle Radar Topographic Mission- SRTM obtidos da EMBRAPA. As imagens possuem informações altimétricas com resolução espacial de 90 metros, e foram utilizadas para subsidiar à gestão e planejamento territorial, obtendo mapas de hipsometria e clinografia da área com representação tridimensional do relevo.

O modelo numérico do terreno (MNT), conforme Câmara, Monteiro e Davis (2004) é a representação matemática de um fenômeno espacial que ocorre na superfície da terra. Com este modelo é possível realizar a delimitação geográfica da bacia, mapas de altitudes, declividade, curvas de níveis.

Pina e Santos (2000), definem que os SIG são sistemas computacionais, usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico e integra operação convencionais de base de dados como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados que possibilitam a busca de informações, análises estatística e geográfica com a utilização de mapas.

O SIG é uma tecnologia que apresenta tendências de crescimento na sua utilização em função dos desenvolvimentos que vem ocorrendo no software. Destaca-se que este sistema possui cinco grandes áreas de atuação: informação cadastral e infraestrutura; planejamento e gestão de recursos naturais; modelagem espacial e temporal, navegação e visualização de informações geográficas. (BELO, 2012)

Portanto, o SIG é um poderoso instrumento a ser manuseado e utilizado com o intuito de melhorar o planejamento e gestão na área de hidrologia capaz de sobrepor informações para uma análise global das ocorrências dentro de uma bacia.

### 2.6.1. Fotointerpretação

Anderson (1982), define a fotointerpretação como conjunto de técnicas utilizadas para extrair informações de fotografias. As técnicas da fotointerpretação dependem de medições da fotografia obtidas pelo estudo da fotogrametria.

A fotogrametria é ciência que visa obter informações com confiança de objetos e meio ambiente com a utilização de medições e interpretações de imagens conforme ASP (1966) apud Tembla (2000).

A fotogrametria pode ser dividida em duas áreas: fotogrametria métrica e fotogrametria interpretativa. Assim de acordo com Zaidan (2009), a fotogrametria métrica envolve medidas de dimensões e formas de objetos enquanto a outra, realiza interpretações sem reconhecer e identificar os objetos.

Atualmente a fotointerpretação está sendo muito adotada no sensoriamento remoto para análise de áreas de uso ocupação do solo de forma a propiciar melhoria do planejamento. Sua utilização pode ser verificada nos seguintes autores: Fernandes; *et al* (2013), Moreira; *et al* (2015), Neves e Briski (2016).

Abrantes, *et al* (2016), inferem que a fotointerpretação requer um trabalho analítico-dedutivo, sintetizando as relações existentes entre a identificação e a interpretação, não de forma independente, mas cíclica, possui também um conhecimento implícito das condições de execução da fotografia além de informações adicionais como data, hora, registro. Podendo este, com o devido procedimento, ser inserido no SIG para a realização mais apurada da interpretação.

### 2.6.2. Álgebra de mapas

Cordeiro, Barbosa e Câmara (2007), apresenta a distinção do SIG para outros sistemas operacionais de gestão, pois este propicia a realização de uma análise espacial. Esta metodologia é abordada na álgebra de mapas que apresenta diversas operações que resultam em grades numéricas e imagens que derivam da aplicação de funções nos mapas, sendo as principais operações utilizadas: aritmética, matemática e estatística. Estas são tipicamente aplicadas a dados de natureza quantitativa, ou seja, cardinal, ordinal e intervalar.

Como exemplos da utilização desta metodologia temos: Fernandes, *et al* (2015) que apresentam a delimitar de áreas de preservação permanente.

Outro autor, Santos (2011), utilizou a álgebra de mapas para realização de levantamento referente as áreas que são passíveis de sofrerem erosão.

## 2.7. ESTUDOS ANTECEDENTES SOBRE O CÓRREGO DO BARBADO.

Diversos estudos foram iniciados referente a Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado sendo os quais destacados a seguir de forma cronológica.

Galdino; Andrade (2008), aborda o início do uso e ocupação do solo da bacia, demonstrando que sua ocupação se iniciou na década de 70 com a implantação do Centro Político Administrativo-CPA e UFMT. Classifica o curso do córrego como: alto curso entre as cotas de 200 e 175m de altitude, médio curso localizada nas cotas variando de 175 a 160m de altitude e baixo curso com cota de 160m a 150 m de altitude. No alto curso a expansão iniciou-se pela implementação do CPA, no médio curso pela implementação do campus universitário. Menciona ainda que o baixo curso são áreas naturalmente alagáveis sucessíveis tanto a inundações naturais quanto a inundações agravadas pela urbanização podendo esta ser observada na figura 08. Além disso, o baixo curso é uma das áreas mais modificadas sendo que a foz do córrego, teve sua Área Permanente de Preservação – APP, ocupada irregularmente.

A legislação preconiza que as Áreas de Preservação Permanentes (APPs), são cobertas ou não por vegetação nativa e possuem a função de preservar os recursos hídricos, paisagem, a geologia e biodiversidade de forma a assegurar proteção ao solo, fauna, flora e bem-estar da população existente. (BRASIL, 2012)

Figura 08: Demonstração de processo de inundações no baixo curso do Córrego do Barbado. (a) Desabrigado de enchente no Bairro Grande Terceiro (2005)



Fonte: Galdino, Andrade (2008)

A figura 08, apresenta imagens referente a inundações correspondentes a 20 anos e a 10 anos atrás. O processo de urbanização agravou a ocorrência de inundação, entretanto, estas já ocorriam no estado natural em função da localização do baixo curso da bacia. (GALDINO; ANDRADE, 2008)

Em estudo de dados sobre a morfologia hidrológica da bacia, Ventura (2011), apresenta estudo da bacia hidrográfica, levando em conta os dados referente a área de impermeabilização, aspectos sociais, saneamento, vazão do córrego observada, vazão calculada e hidrograma da bacia.

Carignani, Cirino e Galdino (2011), descrevem em seu contexto as ocupações ilegais tomando por base o surgimento do bairro Praeirinho localizado na planície de inundação do Córrego Barbado. Esta invasão, provém do déficit habitacional na cidade além da ausência de fiscalização quanto a aplicação da legislação em tal ambiente. O bairro Praeirinho, é um dos casos de invasão urbana que geraram um quadro crítico de degradação ambiental e de péssimas condições de vida com ocorrência de problemas como: poluição e contaminação hídrica, inundações e precariedade nas condições de moradia. Os maiores problemas enfrentado pelos moradores é o conjunto de risco nos quais estão expostos. As intervenções estruturais elencadas baseiam-se no remanejamento dos habitantes das áreas de inundações e deslizamentos, sendo realizado uma recuperação paisagística no espaço com a criação de um parque ribeirinho no local.

Os parâmetros físico-químicos de análise da qualidade da água juntamente com a aplicação de questionários socioambientais da população referente a percepção hidroambiental da bacia podem ser vislumbrados no estudo feito por: Kreischer, Gonçalves, Valentini (2012).

Laranja; et al (2012), evidenciam estudos sobre a área sanitária, ambiental e social do entorno do córrego do Barbado em relação ao bairro Bela Vista. Demonstra os diversos tipos de tratamento de esgoto realizado no bairro, os dias de coletas de lixo, e os dias da semana que recebem água tratada na rede além de levantamentos de pessoas que não dispõem destes serviços. Elenca que o bairro está em estado de alerta em função do acúmulo de lixo e da erosão nas ruas.

As discussões sobre os aspectos hidrológicos e socioambientais que envolvem a situação do córrego do Barbado é abordado pelos autores Souza, et al (2012). Estes apontam e demonstram que no ponto entre o médio e o baixo curso encontram-se implantados um Shopping Center, dois supermercados e diversos

comércios na região entre a Avenidas Fernando Corrêa da Costa, Tancredo Neves e Carmindo de Campos. Este local é considerado um grande centro comercial, empresarial e imobiliário da capital. Os autores, sugerem que ações para melhorar as condições da região como o impedimento e prevenção de futuras obras que alterem o curso natural e os seus recursos ambientais.

Zamparoni, (2012), apresenta os diversos bairros considerados áreas de risco em Cuiabá, além da descrição dos córregos existente. Demonstra que fatores de inundações são recorrentes desde de 1942. Além de apresentar que muitos córregos foram alterados em decorrência de incentivos das políticas públicas do uso e ocupação do solo urbano. Assim, as construções foram realizadas em áreas de preservação.

Nora, Zamparoni e Rossetto (2013), expõem as características das famílias residentes nos bairros diretamente impactados com construção da Avenida Parque do Barbado, o qual canaliza o córrego entre a Avenida Brasília e a avenida Fernando Correa da Costa. Apresenta também características dos domicílios e seus residentes. Destaca que as características demográficas dos bairros Bela Vista, Castelo Branco, Pedregal e Renascer possuem renda baixa renda e residem em áreas impróprias sujeitas a inundação e doenças. Além disso a maior parte dos domicílios são multifamiliares, ou seja, residirem mais de uma família e m uma casa sendo predominante o sexo feminino como provedor do lar.

Silveira, Guarienti e Lima (2013), exibem as características do uso e ocupação do solo da bacia bem como dados socioambientais dos moradores, características geométricas da bacia. Apresentou também dados referente as famílias que são atendidas por rede de abastecimento de água, possuem sistemas de esgotamento sanitário e coleta de resíduos domiciliares. apresentam a desigualdade da ocupação e dos ocupantes sendo elevado o percentual de famílias que não possuem acesso a esses serviços. A bacia apresenta uma alta degradação em virtudes das atividades antrópicas pela realização de construções de forma indiscriminada, dando ao corpo hídrico um aspecto pútrido e com margens descaracterizadas, aumentando o risco mais suscetível para a ocorrência de enchentes e inundações.

Oliveira e Silva (2013), demonstram as concentração de Pb, Cd, Cu, Cr e Fe nas águas do Córrego Barbado desde a nascente até a foz sendo realizado comparações com os parâmetros estipulados na portaria do Ministério da Saúde e

com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Verificou-se que as concentrações de ferro e chumbo ultrapassam os limites permitidos sendo consideradas as fontes de lançamento de esgotamento sanitários as principais responsáveis por essa ocorrência.

Colet e Soares (2013), apresentam um levantamento referente a área a bacia em relação as áreas permeáveis, em relação aos Índices de Qualidade Ambiental (IQA), calculados inferiores a de outras cidades do Brasil necessitando de ampliação da cobertura vegetal da bacia. O diagnóstico ambiental mostrou que a maior parte do córrego apresenta graves fatores de degradação, sendo necessário a adoção de estratégias compensatórias de escoamento para melhoramento do IQA.

Filho e Amaral (2014), analisam documentos que registraram inundações no município de Cuiabá no período de 1970 a 2010. Menciona que a expansão do perímetro urbano no início dos anos 1960 favoreceu a ocupação desordenada do solo aumentando as inundações urbanas. Outro fator responsável pelos problemas relacionados às inundações são os resíduos sólidos lançados na cidade, que obstruem as redes de drenagem como as bocas de lobos e córregos.

Moraleco; *et al* (2014), realizaram coleta e análise da água no trecho do córrego correspondente ao bairros Jardim Renascer e Bairro Santo Antônio do Pedregal, relacionando os dados com questionário socioambiental referente a possíveis doenças, nível de escolaridade, recebimento de água tratada, coleta de resíduos. Verificou-se a existência de depósitos ilegais de lixo ao longo do córrego.

Boaventura, Freitas e Machado (2014), realizaram a coleta de dados em três pontos referente aos seguintes atributos: esgoto, espécies exóticas, lixo, mata ciliar, odor, processos erosivos, substrato predominante, transparência da água e construções nas margens. Destas análises, considerando os atributos ambientais, verificaram que a nascente do Barbado encontra-se conservada. Enquanto que o médio e o baixo curso estão degradados. No entanto, os impactos atuais podem ser minimizados com a recuperação das áreas verdes, melhorias no saneamento, intervenções estruturais e trabalho de educação ambiental.

Zamparoni (2014), busca investigar as razões que levam a população a viver em áreas de riscos do córrego do Barbado. Analisando o perfil socioeconômico da população residente no percurso onde será construída a Avenida Parque do Barbado – Cuiabá/MT, verificar se que a Topofilia, ou seja, o sentimento de amor

pelo lugar somado as relações de sociabilidades estabelecidas entre familiares, amigos e vizinhos fortalecem a convivência. Demonstra também a preocupação das famílias com relação ao remanejamento não dando margens a criação de vínculos que possam realizar benfeitorias ao local.

Peixoto e Cabral (2015), informam que a área referente a foz do córrego do barbado é classificada como alto risco de inundação com erosão de margem fluvial, sendo verificado ao longo da Av. Tancredo Neves, no entroncamento com a Av. Beira Rio, o refluxo de águas da chuva captadas pela microbacia, que retorna ao córrego pois o aumento do nível das águas do rio Cuiabá impede o defluxo do Barbado, extravasando suas águas para o entorno sendo atingido a Av. Tancredo Neves e moradias do bairro Praeirinho. Também foram encontradas moradias com risco de desabamento em função do escorregamento associados a erosão fluvial.

Zorzo e Paes (2015) comprovam que os perfis longitudinais da declividade das vias interligadas à “Fernando Corrêa”, favorecem o escoamento superficial para o local onde foi construído o viaduto em razão da região fazer parte de fundo de vale onde apresentam-se as cotas mais baixas da bacia. Verifica se também uma redução de 13,7% de cobertura permeável em dez anos causando o aumento de picos de vazões o que deixa transparecer que há a necessidade de se ampliar a capacidade do sistema de drenagem nas áreas à jusante.

Zorzo (2015), realizou um levantamento quanto a área permeável e impermeável no entorno da Avenida Fernando Correa da Costa, próximo ao Córrego do Barbado. Além de constatar a situação dos dispositivos de drenagem do referido local constatando que 68,7% dos itens encontram obstruídos ou danificados.

Kokobayashi e Backes (2015), visam a apresentação de um panorama referente a mobilidade do viaduto da Fernando Correa da Costa, demonstrando os aspectos políticos de sua implantação e suas consequências.

Nunes (2016), apresenta estudos sobre aspectos de reutilização de água de chuva na Universidade Federal de Mato Grosso, sendo observado que 21% do total de consumo de água no prédio da faculdade de economia é atendido por água da chuva.

Silva, Takata e Rodrigues (2016) fizeram um levantamento social e econômico da população do entrono do Córrego do Barbado classificando o trecho médio curso como um dos mais divergentes em termos de renda social, pois

existem são encontrados desde condôminos de luxo até residências de baixa renda com falta de saneamento e qualquer tipo de tratamento dos resíduos sólidos. No baixo curso, a canalização do córrego criou inúmeros agravos ao leito do córrego, pois a partir da Avenida Fernando Correia da Costa até o desague na avenida Beira Rio não encontra mais vegetação natural, apenas artificial causando um agravamento na formação de ilha de calor na região.

Bueno, *et al* (2016), informam que o Plano Diretor é um instrumento político fundamental. Entretanto, não é suficiente para influenciar e mudar os impactos ambientais das microbacias urbanas.

Nunes (2016), sob a perspectiva da análise dos índices pluviométricos, verifica a ocorrência de volume de precipitação em cerca de 67,7% ao ano e no trimestre seco somente o intervalo de até 31 dias sem chuva. Já o monitoramento de consumo de água constatou-se que o sistema atende 21% do consumido no prédio da faculdade de economia e deste consumo o total de 62% são para bacias sanitárias.

Os estudos apresentados acima, demonstram não só a importância do processo de uso e ocupação do solo, como a caracterização socioeconômica e ambiental da microbacia do Córrego do Barbado, explicitando os fatores que descrevem a ocorrência de enchente e alagamento bem como o agravamento dessas ocorrências nos últimos anos em virtude da priorização da mobilidade urbana.

Tais aprendizagens servem como base para a realização do diagnóstico para o plano de drenagem setorial da UFMT.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

O estado de Mato Grosso, apresenta uma grande disponibilidade hídrica, pois abriga as principais nascentes de três bacias hidrográficas do país: Bacia Amazônica, Bacia do Tocantins/Araguaia e Bacia do Paraguai.

A Bacia do Paraguai possui suas nascentes localizadas no planalto do bioma Amazônico e Cerrado, os quais circundam a planície do Pantanal conforme WWF-BRASIL (2009). Todo o processo de uso e ocupação das áreas urbanas e rurais afetam diretamente a região do Pantanal.

Assim, os empreendimentos como: crescimento urbano, instalações de usinas hidroelétricas, expansão da pecuária, expansão da agricultura, implementação de indústrias instaladas nas regiões de planalto, afetam diretamente a Região Hidrográfica do Paraguai. (WWF-BRASIL; 2009 e ANDRADE; 2013).

A capital do estado de Mato Grosso é uma cidade extremamente urbanizada, inserida as margens do Rio Cuiabá. Apresenta três bacias inseridas em sua área urbana na qual destaca-se a Microbacia Hidrográfica do Córrego do Barbado (BHCB), em virtude de sua nascente estar localizada dentro da área urbana de Cuiabá.

Assim, a microbacia do Córrego do Barbado é denominada urbanizada, e abrange em sua área, a Universidade Federal de Mato Grosso justificando-se o estudo realizado de forma a subsidiar o diagnóstico para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem da instituição.

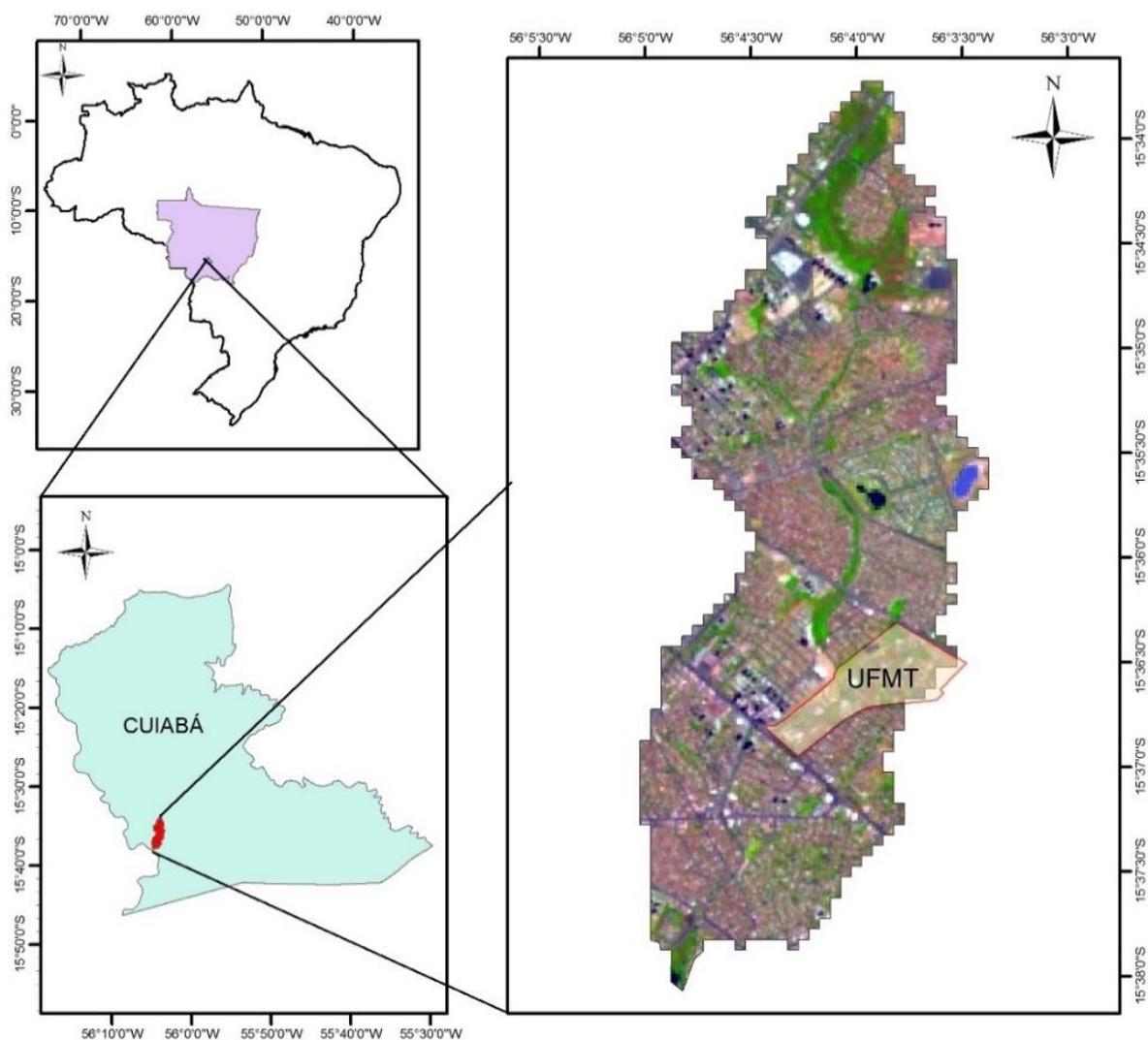
Assim, primeiramente caracterizamos a área de estudo da microbacia do Córrego do Barbado que está localizada na região centro leste da cidade de Cuiabá-MT, o qual faz parte integrante da Bacia Hidrográfica do Paraguai denominada pela Agência Nacional de Águas (ANA) de P4, onde se encontra o bioma do Pantanal.

A densidade populacional que compõem a microbacia do Córrego do Barbado varia entre 5,8 à 139,38 hab/ha num total de 25 bairros com uma faixa de renda média baixa. (COLET, 2012). Assim, a microbacia é denominada como urbanizada por estar inserida em sua totalidade no meio urbano, sofrendo as alterações impostas por este. (KREISCHER; GONÇALVES; VALENTINI, 2012).

De acordo com Ventura (2011), o córrego possui uma extensão de 8,95 km e uma área de 13,89 Km<sup>2</sup> com divisa geográfica com seguintes microbacias: Rio Coxipó, Ribeirão do Lipa, Córrego da Prainha e o Córrego Gambá.

Sua nascente está localizada na latitude 15°33'55.3108"S e na longitude 56°4'0.2491"W, próximas ao Parque Massairo Okamura enquanto que sua foz desagua no Rio Cuiabá estando localizada na latitude 15°38'1.8230"S e longitude 56°4'50.897"W conforme demonstrado na figura 09.

Figura 09: Mapa de localização do Córrego do Barbado e UFMT.



Fonte: adaptado LANDSAT 5TM

A figura 09, demonstra a posição da bacia hidrográfica do Córrego do barbado dentro do município de Cuiabá, além de apresentar a localização do campus universitário.

Os impactos já verificados nesta microbacia conforme demonstrado por Ventura (2011), são elencados a seguir: impermeabilizações, redes de drenagem, resíduos, redes de esgotos deficientes, desmatamento, desenvolvimento indisciplinado e ocupação das várzeas. Silveira, Guatrienti, Lima (2013), demonstram que 57,4% da área da microbacia é impermeável. Isto é preocupante, pois esse grau de impermeabilização está relacionado diretamente com a valorização imobiliária local e a falta de fiscalização da implementação da lei de uso e ocupação do solo.

Criado a partir da união do Instituto de Ciências e Letras de Cuiabá e a Faculdade de Direito em 1970, pela lei nº 5.647, a área do campus universitário foi inserido no perímetro urbano somente a partir do ano de 1974. Atualmente, o campus da UFMT, encontra se localizado praticamente na área urbana central do município. (ANDRADE, 2011). A figura 10 apresenta o desenvolvimento do campus universitário.

Figura 10: Imagem do campus de 1975 e 2016.

(a) Imagem do campus 1975



(b) Imagem do campus 2016



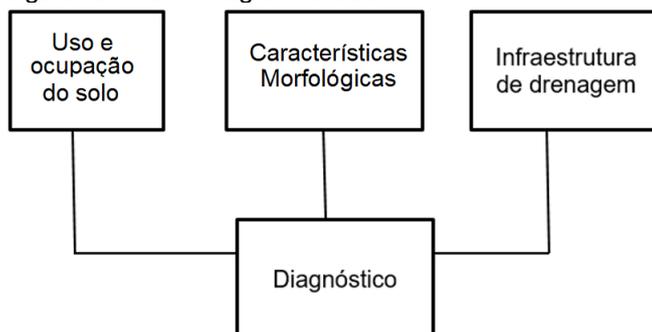
Fonte: Ribeiro (2013) e Digital Globo (2016)

A figura 10 (a), apresenta uma imagem de 1975, o qual demonstra o início da construção do campus da UFMT, com a entrada da avenida Fernando Corrêa da Costa, próximo a piscina e o atual prédio do Museu Rondon onde antigamente era o Restaurante Universitário desta instituição, a construção do antigo prédio de direito. Já a figura 10 (b), mostra o campus da UFMT em 2016, observa-se a expansão construtiva sofrida em relação as diversas obras realizadas como: ampliação do Museu Rondon, construção dos blocos de aula e administrativos do Instituto de Linguagens e construção das quadras cobertas.

#### 4. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho, compreende uma análise global do processo de uso e ocupação da microbacia do Córrego do Barbado, além da determinação dos parâmetros hidrológicos e morfológicos desta conforme fluxograma da figura 11.

Figura 11: Fluxograma geral da metodologia adotada

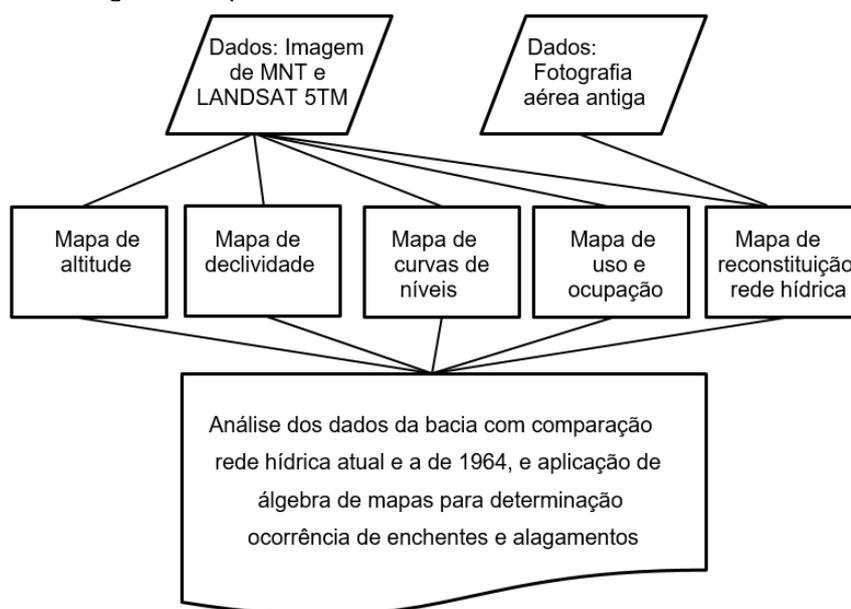


Fonte: O autor, 2017.

A metodologia utilizada para esse diagnóstico está representada num aspecto geral na figura 11, onde o fluxograma apresenta as principais atividades a serem desenvolvidas para a realização do planejamento de sistema de drenagem urbana sustentável, conforme também proposto por Canholi, (2014).

Visando um desenvolvimento melhor desta metodologia, a mesma foi realizada em duas fases distintas, sendo: a primeira fase demonstrada na figura 12 e a segunda na figura 12.

Figura 125: Fluxograma da primeira fase

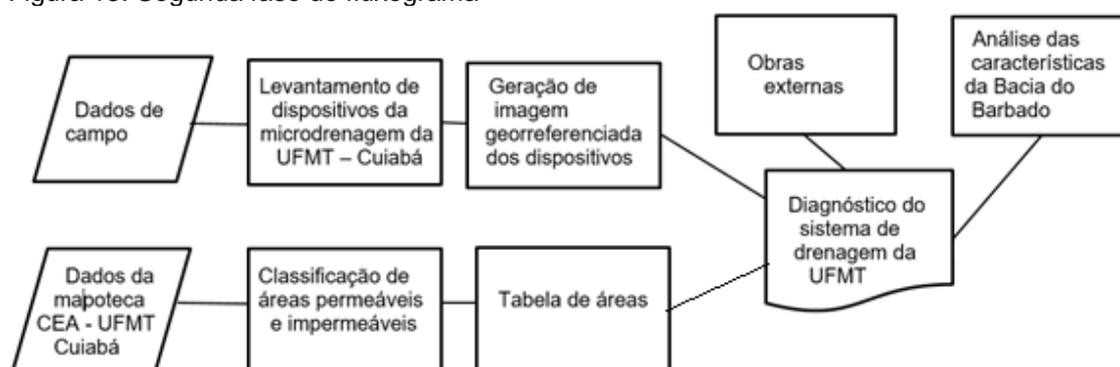


Fonte: O autor, 2017.

Na figura 12, estão as etapas referente ao levantamento de dados que possibilitaram a realização dos mapas utilizando o Modelo Numérico do Terreno (MNT). Com a obtenção de imagem do satélite LANDSAT 5TM referente a região da microbacia do Córrego do Barbado, foi possível determinar o uso e ocupação do solo e, após a aplicação de álgebra de mapa, será realizado um levantamento sistêmico dos aspectos de alagamento e inundações recorrentes na bacia hidrográfica com a sobreposição de mapas já obtidos.

A Segunda fase do trabalho se deu propriamente dentro do campus da UFMT, com a realização do levantamento de dados da infraestrutura de drenagem existente no campus, podendo ser melhor visualizado no fluxograma da figura 13.

Figura 13: Segunda fase do fluxograma



Fonte: O autor, 2017.

A figura 13, evidencia a sistematização dos dados para a elaboração do diagnóstico referente ao sistema de drenagem do campus da UFMT e as influências externas. Para isso foram utilizados dados de campo, influência das características da bacia hidrográfica e a atuação da implementação de obras externa ao campus da UFMT em Cuiabá.

#### 4.1. VARIÁVEIS ANALIZADAS E EQUIPAMENTOS

A primeira etapa, baseou-se em uma análise macro da microbacia hidrográfica do Córrego do Barbado. Para isso, foram levantados dados de satélites referente a imagem do Modelo Numérico do Terreno (MNT) com resolução de

30x30m da imagem do satélite LANDSAT 5TM. Também foi realizado um levantamento de imagem aérea de 1964.

Em uma segunda etapa, visando uma análise do sistema de drenagem no campus da UFMT em Cuiabá, foram realizados levantamentos de dados com relação a precipitação, áreas construídas, tipos de sistema de drenagem e sua localização.

A tabela 06, demonstra em uma sequência de dados as variáveis analisadas, demonstrando os tipos de dados obtidos, os equipamentos utilizados e a metodologia adotada para a realização do estudo.

Tabela 06: Dados e descrição das variáveis obtidas

<b>Ano</b>	<b>Variável analisada</b>	<b>Tipo de dado</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Metodologia</b>
2016	Características morfométricas da bacia	Imagem MNT Resolução 30x30m	satélite	Álgebra de mapas
2016	Uso e ocupação da bacia	Imagem LANDSAT 5TM	satélite	Álgebra de mapas
1964	Rede antiga da bacia hidrográfica	Fotografia aérea	Máquina fotográfica aérea	Fotointerpretação
2014	Canalização do Córrego Barbado	Projeto	computador	Análise espacial
2015	Dispositivos de drenagem	Dados de infraestrutura	GPS e máquina fotográfica	Levantamento de campo
2016	Histórico de Precipitação	Média de Precipitação	Estação meteorológica	Análise de dados
2016	Áreas construídas	Projetos Mapoteca	computador	Análise de dados

Fonte: O autor, 2017.

#### 4.1.1. Análise de dados de Imagem

Foram três tipos de imagens adquiridas. A primeira imagem refere-se ao Modelo Numérico do Terreno (MNT) da área de estudo obtido em 20.05.2016,

disponível pela missão Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) no site do *United States Geological Survey* (USGS). Esse arquivo possui formato matricial com resolução de 30 metros. A missão foi iniciada no ano 2000, sendo uma ação conjunta da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), com a NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), a DLR (Agência Espacial Alemã) e a ASI (Agência Espacial Italiana).

Com o recorte da imagem do MNT referente a área de estudo, realizou-se a delimitação da bacia hidrográfica. Este processo foi feito com a utilização da extensão ArcHydro do programa ArcGis 9.3 aplicando a seguinte sequência de comandos do software para a delimitação dos dados:

- *Fill Sinks* é o processo de criar um *raster*, identificando todas as depressões e áreas de drenagem interna, erros ou vazios gerados do no modelo matemático do terreno para um *raster* de superfície em um único *raster* com preenchimento de todas as imperfeições;

- Após, é realizado o direcionamento do fluxo pelo comando *Flow Direction*;

- O comando *Flow Accumulation* é utilizado para criar um *raster* de acúmulo de fluxo na área analisada a partir do comando *Flow Direction*;

- Para definir o fluxo foi realizado o comando *Stream Definition*;

- Porém como uma bacia possui diversos afluentes, é realizado com o comando *Stream Segmentation* a segmentação do fluxo;

- Para a delimitação da microbacia, iniciou-se o processo com o comando de delimitação da grade de captação (*Catchment Grid Delineation*) e posterior aplicação de processamento da poligonal de delimitação da bacia com o comando *Catchment Polygon Processing*;

- Com a delimitação da bacia, é iniciado o processo para a obtenção da drenagem do terreno com o comando inicial de linha de drenagem (*Drainage Line Processing*), após é realizado o processo de cobertura adjunto (*Adjoint Catchment Processing*) e o processo de verificação dos pontos de drenagem (*Adjoint Catchment Processing*) e a geração de pontos de lote (*Batch Point Generation*) finalizando todo o procedimento com a delimitação da bacia utilizando-se o comando *Watershed Delineation*.

Esses comandos descrito anteriormente para o programa ArcGIS, foram utilizados para delimitar a bacia hidrográfica e obter o delineamento do percurso da água.

Após, foi elaborado um mapa com as classes hipsométricas obtidas com a função *symbolize* do programa ArcGIS 9.3 com a realização do fatiamento da altimetria da BHCB em quatro classes de altitude compatíveis para a realização do conhecimento do comportamento do relevo no quesito de altitude sendo realizado a confecção do mapa pela conversão do arquivo *raster* (matricial) para *shapefile* (vetorial) polígonos para produção do cálculo das classes hipsométricas.

A classificação da altimetria na Bacia do Córrego do Barbado foi baseada conforme disposto por Galdino; Andrade (2008) em: alto curso, nas cotas de 200 e 175m, médio curso, nas cotas 175 a 160m e baixo curso nas 160m a 150 m.

Assim, as três classes de altitude estão representadas na tabela 07 para a elaboração do mapa hipsométrico da microbacia hidrográfica do Córrego do Barbado.

Tabela 07: Percentual de área para cada classe de elevação altimétrica

<b>Descrição</b>	<b>Varição da Altitude (m)</b>
Baixo curso	147 - 160
Médio curso	160 - 175
Alto curso	> 175

Fonte: adaptado de Galdino; Andrade (2008)

Na tabela 07, infere a pouca variabilidade altimétrica da bacia com sua respectiva classificação.

Alicerçado na classificação exposta pela Embrapa (1979), a declividade de um terreno pode ser descrito conforme a tabela 08.

Tabela 084: Classe de declividade do terreno

<b>Tipo de relevo</b>	<b>Classe de declividade (%)</b>
Plano	0 - 3
Suave ondulado	3 - 8
Ondulado	8 - 20
Forte ondulado	20 - 45
Montanhoso	45 - 75
Forte montanhoso	> 75

Fonte: EMBRAPA (1979)

O mapa de declividade, foi calculado com a função “*slope*” do programa, determinando também um total de quatro classes de declividade para a bacia conforme classificações apresentada na tabela 08, porém não ultrapassando a declividade máxima do terreno de 33% ficando portanto delimitada a classificação máxima em forte ondulado.

Foi utilizado o comando “*euclidian distance*” do ArcGis 9.3, no mapa obtido da imagem MNT que constitui a rede hídrica e sua delimitação da microbacia do córrego do Barbado, sendo elaborado por esse processo o mapa com distâncias variadas da Área de Preservação Permanente (APP) em relação a rede hídrica existente.

Para isso foram adotadas medidas dispostas na lei nº 12.651 (BRASIL, 2012), conforme resumo na tabela 09.

Tabela 5: Classificação das distâncias de Área Permanente de Preservação (APP)

<b>Largura do curso hídrico (m)</b>	<b>Distância da APP (m)</b>
10	30
10 à 50	50
50 à 200	100
200 à 600	200
> 600	500

Fonte: Adaptado Brasil, (2012)

Para a elaboração do mapa de distâncias da rede hídrica foi utilizado as medidas de distâncias dispostas na tabela 09, entretanto foram adotadas as distâncias somente até 100 metros.

Com a imagem do satélite LANDSAT 5TM, de 24.08.2016 e adotando critérios de geoprocessamento de imagem no sistema Datum SIRGAS 2000, foi feito o mapa de área permeável e área impermeável da bacia com o comando de classificação supervisionada por máxima *verossemelhança* do software ArcGis 9.3.

Com uma foto aérea de 1964, fornecida pelo professor Cleberson Ribeiro de Jesus em 12 de abril de 2016, do arquivo do Departamento de Geografia da UFMT, e com o processo de fotointerpretação no programa ArcMap, pertencente ao ArcGis 9.3, realizou-se primeiramente o georeferenciamento da imagem comparando-se pontos equivalentes em uma imagem atual. Após, com a ampliação da imagem no programa, realizou-se uma fotointerpretação aos caminhos percorridos pela água para a reconstituição da rede hídrica existente na época da imagem. Para realização deste processo, foi utilizada uma fotografia aérea do perímetro urbano de Cuiabá com escala de 1:45.000.

#### 4.1.2. Análise de dados físicos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado

Com a execução do mapa de delimitação da bacia hidrográfica e sua rede hídrica, foi possível determinar alguns índices morfológicos da bacia: índice de

conformação, índice de capacidade, densidade de drenagem, e fator de forma da bacia.

Esses índices foram obtidos pela utilização de dados dispostos na tabela de atributos do programa ArcGis 9.3 referente ao mapa de delimitação da bacia e rede hídrica.

Para o índice de conformação, foi adotada a equação de Garcez e Alvarez (1988):

$$IC = A/L^2 \quad (5)$$

Onde:

$IC$  = índice de conformação

$A$  = Área

$L$  = comprimento axial

Já o índice de capacidade proposto pelo autor, pode ser aferido por:

$$kc = 0,28 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (2)$$

Onde:

$kc$  é o índice de capacidade;

$P$  = Perímetro.

$A$  = Área

O fator de forma da bacia proposto por Porto, Filho e Silva (1999).

$$F = L / \left( \frac{\sum_i l}{n} \right) \quad (6)$$

Onde:

$L$  = comprimento axial da bacia

$\frac{\sum_i l}{n}$  = média das largura da bacia

A equação da densidade de drenagem foi descrita por Garcez e Alvarez (1988) como:

$$Dd = \frac{\sum_i L}{A} \quad (7)$$

Onde:

$\sum_i L$  = somatório dos comprimentos dos leitos dos rios e seus afluentes

$A$  = área da bacia.

#### 4.1.3. Dados de infraestrutura

O levantamento de campo da infraestrutura iniciou-se em maio de 2015, com o georeferenciamento dos dispositivos como: bacia de detenção, boca de lobo, caixa coletora, descida de água, dissipador de energia, pontos de alagamento, pontos de disposição de resíduos sólidos, pontos de erosão tipos de passeio alternativos e vala de infiltração. Tal georeferenciamento foi realizado utilizando o aparelho de Global Positioning System-GPS,

Os dispositivos foram avaliados visualmente, ou seja, com registro fotográfico nas respectivas datas e horário destacados conforme tabela 10.

Tabela 10: Período das vistorias da rede de drenagem

<b>Data da vistoria</b>	<b>Horário</b>
23.05.2015	07:00 as 21:30
05.01.2016	14:30
03.03.2016	13:08
08.03.2016	17:30

Fonte: O autor, 2017.

A tabela 10, elenca o período de realização das vistorias sendo em maio realizadas vistorias em período de estiagem atípico e a realização de vistorias de janeiro à março em um período chuvoso, de forma a identificar as problemáticas existentes no sistema de drenagem existente.

Essas vistorias são importantes para elencar as funcionalidades dos dispositivos de drenagem dentro da instituição.

#### 4.1.4. Indicadores de sistemas de drenagem

Os indicadores de parâmetros referentes ao Plano Diretor de Drenagem da universidade foi realizado com levantamento bibliográfico. Desta forma, foi selecionado um conjunto de indicadores que pudessem avaliar o sistema de drenagem urbana contido no campus UFMT em Cuiabá. A tabela 11, exibe de forma simplificada a descrição de cada indicador e procedimento adotado para a verificação de sua medida.

Tabela 11: Revisão sistêmica sobre os indicadores para a avaliação do sistema de drenagem.

<b>Campo de análise</b>	<b>Nº</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Referências</b>
Plano de drenagem do campus	1	Existência de instrumento para o planejamento da drenagem no campus.	Sim/Não	Adaptado de Fagundes (2013)
Grau de permeabilidade do solo	2	Percentual da área permeável disponível no campus	%	Adaptado de Fagundes (2013)
	3	Percentual de passeios permeáveis	%	-
Manutenção do sistema de drenagem	4	Qualidade dos dispositivos drenantes	Boa/Ruim	Adaptado de Majesk, <i>et al</i> (2014)
	5	Quantidade de dispositivos drenantes	%	Adaptado de Majesk, <i>et al</i> (2014)
	6	Periodicidade de varrição das ruas.	Nº de dia	-
Possibilidade de interferência do escoamento superficial	7	Periodicidade de coleta de resíduos	Nº de dia	-
	8	Quantidade de regiões de alagamento	Nº de pontos	Adaptado de Majesk, <i>et al</i> (2014)
Pontos de erosão	9	Quantidade de regiões de erosão	Nº de pontos	-

Fonte: Adaptado de Fagundes (2013) e Majesk, *et al* (2014).

A implementação desses indicadores está bem definida metodologicamente por Fagundes (2013) e Majesk, *et al* (2014).

Majesk, *et al* (2014), estipulam uma valoração para os sistemas sendo adotado o valor zero para um sistema em boas condições, por exemplo: sem resíduos em seu interior, com uma estrutura boa, sem danos nas tampas ou caixas como partes quebradas. Para sistemas considerados ruins, ou seja, com obstrução interna no sistema ou estrutura quebrada. Adotou-se o valor de um para a quantificação dos dispositivos que possuíssem quaisquer tipos de dano sendo calculado ao final os percentuais em função do total de dispositivos mapeados.

Já Fagundes (2013), determina o percentual da área permeável, ou seja,

realiza-se o levantamento das áreas construídas (área projetada da construção, área pavimentada e área de calçada) e subtrai-se do valor total da área para obter a quantidade de área permeável. Com essa quantificação é possível obter o percentual de áreas permeáveis e impermeáveis em função da área total.

#### 4.1.5. Estudo comparativos

A análise ocorre com a geração dos mapas temáticos utilizado o sistema ArcGIS 9.3 no qual com a integração de várias bases de dados obtidas de sensoriamento remoto de satélites, foto área local, foi realizado uma comparação entre mapas de forma a analisar as variáveis da rede hídrica e uso e ocupação do solo.

Também foi feita uma análise da foto antiga de forma a levantar as ocorrências em relação ao funcionamento do sistema de drenagem na área da universidade.

Aimon; *et al* (2015), adotam como metodologia, o prévio tratamento dos dados no ambiente do ArcGIS sendo obtidos os mapas de declividade e de altitude gerando uma classificação com o cruzamento de informações para a geração de Mapa de susceptibilidade a inundações.

Assim baseada nesta metodologia foi adotada a seguinte valoração de classificação para a geração do mapa comparativo de susceptibilidade à inundação ou enchentes de acordo com a tabela 12.

Tabela 12: Classificação da valoração de risco

<b>Classificação</b>	<b>Valoração Adotada</b>
Muito baixo	1
Médio	2
Alto	3
Muito Alto	4

Fonte: adaptado de Aimon (2015)

A tabela 12, refere se a classificação dada a estipulação de valores adotada para a realização do mapa comparativo, sendo estipulado a valoração número quatro como a pior situação para a ocorrência e primeira valoração como a melhor

As classes obtidas para os mapas de declividade, altitude e distância da rede hídrica com a classificação em valores está melhor apresentada na tabela 13.

Tabela 13: Classificação dos mapas com a adoção de valores

<b>Classificação</b>	<b>Valor para a declividade (%)</b>		<b>Valor para a altitude</b>		<b>Valor para a distância da rede hídrica (m)</b>	
Muito baixo	0 - 3	4	147 - 160	4	30	4
Médio	3 - 8	3	160 - 175	3	30 à 50	3
Alto	8 - 20	2	175 - 200	2	50 à 100	2
Muito Alto	> 20	1	> 200	1	> 100	1

Fonte: O autor, 2017.

Assim a tabela 13, estipula uma nota de um a quatro para cada valor de acordo com a ocorrência de eventos. Em relação a declividade, quanto mais plano o terreno for, menor será o escoamento superficial, sendo, portanto, dado o valor de forma decrescente de 4 até 1 para a declividade do solo.

A altitude, também está relacionada com a possibilidade de ocorrência de cheias. Quanto maior a altitude de uma bacia menor será a área sucessível a ocorrência de enchente, portanto sendo considerada com a valoração mais alta para a área com altitude entre 147m até 160m e mais baixo para a área com altitude maiores de 200m. Já a distância da rede hídrica indica o quanto está sendo afetada as áreas de preservação ambiental, sendo a menor distância à rede hídrica o valor de 30m conforme legislação ambiental, sendo adotado o valor de maior ocorrência de inundação para esse tipo de área e o menor valor para distâncias superiores a 100 m .

O mapa de uso e ocupação do solo, foi classificado apenas em duas classes representada na tabela 14.

Tabela 14: Valoração do uso e ocupação do solo

<b>Classificação</b>	<b>Valoração do uso e ocupação do solo</b>	
Muito baixo	Área Permeável	1
Muito alto	Área Impermeável	4

Fonte: O autor, 2017.

Conforme Ventura (2011) e Tucci (2016), quanto maior a área ocupada maiores as ocorrências de inundações. Assim, a tabela 14, indica que para a área considerada impermeável a susceptibilidade é muito alta.

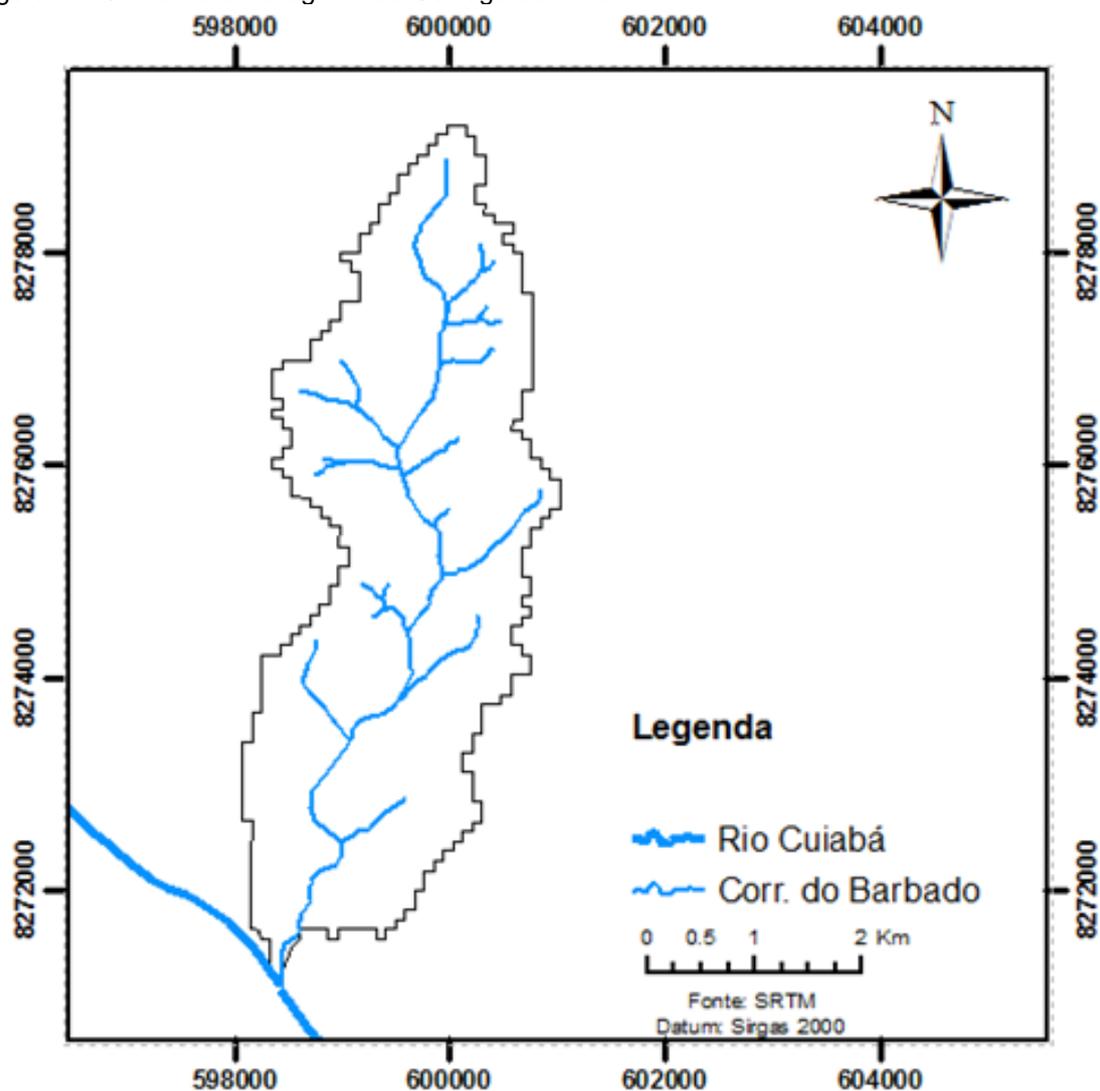
## 5. RESULTADO E DISCUSSÕES

### 5.1. MICROBACIA DO BARBADO E CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

O processo de análise macro do funcionamento da microbacia do Barbado se iniciou pela delimitação de sua área.

Esta delimitação ocorreu pelo programa Arcgis 9.3 com a utilização da imagem MNT, sendo apresentada na figura 14.

Figura 14: Contorno e hidrografia do Córrego do Barbado

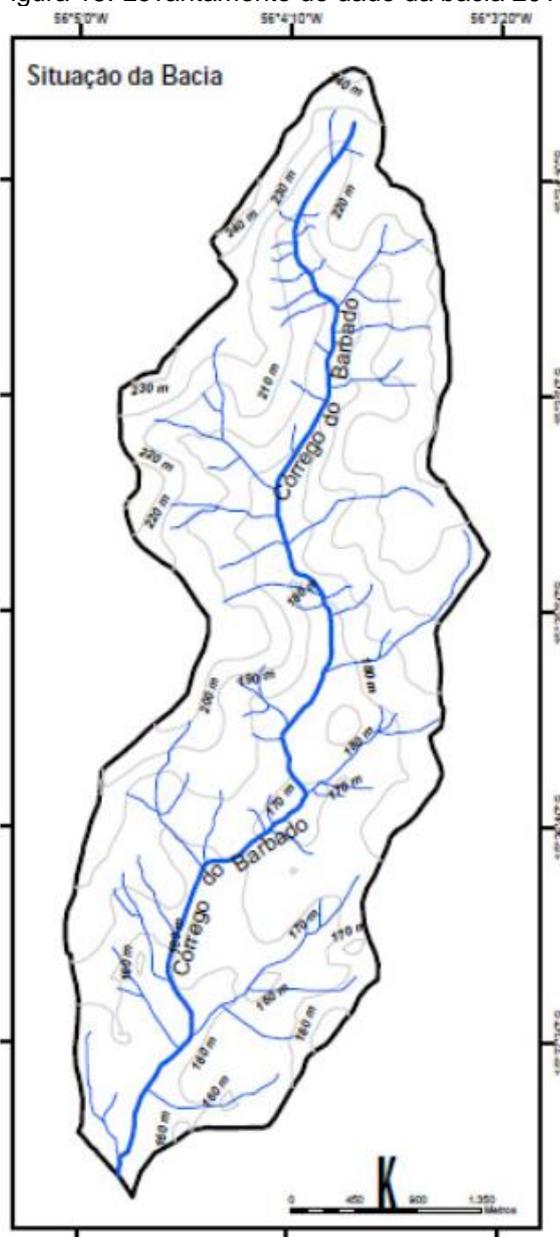


Fonte: Adaptado SRTM, Datum 2000

A figura 14, apresenta o contorno da bacia juntamente com a rede hidrográfica atual. Desses dados, subtrai-se os atributos correspondentes a: 13,89 Km<sup>2</sup> de área da bacia, 8,74 km de extensão da nascente até sua foz e 26,185 km de perímetro da bacia hidrográfica.

Ventura (2011) em uma análise de dados, apresenta a seguinte configuração da bacia demonstrada na figura 15.

Figura 15: Levantamento de dado da bacia 2011



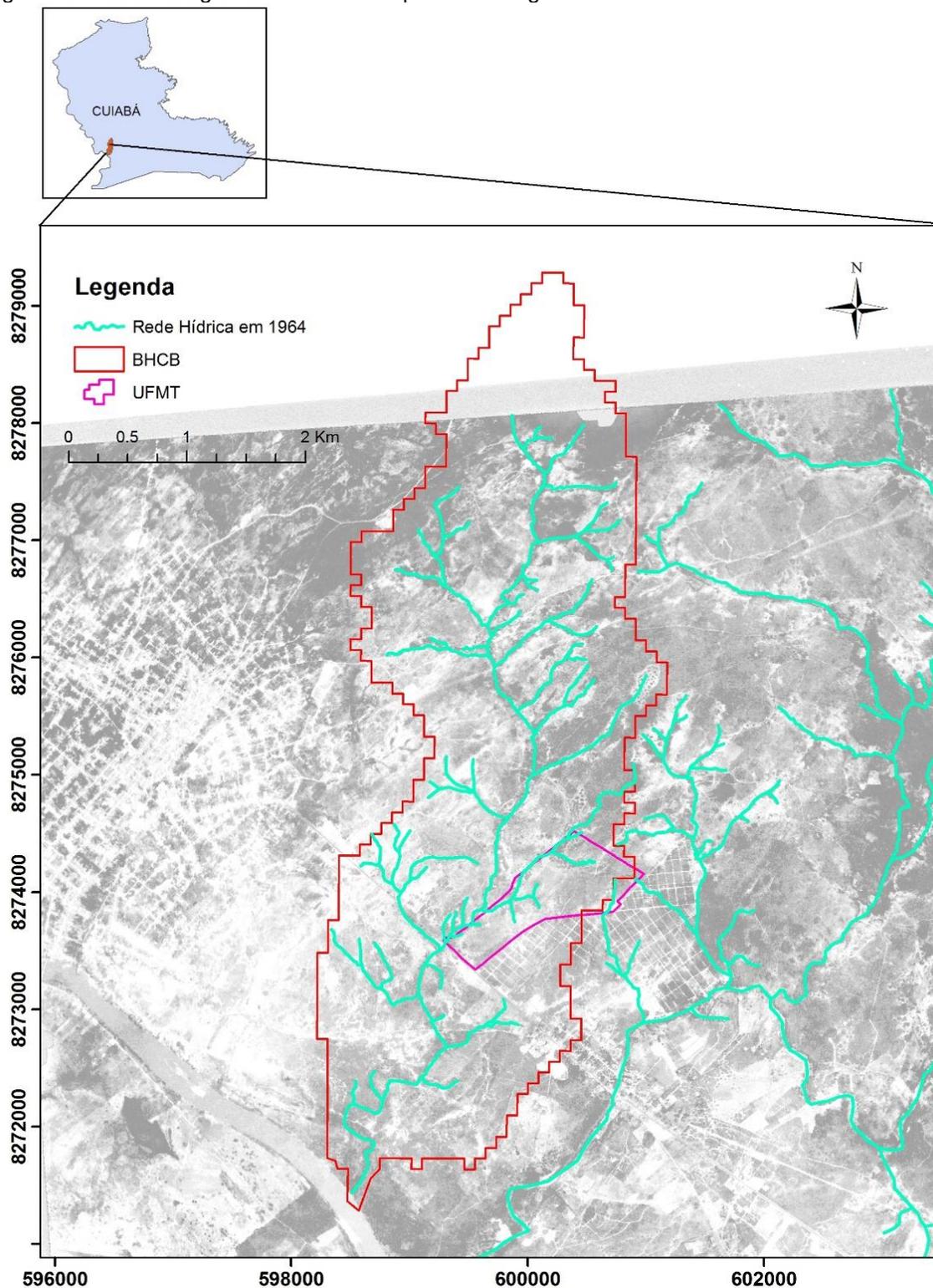
Fonte: Ventura (2011)

A figura 15, demonstra dados referente a Bacia do Barbado de 2011, adaptados por Ventura da Secretaria de Infra Estrutura de Cuiabá.

Com base em foto aérea da região de Cuiabá em 1964, na escala de 1:45.0000, georeferenciada utilizando o programa Arcgis 9.3, foi realizada a delimitação da área da bacia e, por fotointerpretação, gerou-se a rede hidrográfica existente na época apresentada na figura 16.

A figura 16, apresenta uma rede hídrica obtida pelo processo de fotointerpretação, este processo se difere do processo realizado para a obtenção da rede hídrica correspondente à figura 14 que também difere do processo realizado para a obtenção da figura 15.

Figura 16: Rede hidrográfica construída a partir de imagem aérea de 1964.



Fonte: O autor, 2017.

A figura 16, demonstra a rede hidrográfica de 1964, feita por fotointerpretação onde na imagem verifica-se pouca interferência urbanística na área com presença de uma quantidade maior de nascente se verificada a figura 14. Além disso, foi realizado o levantamento entre a bacia do barbado e a parcial da bacia do Córrego do Coxipó de forma a demonstrar o divisor de água entre as duas bacias.

De uma forma visual verifica-se que a rede hídrica do barbado sofre com diversas interferências urbanísticas, entretanto não se pode atribuir todas as ocorrências somente a este processo, pois foram utilizadas três metodologias distintas para a obtenção da rede hídrica, porém pode-se realizar uma análise das ocorrências que pode auxiliar em futuras análises.

A tabela 15, apresenta uma breve os dados obtidos na atualidade pela utilização de imagem de MNT, em fotointerpretação realizada em imagem de 1964, além de dados apresentados por Ventura (2011).

Tabela 15: Comparação de dados geométricos do Córrego do Barbado

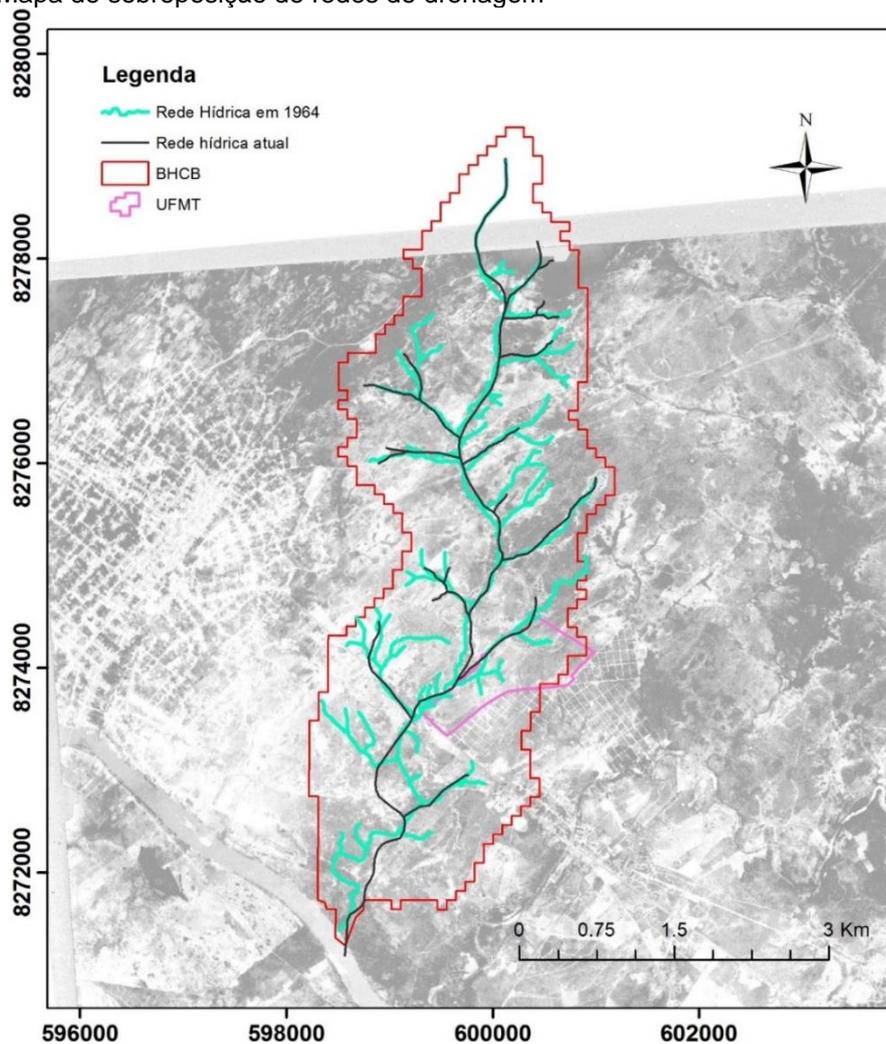
Descrição	Dados da autora (2016)	Ventura (2011)	Dados da autora (1964)
Área da bacia	13,89 km <sup>2</sup>	13,89 km <sup>2</sup>	13,89 km <sup>2</sup>
Perímetro	26,185 km	19,6 Km	26,185 km
Média da largura da bacia	2,44 km	1,55 Km	2,44 km
Comprimento Canal Principal	8,74 km	8,95 km	9,286 km
Comprimento de todos os canais	20,30 km	39,63 km	36,46 km
Índice de capacidade ( $K_c$ )	1,97	1,472	1,97
	Não sujeito a enchente	Tendência mediana a grandes enchentes	Não sujeito a enchente
Fator de forma ( $F$ )	3,38	5,77	3,80
	Sujeito a enchente	Sujeito a enchente	Sujeito a enchente
Índice de conformação ( $IC$ )	0,18	0,173	0,161
	Não sujeito a enchente	Não sujeito a enchente	Não sujeito a enchente
Densidade de drenagem ( $D_d$ )	1,46	2,85	2,62
	drenagem regular	drenagem muito boa	drenagem muito boa

Fonte: Dados do autor, 2017 e adaptação de Ventura (2011)

Não se pode realizar um processo de comparação entre os três dados obtidos, pois as metodologias utilizadas para a realização dos mapas são diferentes nos três processos, entretanto, pode se verificar a ocorrência de alterações da rede hídrica conforme demonstrado na tabela 15. A microbacia vem sofrendo como a redução do comprimento do canal principal, o fechamento de algumas nascentes o que causa uma alteração em seu processo de escoamento. Essas alterações ambientais também foram evidenciadas, porém sem a demonstração da característica morfológica da bacia, pelos seguintes autores: Galdino, Andrade (2008), Carignani, Cirino e Galdino (2011), Souza, et al (2012), Zamparoni, (2012), Silveira, Guarienti e Lima (2013), Colet e Soares (2013), Filho e Amaral (2014), Zamparoni (2014), Peixoto e Cabral (2015) Zorzo e Paes (2015) e Zorzo (2015).

A título somente de visualização, foi feita uma sobreposição de canais hidrológicos na microbacia no mapa constante na figura 17.

Figura 17: Mapa de sobreposição de redes de drenagem



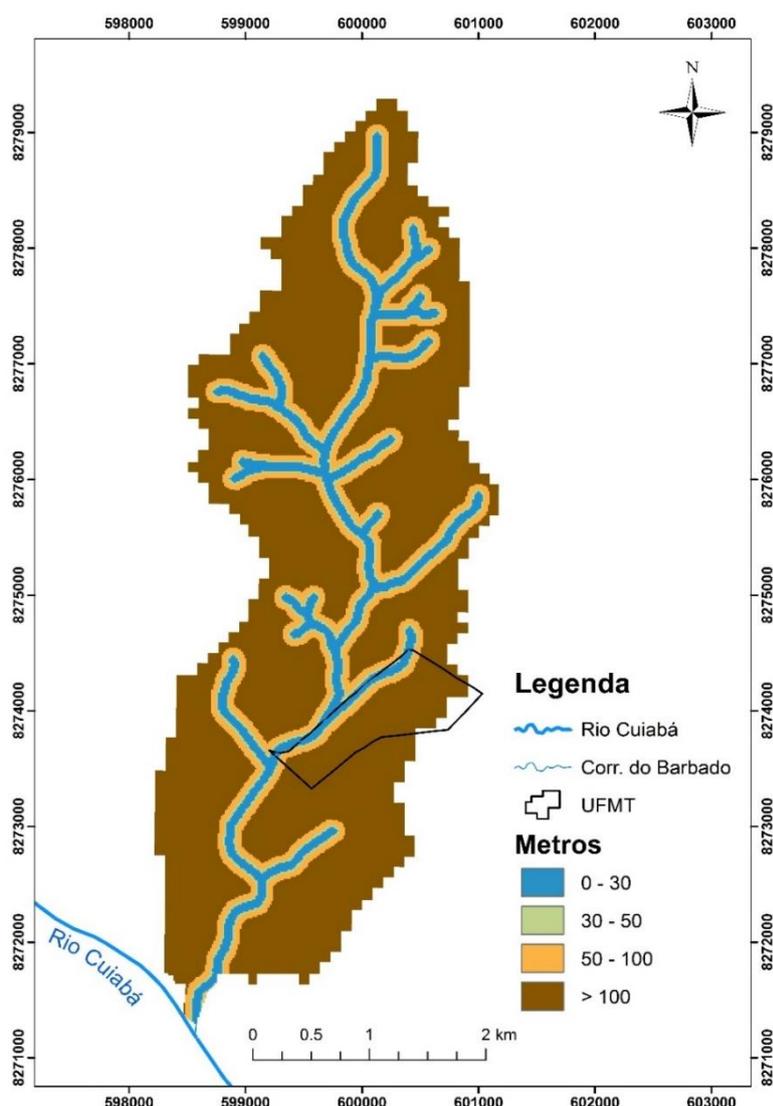
Fonte: O autor, 2017.

Este mapa (figura 17), apresenta uma sobreposição da rede hídrica atual obtida pela imagem MNT da bacia e a com a rede hídrica recomposta pela foto interpretação da imagem de 1964. Não é possível afirmar com precisão que a rede hídrica foi alterada em nem a exteriorização de supressões de várias nascentes, em razão da utilização de metodologias diferentes, entretanto, é possível obter uma percepção das modificações que podem ter ocorrido dando um direcionamento a futuras averiguações.

#### 5.1.1. Classificação da distância da rede hídrica

O mapeamento equidistante da rede atual de drenagem do Córrego do Barbado foi realizado considerando as distâncias estabelecidas na lei nº 12.651 (BRASIL, 2012) sendo representado na figura 18.

Figura 18: Mapa de distancias de APPs.



Fonte: O autor, 2017.

O mapa da figura 18, foi realizada para as faixas de Áreas de Preservação Permanentes (APP), considerando as seguintes distâncias: 30 m, 50m, 100m e superior a 100m. O Código Florestal (Brasil, 2012) estipula para as áreas urbanas, considerando córregos com largura de até 10 m, devem possuir uma distância de APP de 30m, ou seja, a bacia do barbado deveria apresentar uma área 1,41 km<sup>2</sup>, corresponde a um percentual de 10,17% do total da área de APP.

Quanto mais próximo a área urbanizada estiver do corpo hídrico, maiores serão as chances de ocorrência de enchentes e inundações sendo que o mapeamento da distância de APP possibilita verificar a área que deveria ser respeitada para a preservação ambiental.

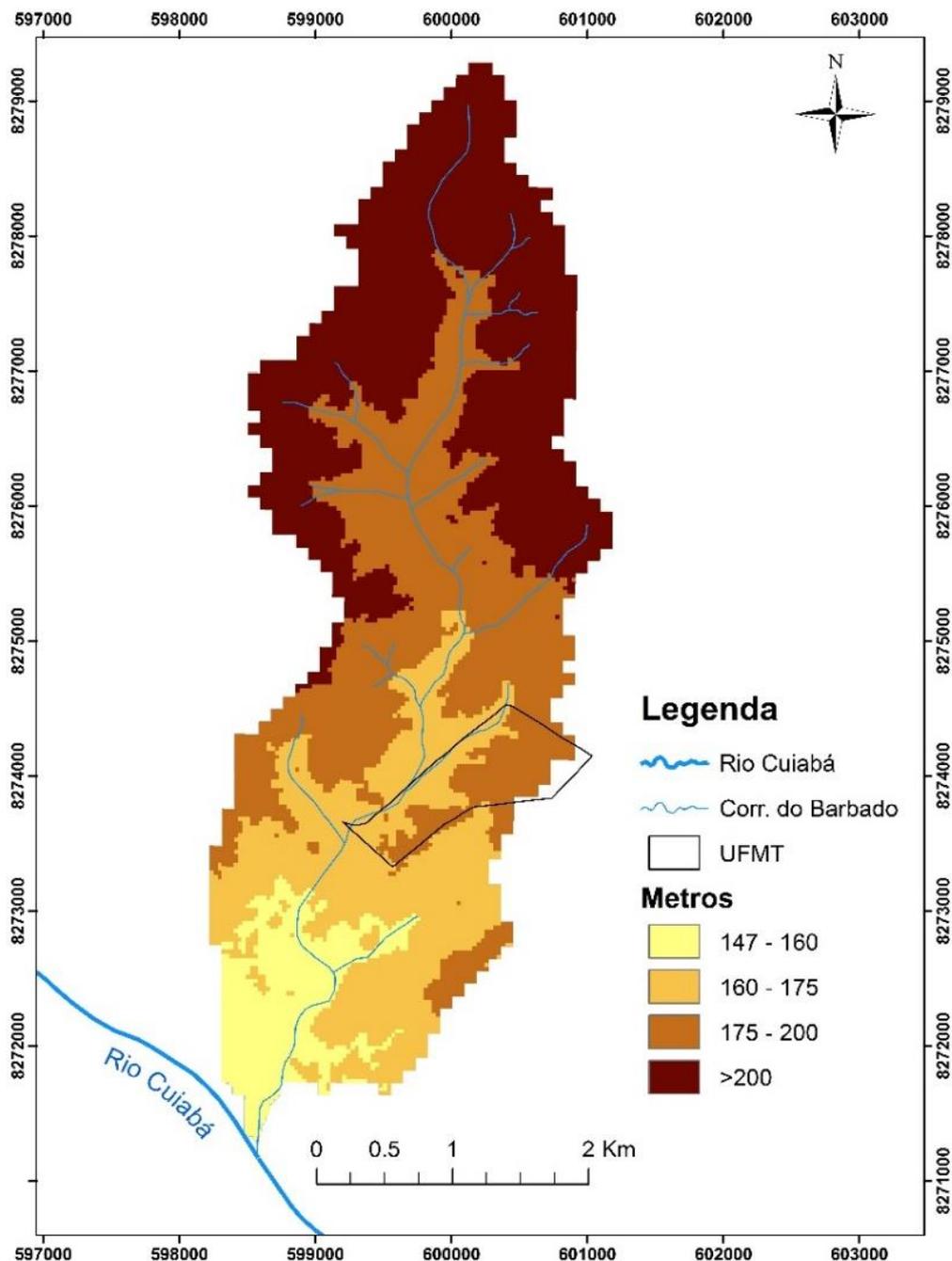
O risco de enchente ou inundações é caracterizado pelo uso e ocupação das áreas marginais da rede hídrica demonstrando a importância de se realizar a verificação das distâncias de APP. Assim, Zamparoni (2012), destaca que as inundações ocorridas em 1942, 1974, 1995 e 2001 no Córrego do Barbado são diferentes das ocorrências atuais, pois as APPs de vários córregos foram dizimados causando erosões e entupimentos de calhas hídricas existentes no perímetro urbano de Cuiabá.

Filho e Amaral (2014), menciona que os componentes físicos de uma área geográfica só podem ser entendidos após a inserção do processo histórico de uso e ocupação. As APP's existentes às margens desses espelhos d'água urbanos estão alteradas, perdendo suas características naturais por conta do crescimento urbano de forma desordenada. Assim, a ocupação urbana ao longo da bacia do Barbado e, conseqüentemente, a impermeabilização de sua área, ampliaram o escoamento superficial, a velocidade e a quantidade do fluxo das águas precipitadas.

#### 5.1.2. Classificação hipsométrica da bacia

De acordo com Galdino; Andrade (2008), o Córrego do barbado possui a seguinte classificação, em relação ao seu curso de água e a altitude, conforme a figura 19.

Figura 19: Mapa de altitudes da Bacia do Barbado



Fonte: O autor, 2017.

A figura 19, reproduz a variação da classificação do curso hídrico em: alto curso, com início nas cotas superiores a altitude de 175m, apresenta os seguintes bairros: Morada do Ouro, Terra Nova, Jardim Aclimação, Bela Vista, Canjica, Bosque da Saúde, Dom Bosco e parte do Pedregal. Médio curso, iniciando na cota 175m até a cota de 160m de altitude contendo os seguintes bairros neste trecho: Jardim das Américas, Jardim Itália, parte de Condomínio Alphaville, Jardim Leblon, parte do Pedregal, Renascer e 21 de Abril. Por fim, o baixo curso, localizado na cota 147m até a cota 160m de altitude contendo os seguintes bairros: Petrópolis,

Pico do Amor, Jardim Tropical, Grande Terceiro, Jardim Califórnia, Jardim Shangrilá, Campo Velho e Jardim Europa. (GALDINO; ANDRADE, 2008)

Deste mapeamento, extraiu-se os seguintes dados constante na tabela 16.

Tabela 16: Percentual de área para cada classe de elevação altimétrica

<b>Altitude (m)</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Classificação</b>
147 - 160	5	35,99	Baixo curso
160 - 175	4,47	32,18	Médio curso
175 -200	3,19	22,96	Alto curso
200- 245	1,21	8,85	Alto curso

Fonte: O autor, 2017.

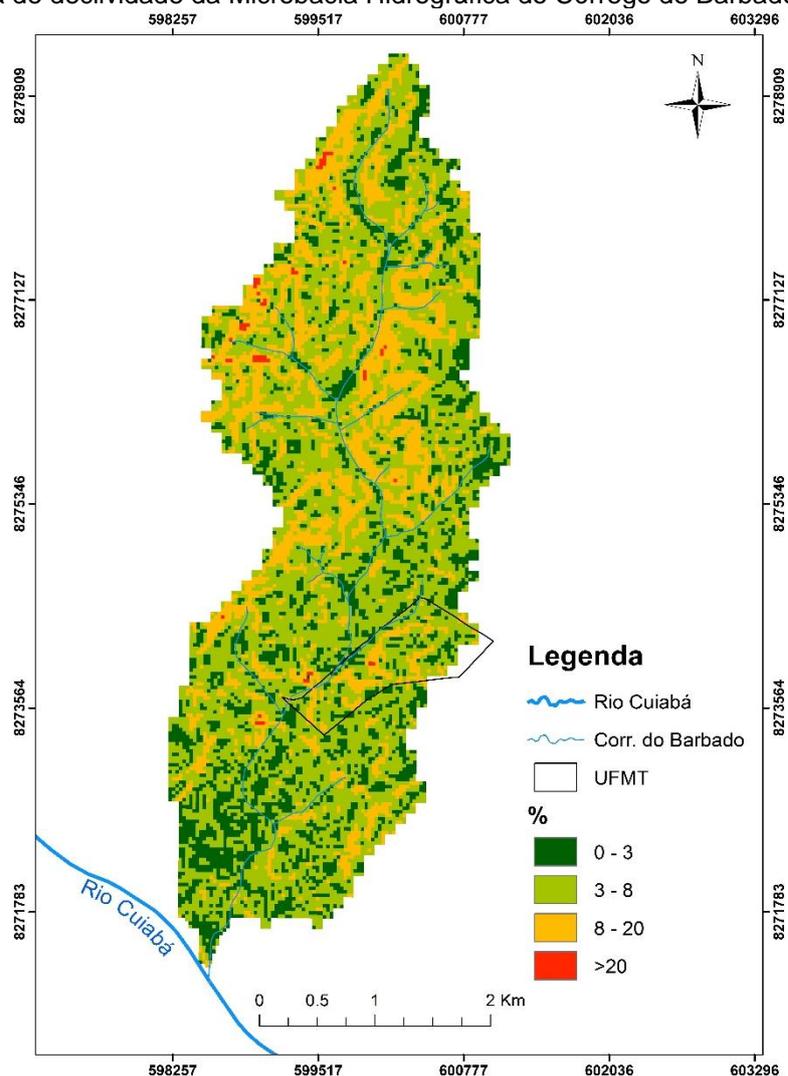
A tabela 16, apresenta o percentual da área para cada classe de elevação. A variação altimétrica da foz até a nascente, corresponde a 98m de altitude, sendo 245m a cota mais alta da bacia. Entretanto ao se analisar os percentuais de área para as respectivas cotas, verifica-se que 68,17% da área da bacia se encontram no baixo curso e no médio curso o que explica o porquê a bacia é considerada plana.

### 5.1.3. Classificação da declividade da bacia

O estudo da declividade da bacia, é importante pois influencia diretamente no escoamento superficial. O escoamento superficial em áreas que possuem alta declividade pode causar erosões no solo. Além disso, quanto maior a velocidade de escoamento menor o tempo de infiltração na bacia. Assim, grandes volumes de precipitação podem gerar um aumento de ocorrências de inundações.

Para melhor compreender como se encontra a declividade da Microbacia do Córrego do Barbado, foi elaborado o mapa de declividade, figura 20.

Figura 20: Mapa de declividade da Microbacia Hidrográfica do Córrego do Barbado



Fonte: O autor, 2017.

O mapa de declividade da bacia (figura 20), apresenta quatro faixas de classe de relevo de acordo com a Embrapa (1979).

A máxima declividade apresentada pela bacia é de 33%, ou seja, classificada como forte ondulado.

Para melhor visualizar a ocorrência da declividade dentro da bacia, foi construída a tabela 17, que descreve os percentuais de declividade referenciando a classificação.

Tabela 176: Classificação das faixas de declividade da Bacia do Córrego do Barbado

Relevo	Declividade (%)	Área (Km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Plano	0-3	2,75	19,79
Suave-ondulado	3-8	7,91	56,94
ondulado	8-20	3,18	22,89
Forte ondulado	20-33	0,05	0,35

Fonte: adaptado da EMBRAPA (1979)

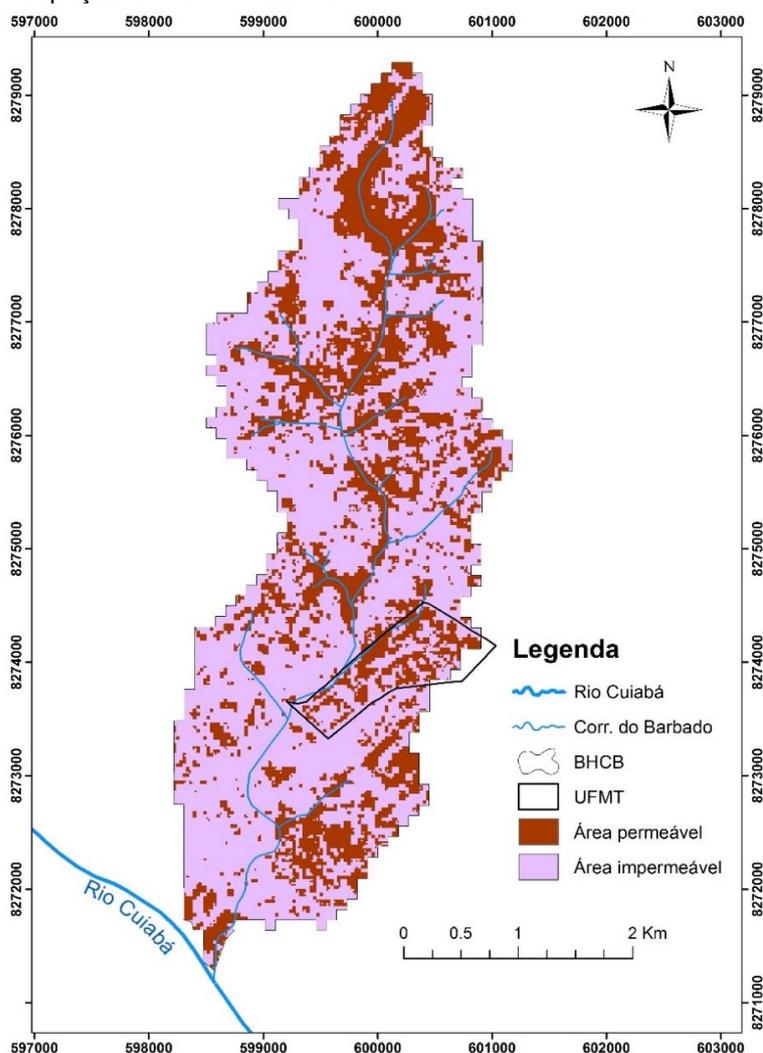
Tais resultados demonstram que a bacia hidrográfica possui pouca declividade podendo ser considerada plana. Isso propicia um menor tempo de escoamento da água superficial ocasionando maior tempo para que esta possa ser infiltrada o que também ficou evidenciado por Ventura (2011) e Colet (2012).

#### 5.1.4. Classificação do uso e ocupação da bacia

De acordo com Ventura (2011), a área impermeável da bacia corresponde a 57,4%. Este grau de impermeabilização é preocupante visto que existe uma tendência no aumento em virtude da valorização da área em virtude da localização próxima a Universidade Federal, Shopping e o bairro Jardim das Américas com alta valorização imobiliária.

A figura 21, demonstra o atual aspecto de uso e ocupação do solo na bacia.

Figura 21: Uso e ocupação do solo em 2016.



Fonte: O autor, 2017.

Percebe-se claramente que grande parte do solo se encontra ocupado de acordo com a figura 21.

A tabela 18, evidencia em termos de percentuais este processo de urbanização.

Tabela 18: Percentual de uso e ocupação do solo

<b>Descrição</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Área Permeável	4,66	33,54
Área Impermeável	9,23	66,45

Fonte: autor

Esses valores demonstram o alto crescimento do uso e ocupação do solo nesta região, considerando em 5 anos em uma análise inicial realizada por Ventura (2011), verifica-se o aumento de 9,05% no uso e ocupação do solo, entretanto, tal dados serve somente para uma análise perceptiva do espaço referente ao uso e ocupação, pois a metodologia adotada diverge da utilizada por Ventura.

Tais aspectos podem causar processos maiores de alagamentos e enchentes pois a área de infiltração foi diminuída em quase 10%. Essa crescente preocupação com o uso e ocupação da área da bacia também foi evidenciada por Silveira, Guarienti e Lima (2013).

Entretanto tais informações não são suficientes para elencar que o aumento do processo de alagamento decorre somente dos fatores de uso e ocupação do solo, sendo necessário a realização de estudos mais aprofundados sobre a permeabilidade do solo.

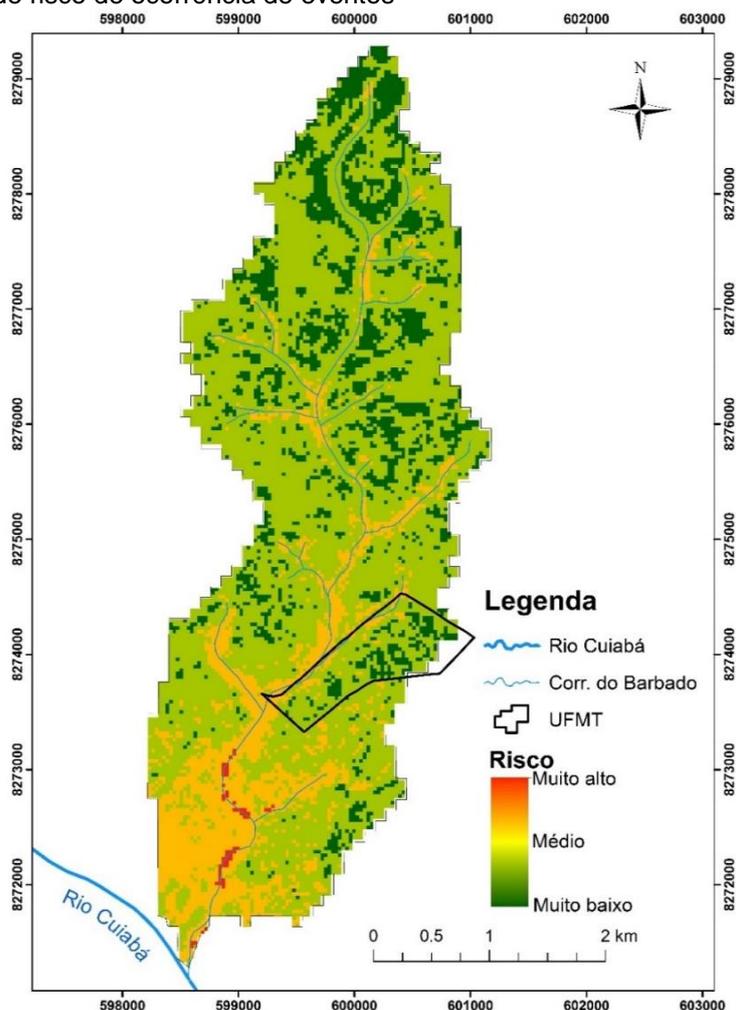
#### 5.1.5. Classificação de risco na bacia do Barbado

Conforme Peixoto e Cabral (2015), o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) é responsável pela setorização das áreas de alto e muito alto risco geológico, entre os anos de 2012 e 2014. O autor, destaca que a Defesa Civil Municipal (DCM), após a construção da Barragem de Manso, verificou a regularização dos ciclos de cheia do rio Cuiabá, reduzindo os danos socioeconômicos associados enchentes e inundações. Porém, não foram descartados os eventos de risco em função da probabilidade de ocorrência de episódio entre o alto volume de águas pluviais descarregadas nos córregos e a chance da usina de Manso verter excesso de água da barragem.

Os autores elencam ainda que o Córrego do Barbado apresenta uma classificação de risco alta com a tipologia determinada de inundação com erosão da margem fluvial com ocorrência ao longo da Av. Tancredo Neves, no entroncamento com a Av. Beira Rio, e refluxo das águas das chuvas captadas pela bacia do barbado, que retorna ao córrego em função do reflexo do aumento do nível do Rio Cuiabá, sendo constatados nesta bacia um total de 23 imóveis em área de risco.

No intuito de diagnosticar as ocorrências mencionadas anteriormente, foi gerada a figura 22, considerando a média da somatória dos fatores processados no programa Arcgis 9.3, com o emprego dos mapas de: distância da APP para a rede hídrica da bacia (figura 17), o mapa das altitudes (figura 18), o mapa de declividade do solo (figura 19) e o mapa de uso e ocupação do solo (figura 20). Assim, foi possível elaborar o mapa de risco para a ocorrência de eventos dentro da bacia, figura 22.

Figura 22: Mapa de risco de ocorrência de eventos



Fonte: O autor, 2017.

A figura 22, apresenta uma variação para as áreas se encontram localizadas próximas a regiões de APP sendo classificada como muito alto à médio risco comprovando desta forma que a área apresentada por Peixoto e Cabral (2015) propicia a ocorrência de enchentes, sendo portanto considerado de alto risco.

Já as áreas com risco mediano, além de estarem próximas aos locais de preservação ambiental, também se encontram na região denominada baixo curso, nas quais também apresentam maior ocupação do solo. Essa característica apresentada no mapeamento de risco, também estão evidenciadas por Zamparoni (2012), Peixoto e Cabral (2015) e Bueno, *et al* (2016).

As comparações deste tipo de mapeamento com pesquisas referenciadas sobre riscos, possibilitam a atuação da gestão no intuito de providenciar medidas que visem não só o bem-estar social, mas uma reestruturação ambiental com melhorias evitando se desastres que possam ocorrer na bacia do córrego de forma a mitigar tais problemáticas.

#### 5.1.6. Influência de obras externas ao campus da UFMT

Cuiabá sofreu diversas transformações no uso e ocupação do solo, dentre elas se destacam as intervenções iniciadas com o advento da copa do mundo em 2014 para a mobilidade urbana da cidade.

Em 30 de setembro de 2009, o Córrego do Barbado retratava a seguinte configuração exposta na figura 23.

Figura 23: Córrego do Barbado, Av. Fernando Correa da Costa, Cuiabá-MT



Fonte: Digital Globo (2009)

A figura 23, mostra boa parte de mata ciliar presente próxima ao shopping Três Américas e a UFMT. O córrego ainda estava aberto com escoamento superficial no leito natural, porém, modificado em seu percurso, no qual passava por uma ponte na Fernando Correa e só então entrava em um trecho de retificado em canal aberto.

Garcia (2010), aponta que estudos realizados sobre a mobilidade urbana para Cuiabá e Várzea Grande visando a implementação de novo sistema intermodal de transporte urbano, só seria possível com a realização de diversas intervenções construtivas na malha viária, entre elas destaca se a execução de viaduto na Avenida Fernando Correa com o cruzamento da Avenida Brasília e a avenida Tancredo Neves.

Em 2011, foi realizado a apresentação do plano de mobilidade urbana de Cuiabá com soluções para possíveis geradores de tráfego na Copa do Mundo de 2014, sendo apresentada a intervenção constante na figura 24.

Figura 246: Corredor estrutural de transporte coletivo – VLT em frente a UFMT



Fonte: Comitê da copa do mundo 2014 (2011)

Esta intervenção (figura 24), passaria em cima da rotatória de entrada da UFMT, sendo construído um viaduto com a implantação de sistema de Veículo Leve sobre Trilho- VLT no meio. Entretanto, o projeto sofreu alterações conforme averiguadas na figura 25.

Figura 25: Construção do viaduto na Fernando Correa em frente a UFMT

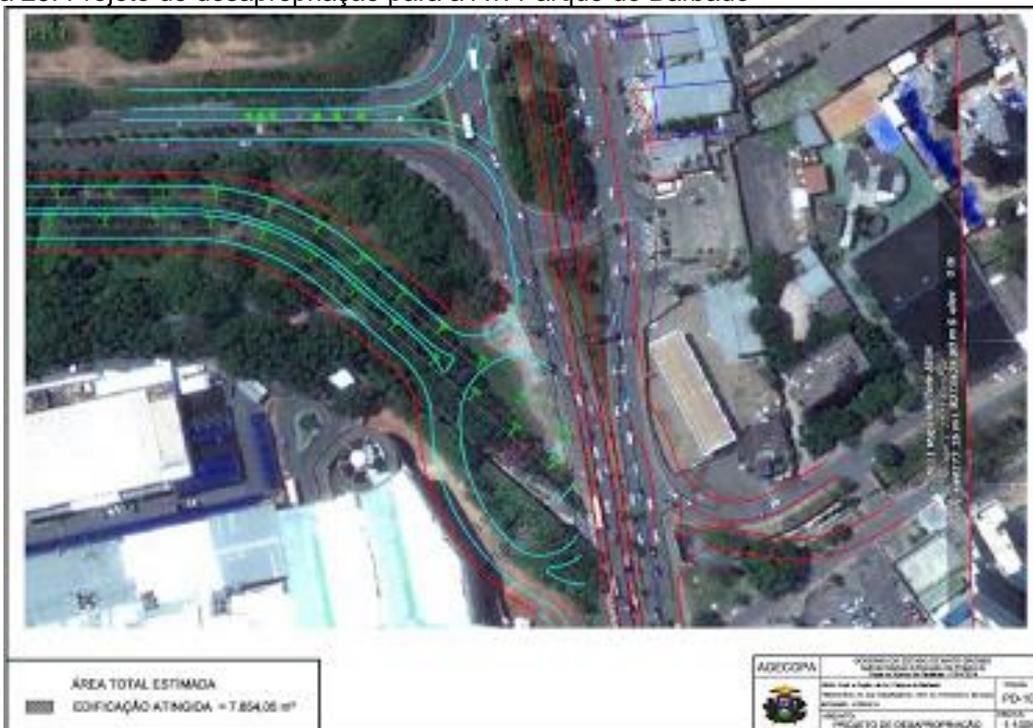


Fonte: SECOPA (2013)

Verifica-se que na figura 25, o viaduto não ultrapassou a entrada da universidade sendo executado com seu início na frente da antiga rotatória da entrada da UFMT, destoando da imagem apresentada na Figura 246 no qual seria o projeto inicial, com comprimento muito maior.

Outro empreendimento também lançado em 2011, foi a obra da Av. do Parque do Barbado conforme informações da SECID, 2011, figura 26.

Figura 26: Projeto de desapropriação para a Av. Parque do Barbado



Fonte: SECID (2011)

O projeto inicial (figura 26), previa tanto o viaduto quanto a entrada para a nova avenida e também a reconfiguração da entrada da UFMT.

Esse projeto é decorrente de um projeto inicial de desapropriação de áreas próxima ao córrego do Barbado porém não demonstrado na figura 26.

A figura 27 retrata o início da execução dos serviços desta obra.

Figura 27: Demonstração do andamento da canalização do Córrego do Barbado.

(a) Início em maio de 2013.

(b) Estado em maio de 2014.

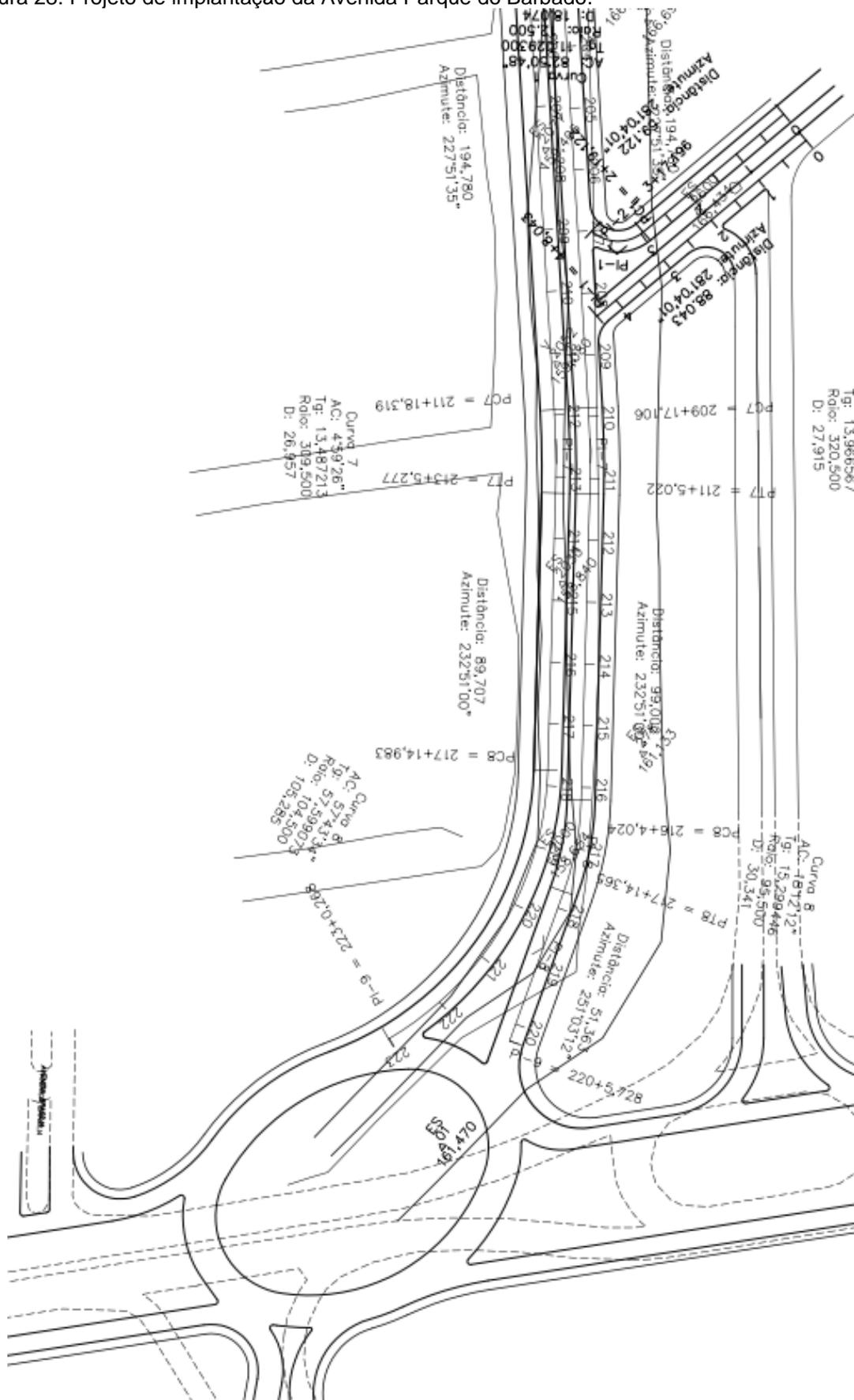


Fonte: (a) Silva (2014) (b) Júnior (2013)

A figura 27 (a) apresenta a devastação da mata ciliar do córrego apresentando essa retirada em 29 de maio de 2013, de um lado ainda há vestígios da mata enquanto que no outro há a movimentação de maquinário. Já na figura 27 (b) após um ano de obra, o córrego se encontra totalmente canalizado e fechado, porém a construção da Avenida até os dias atuais ainda se encontra em fase de execução.

A seguir será apresentado uma parte do projeto da avenida, figura 28.

Figura 28: Projeto de implantação da Avenida Parque do Barbado.

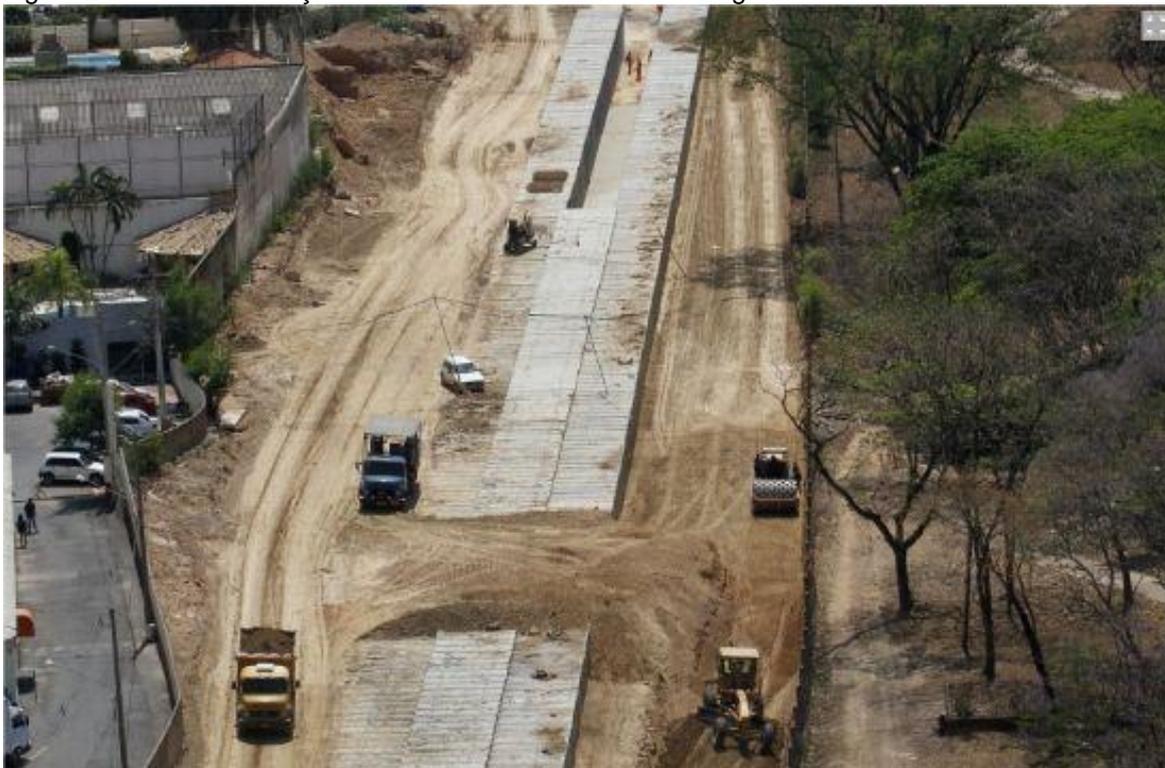


Fonte: SECOPA (2011)

Nota-se claramente que o projeto da figura 28, possui na configuração da realização da rotatória e da entrada para a UFMT de forma diferente ao previamente estipulado na figura 26. Entre elas não apresenta a denotação do caminhamento do viaduto da Fernando Correa e também apresenta um braço para nova entrada na UFMT o que inicialmente não estava previsto.

O córrego, foi executado em galeria celular com peças pré-moldadas conforme pode-se observar na figura 29.

Figura 29: Foto de execução da obra de fechamento do córrego do barbado



Fonte: Rodrigues (2013)

A figura 29, mostra que o córrego foi executado com sistemas pré-moldados sendo retificado colocando duas vias inteiriça de pré-moldado no formato quadrado e fechado no meio após concretagem do fundo. Verifica-se que o córrego não foi rebaixado e que em alguns trechos de seu percurso recebeu aterro para a realização de sua canalização.

As figuras 30 e 31, demonstram o processo de alagamento da avenida Fernando Correa da Costa após a implantação do viaduto e canalização do córrego.

Figura 30: Viaduto alagado margem do córrego



Fonte: Teixeira (2013)

Figura 31: Alagamento do viaduto da UFMT



Fonte: Mesquita (2016)

Desde a execução da obra do viaduto já ocorria o alagamento na região em função da obra. Observa-se também que não ocorreu um processo de enchente e sim de enxurrada e alagamento local, visto que o córrego ainda possui capacidade de escoamento sem extravasamentos laterais conforme figura 30. No dia 08.03.2016 (figura 31) ocorre um alagamento após o viaduto, sendo que a água represa na descida deste, não possui pontos para escoamento em função da obra do viaduto, fato este que não ocorria anteriormente quando não existia o viaduto.

Após a realização da implantação deste projeto da avenida, foram observadas diversas ocorrências de alagamento com uma maior frequência na região, sendo inclusive referenciadas por Zorzo (2015), e Kobayashi; Backes, (2016).

Zorzo (2015) comenta que várias bocas de lobo e caixas de passagem existentes na Avenida Fernando Correa da Costa apresentam se assoreados e quebradas, ou seja, em mau funcionamento. Além disso, alega também que existem erros de implantação dos novos sistemas de drenagem da Avenida Parque do Barbado.

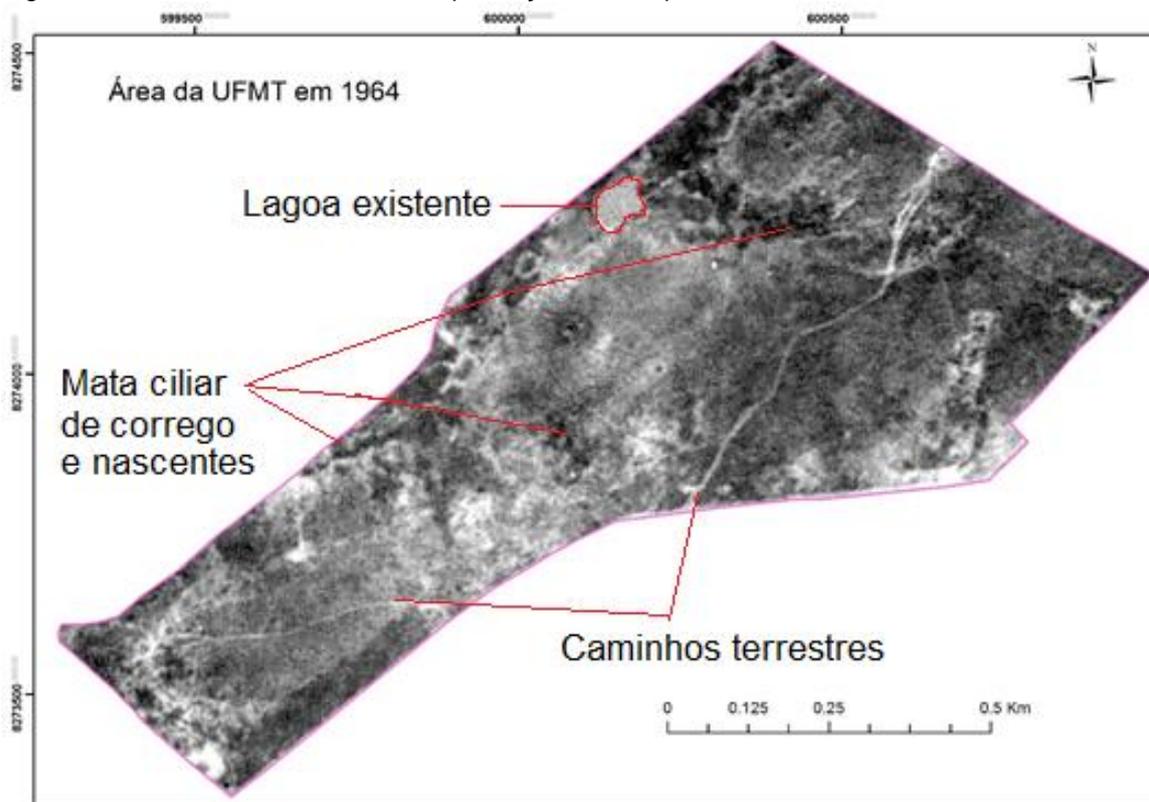
Kobayashi; Backes, (2016) mencionam também que a implantação do viaduto como sistema viário na Avenida Fernando Corrêa apresenta vários aspectos que não melhoram a mobilidade urbana. Esses aspectos se referem a um dimensionamento inadequado tanto do viaduto quanto da rotatória pois determinados pontos que causam o estrangulamento do trânsito gerando engarrafamentos.

## 5.2. ASPECTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM DA UFMT

### 5.2.1. Caracterização do uso e ocupação do solo da UFMT

Inicialmente a área de implantação da universidade era constituída de cerrado, podendo ser observado conforme imagem da área de 1964 na figura 32, devidamente georeferenciada.

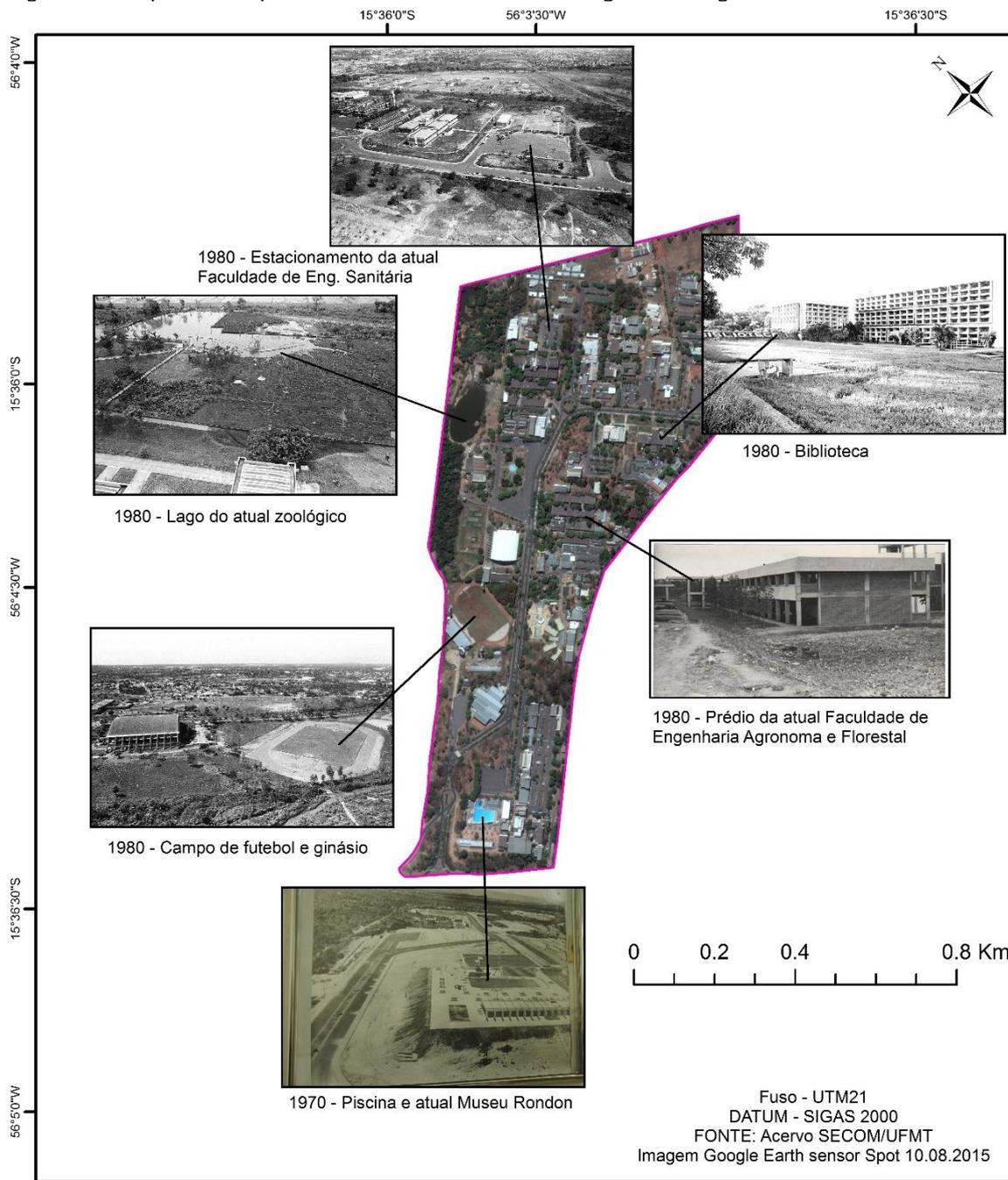
Figura 32: Área da UFMT antes da implantação do campus



Fonte: O autor, 2017

Antes da implantação da universidade (figura 32), a área do campus possuía vários caminhos de passagem terrestre, além de apresentar uma lagoa e matas ciliares à nascentes e córregos. Com uma pesquisa fotográfica junto ao acervo histórico da instituição, foi possível averiguar alguns aspectos da implantação do campus, corroborando para um melhor entendimento acerca da área conforme mostra a figura 33.

Figura 33: Mapa do campus da UFMT localizando as fotografias antigas



Fonte: adaptado acervo SECOMM/UFMT

A maior parte do campus, conforme figura 33, sofreu grande processo construtivo na década de 80. Verifica-se também que o lago presente atualmente no zoológico foi uma adaptação de um lago natural existente no qual, apresenta diversos caminhos de água que indicam a presença de várias nascentes. Também foi detectado a existência de acúmulo de água próximo aos blocos pertencentes a faculdade de engenharia agrônoma e florestal, além da modificação de curso de água com a implementação de canal próximo a atual faculdade de engenharia

sanitária e ambiental, descaracterizando assim boa parte do terreno e também da rede hídrica que existia no campus.

O uso e ocupação do solo atual do campus, se encontra representado pela figura 34.

Figura 34: Plano Diretor atual da UFMT



Fonte: adaptado de SINFRA, 2016.

Conforme apresentado na figura 34, o Plano Diretor desta instituição se encontra setorizado por regiões e demonstra em comparação com a figura 33 um avançado grande no processo de uso e ocupação do solo.

Inferre se do Plano Diretor atual, os seguintes quantitativos de áreas apresentados na tabela 19.

Tabela 19: Quantidades de áreas e Percentuais do Campus da UFMT

<b>Tipo de área</b>	<b>Quantidade (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Área construída (coberta)	129.783,67	17,38
Calçada (concreto)	62.863,73	8,42
Pavimento (asfalto)	95.006,28	12,73
Bloco permeável com grama	949,37	0,13
Bloquete (calçada ou pavimento)	3.608,37	0,48
Área verde	454.327,06	60,86
Área total	746.538,48	100

Fonte: O autor, 2017.

Nota-se que o percentual total de área ocupada corresponde a 39,14%, entretanto as áreas consideradas totalmente impermeáveis correspondem a 38,56%, pois foram consideradas somente a área construída, calçada e pavimentada conforme tabela 19. O campus ainda atende de forma satisfatória com um percentual acima da exigência legal estabelecida para Cuiabá, ou seja, superior a 25% de área verde, entretanto, existe necessidade de realização de futuros estudos referente a permeabilidade do solo de modo a verificar se este atende aos quesitos estipulados em legislação.

Comparando os dados de uso e ocupação do campus apresentado por Silva (2015), detectou-se uma divergência em relação a obtenção da área construída, pois na metodologia adotada neste trabalho, preconizou o levantamento da área coberta sem a sobreposição de área construída quando verificado a existência de prédios de dois ou mais andares.

### 5.2.2. Análise da infraestrutura existente

O sistema de drenagem da UFMT, caracteriza-se por um sistema não convencional, porém conforme as demonstrações a seguir, também não foi realizado dentro de parâmetro de um sistema sustentável. Apesar disso, alguns elementos propiciam a sustentabilidade da rede de drenagem dentro do campus como: bacia de detenção, piso permeáveis e escoamento voltado para as áreas verdes. Esses dispositivos foram concebidos visando a solução de problemas

localizados sem a realização de um dimensionamento macro de todo o contexto hidrológico da área.

Com a realização de levantamento *in loco* referente aos sistemas de drenagem existentes no campus de Cuiabá, constatou se os seguintes elementos: bocas de lobo, caixas coletoras, dissipadores de energia, descida de água, posso de visita, bueiro, canaletas, canais, valas de infiltração, e bacia de detenção. Esses elementos, apesar de fazerem parte de sistemas convencionais, se encontram incompletos pois, as bocas de lobos e caixas encaminham as águas pluviais para canais ou áreas verdes.

Também se verifica a existência de adoção de sistemas de pavimento permeável com grama e pavimentos e calçadas de blocos intertravados, popularmente conhecido como bloquete, que auxiliam na infiltração da água no solo. Esses sistemas são utilizados em uma pequena escala correspondendo respectivamente a 0,13% para pavimento de grama e 0,48% de calçada e pavimento em blocos.

A seguir, foram relacionados todos os dispositivos sendo expresso na tabela 20. Os dispositivos também foram relacionados quanto ao estado de conservação de infraestrutura, ou seja, se apresentavam quebrados ou com resíduos em seu interior que podem afetar o seu funcionamento de forma adequada.

Tabela 20: Relação de dispositivos com as referidas quantidades e determinação da qualidade

Descrição dos dispositivos	Quantidade total dos dispositivos	Qualidade			
		Boa	%	Ruim	%
Boca de lobo	123	54	43,90	69	56,10
Caixa coletora	87	46	52,87	41	47,13
Dissipador de energia	4	3	75,00	1	25,00
Descida de água	9	4	44,44	5	55,56
Posso de visita	1		0,00	1	100,00
Bueiro	4	2	50,00	2	50,00
Canaletas	26	12	46,15	14	53,85
Canais	6	3	50,00	3	50,00
Vala de infiltração	2	1	50,00	1	50,00
Bacia de detenção	1		-	1	100,00
Total de dispositivos	263	125	47,52	138	52,47

Fonte: O autor, 2017.

Verifica-se que há uma combinação de dispositivos de sistemas convencionais e outras alternativas que proveem uma melhor drenagem da água no campus. Entretanto, como destacado na tabela acima, 52,47% destes dispositivos levantados, encontram-se em condições operacionais inadequadas, tais como: presença de lixo, terra e estrutura quebrada, conforme critérios definidos para essa análise.

Majesk, *et al* (2014), elencam que os indicadores devem preconizar tanto a parte de manutenção dos dispositivos como o registro de pontos de alagamento para nortear a adoção de medidas preventivas e corretivas.

A seguir são evidenciados aspectos relacionados a pontos críticos observados durante a realização de vistoria dos sistemas, tabela 21.

Tabela 21: Aspectos da área de drenagem do campus da UFMT

Pontos críticos	Quantidade	Qualidade	
		Boa	Ruim
Ponto de alagamento (regiões)	7		7
Ponto de erosão (regiões)	17		17
Coleta Resíduos sólido	47	43	4

Fonte: O autor, 2017.

A tabela 21, apresenta um levantamento da quantidade de locais que apresentam as seguintes características: pontos de alagamento, pontos com pequena erosão do solo, pontos que apresentam compartimentos para a realização de coleta dos resíduos sólidos de forma temporária. Este último é de vital importância pois influenciam no possível entupimento de caixas e bocas de lobo.

Com imagem de satélite do dia 28.05.2015 disponível no Google Earth, realizou-se o georeferenciamento dos sistemas de drenagem, com os dados obtidos em campo sendo apresentado o mapa constante na figura 35.

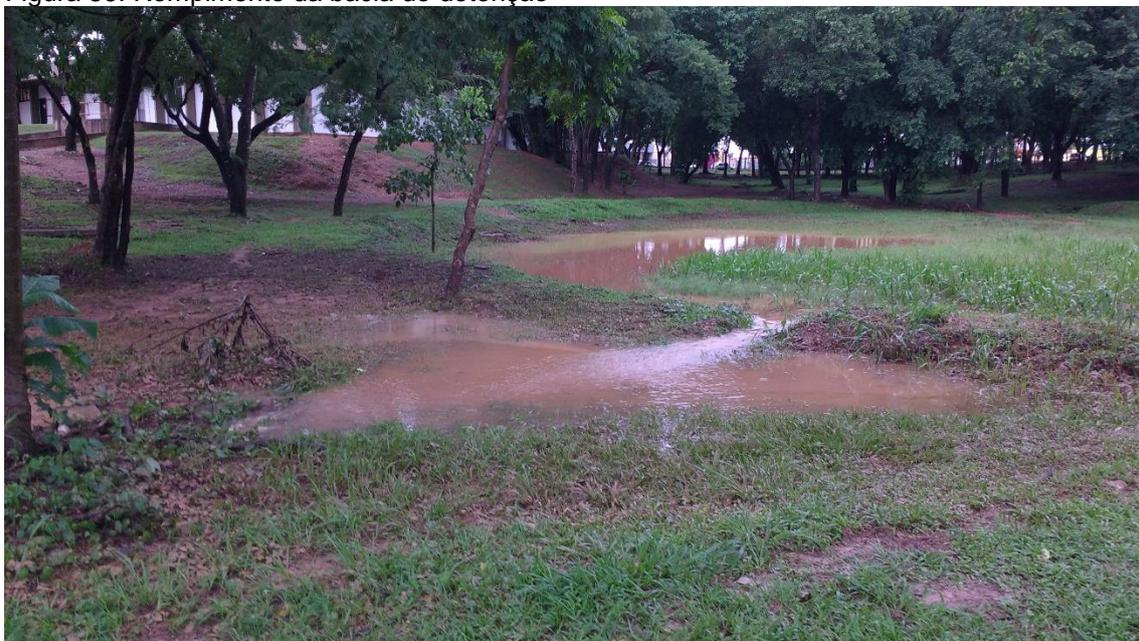
Figura 35: Mapa com bacia de detenção, bueiro, descida de água e dissipador de energia.



Fonte: Mota, et al., (2015)

Na análise da funcionalidade da bacia de detenção, a mesma se encontra em condições ruins, pois apresenta baixa disposição de lâmina de água para retenção o que causa um transbordamento devido ao assoreamento do dispositivo e falta de manutenção, podendo ser observado na figura 36 tais aspectos.

Figura 36: Rompimento da bacia de detenção



Fonte: O autor, 05.01.2016

A figura 36, mostra um dispositivo muito utilizado em sistemas sustentáveis de drenagem, neste caso o mesmo está sendo utilizado tão somente para a realização da retenção do escoamento superficial de forma a evitar que o fluxo de escoamento cause o afogando de outros sistemas. Conforme Woods-Ballard, *et al*

(2015), as depressões paisagísticas são ideais para esse sistema e recebem durante o período de precipitação o recolhimento da água superficial armazenando-a e atenuando o escoamento o fluxo do escoamento. Entretanto, faz-se necessário a realização de cuidado com a manutenção como: a retirada de excessos de detritos, realização de podas, manejo de plantas de forma a propiciar uma melhor infiltração e aprofundamento da área da bacia. Assim, analisando a figura 36, a bacia de retenção, possui diversos aspectos que a caracterizam com qualidade ruim, entre eles destacamos a profundidade da bacia que não consegue suportar o fluxo de escoamento o que ocasionou um rompimento do dispositivo.

Os bueiros, apresentam cerca de 50% com qualidade boa e o restante ruim, podendo ser aferido nos exemplos da figura 37 (a) e (b).

Figura 37: Condições dos bueiros.

(a) obstruído



(b) em boas condições



Fonte: O autor, 23.05.2015

De acordo Majesk, *et al* (2014), um dos fatores utilizados para mensurar a qualidade do sistema de drenagem é a limpeza do sistema. Já Silva, *et al* (2013) mencionam que um dos fatores a serem analisados na interação entre os dispositivos é a presença de deposição de lixo nas galerias e canais e a manutenção e conservação dos dispositivos. Assim, pela apresentação da figura 36 (a) e (b), verifica-se que o quesito de limpeza do sistema deve ser analisado como um todo em conjunto com dados de manutenção do sistema.

A figura 38 (a) e (b) apresentam os sistemas de descidas de água do campus de Cuiabá.

Figura 38: Condições da Descida de água.

(a) danificada



(b) adequada

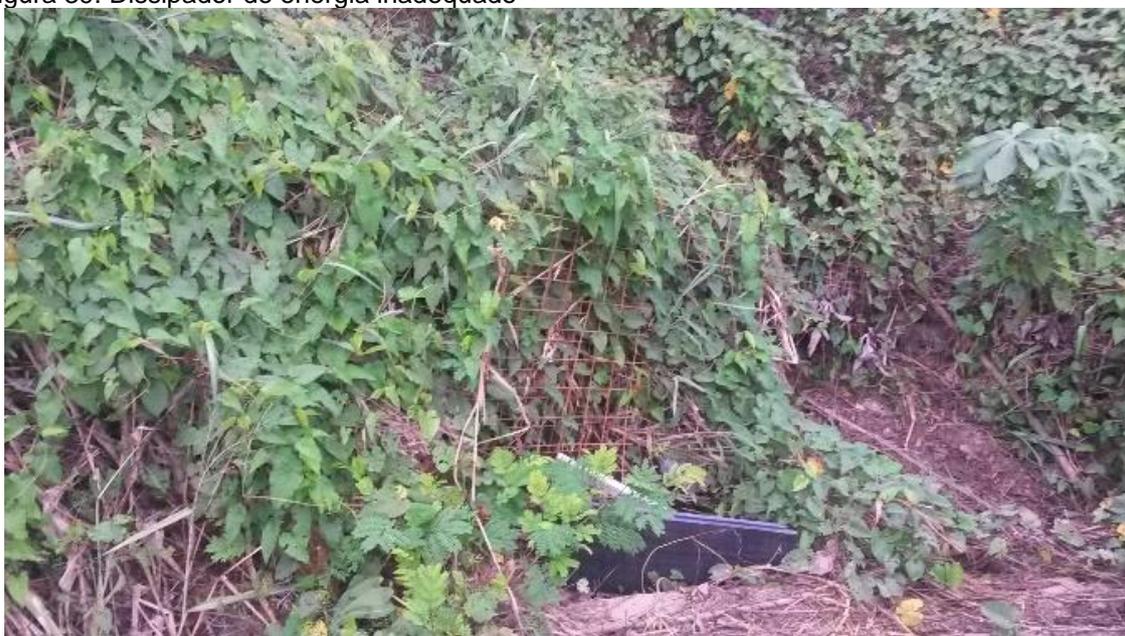


Fonte: O autor, 23.05.2015.

Conforme retratado na figura 38, cerca de 55,56% deste tipo de estrutura se encontra em estado ruim, após realização de analogia aos critérios apresentados por Majesk, *et al* (2014) e Silva, *et al* (2013).

Dos quatro dissipadores de energia catalogados, verificando os critérios de manutenção apresentado pelos autores mencionados anteriormente, somente um dissipador apresenta-se em condição ruim, figura 39.

Figura 39: Dissipador de energia inadequado



Fonte: O autor, 23.05.2015

Este dissipador de energia (figura 39), foi considerado inadequado, pois o dispositivo se encontrar com uma tela de contenção e resíduos de vegetação

nascendo no meio de sua saída faltando as pedras para a dissipação da energia. Isso está causando uma leve erosão no entorno deste dissipador.

A figura 40, demonstra a distribuição das bocas de lobos no campus.

Figura 40: Drenagem demonstrando boca de lobo.



Fonte: Mota, et al., (2015)

O campus apresenta um total de cento e três bocas de lobos (figura 40), distribuídas ao longo das vias de acesso e ao longo dos estacionamentos.

Considerando os mesmos critérios apresentados por Majesk, *et al* (2014) e Silva, *et al* (2013), a figura 41 simboliza a qualidade das bocas de lobos existentes no campus.

Figura 41: Condições da Boca de Lobo.

(a) com resíduos

(b) em boas condições



Fonte: O autor, 05.2015

Durante a realização do levantamento do sistema de drenagem de bocas de lobos (figura 41), foram detectados um total de 56,10% das bocas de lobo com condições inadequadas de uso estando entupidas por terra, ou com lixo, ou ainda quebradas. Verificou-se que os dispositivos instalados conduzem a água captada

ou para as áreas verdes ou para tubulações que levam até os córregos ou canais com a utilização de caixas de passagem, figura 42.

Tais aspectos também foram levantados por Zorzo (2015) quando analisou as bocas de lobo contidas na Av. Fernando Correa da Costa. Isto demonstra que a manutenção destes dispositivos não é devidamente considerada tanto na gestão municipal quanto na gestão do campus.

Woods-Ballard, *et al* (2015), preconiza que uma das principais atuações na implementação de sistema de drenagem sustentável é a manutenção periódica.

Figura 42: Locais do escoamento.

(a) área verde



(b) escoamento direcionado para canal



Fonte: O autor, 23.05.2015

A figura 42, mostra o encaminhamento da captação das águas de algumas bocas de lobos. Assim o sistema existente dentro da universidade deve ser considerado incompleto.

A seguir será apresentado o mapeamento referente as caixas de passagem. A maioria é utilizada ou para desvio da direção da tubulação ou para a inserção de novas tubulação a um caminhamento central, sendo catalogadas um total de oitenta e sete caixas

O Mapa refere-se ao georeferenciamento das caixas de passagem, figura 43.

Figura 43: Localização das caixas de passagem.



Fonte: Mota, et al., (2015)

Nota-se que as caixas de passagem se encontram distribuídas em todo o campus (figura 43). Além disso, foram levantadas caixas de passagem (CX) que se referem ao captação e encaminhamento da água da Fernando Correa e da Avenida Parque do Barbado sendo identificadas respectivamente como CX1, CX2, CX4 e CX5. Essas caixas apresentam uma particularidade em sua execução apresentada na figura 44 e 45.

Figura 44: Caixa de passagem (CX1)



Fonte: O autor, 23.05.2015

Figura 45: Caixa de passagem (CX2).



Fonte: O autor, 23.05.2015

A figura 44, refere se a caixa de passagem localizada entre a esquina da Avenida Fernando Correa da Costa e a Avenida Parque do Barbado. Ela se difere da caixa de passagem denominada CX2 por estar com sua lateral totalmente aberta para fora e com uma tubulação mais alta e outra mais baixa, além de uma tubulação encaminhando a água para a área verde. Já a figura 45, mostra a caixa com uma abertura em forma de V, voltada para a área verde da UFMT. Além de duas tubulações.

Essas estruturas executadas neste formatos estão ocasionando a seguinte problemática exteriorizada na figura 46.

Figura 46: Situação da área verde após precipitação.

(a) Acumulo de água



(b) transbordo de água do Córrego.



Fonte: O autor, 08.03.2016

A figura 46 (a) e (b), mostra o transbordamento da água do Córrego do Barbado para a área verde da UFMT. Isso ocorre em função das aberturas apresentadas nas caixas de passagem que captam a água da Avenida Fernando Correa e da Avenida Parque do Barbado. Como pode ser observado na figura 45 e 46, a tubulação de envio da água se encontra localizada em uma cota muito mais baixa que o córrego canalizado, assim ao invés da água ser encaminhada para o córrego, ela está sendo transbordada do córrego para a área ocasionando enchentes neste local.

Os estados que se encontram as caixas de passagem podem ser observados na figura 47 e 48.

Figura 47: Caixa de passagem com múltiplas tubulações assoreada



Fonte: O autor, 23.05.2015

Figura 48: Caixa de passagem assoreada e tampa quebrada



Fonte: O autor, 23.05.2015

A figura 47 e 48, mostra dois exemplos nos quais os dispositivos estavam desqualificados para a utilização. Na figura 47, verifica-se uma grande quantidade de terra que está assoreando o dispositivo na metade da altura das tubulações, diminuindo, assim, a capacidade de captação de água e encaminhamento. Já a figura 49, mostra que além de quantidade significativa de terra, também existem

resíduos como lixo e folhas secas, além disso, a tampa encontra-se quebrada e caída dentro da tubulação provocando uma maior obstrução.

A caixa coletora denotada na figura 49, mostra primeiramente que ela está elevada acima do solo com uma laje que lacra a parte superior com uma abertura exposta. Internamente, esta caixa coletora (figura 49 (b)), exhibe diversos resíduos dispostos neste local por pessoas que transitam próxima a essa região. Isso se deve pela falta de dispositivos coletores de resíduos e de uma ação mitigadora da instituição de forma a orientar toda a comunidade sobre as atitudes a serem feitas nesses locais.

Figura 49: Situação da caixa de passagem de água.

(a) Vista externa



(b) vista interna



Fonte: O autor, 23.05.2015

A figura 49, espelha a falta da manutenção das caixas coletoras que apresentam um total 47,13% de seu total consideradas como inaptas para utilização durante o levantamento realizado.

A figura 50 e 51, evidencia o estado de manutenção de alguns canais com seção trapezoidal variável e uma altura entre 0,5m e 1,0 m.

Figura 50: Canal localizado na FAET/ICET



Fonte: O autor, 23.05.2015

Figura 51: Canal próximo à Fernando Correa



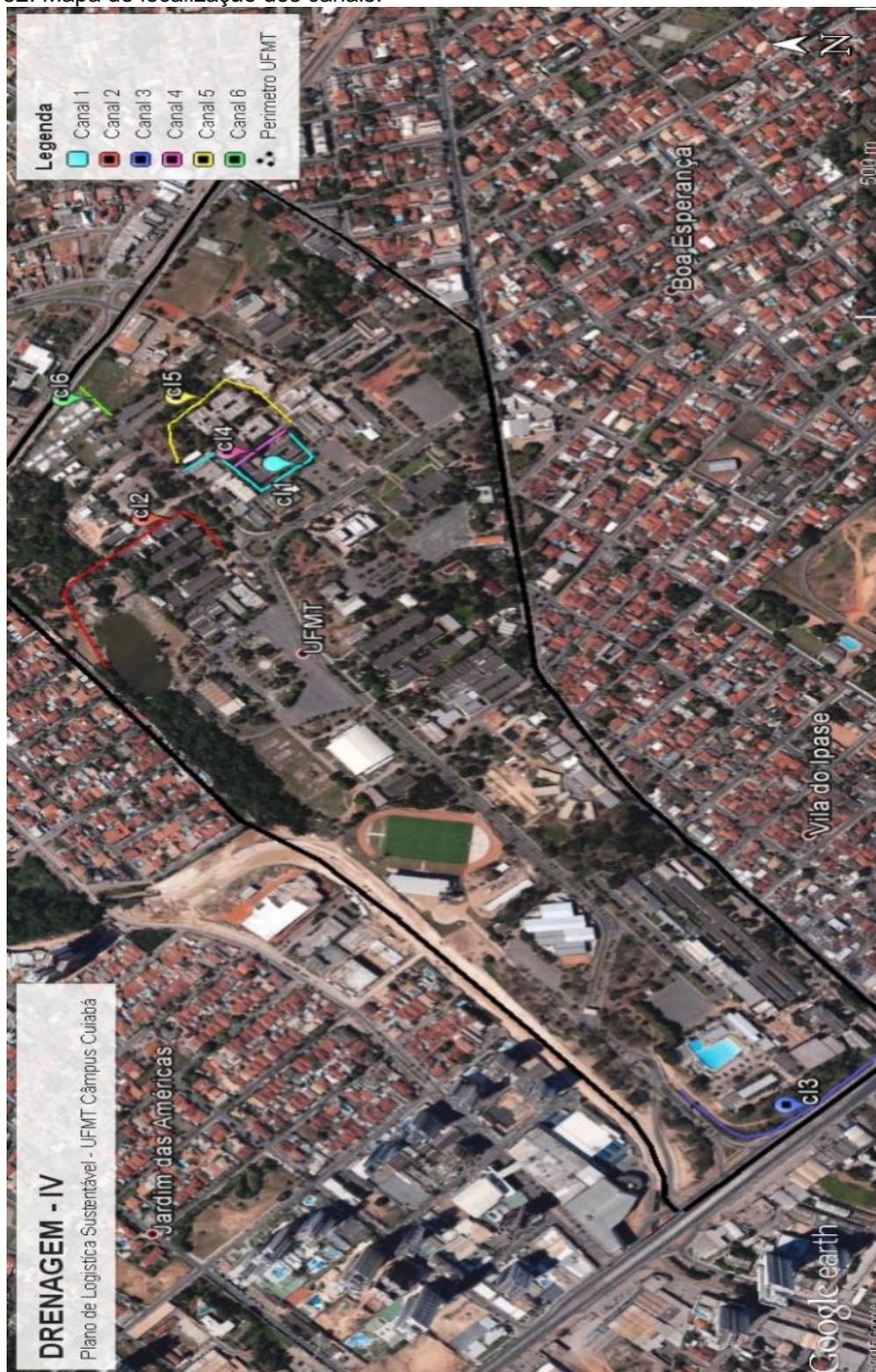
Fonte: O autor, 23.05.2015

Dos seis canais, três apresentam deficiências em seu estado de conservação conforme ilustrado na figura 50 e figura 51. Eles apresentam desde resíduos como: plásticos, papéis, madeira, restos de construção e até mesmo

pequenas árvores e grama crescendo em seu leito o que dificulta o escoamento da água.

Assim o mapa referente a localização dos canais, pode ser melhor observado na figura 52.

Figura 52: Mapa de localização dos canais.



Fonte: Mota, et al., (2015)

Os canais denominados cl1, cl2, cl4 e cl5 foram construídos para canalizar as nascentes existentes nestes locais, já os canais cl3 e cl6 para canalizar a água procedente de enxurradas.

Os pontos de alagamento e os passeios permeáveis estão destacados na figura 53.

Figura 53: Mapa de passeios permeáveis e pontos de alagamento.



Fonte: Mota, et al., (2015)

Foram relacionados um total de oito pontos de alagamento e quatro locais que apresentam passeio permeável, sendo este, considerado o passeio que propicia a permeabilidade com utilização de piso grama ou pisos intertravado conforme demonstrado na figura 54 e 55.

Figura 54: Piso intertravado próximo ao bloco de geografia, pp1. Figura 55: Piso grama próximo a marcenaria.



Fonte: O autor, 23.05.2015

Fonte: O autor, 23.05.2015

Tais passeios foram executados por processo de colocação sobre uma camada de areia que propicia a drenagem para a execução do assentamento, entretanto, a faz-se necessário a realização de estudo sobre a permeabilidade do solo abaixo da camada de areia.

A universidade possui um total de 4.557,74 m<sup>2</sup> de área considerada passeio permeável conforme exemplos da figura 54. Isso equivale a 0,61% da área total do campus e 1,56% do total da área construída. Em alguns casos foram detectados a necessidade de realização de manutenções como o replantio de grama e locais em que os passeios se encontram desnivelados, porém esses aspectos observados foram considerados irrelevantes.

Outros dispositivos identificados foram as valas de infiltração e as canaletas, destacados na figura 56.

Figura 56: Mapa de localização das canaletas e vala de infiltração



Fonte: Mota, et al., (2015)

As canaletas (figura 56) foram executadas para captar a água superficial sendo encaminhadas posteriormente a caixas de passagem que levam para os canais ou para área verde. Existem somente duas valas de infiltração executada em precária funcionalidade, que apresentam uma extensão total de 17,40 metros. Já as canaletas possuem um total de 978,50 metros lineares.

Os aspectos relacionados ao estado de conservação estão apresentados na figura 57 e 58.

Figura 57: Canaleta entupida com terra e folhas



Figura 58: Canaleta quebrada



Fonte: o autor, (2017)

Foram levantadas um total de vinte e seis canaletas, sendo apresentado na figura 57 e 58. O estado de conservação de 14 canaletas, ou seja, 53,85 % das canaletas, pode ser considerado inadequado pois se encontram quebradas, ou entupidas e algumas sem grades.

Os pontos de erosão e coleta de resíduos está referenciado na figura 59.

Figura 59: Mapa de pontos de erosão e resíduos



Fonte: Mota, et al., (2015)

Os pontos de erosão diagnosticados na figura 59, são de baixo impacto, ou seja está se iniciando o processo de erosão não havendo grandes carreamentos ainda de solo. Já os pontos de resíduos localizados se refere a locais de contêiner utilizados para colocar os resíduos da instituição conforme apresentado na figura 60.

Figura 60: Compartimentos utilizados para a disposição dos resíduos



Fonte: O autor, 23.05.2015

A figura 60, constata a colocação de vários contêineres com a dimensão de 1,65 m de comprimento, largura e altura de 0,90m, para a disposição dos resíduos sendo detectado que a retirada dos mesmos é realizada em duas ocasiões na semana. Verificou-se em alguns pontos que, apesar da existência de local adequado para a colocação dos resíduos os mesmos estão sendo dispostos de forma inadequada conforme apontado na figura 60, ou seja, fora do contêiner. Também verificou-se, a falta de disposição de lixeiras individuais que possibilitem a colocação de resíduos pelas pessoas transitantes no campus.

### 5.2.3. Análise do funcionamento de sistema de drenagem

O sistema de drenagem da UFMT, campus de Cuiabá, possui vários dispositivos que se referem a um sistema convencional, entretanto o mesmo não pode ser considerado um sistema convencional pois estão dispostos de forma

incompleta. O sistema é considerado incompleto pois as caixas de lobo e passagem encaminham as águas recolhidas ou para áreas verdes ou para as canaletas que direcionam a água para a o Córrego do Barbado.

Para a realização de uma análise mais aprofundada das ocorrências de alagamento dentro da instituição, foram feitas campanhas demonstradas na tabela 22.

Tabela 22: Período das vistorias da rede de drenagem

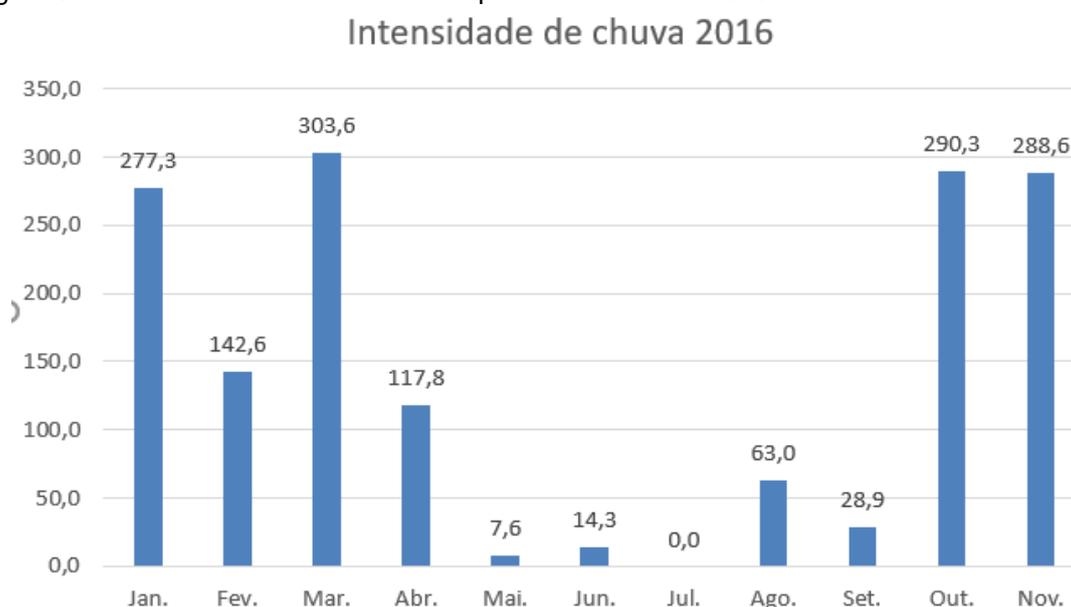
<b>Data da campanha</b>	<b>Horário</b>	<b>Intensidade de chuva (mm)</b>
05.01.2016	14:30	48,3
03.03.2016	13:08	35,2
08.03.2016	17:30	27,2

Fonte: O autor, 2017.

A tabela 22, relaciona as datas das vistorias in loco juntamente com o horário e a precipitação ocorrida na ocasião.

Para melhor visualizar a ocorrência de precipitações, a figura 61, apresenta a total de intensidade de chuva ocorridas no ano de 2016.

Figura 61: Total da intensidade de chuvas por mês no ano de 2016



Fonte: O autor, 05.01.2016

Para o ano de 2016, a média mais alta de intensidade de chuva ocorrida foi no mês de março sendo, o mês de julho o mais seco.

Analisando a intensidade de chuva ocorrido nas campanhas, verificou-se que no primeiro dia choveu cerca de 17,41% do total de chuvas ocorridos para o

mês de janeiro. No segundo e terceiro dia de campanha ocorreram um percentual de 11,59% e 8,95% respectivamente para o mês de março. Salienta-se que no mês de março ocorreu também uma chuva com intensidade 53,8 mm no qual não foi possível aferir as ocorrências oriundas desta intensidade.

Em janeiro de 2016, após a ocorrência de uma precipitação intensa, foi diagnosticado a invasão da água de escoamento dentro do prédio do ICET/FAET conforme exposto na figura 62 e 63.

Figura 62: Área interna afetada



Fonte: O autor, 05.01.2016

Figura 63: Área externa afetada



Fonte: O autor, 05.01.2016

Na ocasião da ocorrência da chuva, figura 62 e 63, a água de escoamento da rua asfaltada, invadiu em forma de enxurrada a parte externa e, como o prédio não possui desnível grande em relação a parte externa, a água acabou adentrando o corredor do prédio e o primeiro laboratório. Na ocasião do incidente, a calha para a contenção da água se encontrava totalmente cheia de solo e vegetação. Tais matérias são decorrentes de entulho localizado próximo ao portão conforme evidenciado na figura 63.

Nesta mesma ocasião foi possível também detectar o carreamento de material no estacionamento do bloco F, figura 64.

Figura 64: Processo de erosão decorrente de enxurrada.



Fonte: O autor, 05.01.2016

Este processo de erosão do material sedimentar é decorrente da intensidade da enxurrada e também por não haver processos que pudessem inibir este tipo de acontecimento. Nota-se, figura 64, que o material carreado refere-se a solo exposto em uma parte mais alta do estacionamento, além de material referente a restos de construção.

Na data de 03.03.2016, foi presenciado um alagamento da área onde se localiza a antena da TV Universidade - TVU desta instituição, conforme destacado na figura 65.

Figura 65: Bosque ao lado da antena da TVU



Fonte: O autor, 03.03.2016

Este processo de alagamento, figura 65, decorre em função da saturação do solo e da grande quantidade de água encaminhada para esta região. Percebe-se que toda a água dos estacionamentos e rua são escoados para esta área verde corroborando ainda mais para o processo de alagamento. Assim, a água acumulada acaba escorrendo para a rua 01 do Bairro do Boa Esperança em Cuiabá prejudicando o trânsito local.

Em 8 de março de 2016, ocorreu nova verificação em decorrência de intensa precipitação. Dentro do campus de Cuiabá próximo a região do ginásio de esporte foi constatado outro alagamento conforme figura 66.

Esta região apresenta diversas bocas de lobo que extravasam a água para as vias laterais de área verde do campus.

Figura 66: Alagamento próximo ao ginásio de esporte



Fonte: O autor, 08.03.2016

Tal processo de alagamento, decorre do escoamento superficial das águas nesta depressão no qual acabam acumulando em um ponto comum (figura 66). As bocas de lobo encontradas no canteiro central estão totalmente soterradas, além disso a tubulação são duas manilhas cerâmicas de 300 mm, totalmente entupidas de terra não propiciando o escoamento. As bocas de lobos laterais jogam a água para a área verde lateral.

Outra região que apresenta interferências de alagamento quando decorre determinadas precipitações é o Centro Oficial de Treinamento (COT) localizado após o ginásio de esporte onde se encontrava o antigo campus de Futebol.

Tal empreendimento está sendo executado pelo Governo do Estado de Mato Grosso e constitui-se uma arquibancada com vestiário, campo de futebol com medidas oficiais e pista de atletismo.

Atualmente, o COT apresenta executado boa parte de sua infraestrutura como o vestiário e o pátio faltando a parte de acabamentos, figura 67.

Figura 67: Centro Oficial de Treinamento (COT) da UFMT



Fonte: O autor, 08.03.2016

Observa-se que após a ocorrência de precipitação, figura 67, o pátio do COT que se encontra localizado atrás da arquibancada, estava completamente alagado. Toda a água que cai da pista demonstrada na figura 65, acaba sendo escoada para esse ponto e acumula-se neste local. Nota-se uma marca da parede onde consta registro que a água já acumulou na altura de 90 cm neste ponto.

O escoamento da água acumulada na Avenida central da UFMT está representado seu caminhamento na figura 68.

Figura 68: Escoamento da água pluvial da avenida central da UFMT

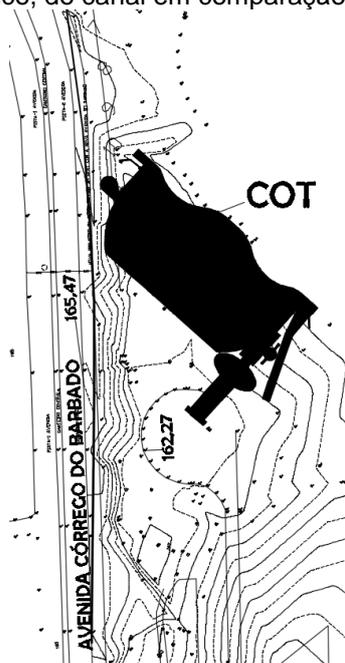


Fonte: O autor, 08.03.2016

A água é captada pelas bocas de lobos na avenida central da universidade, sendo escoada para a área verde, neste ponto a água foi desviada para não afetar o campo de futebol, caindo em uma área atrás das quadras poliesportivas e Coordenação de segurança (figura 68) acumulando-se no pátio do COT.

Outra inferência que se verifica em levantamento topográfico realizado na região se apresenta demonstrado na figura 69.

Figura 69: Levantamento topográfico, do canal em comparação com o COT.

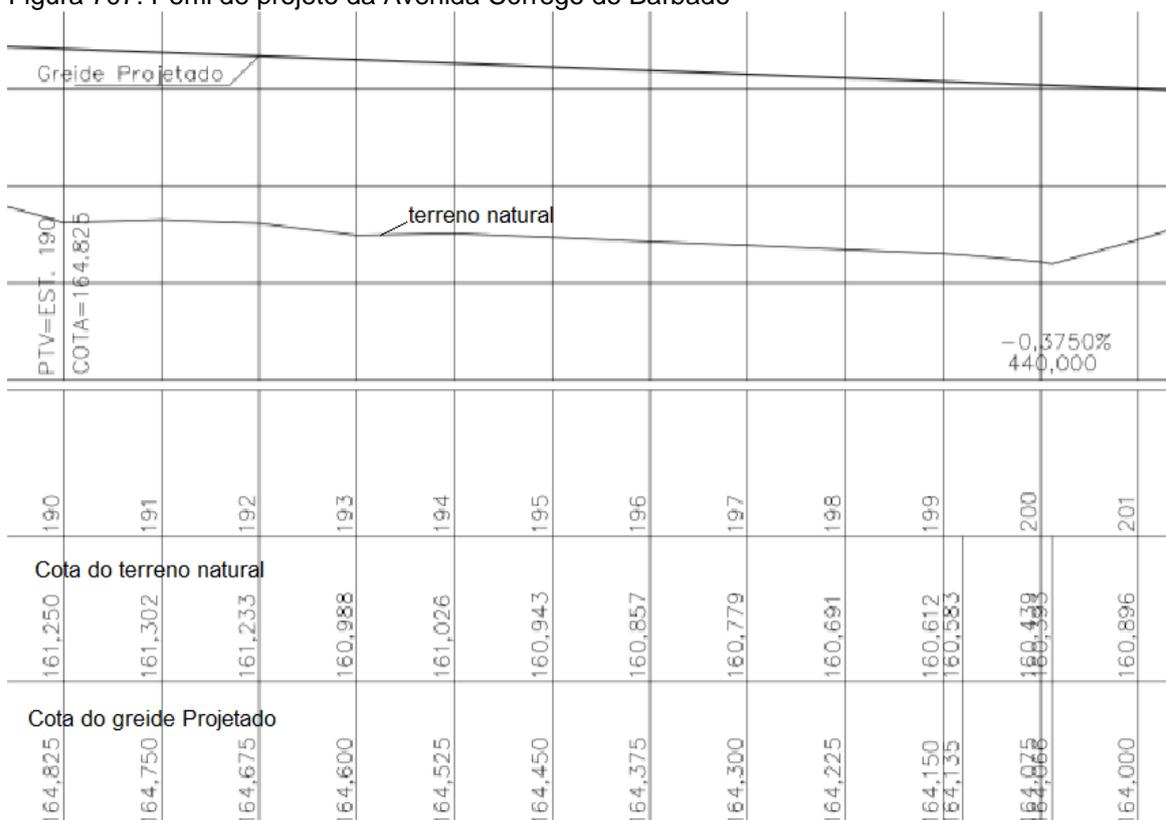


Fonte: Ito, Portocarrero (2016)

A figura 69, apresenta o levantamento topográfico realizado em 2016 após a realização do capeamento da pista principal, neste levantamento verifica se que a cota de altura no pátio do COT é de 162,27m e a cota referente a pista de rolagem do córrego do Barbado é de 165,47m. A diferença de altura é de 3,2m. Evidenciando o motivo do represamento visto que não há como escoar a água pois a cota do canal foi aumentada.

O projeto referente ao perfil do canal demonstra outro aspecto, quanto ao perfil do terreno e o perfil de projeto do canal, figura 70.

Figura 707: Perfil de projeto da Avenida Córrego do Barbado



Fonte: SECOPA (2013)

Na estaca 193 até 196 se localiza o COT sendo demonstrado o perfil da avenida na figura 70. Assim, em análise a este perfil, verifica se que a cota inicial do terreno está em 160,98 m a 161,02 m. Já a cota de projeto está entre 164,60 m à 164,30 m. Houve um aumento na altura do perfil natural para o perfil do projeto de 3,62 m. Em comparação com o levantamento efetuado por Ito e Portocarrero (2016), averigua-se que após a execução ao invés da cota da avenida ficar na altura de projeto ela ficou na altura de 165,47m, ou seja, 0,87 metros acima do projetado.

O projeto de pavimentação, estipulou uma altura total de 0,85m (SECOPA, 2013). Em consequência a estes fatores, as tubulações de drenagem da obra do COT, e da descarga da UFMT estão entrando no canal a uma altura da cota de fundo do canal respectivamente de 0,4m e 0,5m.

O canal do Barbado foi construído com peça pré-moldadas com dimensão de 3,00m de comprimento, por 1,5m de altura e 0,5m de largura. Essa peça é encaixada sobre uma outra peça do mesmo tamanho tendo uma canalização com altura total de 3,00m como mostra a figura 71 e 72.

Figura 71: Perfil de frente da canalização



Fonte: Rodrigues (2013)

Figura 72: Vista aérea da canalização



Fonte: Rodrigues (2013)

Na figura 71, revela o processo executivo de encaixe das peças estruturais para a canalização do córrego, onde foram colocados nas laterais as peças encaixadas e no meio foi feito uma laje de encaixe unindo as duas peças laterais. Já a figura 72, mostra a regularização do leito do córrego com a compactação do solo e posteriormente a colocação de brita. Somente após esse processo é que foi realizado a colocação das estruturas pré-moldadas. Esse processo também mostra que houve um levantamento do leito natural para que o mesmo pudesse ter desnível adequado para o escoamento.

O córrego do macaco é um afluente da bacia do barbado onde se encaminha em um ponto onde houve a canalização, figura 73.

Figura 73: Bueiro do afluente Córrego do Macaco para o Barbado



Fonte: O autor, 29.03.2017

Para a entrada do afluente na canalização do Córrego do Barbado, foi colocado duas manilhas com diâmetro de um metro cada, (figura 73). Essas manilhas se encontram alocadas a uma profundidade de 1,2m da cota do fundo do canal e apesar ser considerado uma construção nova, já apresenta obstruções na sua canalização.

Após a realização da canalização do Barbado e a construção do viaduto na Fernando Corrêa, em 08 de março de 2016 foi realizada uma vistoria na parte mais baixa da área da UFMT próximo ao córrego sendo detectado as seguintes intercorrências, figura 74 e 75.

Figura 74: Retorno de água do córrego



Fonte: O autor, 08.03.2016

Figura 75: Enchente de área lateral



Fonte: O autor, 08.03.2016

Todo o processo de construção e canalização do córrego do Barbado está afetando diretamente a área da UFMT, pois a água do córrego está sendo extravasada para este local pela forma executiva adotada da caixa coletora onde a figura 74 esclarece esse processo. Isso também é verificado em outra área conforme figura 75. Essa área da instituição está funcionando como uma bacia de extravasamento e detenção da água pluviais.

Tais situações demonstradas acima, evidenciam aspectos também mencionados por Souza, *et al* (2012) e Boaventura, Freitas e Machado (2014) onde a degradação e falta de recuperação das áreas verde do córrego propiciam inundações das áreas.

## 6. CONCLUSÃO

O processo de uso e ocupação da microbacia hidrográfica do Córrego do Barbado, mais especificamente a região onde se localiza a Universidade Federal de Mato Grosso em Cuiabá, influencia significativamente no processo de escoamento pluvial causando enxurradas, alagamentos e enchentes.

Esse processo se agravou ainda mais com a implantação do sistema de mobilidade de Cuiabá, onde destacamos a obra de execução do viaduto da Fernando Correa da Costa e a avenida Parque do Barbado.

A bacia apesar de possuir uma capacidade drenante regular, apresenta também uma forma que propicia a ocorrência de enchente, sendo esta evidenciada de forma natural em 1995 no baixo curso devido o formato alongado e estreito da bacia. Entretanto, atualmente, ocorrem processos de alagamento no córrego na região considerada médio curso em decorrência de obstruções no escoamento superficial pela rede viária implantada e por falta de manutenção das galerias pluviais. A obra do viaduto, impede o escoamento natural causando um acúmulo de água na saída do elevado e áreas adjacentes.

A elaboração de mapas de declividade, hipsométrico, distância da rede hídrica e uso e ocupação do solo propiciaram com a utilização da média da somatória dos fatores, a elaboração de mapa de risco que possibilita uma melhor visualização das áreas mais propensas a riscos de enchente ou alagamentos.

Já o processo de uso e ocupação do solo dentro da UFMT, agravou a ocorrência de alagamentos em pontos internos, pois aumentou consideravelmente a área impermeável do campus acarretando um grande escoamento superficial.

Nota se que a adoção de critérios de indicador para sistemas de drenagem permite averiguar os fatores que são determinantes no agravamento destas condições. No campus de Cuiabá, o sistema de drenagem encontra-se inadequado em virtude de falta de manutenção e conservação sem a ocorrência de aumento de dispositivos que propiciem a coleta de forma sustentável das águas pluviais. Outro agravante importante foi a canalização do Córrego do Barbado sem considerar a chegada das tubulações de drenagem existentes ficando afogadas uma vez que os pontos de desague estão a 0,4m e 0,5m de profundidade da cota de fundo do canal, o que provoca retorno quando o córrego atinge esses níveis, causando alagamentos.

Pode-se dizer que a UFMT possui um sistema drenante que propicia a sustentabilidade visto que boa parte das águas pluviais são encaminhadas para áreas verdes, além de apresentar bacia de retenção e piso drenante, no entanto estes sistemas em comparação ao tamanho da área construída, são ínfimos devendo haver um estudo mais aprofundado quanto aos sistemas mais adequados e maior quantidade a serem implementados dentro desta visão que possibilitem um convívio entre a comunidade e a drenagem urbana existente.

Como sugestões futuras para a implementação de sistema sustentável, faz-se necessário a realização de estudo quanto as características de permeabilidade do solo para a implementação de dispositivos de infiltração, além de realização de estudos referente a quantificação de dispositivos de concreto para a retenção e utilização das águas pluviais, quantificando o volume necessário para reter a água para não causar o extrapolar do escoamento superficial ou os alagamento das vias de transporte na região considerada baixo curso da bacia, visto que esta região possui uma situação crítica quanto a esses aspectos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, Ana; CARVALHO, Rui; FARINHA, Nuno; MORGADO, Paulo; PEREIRA, Hugo; ROCHA, Jorge. **Cartografia de uso/ocupação do solo por fotointerpretação**. Disponível em: [www.ufpe.br/latecgeo/images/PDF/apg-guimaraes04.pdf](http://www.ufpe.br/latecgeo/images/PDF/apg-guimaraes04.pdf) acessado em: 10.08.2016.

ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para controle do escoamento superficial na fonte**. Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, mar., 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/5843> acessado em: <26.11. 2015>.

ANDRADE, Edivanete Marcia Nogueira de. **Sustentabilidade em áreas urbanas análise do sistema viário do campus sede da UFMT**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, fev. 2011.

AHIABLAME, Laurent; SHAKYA, Ranish. **Modeling flood reduction effests ts of low impact development at a watershed scale**. Journal of Environmental Management. v. 171, abr., 2016, p. 81–91. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716300342> acessado em: 2.12.2016.

AIMON, Giovani da Silva; PRINA, Bruno Zucuni; TRENTIN, Romario; MELOS, Natália Duarte. **Mapeamento de áreas suscetíveis a inundação utilizando diferentes fontes dados: estudo de caso para o município de Uruguaiana/RS**. 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. Bento Gonçalves. out. 2015. Disponível em: <http://cbge2015.hospedagemdesites.ws/trabalhos/trabalhos/242.pdf> acessado em: <17.03. 2017>.

Agência Nacional de Águas – ANA. **Região Hidrográfica do Paraguai**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/paraguai.aspx>; acessado em: 28.06.2016.

AGRA, Sidnei Gusmão. **Estudo Experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, abr., 2001. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/3282> acessado em: <24.11. 2015>.

ALVES JUNIOR, Enio Renato. **Estudo dos aspectos jurídicos para criação da taxa de contribuição para manutenção do sistema de drenagem de Porto Alegre**. Trabalho de graduação apresentado a Faculdade de Direito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/112041> acessado em: <26.11. 2015>.

ALVES, Cesar Augusto. **Estimativa da área impermeável dentro da bacia hidrográfica do Arroio dilúvio (Porto Alegre/RS) através de técnicas de**

**sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, dez., 2004.

ALCANTARA, Leonardo Hallak; ZEILHOFER, Peter. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para avaliação de enchentes urbanas: estudo de caso – Cáceres, MT.** Anais 1º Simposio de Geotecnologias no Pantanal. Embrapa Informações agropecuária/INPE: Campo Grande, nov. 2006. p. 11-15.

ANDRADE, Rodrigo de Oliveira. **A ameaça vem do planalto: ocupação e uso desordenado do solo, ao lado da instalação de usinas hidroelétricas, dificultam o fluxo migratório de espécies no Pantanal.** Especial Biota educação III, maio 2013.

ANDERSON, Paul S. **Fundamentos para fotointerpretação.** Editor coordenador ANDERSON, Paul S., Sociedade brasileira de cartografia. Rio de Janeiro, 1982, p.136.

ARMOND, Núbia Beray. Entre eventos e episódios as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do rio de janeiro. **Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – FCT/UNESP,** 2014, p. 239.

BALLARD, B Woods; WILSON, S; UDALE-CLARKE, H; ILLMAN, S; SCOTT, T; ASHLEY, R; KELLAGHER, R. **The SuDS manual.** London: CIRIA, 2015. 968 p.

BECKER, Patrícia. **Obtenção de informações para plano diretor de drenagem urbana utilizando o SIG.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, jul., 2006.

BELO, João Pedro Rodrigues. **Os SIG aplicados à análise do risco de inundação progressiva do rio Tejo, entre Belver e Vila Nova da Barquinha, região do médio Tejo.** Dissertação de mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, jul., 2012.

BICHANÇA, Maria Fátima. **Bacias de retenção em zonas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias e secas.** Dissertação de mestrado. Universidade do Porto. Dez. 2006.

BOAVENTURA, Isabelle Gonçalves. FREITAS, Ava Estevam. MACHADO, Nadja Gomes. **Danos Ambientais em Riacho Urbano: o Caso do Córrego do Barbado em Cuiabá, MT.** Uniciências, v. 18, n. 2, Dez. 2014. p. 79-83.

BRASIL. Lei nº 9433. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. jan. 1997.

BRASIL. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Organizadores: Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho

Tadashi Ogura, Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007, p.176.

BRASIL. Lei nº 11.445. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. jan. 2007.

Brasil. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências Brasília, 25 de maio de 2012; 191ª da Independência e 124ª da República. Este texto não substitui o publicado no DOU de 28.5.2012

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p

BOCHI, Thaís Caetano. **Corredores fluviais urbanos: percepção ambiental e desenho urbano**. Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, dez., 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/95382>> acessado em: <26.11. 2015>.

BUENO, Lucas Olegário; RODRIGUES, Rafael Vinícius; MORAES, Gabriel Figueiredo de; TEIXEIRA, Nathan Campos; SILVA, Ana Rúbia de Carvalho Bonilha; FINGER, Amanda. **Interface da gestão ambiental urbana e plano diretor: análise dos problemas ambientais do bairro Alvorada, Cuiabá - MT**. XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste: Brasília, jul. / ago. 2016.

BUFFON, Franco Turco. **Aproveitamento de águas pluviais: efeito sobre o sistema de drenagem**. Trabalho de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, jun., 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/26044>> acessado em: <26.11. 2015>.

BÜNECKER, Simoni Dickel. **Análise do plano diretor participativo do município de Teutônia/RS**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de especialização em Gestão Pública Municipal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Novo Hamburgo, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/71771>> acessado em: <26.11. 2015>.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. **Introdução: por que geoprocessamento?** INPE: São José dos Campos, 2001.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de Textos, 2ª ed., São Paulo. 2014.

CARVALHO, Edézio Teixeira de; **Manifesto sobre a fundamentação geológica de sistemas de drenagem urbanos**. Belo Horizonte, out. 2009. DISPONÍVEL EM: <<http://www.manuelzao.ufmg.br/pesquisa/geologia/manifesto>> acessado em: <03.04. 2017>.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Hidrologia**. UFRJ. Apostila Ago. 2006. Disponível em:< <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap1-INTRO.pdf>> acessado em: <17.02. 2017>.

CARIGNANI, Gisele; CIRINO, Leilaine Rodrigues; GALDINO, Yara. **A busca pela sustentabilidade em área de APP ocupada ilegalmente: Córrego do Barbado em Cuiabá – MT**. VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Vitória, set., 2011. Disponível em: < [http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2011/2011\\_artigo\\_002.pdf](http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2011/2011_artigo_002.pdf) > acessado em: <26.12.2016>

CIDIN, Renata da Costa Pereira Jannes; SILVA, Ricardo Siloto da. **Pegada ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural**. Estudos Geográficos, Rio Claro, 2(1):43-52, jun., 2004 (ISSN 1678—698X). Disponível em: <[www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm](http://www.rc.unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm)> Acessado em 19.12.2016.

COSTA, T.; LANÇA, R. **Hidrologia de Superfície**. Escola Superior de Tecnologia. Universidade do Algarve, 2001.

CARVALHO, Carlos Henrique Grohmann de. **Técnicas de geoprocessamento aplicadas à análise morfométrica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-10082006-155540/>>. Acesso em: 2016-08-14.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. **Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo – GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Scientia Plena, v. 5, n. 2, 2009.

CORDEIRO, João Pedro; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria; CÂMARA, Gilberto. **Álgebra de campo e objetos**. Operação de análise geográfica. Instituto Nacional de Pesquisas espaciais, cap. 8, ago. 2007. Disponível em: < [http:// www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap8-algebra.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap8-algebra.pdf)> acessado em: 06.02.2017.

COLET, Karina Marcondes. **Avaliação do impacto da urbanização sobre o escoamento superficial na bacia do córrego do barbado, Cuiabá -MT**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, maio, 2012.

COLET, Karina Marcondes; SOARES, Alexandre Kepler. **Diagnóstico e índices de qualidade ambiental da bacia do Córrego do Barbado, Cuiabá-MT**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, mar./abr., 2013. p. 022 a 040. Disponível em: < <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental>

/include/getdoc .php?id =2490&article=1022&mode=pdf> acessado em <26.12.2016>

Comitê da copa do mundo 2014. Plano de mobilidade urbana de Cuiabá. Apresentação em slide. 2011. Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/estudos/56/plano-de-mobilidade-urbana-de-cuiaba.html>> acessado em: <17.03.2017>.

COSTA, Teixeira.; LANÇA, Rui. **Hidrologia de Superfície**. Instituto Superior de Engenharia. Universidade do Algarve. Departamento de Engenharia Civil. Portugal: Faro, mar. 2011. p. 303 Disponível em: < [http://w3.ualg.pt/~rlanca/sebenta-hid-aplicada/sebenta\\_de\\_hidraulica\\_aplicada\\_2011\\_03\\_01.pdf](http://w3.ualg.pt/~rlanca/sebenta-hid-aplicada/sebenta_de_hidraulica_aplicada_2011_03_01.pdf)> acessado em: <06.02.2017>

CRUZ, Marcus Aurélio Soares. **Otimização do controle da drenagem em macrobacias urbanas**. Tese de doutorado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, abr. 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/6921>> acessado em: <24.11.2015>.

Cuiabá-MT. LEI COMPLEMENTAR Nº 004, Institui o código sanitário e de posturas do município, o código de defesa do meio ambiente e recursos naturais, o código de obras e edificações e dá outras providências. Dez. 1992.

CRUZ, Marcus Aurélio Soares; ARAÚJO, Paulo Roberto; AGRA, Sidnei Gusmão; SOUZA, Vladmir Caramori Borges de; COLLISCHONN, Walter. **Valorização da água no meio urbano: um desafio possível**. Simpósio 2001.

DIAS, Erika Rodrigues. **Geração de modelo digital de elevação utilizando dados do STRM como subsídios ao planejamento e gestão territorial do município de Lucena/PB**. Caderno de geografia, v. 26, n.45, 2016.

Digital Globo. Imagem do satélite landsat. set. 2009. Acessado no programa Google Earth em 26.12.2016.

Digital Globo. Imagem do satélite landsat. de dez. 2016. Acessado no programa Google Earth em 26.12.2016.

Du, Shiqiang; Shi, Peijun; Rompaey, Anton Van; Wen, Jiahong. **Quantifying the impact of impervious surface location on flood peak discharge in urban areas**. Natural Hazards. Vol. 76, abr., 2015, p. 1457-1471. disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-014-1463-2>> acessado em 02.12.2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ), 2. ed., Rio de Janeiro, EMBRAPA-SPI, 2006. p. 306.

EVANGELISTA, Luíz Carlos da Rosa. **Enchentes, fenômeno cíclico?** Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Mestrado Profissionalizante em Engenharia com ênfase: engenharia ambiental e tecnologias limpas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, dez., 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/4855>> acessado em: <26.11. 2015>.

FAGUNDES, Larissa. **Elaboração de índice ambiental urbano através da análise de densidade populacional e superfície impermeável em bacias hidrográficas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, mar., 2002.

FAGUNDES, Fernando. **Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município do Rio Grande (PMSB) do município do rio grande. Prognóstico e proposições de alternativas para o sistema de saneamento (produto3)**. Tomo III: drenagem urbana; Engeplus, edição revisada, out. 2013. Disponível em: <[http://www.riogrande.rs.gov.br/planosaneamento/arquivos/home/\(3\)\\_Prognostico\\_e\\_proposicao\\_de\\_alternativas-Tomo\\_III-Drenagem\\_Urbana.pdf](http://www.riogrande.rs.gov.br/planosaneamento/arquivos/home/(3)_Prognostico_e_proposicao_de_alternativas-Tomo_III-Drenagem_Urbana.pdf)> acessado em: <26.11. 2015>.

FAVA, Maria Clara; MENDIONDO, Eduardo Mário; SOUZA, Vladimir Caramori B.; ALBUQUERQUE, João Porto de; UHEYAMA, Jó. **Proposta metodológica para previsões de enchentes com uso de sistemas colaborativos**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17 a 22 de nov. de 2013, Bento Gonçalves. Disponível em: < [http:// www.agora.icmc.usp.br/ site/ wp-content /uploads /2014/09/Fava-et-al.-2013-Proposta- Metodol%C3%B3gica-para- Previs%C3%B5es-de-Enchentes-com-Uso-de-Sistemas-Colaborativos.pdf](http://www.agora.icmc.usp.br/site/wp-content/uploads/2014/09/Fava-et-al.-2013-Proposta-Metodol%C3%B3gica-para-Previs%C3%B5es-de-Enchentes-com-Uso-de-Sistemas-Colaborativos.pdf)> acessado em: <15.12.2016>

FERNANDES, Guilherme Alves Garcia; ARAÚJO, Hélio Lopes; FERREIRA João Paulo; GIONGO, Pedro Rogério. **Fotointerpretação aplicada na identificação do uso do solo na região de Patrocínio – MG**. 7ª Jornada Acadêmica, Universidade de Santa Helena, Goiás, nov., 2013. Disponível em: < [http://www.anais.ueg.br /index.php/jaueg/article/view/6760](http://www.anais.ueg.br/index.php/jaueg/article/view/6760)> acessado em: <2.12.2016>

FERNANDES, Fernando Hiago Souza, MOREIRA, Adriana Aparecida; COSTA, André de Oliveira; NERY, César Vinícius Mendes. **Delimitação das áreas de preservação permanente no município de Monte Azul/MG**. Revista Monografias Ambientais – REMOA, v.14, n.1, jan.- abr., 2015, p.154 – 165. Disponível em: < <file:///D:/Raiz/downloads/15310-80995-1-PB.pdf>> acessado em: <07.02.2016>

FILHO, Frederico Carlos Martins de Menezes; AMARAL, Daiany Basília. **Histórico da expansão urbana e ocorrência de inundações na cidade de Cuiabá-MT**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 26 (1), jan./abr., 2014. P. 159 a 170. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v26n1/0103-1570-sn-26-1-0159.pdf>> acessado em <26.12.2016>

FINKLER, Raquel. **Técnicas e práticas de gestão de bacias hidrográficas**. Projeto rede ambiental do MP-PR, 2014. Disponível em: [www.planejamento.mppr.mp.br/modules/conteudo/conteugo.php?conteudo=2810](http://www.planejamento.mppr.mp.br/modules/conteudo/conteugo.php?conteudo=2810). Acessado em: 5.8.2016.

FLETCHER, Tim D.; SHUSTER, Guilherme; HUNT, William F.; Ashley, Richard; BUTLER, David; SCOTT, Arthur; TROWSDALE, Sam; BARRAUD, Sylvie; SEMADENI-DAVIES, Annette; BERTRAND-KRAJEWSKI, LUC, Jean; MIKKELSEN, Peter Steen, RIVARD, Gilles, UHL, Mathias; DAGENAIS, Danielle; VIKLANDER, Maria. **SUDS, LID, BMPs, WSUD e mais - A evolução e aplicação da terminologia em torno da drenagem urbana**. Urban Water Journal, 12: 7, 525-542, 2015.

FLORES, Alice Mainjeri; SAMUEL, Paulo Robson; GUERRA, Terezinha. **As políticas públicas, com ênfase em saneamento, na bacia hidrográfica do Rio Gravataí**. RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/109911>> acessado em: <26.11. 2015>.

GARCIA, Joaquim Ignacio Bonnacarrère. **Monitoramento hidrológico e modelagem da drenagem urbana da bacia hidrográfica do arroio Cancela**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria, 2005.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2ª edição revista e atualizada. Editora Edgard Blücher. São Paulo, 1988.

GARCIA, Raphael Antonius Luyten; VALENTINI, Carla Maria Abido; FARIA, Rozilaine Aparecida Pelegrine Gomes de. **Aspectos ambientais do Córrego do Barbado em Cuiabá-MT**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.11, n.22; 2015. p. 243 á 263. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia\\_Biosfera\\_2015\\_084](http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_084)> acessado em <26.12.2016>

GALDINO, Yara da Silva Nogueira; ANDRADE, Liza Maria Souza de. Interações entre a cidade e paisagem ao longo da sub-bacia do Barbado, Cuiabá-MT. **Encontro Nacional Da ANPPAS**, v. 4, 2008. Disponível em:<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT8-477-192-20080430122021.pdf> acessado em: <26.12.2016>

HIRUMA, Silvio Takashi; PONÇANO, Waldir Lopes. **Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfológicos na área do alto rio Pardo, SP e MG**. Ver. IG, São Paulo, n. 15(1/2), jan./dez., 1994. 49 – 57 p.

HADDAD, Eduardo Amaral; TEIXEIRA, Eliane. **Mapping potential losses from flood points in the municipality of São Paulo, 2008-2012**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. XVII, n. 4, out.-dez. 2014, p. 77-94.

HORA, Lucas Lobato Pio Dos Santos; ALENCAR, Marcelo Hazin; JUNIOR, Luiz Priori. **Gerenciamento de riscos de enchentes e alagamentos: uma análise da literatura**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Contribuições da

Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil. João Pessoa, out., 2016. p. 1-15.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do censo demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2013.** Disponível em: <[censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/](http://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/)> acessado em: 22.06.2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Geomorfologia.** Rio de Janeiro, 2º ed, 2009. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf>> acessado em: <04.02.2017>

ITO, João Batista Bezerra; PORTOCARRERO, Pedro de Abreu Lima. **Levantamento planialtimétrico da divisa da UFMT com o córrego do Barbado.** 19 abr. 2016.

JENSON, S.K.; DOMINGUE, J.O. “**Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis**”. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 54(11), 1988. p. 1593-1600.

JESUS, Valéria Shirley Orth de; MOTA, Shanny dos Santos; RONDON, Eliana Beatriz Nunes; CARMO JÚNIOR, Gersina Nobre da Rocha. **Revisão sistêmica sobre as implementações utilizadas em sistemas de drenagem.** 4ª encontro de engenharia de edificações e ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, nov., 2016.

JÚNIOR, Dawin. Fotografia do início da obra av. Parque do Barbado. Olhar Copa. 29.05.2013 - 10:38 disponível em: <[http://www.olhardireto.com.br/copa/noticias/exibir.asp?noticia=Comeca\\_implantacao\\_da\\_avenida\\_Parque\\_do\\_Barbado\\_video\\_e\\_fotos\\_&id=1858#!prettyPhoto](http://www.olhardireto.com.br/copa/noticias/exibir.asp?noticia=Comeca_implantacao_da_avenida_Parque_do_Barbado_video_e_fotos_&id=1858#!prettyPhoto)> acessado em: <17.03.2017>.

KIDMOSE, Jacob; TROLDBORG, Lars; REFSGAARD, Jens Christian; BISCHOFF, Nils. **Coupling of a distributed hydrological model with an urban storm water model for impact analysis of forced infiltration.** *Journal of Hydrology*. Vol. 525, jun., 2015, p. 506–520. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169415002565>> acessado em: 02.12.2016

KAREIVA, Peter; WATTS, Sean; MCDONALD, Robert; BOUCHER, Tim. **Domesticated nature: shaping landscapes and ecosystems for human welfare.** SCIENCE, vol. 316, n. 5833, jun., 2007, p. 1866-1869. disponível em: <[www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org) através do [http://faculty.washington.edu/timbillo/Readings%20and%20documents/ABRIDGED%20READINGS%20for%20PERU/kareiva\\_etal\\_2007.pdf](http://faculty.washington.edu/timbillo/Readings%20and%20documents/ABRIDGED%20READINGS%20for%20PERU/kareiva_etal_2007.pdf)> pelo site > acessado em: 30.11.2016

KAWAKUBO, Fernando Shinji; MORATO, Rúbia Gomes; CAMPOS, Kleber Cavaça; LUCHIARI, Ailton; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.: Goiânia, abr., 2005. P. 2203-2210.

KINZEL, Karin. **Medidas de controle de escoamento na fonte: estudo de caso de reservação sob piso elevado**. Trabalho de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, jul., 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/127701>> acessado em: <26.11.2015>.

KREISCHER, T.C.V.; GONÇALVES, D.M.M.; VALENTINI, C.M.A. **Aspectos hidroambientais do córrego do barbado em Cuiabá MT**. Revista Holos, ano 28, v. 1, 2012. p.86-109.

KOBAYASHI, Andrea Regina Kaneko; BACKES, Danieli Artuzi Pes. **Avaliação dos impactos das obras de mobilidade urbana para a Copa do Mundo FIFA em Cuiabá**. Revista Perspectivas Contemporâneas, v. 11, n.1, p. 188-213, jan./abr. 2016. Disponível em: < <http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/perspectivas-contemporaneas> > acessado em <26.12.2016>

LAGOEIRO, G. S. P.; COSTA, F. H. L.; LEÃO, O. M. R. **Análise morfométrica como subsídio geomorfológico para a compreensão das enchentes urbanas na bacia do rio Icarai Niterói- RJ**. Revista Geonorte, edição especial 4, v. 10, n. 1, 2014. P. 41-46.

LARANJA, Rafael Leite Brandão; LARANJA, Alyne Leite Brandão; DAMASCENO, Fernanda, DAMASCENO, Fernanda Cristina; SANCHES, Maria Ubaldina Costa; DUARTE, Mariane Xavier. Questão sanitária e ambiental, em torno da área do Córrego do Barbado do bairro Bela Vista no município de Cuiabá -MT. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO**, IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, nov. 2012.

LEGLER, Cristina. **Instrumentos tributários imobiliários municipais aplicados à drenagem urbana: estudo de caso de taxa, contribuição de melhoria e benefício fiscal em Porto Alegre, RS**. Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/55490>> acessado em: <26.11.2015>.

LICCO, Eduardo Antonio; DOWELL, Silvia Ferreira Mac. **Alagamentos, enchentes enxurradas e inundações: digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança**. Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística. Edição temática em sustentabilidade. São Paulo, vol. 5, nº. 3, dez., 2015, p. 160 -174.

LIMA, Walter de Paula. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais, Piracicaba – São Paulo. Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em:< <http://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>> acessado em: <07.02.2007>

MACHADO, R.E.; VETTORAZZI, C.A; XAVIER, A.C.. **Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnica de modelagem e geoprocessamento.** R. Brasil Ci. Solo, 2003. p. 727-733.

MAGALHÃES, Sthephane Freitas Couto de, VASCONCELOS, Tasso Torres de; FRANCELINO, Marcio Rocha; SILVA, Leonardo Duarte Batista da, SALAMENE, Samara. **Uso de geoprocessamento na estimativa da vazão da micro bacia so córrego atalaia em Macaé, RJ.** III simpósio Brasileiro de Ciências Geodésica e Tecnologias da Geoinformação: Recife, jul. 2010. P. 001-006

MANO, Rafael Simões. **Captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema.** Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, jan., 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/8742>> acessado em: <24.11. 2015>.

MARSALEK J.; JIMÉNEZ-CISNEROS B.E.; MALMQUIST, P.-A.; M. KARAMOUZ, GOLDENFUM, J.; CHOCAT, B. **Urban water cycle processes and interactions.** International Hydrological Programme (IHP) of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). France: Paris, 2006. Disponível em: <[http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41590743/Urban\\_water\\_cycle\\_processes\\_and\\_interact20160126-25622-noxtpm.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1480708709&Signature=BqH5%2FuN5%2FwwNE7eQ9BxNWcul9m8%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DUrban\\_water\\_cycle\\_processes\\_and\\_interact.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41590743/Urban_water_cycle_processes_and_interact20160126-25622-noxtpm.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1480708709&Signature=BqH5%2FuN5%2FwwNE7eQ9BxNWcul9m8%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DUrban_water_cycle_processes_and_interact.pdf)> acessado em: 01.12.2016

MARLOW, David R.; MOGLIA, Magnus; COOK, Stephen; BEALE, David J. **Towards sustainable urban water management: a critical reassessment.** Water Research, vol. 47, dez., 2013, p. 7150 – 7161. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135413008208>> acessado em 02.12.2016

MARTINS, José Rodolfo Scarati; STRENGARI, Luis Augusto Bertoni; KACUTA, Luis Gustavo; DALESSANDRO, Natalia Torres, BIANCHI, Rodrigo Hagen, MARGATO, Vitor. **Cidades Resilientes a inundações.** Seminários. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. 2015. Disponível em: <[www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id\\_arq=14206](http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=14206)> acessado em: <02.08.2016>

MAJESK, Marcela; et al. **Indicador de drenagem urbana aplicada ao município de Vitória-ES.** X ENAU, ABRH, São Pauo, set. 2014.

MELLO, Guilherme Xavier de. **Gerenciamento de drenagem urbana: uso de indicadores na análise comparativa da sustentabilidade de medidas de controle.** Trabalho de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, jun., 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/107534>> acessado em: <26.11. 2015>.

MENDONÇA, Francisco. **Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas: inovações na análise geográfica.** Revista da ANPEGE, ISSN 1679-768 X © 2003, DOI: 10.5418/RA2011.0701.0010, v. 7, n. 1, número especial, out. 2011, p. 111-118. Disponível em: <[http:// dx.doi.org/10.5418/RA2011.0701.0010](http://dx.doi.org/10.5418/RA2011.0701.0010)> acessado em: <15.12.2016>

MESQUITA, Marcus. **Fotografia de Veículos tiveram dificuldades para trafegar nas proximidades do viaduto da UFMT.** Midia News. 08.03.2016. Disponível em:< <http://midianews.com.br/cotidiano/chuva-forte-alaga-viaduto-da-ufmt-e-dificulta-o-trafego/257202>> acessado em: <17.03. 2017>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ciclo Hidrológico: Águas Subterrâneas e o Ciclo Hidrológico.** 2016. 35 Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>> acessado em: <07.08. 2016>.

MONTOVANI, José Roberto Amaro. **Uso de geotecnologia para elaboração de mapeamento de áreas suscetíveis à inundações e/ou alagamento, na bacia hidrográfica do córrego Indaiá-MS.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Três Lagoas, 2016.

MROWIEC, Maciej. **Sustainable Urban Drainage Infrastruct.** Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development. vol. 11, n. 2, 2016, p.113-118. Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2884621](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2884621)> acessado em: <30.11.2016>

MORALECO, Priscilla Deluqui; KOPPE, Valdinei Cristj; GONÇALVES, Karina Gondolo; PASA, Maria Corette. **Relação entre a qualidade ambiental do córrego do Barbado e a saúde da população do Jardim Renascer, Cuiabá-mt.** Revista Biodiversidade, v.13, n.2, 2014. p. 90-114. Disponível em: <[file:///D:/Raiz/downloads/1959-5790-1-SM%20\(2\).pdf](file:///D:/Raiz/downloads/1959-5790-1-SM%20(2).pdf)> acessado em: <26.12.2016>

MOREIRA, Taís Rizzo; SANTOS, Alexandre Rosa dos; DALFI, Raphael Lima; CAMPOS, Rafael Ferraço de; SANTOS, Gleissy Mary Amaral Dino Alves dos; EUGENIO, Fernando Coelho. **Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES.** Floresta e Ambiente, vol. 22(2), 2015, p.141-152. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.019012>>, acessado em:<2.12.2016>

MOTA, Shanny dos Santos; JESUS, Valéria Shirley Orth de; GUEDES, Débora Aparecida Souza; RONDON, Eliana Beatriz Nunes. **Diagnóstico do sistema de microdrenagem das áreas comuns da UFMT, Campus Cuiabá.** 3º Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental: Cuiabá, nov. 2015.

NASCIMENTO, Nilo de Oliveira; HELLER, Léo. **Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. V. 10, n. 1 jan./mar. 2005. p. 36-48.

NETO, D. S.; SEABRA, V. S., CORREIA, M.R.; SANTOS, A.A.B. **Identificação de áreas susceptíveis a eventos de alagamento no município de Niterói -RJ.** Revista Geonorte, edição especial 4, v. 10, n. 01, 2014. P. 473-477.

NEVES, Gustavo Zen de Figueiredo; BRISKI, Sandro José. **O uso da fotointerpretação como subsídio a análise fisiográfica no município de Conselheiro Mairinck-PR.** Researchgate jan. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/216890467> acessado em: :<2.12.2016>

NORA, Giseli Dalla; ZAMPARONI, Cleusa Aparecida Gonçalves Pereira; ROSSETTO, Onélia Carmem. **Características demográficas em áreas de risco: impactos da construção da avenida Parque do Barbado em Cuiabá–MT.** Revista Mato-Grossense de Geografia. Cuiabá, n. 16, jan/jun, 2013. p. 145 - 167 Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geografia/article/view/744>> acessado em: <26.12.2016>

NOVAES, Camila Pontin. **Determinação do grau de risco a enchente na bacia do córrego Morumbi, município de Piracicaba-SP.** Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciência e Tecnologia de Presidente Prudente. 2015. p. 148. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000393247>> acessado em: < 03.02.2017>

NUNES, Juliana Gervasio. **Análise da concepção e comportamento do sistema de aproveitamento de água de chuva em operação na UFMT, campus Cuiabá.** Dissertação de mestrado do Programa de PósGraduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, da Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2016. Disponível em <[http://200.129.241.80/ppgeea/paginas/eventos\\_defesas.php](http://200.129.241.80/ppgeea/paginas/eventos_defesas.php)> acessado em <26.12.2016>

OLIVEIRA, Ederson Dias de ; VESTENA, Leandro Redin; VESTENA, Carla Luciane Blum. **Efeitos da urbanização no ribeirão Cambará, Jandaia do Sul-PR.** Revista Equador, v. 5, n. 2, jan./jun., 2016. p. 139-158.

OLIVEIRA, Marcelo Zagonel de; VERONEZ, Mauricio Roberto; THUM, Adriane Brill; REINHARDT, Alessandro Ott; BARETTA, Luciane; VALLES, Telmo Henrique Alves; ZARDO, Douglas, SILVEIRA, Leonardo Konrath da. **Delimitação de áreas de preservação permanente: um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica (SIG).** Anais XIII simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, INPE, abr. 2007. p. 4119 – 4128.

OLIVEIRA, Adriana; SILVA, Nagila. **Determinação da concentração de metais em águas do Córrego Barbado, Cuiabá- MT.** Revista gestão sustentável ambiental, Florianópolis, v. 2, n.1, abr./set., 2013. p.47-63. Disponível em: <[http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/1288](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/1288)> acessado em: <26.12.2016>

OLIVEIRA, Anna Hoffmann; SILVA, Mayesse Aparecida da; SILVA, Marx Leandro Naves; AVANZI, Junior Cesar; CURI, Nilton; LIMA, Gabriela Camargos; PEREIRA, Paulo Henrique. **Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo na Sub-Bacia do Salto, Extrema, MG**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 1, p. 143-154, jan./mar, 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/4457/445744111013.pdf>> acessado em: <06.02.2017>

PANIZZA, Andrea de Castro; FONSECA, Fernanda Padovesi. **Técnicas de interpretação visual de imagens**. GEOUSP, Espaço e Tempo, São Paulo, n. 30, 2011 pp. 30 – 43 <http://www.revistas.usp.br/geousp/article/viewFile/74230/77873>

PAZ, Adriano Rolim; SERRA, Larissa Santana; SILVA, **Marcela Rafaela de Freitas; MELLER, Adalberto**. **Reducing computational runtime of two-dimensional urban inundation model by dynamic domain reshaping**. J. hydrol. Eng., 21(2), 2016.

PEITER, Claudia Maria. **Desastres naturais: enchentes e inundações e o papel do estado e da sociedade na gestão de segurança pública**. Dissertação de mestrado. Universidade do vale do Itajaí. Jun. 2012. Disponível em: <<http://siaibib01.univali.br/pdf/Claudia%20Maria%20Peiter.pdf>> acessado em: <5.12.2016>

PEIXOTO, Dario Dias; CABRAL, Douglas da Silva.. **Setorização das áreas de alto e muito alto risco geológico do município de Cuiabá – MT. XV Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**: Bento Gonçalves, out., 2015. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15237>> acessado em <26.12.2016>

PINA, Maria de Fátima; SANTOS, Simone M.. **Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartográfica aplicados a saúde**. Brasília: OPAS, 20 ed., fev., 2000.

PORTO, Rubem La Laina; FILHO, Kamel Zahed; SILVA, Ricardo Martins da. **Bacias hidrográficas**. Apostila. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, PHD 307 – Hidrologia aplicada, 1999. p. 32.

RATHKE, Thiago Alex. **Medidas de controle pluvial no lote: pavimentos permeáveis e telhados verdes**. Trabalho de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, jul., 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/65442>> acessado em: <26.11.2015>.

REIS, Patrícia Antunes dos. **Identificação de áreas vulneráveis as enchentes e inundações em áreas urbanas através de modelos topográficos e hidráulicos**. **Dissertação de mestrado em engenharia civil da Universidade Federal de Uberlândia**. Uberlândia, jun., 2015, p. 125.

REGO, Thalyta Lopes. **Chuvvas e inundações em Goiânia: dinâmica atmosférica e áreas de risco**. Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-

Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2015. Disponível em: < <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5128>> acessado em: <05.12. 2016>.

RIBEIRO, R. S. **Fotografia da Universidade Federal de Mato Grosso**. Memória SECOMM, UFMT, Téc. do arquivo, (2013).

RIGHI, Eléia. **Metodologia para zoneamento de risco a inundações graduais**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, abr., 2016.

RIGHETTO, A.M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A. **Manejo de águas pluviais urbanas**. PROSAB 5, Natal, 2009.p.19-73.

RODRIGUES, Edson. Fotografia da obra Avenida Parque do Barbado. SECOPA. 21.10.2013 – 16:00 disponível em: < [http://www.olhardireto.com.br/copa/noticias/exibir.asp?noticia=Avenida\\_Parque\\_do\\_Barbado\\_ira\\_integrar\\_motoristas\\_ciclistas\\_e\\_pedestres\\_fotos\\_&id=4988#!](http://www.olhardireto.com.br/copa/noticias/exibir.asp?noticia=Avenida_Parque_do_Barbado_ira_integrar_motoristas_ciclistas_e_pedestres_fotos_&id=4988#!) Pretty Photo> acessado em: <17.03. 2017>.

RÜHRWIEM, Daniel Felipe. **Desenvolvimento de vídeo educacional como instrumento de medida mitigadora na drenagem urbana: aplicação na bacia da vila Santa Isabel, Viamão-RS**. Trabalho de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, jul., 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/78212>> acessado em: <26.11. 2015>.

SANTOS, Luiza Fernandes Martins dos. **SIG e álgebra de mapas na elaboração de um mapa de potencial de erosão em áreas de silvicultura**. UNESP - Universidade Estadual de Paulista. Guaratinguetá, 2011. disponível em: < [http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/21016/santos\\_lfm\\_tcc\\_guara.pdf?sequence=1](http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/21016/santos_lfm_tcc_guara.pdf?sequence=1)> acessado em: <07.02.2016>

SCHIAVO, Bruna Nascimento de Vasconcellos; HERTZ, Ângela Maria Klein, CORTE, Ana Paula Dalla; SANQUETTA, Carlos Roberto. **Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria RS**. Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental: santa Maria, v. 20, n. 1, jan./abr., 2016. P. 464-474.

SECID. Projeto de desapropriação da avenida córrego do Barbado. Postado por Rota de desapropriação em 23 maio 2011 às 09 h e 09 min. Disponível em: < <http://tonarotadadesapropriacao.blogspot.com.br/2011/05/projeto-bdesapropriacao-barbado.html>> acessado em:<17.03.2017>.

SECOPA – Secretaria Extraordinária da Copa do Mundo FIFA 2014. **O veículo leve sobre trilhos da região metropolitana do Vale do Rio Cuiabá – RMVRC**. Palestrante Maurício de Souza Guimarães. 19ª Semana de Tecnologia Metroferroviária. Associação dos Engenheiros de Metrô – AEAMESP. Centro de Convenções Frei Caneca, São Paulo: 10 a 13 de set. 2013. Disponível em:

<http://www.aeamesp.org.br/biblioteca/stm/19smtf130913pl09t03.pdf>> acessado em: <17.03.2017>.

SECOPA – Secretaria Extraordinária da Copa do Mundo FIFA 2014. **Projeto básico de Implantação da Avenida Parque do Barbado**. nov. 2013.

SILVA, Denis Pinheiro da; MACIEL, Maria de Nazaré Martinz; COSTA, LUÍZ Rodolfo Reis., RIOS, Estéfany Gurgel. **O uso de sistemas de informação geográfico para fins de caracterização morfométricas da bacia do rio Apéu**. Revista Instituto Histórico e Geográfico do Pará. Belém, v. 02, n. 02, jul./dez., 2015. P. 35-45.

SILVA, Fernando Pereira; TAKATA Rodrigo Tsuyoshi; RODRIGUES, Daniel Victor Brito. **Problemas socioambientais no córrego do Barbado, trecho do bairro Jardim das Américas, Cuiabá – MT**. XVIII Encontro Nacional de Geógrafos. São Luís, jul. 2016. Disponível em <[http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1468288948\\_ARQUIVO\\_Trabalho\\_ENG\\_Versao\\_Final\\_.pdf](http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1468288948_ARQUIVO_Trabalho_ENG_Versao_Final_.pdf)> acessado em <26.12.2016>

SILVA, Douglas Antônio Nascimento e; SILVA, Márcio Luiz da; LEONARDI, Fernanda Aparecida. **Geoprocessamento aplicado ao planejamento urbano: proposta preliminar de expansão urbana no município de Inconfidentes – MG**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 08, n. 04, 2015. P. 1191-1205

SILVA, Darllan Collins da Cunha e; FILHO, José Luiz Alburquerque, SALES, Jomil Costa Abreu; LOURENÇO, Roberto Wagner. **Uso de indicadores morfométricos como ferramenta para avaliação de bacias hidrográficas**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 09, n. 02, 2016. P. 627-642.

SILVA, Claudio Santos da. **Inundação em Pelotas/RS: o uso de geoprocessamento no planejamento paisagístico e ambiental**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, nov., 2007.

SINGH, Vijay P.; FIORENTINO, M. **Geographical information systems in hydrology**. Springer Science Business Media, B. V., 1996.

SILVA, Ardemirio de Barros. Sistema de Informações Geo-referenciadas – conceitos e fundamentos. Campinas: Editora UNICAMP, 2003.

SILVA, José Álvaro da. **Diagnostico do sistema de abastecimento de água do campus da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso em Cuiabá como subsidio a uma proposta de uso racional da água**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, jun. 2015.

SILVA, Fabiana Carolina Melo da; SILVA, Ormandes Matos; CÂNDIDO, Anny Keli Aparecida Alves. **Seleção de técnicas de classificação de fotografia aérea derivadas de vant na análise ambiental de área de cerrado**. DEMA. Revista eletrônica do PRODEMA: fortaleza, v. 10, n. 1, jan/jun. 2016. p. 74-87.

SILVA, Mycheel Pereira. Fotografia da obra da Av. Parque do Barbado após fechamento de córrego. Arquivo pessoal. 19.05.2014.

SILVA, Bruno Jardim da; PEREIRA, Osmário Sousa; ASSIS, Wilson Antônio Victor de; MORAES, Luiz Roberto Santos. **O componente drenagem urbana no plano municipal de saneamento ambiental de Alagoinhas, Bahia**. fev. 2013. Disponível em: <<http://www.saneamentobasico.com.br/portal/wp-content/uploads/2013/02/DRENAGEM-URBANA.pdf>>. Acesso em: <17.03.2017>.

SILVEIRA, Alexandre; GUARIENTI, Rosângela Maria; LIMA, Eliana Beatriz Nunes Rondon. **Análise dos aspectos fisiográficos, socioeconômicos, de saneamento e de uso e ocupação do solo utilizando uma bacia hidrográfica urbana como unidade territorial: estudo de caso da bacia do Córrego Barbado (Cuiabá-MT)**. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 5, n. 2, ago, 2013. p. 154 a 166. Disponível em: <<http://www.revistaret.com.br/ojs-2.2.3/index.php/ret/article/view/139>> acessado em <26.12.2016>

SOUZA, Laudyana Aparecida Costa e; ALMEIDA, Gleicca Sanábria de; SANTOS, Letícia Veríssimo dos; SOUZA, Fernanda Silveira Carvalho de; MORAES, Gislaine Maressa dos Santos. Aspectos hidrológicos e socioambientais do Córrego do Barbado, em Cuiabá-Mato Grosso **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO**, IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, nov. 2012.

SOUZA, Christopher Freire. **Mecanismos técnico-institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana**. Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, abr., 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/6727>> acessado em: <26.11. 2015>.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial. Tese de doutorado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, abr. 2002. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/3006>> acessado em: <26.11. 2015>.

STRAHLER, Arthur N. **Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology**. Transactions, American Geophysical Union. Vol. 38, n. 6, dez. 1975. p. 913-920. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR038i006p00913/epdf> acessado em 07.02.2017

TASSI, Rutinéia. **Efeitos dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana**. Dissertação de Mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, dez., 2002. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/1818>> acessado em: <24.11. 2015>.

TEODORO, Valter Luiz Iost; et. al. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista UNIARA, n. 20, 2007.

TEIXEIRA, Tita Mara. Chuva alaga obras da Copa, inunda shopping e policlínica do Planalto. **Repórter MT**. Cuiabá, 28 out. 2013. Disponível em: <<http://www.reportermt.com.br/cidades/chuva-alaga-obras-da-copa-inunda-shopping-e-policlinica-do-planalto/29986>>. acessado em: <17.03. 2017>.

TEMBLA, Plínio. **Fundamentos da fotogrametria**. Departamento de cartografia. Universidade Federal de Minas Gerais. 2000. Disponível em: < <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/fotogrametria.pdf>> acessado em: <13.01.2017>

TINGSANCHALI, T. **Urban flood disaster management**. Procedia Engineering, v.32, 2012. p. 25–37. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812012647>>. acessado em: <27.12. 2016>.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre:ABRH/RHAMA, 2007. 393 p.

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas**. Estudos Avançados, v. 22, n.63, São Paulo,2008.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das inundações urbanas**. UNESCO, Porto Alegre, jun. 2005.

TUCCI, C. E. M. **Águas no meio urbano**. Porto Alegre, cap. 14, livro águas doce, 1997. 40 p. disponível em < [http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros\\_documentos\\_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas](http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas)> acessado em 22.06.2016.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia ciência e aplicação**. Editora da UFRGS/ABRH.4 ed., 5ª reimp., Porto Alegre, 2013.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Regulamentação da drenagem urbana no Brasil**. REGA, Porto Alegre, v. 13, n. 1,p. 29-42, jan./jun. 2016

TUNDISI, José Galizia. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos**. Revista USP, São Paulo, n.70, jun./ago. 2006. p. 24-35 Disponível em:< [file:///D:/Raiz/downloads/13529-16504-1-PB%20\(1\).pdf](file:///D:/Raiz/downloads/13529-16504-1-PB%20(1).pdf)> acessado em: <07.08. 2016>.

TSIHRINTZIS, Vassilios A.; HAMID, Rizwan; FUENTES, Hector R. **Use of geographic information systems (GIS) in water resources: a review**. Water Resources Management , n. 10, 1996. p. 251-277.

VALENTE, Antônio Luís Schifino. **Integração de dados por meio de geoprocessamento, para a elaboração de mapas geotécnicos, análise do meio físico e suas interações com a mancha urbana: o caso de Porto Alegre (RS)**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 1999.

VALENTE, Antônio Luis Schifino. **Uma metodologia para determinação de área de risco, através de geoprocessamento e sensoriamento remoto**. INPE, Anais VIII Simposio Brasileiro de sensoriamento Remoto: Salvador, abr., 1996 p.417-420.

VELÁSQUEZ, Leila Nunes Menegasse. **Efeitos da urbanização sobre o sistema hidrológico: aspectos da recarga no aquífero freático e escoamento superficial – área piloto: sub bacias Sumaré e Pompéia, município de São Paulo**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo 1996.

VERDIN, K.L.; VERDIN, J.P. **A topological system for delineation and codification of the Earth's river basins**. Journal of hydrology. V. 218, issues 1-2, may, 1999. p. 1-12.

VENTURA, R. M. G.; **Caracterização ambiental e hidrológica da bacia do córrego barbado em Cuiabá-MT**. 2011.112p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

VIEIRA, José Manuel Pereira. **Gestão da água em Portugal. Os desafios do plano nacional da água**. Revista Engenheiro Civil Um: Braga, Portugal, n. 16, 2003.

VILELA, Bruno Ozório. Risco biológico em enchentes e inundações e a atividade bombeiro militar. **Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**. Florianópolis, maio, 2012, p. 63

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975

WILSON, John P.; MITASOVA, Helena; WRIGHT, Dawn J. **Water Resource Applications of Geographic Information Systems**. URISA Journal , vol. 12, n. 2, 2000. Disponível em: < Disponível em: < <http://opensiuc.lib.siu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1455&context=jcwre4>> acessado em: <07.08. 2016>.

WILKEN, Paulo Sampaio. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo, Companhia de Tecnologias de Saneamento Ambiental, 1978. 477 p.

WONG, Tom H. F. **Water Sensitive Urban Design - the Journey Thus Far**. Environment Design Guide, aug. p. 1–11, 2007.

WWF-Brasil. **Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai – Porção Brasileira – Período de Análise: 2002 a 2008**. Iniciativa: CI – Conservação Internacional, ECOA, Ecologia e Ação, Fundación AVINA, Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil. Brasília, 2009.

YIN, Jie; YU, Dapeng; WILBY, Rob. **Modelling the impact of land subsidence on urban pluvial flooding: A case study of downtown Shanghai, China**. Science of The Total Environment, Vol. 544, 15 February 2016, p. 744–753. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.159>> acessado em: <01.12.2016>

Z Aidan, Ricardo T. **Fotointerpretação e sensoriamento remoto**. Departamento de Geociências, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal do Juiz de Fora. 2009. Disponível em: <[http://www2.sorocaba.unesp.br/professor/robertow/arquivos\\_2009/SR%202009\\_1/Apostila%20Foto.pdf](http://www2.sorocaba.unesp.br/professor/robertow/arquivos_2009/SR%202009_1/Apostila%20Foto.pdf)> acessado em: <30.01.2017>

Zamparoni, Cleusa A. Gonçalves Pereira. **Riscos e desastres naturais em ambiente urbano: o exemplo de Cuiabá/MT**. Revista Brasileira de Climatologia, ano 8, vol. 10, jan/jun 2012. p. 7 a 20. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v10i1.30581>> acessado em: <26.12.2016>

Zamparoni, Cleusa Aparecida Gonçalves Pereira. **Áreas de riscos, mobilidade urbana, vulnerabilidade e o poder público em Cuiabá/MT: porque a população continua vivendo nas áreas de risco do Córrego do Barbado?** Revista Brasileira de Climatologia, Ano 10, v. 14, jan./jul 2014. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/38173>> acessado em: <26.12.2016>

Zorzo, Abssa Prado; Paes, Rafael Pedrollo de. **Estudo sobre os condicionantes de alagamentos na Avenida Fernando Corrêa da Costa, Cuiabá/MT**. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília, nov. 2015. Disponível em: <[http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-1056\\_estudo-sobre-os-condicionantes-de-alagamentos-na-avenida-fernando-correa-da-costa-cuiabamt](http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-1056_estudo-sobre-os-condicionantes-de-alagamentos-na-avenida-fernando-correa-da-costa-cuiabamt)> acessado em: <26.12.2016>

Zorzo, Abssa Prado. **Estudo sobre os condicionantes de alagamentos na avenida Fernando Corrêa da Costa, Cuiabá/MT**. Trabalho de Graduação da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, fev. 2015.