



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**INFLUÊNCIAS DA CAPACIDADE DE DISPONIBILIZAÇÃO HÍDRICA (DO
RESERVATÓRIO DE SANTA MARIA) - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
TORTO/SANTA MARIA – DF**

LÍVIA PERES CARNEIRO DE MENDONÇA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BRASÍLIA/DF

MARÇO/2020



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**INFLUÊNCIAS DA CAPACIDADE DE DISPONIBILIZAÇÃO HÍDRICA (DO
RESERVATÓRIO DE SANTA MARIA) - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
TORTO/SANTA MARIA – DF**

LÍVIA PERES CARNEIRO DE MENDONÇA

**ORIENTADORA: PROF.A. DR.A. MARILUSA PINTO
COELHO LACERDA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2020



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**INFLUÊNCIAS DA CAPACIDADE DE DISPONIBILIZAÇÃO HÍDRICA (DO
RESERVATÓRIO DE SANTA MARIA) - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
TORTO/SANTA MARIA – DF**

LÍVIA PERES CARNEIRO DE MENDONÇA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

APROVADA POR:

**MARILUSA PINTO COELHO LACERDA, Doutora, Professora Associada IV/
Universidade de Brasília/marilusapcl@gmail.com**

**MARINA ROLIM BILICH NEUMANN, Doutora, Professora Adjunta
III/Universidade de Brasília/unbmarina@gmail.com**

**ELVIO SANDRI, Doutor, Professor Associado I/Universidade de Brasília/
sandri@unb.br**

BRASÍLIA/DF, 16 DE MARÇO DE 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Mendonça, Lívia Peres Carneiro de
 Influência da capacidade de disponibilização hídrica (do reservatório de Santa Maria) - Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria - DF / Lívia Mendonça orientação de Marilusa Pinto Coelho Lacerda. – Brasília, 2020.
 139 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2020.

1. Uso e ocupação das Terras. 2. Sistema Torto/Santa Maria. 3. Nível dos reservatórios. 4. Precipitação pluviométrica. 5. Índice de Qualidade de Água. I. Lacerda, M.P.C. II. Influências da capacidade de disponibilização hídrica (do Reservatório de Santa Maria) – Sistema de Abastecimento de Água Torto/Santa Maria – DF.

CDD ou CDU
 Agris / FAO

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MENDONÇA, L.P.C. Influências da capacidade de disponibilização hídrica (do Reservatório de Santa Maria) – Sistema de Abastecimento de Água Torto/Santa Maria – DF. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2020, 139 p. Dissertação de Mestrado.

NOME DO AUTOR: LÍVIA PERES CARNEIRO DE MENDONÇA

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INFLUÊNCIAS DA CAPACIDADE DE DISPONIBILIZAÇÃO HÍDRICA (DO RESERVATÓRIO DE SANTA MARIA) - SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TORTO/SANTA MARIA – DF

GRAU: MESTRADO

ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: Lívia Peres Carneiro de Mendonça

Endereço. SQN 114, bloco G, apto 513. Asa Norte, Brasília – DF.

Tel. 38 99916-5770

E-mail: liviapcm@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus pelas infinitas graças e possibilidades que Ele proporciona diariamente em minha caminhada e por este milagre diário chamado vida.

Em segundo lugar agradeço a minha família, por todo apoio, abdicação, e por sempre me proporcionarem as melhores oportunidades e possibilidades de estudo. Por me mostrarem sempre com amor o melhor rumo e pela paciência e aceitação por todas as minhas escolhas.

Agradeço aos amigos, pelas palavras de incentivo e por entenderem as minhas constantes ausências, pela torcida, pelo afeto e por todo o encorajamento que tenho recebido ao longo dessa caminhada.

Agradeço ainda a minha orientadora, professora Marilusa Pinto Coelho Lacerda, pela dedicação, compreensão e paciência ao longo deste trabalho.

Agradeço a toda a família GEOPED, em especial ao Manuel, pelo altruísmo e generosidade demonstrados com nosso ambiente de estudos ao longo dos trabalhos e pesquisas acadêmicas.

Agradeço aos bons profissionais da docência e da Agronomia, que me fazem acreditar na promoção de uma agropecuária competitiva, sustentável, aliada à pesquisa e tecnologia e que promova o bem-estar do produtor rural, da sociedade de consumo, responsiva em produtividades, de forma a propiciar um desenvolvimento justo, democrático e limpo, elevando o nosso país à potencial mundial que este está estruturado para ser.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	X
RESUMO GERAL	XI
ABSTRACT	XIII
I.INTRODUÇÃO GERAL	1
II. JUSTIFICATIVA.....	5
III. OBJETIVO	7
. III.1 OBJETIVO GERAL.....	7
III.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
IV. REFERENCIAL TEÓRICO	7
IV.1 INSTRUMENTOS PARA GESTÃO DO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS	7
IV.2 AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS ...	10
IV.3 USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO.....	14
IV.4 IMAGENS DE SATÉLITE.....	19
IV.5 SÉRIES HISTÓRICAS COMO FERRAMENTA PARA ESTUDO DE MUDANÇAS NO USO DE TERRAS E CARACTERÍSTICAS DE CORPOS HÍDRICOS	24
IV.6 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	26
V. ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS E A RELAÇÃO COM A PERMEABILIDADE DOS SOLOS.....	31
VI. ATRIBUTOS DA ÁGUA BRUTA.....	35
VII. REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO ÚNICO	68
RESUMO CAPÍTULO ÚNICO.....	68
ABSTRACT.....	69
I.INTRODUÇÃO	70
II. MATERIAL E MÉTODOS	72
II.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	72
II.2 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES SECUNDÁRIAS E ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO.....	78
II.3 USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS NA ÁREA DE ESTUDO.....	79
II.4 MAPA DE SOLOS DO COMPLEXO TORTO/SANTA MARIA	80
II.5 MAPA DE CLASSES DE DECLIVIDADE DO SISTEMA TORTO/SANTA MARIA.....	83
II.6 ESTUDO DAS SÉRIES HISTÓRICAS PROPOSTAS.....	86
II.6.1 Bacia de captação do reservatório de Santa Maria	86
II.6.2 Geração dos mapas de uso e ocupação das terras da área de estudo	87
II.6.2.1 Obtenção das imagens do satélite Landsat.....	87

II.6.2.2 Recorte das imagens de satélite Landsat e obtenção de dados das imagens	89
II.6.2.3 Classificação automatizada das imagens Landsat	89
II.6.2.5 Geração de máscara em auxílio à classificação automatizada nas imagens de satélite Landsat	90
II.6.2.6 Elaboração dos mapas de uso e ocupação das terras da área estudada.....	91
II.7 ANÁLISES DE QUALIDADE DA ÁGUA	93
III.RESULTADOS E DISCUSSÃO	95
III.1 SÉRIE HISTÓRICA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS	95
III.2 MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS DA ÁREA DE ESTUDO AO LONGO DA SÉRIE HISTÓRICA	102
III.3 QUALIDADE DA ÁGUA.....	114
III.3.1 Correlação da turbidez com o uso e ocupação das terras.....	123
III.3.2 Relação da precipitação pluviométrica e parâmetros do Índice de Qualidade de Água (IQA) na captação do RSM	125
IV. CONCLUSÕES.....	128
V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Área de influência hídrica da microbacia do Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria (DF). Fonte: CODEPLAN (1991).....	74
Figura 2: Mapa de localização das duas captações de água do Sistema Torto/Santa Maria. Fonte: Imagens Ortoretificadas (TERRACAP, 2009).....	75
Figura 3: Fito-fisionomia cerrado sensu stricto, localizada na área de influência do Complexo Torto/Santa Maria.....	77
Figura 4: Fito-fisionomia campo limpo, desenvolvida após a desocupação de chácaras na região do Lago Oeste, localizada na área de influência do Complexo Torto/Santa Maria.....	77
Figura 5: Fito-fisionomia área de transição Cerrado/Campo, localizada na área de estudo - Sistema Torto/Santa Maria.....	78
Figura 6: Fito-fisionomia Mata de galeria, com ocorrências na área do estudo.	77
Figura 7: Mapa de localização das áreas externas ao PNB: Fonte: Lima, 2003.	80
Figura 8: Mapa de solos do Sistema Torto/Santa Maria (DF). Fonte: CODEPLAN (1991).....	82
Figura 9: Mapa de declividade do Complexo Torto Santa Maria. Fonte: IBGE (2011).....	85
Figura 10: Demonstrativo da máscara utilizada para delimitação de Mata de Galeria e Reflorestamento.....	91
Figura 11: Fluxograma demonstrativo dos processos de SIG e Sensoriamento Remoto.....	93
Figura 12: Precipitação no reservatório de Santa Maria, DF, no período de 1987 a 2019.	97
Figura 13: Precipitação no reservatório de Santa Maria, DF, no acumulado de 4 anos para o período compreendido entre 1987 a 2019.....	98
Figura 14: Nível do espelho de água reservatório da barragem de Santa Maria, DF, no período de 1987 a 2019.....	99
Figura 15: Níveis do espelho de água médios no acumulado de 4 anos na barragem de Santa Maria, DF, no período de 1987 a 2019.	100
Figura 16: Precipitações anuais versus níveis de água do reservatório de Santa Maria, DF.....	101
Figura 17: Mapa de Uso e Ocupação da área de estudo – Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria no ano de 1987.....	103
Figura 18: Mapa de uso e ocupação da área de estudo - Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria do ano de 1996.....	104
Figura 19: Mapa de uso e ocupação da área de estudo - Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria doo ano de 2016.....	105

Figura 20: Mapas de uso e ocupação das terras da área estudada - Sistema Torto/Santa Maria dos anos: 1984, 1990,1993, 1999, 2001, 2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019.	108
Figura 21: Gráfico de dispersão entre as variáveis vegetação nativa e solo exposto na área estudada.....	110
Figura 22: Variações verificadas nas áreas superficiais de água no RSM nos anos de 1987, 2014 e 2016.....	112
Figura 23: Gráfico de dispersão entre as variáveis do solo exposto e espelho de água do RSM.	112
Figura 24: Parâmetro Coliformes totais da água do RSM.	116
Figura 25: Parâmetro Cor aparente da água do RSM.....	117
Figura 26: Parâmetro Turbidez do RSM.....	118
Figura 27: Parâmetro pH para o RSM.....	119
Figura 28: Parâmetro Ferro para o RSM.....	119
Figura 29: Parâmetro Nitrogênio Amoniacal para o RSM.	120
Figura 30: Parâmetro Cloreto para o RSM.....	121
Figura 31: Parâmetro DQO para o RSM.	122
Figura 32: Parâmetro carbono total para o RSM.....	123
Figura 33: Correlação da turbidez e solo exposto na área de influência do RSM.	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características dos satélites Landsat. Fonte: Adaptado do USGS. (https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites).....	22
Tabela 2: Classes de solo segundo Embrapa (2018). Fonte: Elaborado a partir de dados da CODEPLAN (1991) e classificado segundo Embrapa (2018).....	86
Tabela 3: Data da coleta das imagens Landsat utilizadas na série histórica:...	88
Tabela 4: Classes de uso encontradas na série histórica para o intervalo de 3 anos.	109
Tabela 5: Parâmetros de qualidade de água ao longo da série histórica (1991 a 2019).	115
Tabela 6: Valores obtidos para solo exposto e turbidez média nos triênios analisados.	124
Tabela 7: valores de precipitação anual e parâmetros de qualidade de água no período de 1991 a 2019.	126

RESUMO GERAL

O Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria, localizado no Parque Nacional de Brasília (PNB) constitui um dos principais sistemas de abastecimento de água para a população do Distrito Federal (DF). Este sistema é responsável pelo fornecimento de água para cerca de 25% da população do DF e inclui o Reservatório de água de Santa Maria (RSM). Nos últimos anos, verificou-se um grande aumento populacional no DF, com a ocupação antrópica desordenada nas áreas limítrofes ao PNB, que abrangem grande parte das nascentes e corpos hídricos da microbacia deste sistema de abastecimento de água. Esta ocupação antrópica pode proporcionar impactos negativos na quantidade e qualidade da água captada neste sistema. A crise hídrica de 2017 no DF foi ocasionada pelo déficit de disponibilização hídrica dos sistemas de abastecimento de água, gerando desabastecimento e racionamento de água para grande parte da população. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de fatores que contribuíram na diminuição de água nos corpos hídricos do Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria, Distrito Federal, ao longo da crise hídrica de 2017. Realizou-se a avaliação temporal dos usos e ocupações das terras na área de influência hídrica da área de estudo, em uma série histórica de 1984 a 2019, mediante técnicas de sensoriamento remoto em imagens Landsat. Verificou-se a relação da quantidade de água do RSM com a variabilidade do regime de precipitação pluviométrica ao longo de uma série histórica de 1987 a 2019. Foram, também, avaliados parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água deste sistema de abastecimento, disponibilizados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Os resultados obtidos demonstraram que os usos e ocupações das terras da área estudada sofreram pouca variação ao longo dos anos avaliados, com a vegetação nativa do PNB mantendo-se praticamente inalterada, sem efeitos negativos importantes de atividades antrópicas no sistema de abastecimento de água estudado. No entanto, constatou-se que a quantidade de água do RSM é controlada pelo regime de precipitação pluviométrica e os atributos de qualidade da água estudados não revelaram influências em relação aos usos e ocupações antrópicas. Pode-se concluir que durante a crise hídrica de 2017, o Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria foi pouco

afetado pela atividade antrópica, em função da proteção ambiental do PNB, com diminuição da quantidade de água do RSM decorrente da menor precipitação pluviométrica nos anos anteriores e aumento da demanda por água consequente do aumento populacional do DF. Verificou-se, ainda uma sazonalidade do regime de precipitação pluviométrica no DF, indicando que outras crises hídricas podem ocorrer e que as medidas de proteção ambiental com a conservação dos solos e da água são essenciais para a disponibilização de água dos corpos hídricos para o abastecimento da população do Distrito Federal.

PALAVRAS CHAVES: Sistema de abastecimento Torto/Santa Maria; Regime pluviométrico, Uso e Ocupação das terras; Captação Hídrica, Reservatório de Santa Maria, Parâmetros de qualidade da água.

ABSTRACT

The Torto/Santa Maria Water Supply System, located in the National Park of Brasília (PNB) is one of the main water supply systems for the population of the Federal District (DF). This system is responsible for the supply of water to about 25% of the population of the Federal District and includes the Santa Maria Water Reservoir (RSM). In recent years, there has been a large population increase in the Federal District, with the disordered anthropic occupation in areas bordering GNP, which cover most of the springs and water bodies of the water shed of this water supply system. This anthropic occupation can provide negative impacts on the quantity and quality of the water captured in this system. The water crisis of 2017 in the Federal District was caused by the lack of water availability of water supply systems, generating water shortages and rationing for a large part of the population. Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of factors that contributed to the reduction of water in the water bodies of the Torto/Santa Maria Water Supply System, Federal District, during the water crisis of 2017. A temporal evaluation of land uses and occupations in the water-influenced area of the study area was carried out in a historical series from 1984 to 2019, using remote sensing techniques in Landsat images. It was verified the relationship of the amount of water of the RSM with the variability of the rainfall regime over a historical series from 1987 to 2019. Physical, chemical and biological parameters of water quality of this supply system were also evaluated, made available by the Environmental Sanitation Company of the Federal District (CAESB). The results showed that the uses and occupations of the lands of the studied area underwent little variation over the years evaluated, with the native vegetation of GNP remaining practically unchanged, without important negative effects of anthropic activities in the water supply system studied. However, it was found that the amount of water in the RSM is controlled by the rainfall regime and the water quality attributes studied did not reveal influences in relation to anthropic uses and occupations. It can be concluded that during the water crisis of 2017, the Torto/Santa Maria water supply system was little affected by anthropic activity, due to the environmental protection of GNP, with a decrease in the amount of water in the MSW due to lower rainfall in previous years and an increase in water detams due to the population increase in df. It was also verified

a seasonality of the rainfall regime in the Federal District, indicating that other water crises may occur and that environmental protection measures with the conservation of soils and water are essential for the provision of water from water bodies for the supply of the population of the Federal District.

KEY WORDS: Torto/Santa Maria supply system; Rainfall, Land Use and Occupation; Water Capture, Santa Maria Reservoir, Water Quality Parameters.

.

I. Introdução Geral

No Brasil, assim como em outros países verifica-se crescente aumento populacional, resultando em maior demanda por alimentos, água e infraestrutura urbana. Esse crescimento reflete em aumento da atividade agropecuária, com acréscimo de áreas destinadas à produção agrícola, o que Bandeira et al. (2016) descrevem como fator fundamental gerador de danos ambientais.

Beckmann e Santana (2019) destacam que nos anos recentes a produção agrícola nacional tem acumulado recordes de produtividade, sendo de fundamental importância a produção no bioma Cerrado, que possibilita condições climáticas e geográficas favoráveis, o que, aliado ao aprimoramento de tecnologias, retorna em colheitas mais expressivas.

Em um país de dimensões continentais, como o Brasil, onde a grande parte da ocupação do seu território destina-se às atividades agrossilvipastoris, faz-se de extrema importância o planejamento e acompanhamento do uso e manejo sustentável das suas áreas agrícolas. De acordo com Saath e Fachinello (2018) o fator terra, seu dimensionamento e distribuição são considerados quesitos restritivos ao abastecimento da demanda mundial de alimentos, que tem uma tendência de aumento nos próximos anos.

Outro fator impactante a ser discutido é o desenvolvimento das áreas urbanas para receber esse crescente aumento populacional e que está acontecendo de forma aleatória e sem um estudo prévio, conforme destacado por Marandola Júnior et al. (2013), que concluíram ser grande o risco da ampliação das cidades e aglomerados populacionais sem o devido planejamento urbanístico.

O monitoramento do crescimento da exploração da atividade agropecuária observada nos últimos anos, bem como a verificação do cumprimento da legislação ambiental, com tendências de desmatamento e de alterações dos ambientes naturais pelas atividades antrópicas, bem como do crescimento desordenado dos ambientes urbanos, tornaram o uso de produtos e técnicas de sensoriamento remoto uma ferramenta fundamental, tanto em áreas isoladas como em regiões mais desenvolvidas e urbanizadas (SAITO et al., 2016).

Como subsidio em estudos desta natureza, o geoprocessamento tem se afirmado como uma ferramenta eficiente, de modo a possibilitar o armazenamento e manipulação de grande quantidade de dados georreferenciados por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG), aliado às técnicas de sensoriamento remoto (PEDRON et al., 2006). De acordo ao disposto Shimabukuro et al. (2009) tal tecnologia promove mapeamentos digitais de recursos naturais, estudos em séries históricas de uso e ocupação das terras, entre tantas outras aplicações nas diversas áreas do conhecimento.

Salienta-se que o estudo do uso e ocupação das terras em uma região é de extrema importância na avaliação da evolução em cada ocupação de modo sustentável aos recursos naturais, particularmente solos e água (NUNES e ROIG, 2016). Neste sentido, Machado e Baptista (2016) dispõem que o sensoriamento remoto tem aplicações para verificação tanto do estado trófico da água como ainda para analisar parâmetros individuais das águas.

As avaliações do crescimento de áreas ocupadas por atividades agropecuárias e urbanas de uma região auxiliam o estudo da influência das atividades antrópicas nas características naturais do meio ambiente, uma vez que o aumento da atividade antrópica demanda acréscimos na captação de água e em maior utilização dos solos (ULIANA et al., 2015).

Chaves et al. (2010) ressaltam que a atividade antrópica em um ambiente anteriormente natural, com crescimento sem planejamento de uso e ocupação sustentáveis de suas terras, além da geração de impactos ambientais, proporciona, problemas ao meio social, com a diminuição da qualidade de vida da população envolvida.

Para um crescimento urbano ordenado é necessário que este seja coerentemente avaliado em conjunto com o ambiente natural. A ocupação das terras deve ser feita de modo a propiciar a preservação dos recursos naturais. De acordo com Souza et al. (2012) o desenvolvimento antrópico próximo às áreas de vegetação nativa e aos mananciais deve obedecer à legislação ambiental e deve acompanhar a manutenção da qualidade dos solos, do ar e da água, verificando em cada caso a proporção legalmente obrigatória de preservação da vegetação nativa em áreas de encostas, nascentes, ao longo dos cursos de água e outras.

Para Santos e Hernandez (2013) a manutenção dos recursos hídricos de uma região é de fundamental importância para o seu desenvolvimento, uma vez que este recurso é alvo de grande exploração para os diversos fins e destinações. Assim, para um desenvolvimento economicamente viável e ambientalmente correto deve-se promover a gestão integrada da água e das bacias hidrográficas como unidades de planejamento (CARVALHO, 2014).

Embora o monitoramento dos recursos hídricos ainda seja precário no Brasil, deverá ser de fundamental importância nas ações futuras, tanto na elaboração de políticas públicas para liberação do uso da água quanto no tocante à fiscalização efetiva deste uso, uma vez que, como já destacado por Costa et al. (2015) a diminuição dos níveis dos mananciais está se agravando ao longo dos anos no território brasileiro, refletindo em problemas de abastecimento de zonas urbanas bem como em decréscimos no abastecimento para manutenção das atividades produtivas nas zonas rurais.

No Distrito Federal (DF), o abastecimento de água para a população é realizado em sua maior parte por intermédio de dois reservatórios de água, denominados de Descoberto e Santa Maria. O reservatório de Santa Maria situa-se na região oeste de Brasília (DF), nas proximidades do Parque Nacional de Brasília (PNB), sendo abastecido por três córregos, denominados Milho Cozido, Vargem Grande e Santa Maria, que constituem uma microbacia hidrográfica (DIAS e WALDI, 2013).

De forma complementar ao abastecimento de água nessa região, utiliza-se, também, águas do córrego Três Barras e do ribeirão Tortinho, formando o complexo de abastecimento de água denominado Torto/Santa Maria. Segundo Azevedo e Barbosa (2011) esta região apresenta ocupação desordenada das terras, o que pode levar a poluição dos corpos de água, além de danos aos solos como empobrecimento e impermeabilização, e que poderá refletir na diminuição do potencial produtivo dos solos e da captação da água pluvial.

O reservatório do Descoberto é responsável pelo abastecimento de cerca de 60% da população do DF e entorno (CARMO et al., 2005), enquanto o complexo Torto/Santa Maria por cerca de 25% do abastecimento total nesta mesma região. Existem outras captações menores ao longo da bacia do Lago Paranoá que agem de forma complementar neste abastecimento (AQUINO et al. 2009).

No Distrito Federal, tal como em várias regiões do Brasil, verifica-se grande crescimento populacional, acompanhado do acréscimo das atividades agropecuárias e da conseqüente urbanização. De acordo com Angelo et al. (2018) tal crescimento segue a mesma tendência do restante do país, ocorrendo de forma desordenada, sem um planejamento ambiental prévio, que vise à manutenção da qualidade dos recursos naturais, especialmente dos solos e recursos hídricos. Moreira e Boaventura (2003) salientam que a interferência antrópica tem correlação positiva com o aumento dos níveis de poluição em bacias hidrográficas.

Desta forma, a demanda por alimentos e água aumentou de maneira significativa nas últimas décadas, provocando a partir de 2017 uma séria crise hídrica no Distrito Federal e segundo Silva et al. (2019), nesse período houve diminuição dos níveis de água dos reservatórios do Descoberto e de Santa Maria. Tais reservatórios atingiram níveis críticos de desabastecimento, levando ao racionamento de água no DF para as atividades agropecuárias e atendimento às necessidades da população. Ainda de acordo com os mesmos autores a crise hídrica no DF pode ainda estar relacionada à diminuição do regime de chuvas nos anos de 2015 a 2017, além de altas temperaturas, ocupação desordenada das terras, diversas captações hídricas clandestinas, além do aumento da população e falta de obras estruturais para atender a maior demanda.

Diante ao exposto verifica-se a necessidade da manutenção e preservação dos recursos hídricos no Distrito Federal, uma vez que nessa região existem cursos d'água de pequeno porte, em sua maioria corresponde às nascentes, que abastecem as principais bacias hidrográficas do Brasil (Araguaia-Tocantins, Paraná e São Francisco), conforme já sinalizado por Moura et al. (2010).

Deve-se ainda priorizar a manutenção da qualidade dos solos, mantendo condições satisfatórias para uso agrícola e preservando sua estrutura, de modo a permitir a preservação das suas capacidades de captação, infiltração e retenção hídrica, visando o fornecimento subterrâneo de água dos lençóis freáticos. É importante frisar a necessidade do abastecimento das bacias hidrográficas, o que contribui para a manutenção de um ambiente em equilíbrio (GOMES et al., 2012).

Moreira et al. (2015) salientam a necessidade da manutenção sustentável do uso e ocupação das terras, como premissa para diminuir o impacto da interferência antrópica na capacidade de retenção e disponibilização hídrica dos solos e o abastecimento dos lençóis freáticos.

A partir deste cenário, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de fatores que contribuíram na diminuição de água nos corpos hídricos na microbacia do Sistema de Abastecimento de Água Torto/Santa Maria, Distrito Federal, ao longo da crise hídrica de 2017.

II. Justificativa

A crise hídrica ocorrida no Distrito Federal em 2017 e com reflexos em 2018 levou a um grande desabastecimento de água para a população rural e urbana. De acordo com Cunha et al. (2018), esse desabastecimento foi promovido pela diminuição da precipitação pluviométrica desde o ano de 2015, estendendo-se com baixos índices até o ano de 2017, sendo que o reflexo direto da menor precipitação pluviométrica no período foi a diminuição dos níveis de água dos reservatórios que promovem a captação de água para a distribuição nesta região

Neste sentido, Santos e Kóide (2016) alertaram que a diminuição das recargas de água nas bacias não pode estar relacionada apenas aos dados climáticos, mas sofre influência direta das atividades antrópicas, que promovem menor infiltração das águas nos perfis dos solos, pois promovem maior impermeabilização destes. Salientam ainda que com a maior ocupação humana em áreas anteriormente protegidas existe a tendência da diminuição do volume dos mananciais em resposta ao maior consumo de água e menor preservação de nascentes hídricas.

A ocupação humana localizada nas proximidades de áreas de captação de água pelos órgãos competentes e mananciais no Distrito Federal, tem como consequência direta, um conflito relacionado tanto às diferentes destinações dos recursos hídricos como ainda em decorrência dos vários usos e ocupações das terras adjacentes (CHRISTOFIDIS, 2013). Destaca-se, ademais, que as áreas de conservação destinadas à manutenção dos corpos hídricos, bem como das nascentes, não abrangem em sua totalidade as bacias de sua influência,

apresentando constantemente conflitos com a ocupação antrópica (MENEZES et al., 2016).

Diversos estudos, como o levantado por Cordeiro (2016) apontam que a qualidade das águas sofre influência direta da ocupação humana. Deste modo, atividades relacionadas à ocupação antrópica ao longo dos mananciais de água podem causar contaminações físico-químicas e biológicas, promovendo a poluição de corpos hídricos, uma vez que podem ser objeto de despejo de esgotos domésticos ou ainda contaminados pela atividade agrícola.

Neste sentido, Buzelli e Cunha-Santino (2013) alertam que o aumento da degradação ambiental, em especial em áreas com presença de corpos hídricos demanda medidas estruturais que possam promover um desenvolvimento sustentável em tais áreas, com vistas a contenção dos danos já promovidos e manutenção dos recursos naturais ali alocados.

De acordo com Tundisi (2006) o Distrito Federal tem a terceira menor disponibilidade hídrica per capita do país, sendo superior apenas que às dos estados do Pernambuco e Paraíba. Deste modo, a otimização do uso das águas disponíveis, bem como, a minimização de perdas faz-se de fundamental importância.

Em trabalho de Castro (2018) a autora avalia a segurança hídrica promovida pelo Distrito Federal mediante o uso de uma ferramenta denominada Índice de Segurança Hídrica Urbana, que utilizou 6 critérios principais e 21 indicadores, sendo que os critérios considerados de maior importância foram Ecossistemas (23%) e a Quantidade (20%). Dentre os indicadores, os mais importantes, foram: coeficiente de precipitação (9,2%), qualidade do manancial (8,4%) e demanda de água (8%), sendo utilizado no estudo o Plano Diretor de Ordenamento Territorial de 2009 (lei distrital nº 803/2009). Os resultados encontrados demonstram que nenhuma das regiões do DF atingiu a classificação ótima para a configuração de 2009, sendo que 90% das áreas se encontravam no limiar para a segurança hídrica, sendo os valores mais baixos encontrados fora da área urbana consolidada. O trabalho concluiu que a situação do DF era considerada crítica em relação aos recursos hídricos e mais especificamente ao acesso à água potável.

Para elucidar esta problemática e minimizar possíveis desabastecimentos futuros, faz-se necessário saber quais são os fatores que estão diretamente relacionados com a diminuição do volume dos reservatórios do Distrito Federal.

III. Objetivo

. III.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de fatores que contribuíram na diminuição de água nos corpos hídricos na microbacia do Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria, Distrito Federal, ao longo da crise hídrica de 2017

III.2 Objetivos Específicos

- Avaliação temporal dos usos e ocupações das terras na área do estudo, em uma série histórica de 1984 a 2019, mediante técnicas de sensoriamento remoto
- Verificar a relação da quantidade de água do Reservatório de Santa Maria com a variabilidade do regime de precipitação pluviométrica ao longo de uma série histórica de 1987 a 2019.
- Avaliar parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água do Sistema de abastecimento Torto/Santa Maria.

IV. Referencial teórico

IV.1 Instrumentos para gestão do Uso e Ocupação das Terras

O plano diretor é o instrumento utilizado pelos municípios para regularizar e distribuir as áreas para melhor aproveitamento de sua ocupação. De acordo com a Constituição Federal de 1988, todas as cidades que possuem mais de 20 mil habitantes necessitam elaborar um plano diretor (PLANALTO, 2001).

De acordo com estudo de Garcia et al. (2010) sobre a Lei Federal nº 10.257/01 - Estatuto da Cidade, lei regulamentadora do plano diretor, tem-se que a execução deste ordenamento é fundamental para promover a adequada distribuição espacial e territorial, garantindo por meio do uso e do parcelamento do solo que a população como um todo tenha um maior bem-estar mediante o

pleno desenvolvimento das funções sociais das cidades. Como bem destacado por Borges et al. (2011) a elaboração deste estudo é de fundamental necessidade para orientar a atuação do poder público e da iniciativa privada na construção dos espaços urbanos e rurais.

Um instrumento amplamente utilizado nos planos diretores municipais é o zoneamento urbano, que tem por objetivo, dentre outros: o controle do crescimento urbano, a proteção de áreas inadequadas à ocupação urbana, a minimização dos conflitos entre usos e atividades, o controle do tráfego e manutenção dos valores das propriedades (FRANCELINO, 2012). De acordo com estudo de Nascimento e Heller, (2005) a implementação do zoneamento pode refletir positivamente na preservação dos recursos hídricos.

Nesta vertente se faz necessário também destacar o Zoneamento Ecológico e Econômico (ZEE), que segundo Pereira et al. (2011) é uma ferramenta utilizada para o acompanhamento de gestão social de um território, sendo expresso pelo Índice Econômico Ecológico (IEE), que se baliza na análise dos fatores potencialidade social dos municípios e vulnerabilidade natural.

Para minimizar conflitos, gerar maior conforto e comodidade social é viável que as atividades sejam delimitadas por zonas, de modo que os usos e atividades sejam agrupados em categorias, tais como: residencial, comercial, industrial, agrícola, dentre outros. Neste sentido, Silva et al. (2018) afirmam que uma base cartográfica atualizada é fundamental para o bom gerenciamento do ordenamento urbano, uma vez que o mapeamento contribui para a visualização da disponibilidade territorial e para o dimensionamento de cada destinação e uso das terras, promovendo a compatibilização e gestão das informações espaciais.

Em apontamentos de Rocha e Antunes (2011) o planejamento urbanístico é instrumento necessário à adequada ordenação do espaço urbano, de modo a ser fonte para a proposição de metas para os setores público e privado, com fins às transformações dos espaços, estimulando atividades e a manutenção de áreas de interesse comuns, a fim de desempenhar as múltiplas funções inerentes às cidades.

Existem ainda limitações paramétricas, onde se estabelecem critérios para se avaliar em qual região melhor adequa-se a instalação de algum ramo de atividade, de modo a não causar transtornos ou perturbações e ainda limitações

viárias, onde se estuda a maior facilidade de escoamento e transporte associado ao estabelecimento de determinado setor (FONSECA et al., 2016).

Ressalta-se a importância da realização do controle de intensidade de ocupação, onde deve ser levantado o limite populacional de acordo com o que a área suporta. De acordo com Nóbrega et al. (2016) tal medida também influencia diretamente no desenvolvimento vertical das cidades, embora neste caso nem sempre existam benefícios associados, pois existe também o aumento das ilhas de calor e focos de poluição e dispersão de gases tóxicos.

Destaca-se ainda que as delimitações das cidades devem estar de acordo com o preconizado pela lei 12.651 (Novo Código Florestal) que delimita as proporções destinadas à preservação (Reserva Legal), bem como as destinações de vegetal nativa que devem ser preservadas ao longo dos cursos de água (mata ciliar), e as áreas propensas ou não para a introdução de atividades produtivas (BRANCALION et al., 2016).

Áreas de restrição à ocupação urbana podem ser identificadas no plano diretor, uma vez que comumente nas cidades existem áreas que demandam maior proteção, tanto no tocante à preservação, ou mesmo pelo conforto da população. Essas restrições ocorrem em função da paisagem ou da sensibilidade ambiental, física e geográfica destas áreas (PEDRO e LORANDI, 2006). Conforme ressaltado por Moreira et al. (2015) paisagens das cidades definirão a possibilidade de ocupação, assim como o relevo presente nas mesmas. A presença de morros, montanhas, baixadas apresenta-se constantemente como um impeditivo à plena ocupação.

De acordo com Costa et al. (2019) é importante a observação da conformação geomorfológica para se evitar a ocupação em áreas potencialmente propensas a enchentes, que seriam aquelas próximas às áreas ribeirinhas ou aquelas que sofreram interferência estrutural devido à ocupação urbana. Deve-se evitar o comprometimento do escoamento de água associado ao aumento da área impermeabilizada, e ainda promover o desenvolvimento de obras de drenagem e desobstruções dos canais de escoamento. De forma complementar Rosa Filho e Cortes (2010) alertam sobre os riscos de deslizamentos associados às áreas de encostas que apresentam ocupação urbana.

IV.2 Avaliação do uso e ocupação das terras em bacias hidrográficas

A avaliação do uso e ocupação das terras tem implicações tanto em nível local, quanto em nível regional, continental ou global. Neste sentido Colditz et al. (2010) explicam que o estudo na área de influência de uma bacia hidrográfica tem um caráter mais regionalizado, ou local, e tem extrema importância para quantificar os processos de superfície que impactam o meio ambiente, particularmente os recursos hídricos e qualidade do solo.

Neste sentido, Santos e Hernandez (2013) alertam que embora o Brasil tenha alta disponibilidade hídrica faltam estudos para avaliar as características quantitativas e qualitativas dos mananciais, sendo estes estudos de fundamental importância para a elaboração de planejamentos de uso e ocupação sustentáveis das terras. Em estudo desenvolvido em microbacia no interior de São Paulo (Ilha Solteira), estes autores constataram declínio na qualidade e disponibilidade das águas associado à ocupação urbana, ao reduzido espaço destinados às Áreas de Proteção Permanentes (APP's) e a má conservação dos solos na área de influência da bacia estudada.

A gestão dos recursos hídricos no Brasil é feita com base nas bacias hidrográficas, que são definidas por Botelho (2004) como as águas advindas das chuvas e que se convergem para um único local, onde são armazenadas, sendo que os seus tributos são delimitados pelos divisores dessas águas. As bacias hidrográficas possibilitam que em sua extensão o desenvolvimento de áreas geográficas potenciais para o estabelecimento das cidades, das indústrias, das atividades agropecuárias e obrigatoriamente devem ser circundadas pelas APP's (Áreas de Preservação Permanente) (SOARES et al., 2011).

O uso das terras afetará diretamente a dinâmica do escoamento, infiltração, percolação e evaporação da água, bem como a qualidade com que estará disponível em seus mananciais. As propriedades físicas do solo influenciam diretamente na capacidade de retenção de água, já as propriedades químicas, bem como a microbiologia do solo têm o poder de modificar a água infiltrante, que adquire as características do meio em que estiver (BONO et al., 2012).

As ações antrópicas têm grande efeito modificador tanto estruturalmente no solo, quanto na disponibilidade de água. Para Gouveia et al. (2013) tanto o

uso urbano, quanto o uso rural, quando não realizados com os devidos cuidados podem inviabilizar ou diminuir o acesso à água e trazer danos ambientais advindos da fragmentação ou eliminação da cobertura florestal, o que acarreta impermeabilização dos solos.

Neste mesmo sentido, em estudo no estado de São Paulo (bacia do Córrego Três Barras, município de Marinópolis), Vanzela et al. (2010) concluíram influência direta na diminuição do escoamento superficial e aporte de sedimentos no leito de um manancial, advinda dos diferentes usos das terras. Observaram que em áreas habitadas, destinadas à agricultura e/ou degradadas houve decréscimo na disponibilidade e na qualidade da água na microbacia analisada, quando comparadas com áreas ocupadas por matas e pastagens bem manejadas.

De acordo com Donadio et al. (2005) o uso e ocupação das terras realizado de forma inadequada pode comprometer as bacias hidrográficas, ao modificar o poder de infiltração das águas nessas terras. Sabe-se que a escassez de água em diversos pontos do globo e em áreas produtivas brasileiras leva a necessidade de acréscimos de estudos do uso e ocupação das terras, como ressaltado por Albertin et al. (2010), que destacam que uma vez identificado um processo que impeça a água de chegar ao seu destino final, ou seja, aos mananciais e bacias hidrográficas, este deve ser melhor dimensionado e avaliado.

Deste modo, Menezes et al. (2017), em estudo avaliativo em uma área urbanizada no Distrito Federal denominada Vicente Pires concluíram que a avaliação do uso e ocupação de um solo é ferramenta importante para quantificação das alterações ambientais, bem como das degradações advindas da interferência antrópica, sendo peça fundamental de análise das terras do Cerrado, que teve nos últimos anos uma perda expressiva de sua área de vegetação convertida para diversos fins. Salienta-se que a interferência antrópica desordenada e a ocupação em áreas inaptas ou legalmente impróprias para estabelecimento de cidades e cultivos agrícolas podem gerar além de danos ambientais interferência direta na qualidade de vida da população circundante à essa ocupação.

De modo análogo, Rocha et al. (2019) realizaram estudo em bacia hidrográfica no estado de Goiás (bioma Cerrado), no Rio Paraíso, município de

Jataí, objetivando avaliação da qualidade das águas que recebem influencia antrópica e agrícola em sua área de influência, quer seja através de desmatamentos, erosões e assoreamento nas margens e ainda despejos de resíduos contaminantes e sem o devido tratamento. Os autores concluíram a influência direta destas intervenções na bacia analisada, quer seja no período da seca, quer seja no período chuvoso, sendo que a atividade agrícola é responsável pelo maior índice de contaminações e decréscimo na qualidade das águas nessa área de estudo.

Neste sentido Alho et al. (2019) salientam que a bacia hidrográfica possibilita um recorte espacial importante para a análise ambiental e a delimitação dos usos e ocupações das terras nestas bacias é ferramenta fundamental para a visualização dos diferentes ambientes e interações. Esses autores descrevem a importância do estudo das bacias hidrográficas a fim de se preservar a biodiversidade de um bioma, mantendo habitats naturais capazes de abranger os diferentes nichos de fauna e flora locais.

Segundo Carvalho et al. (2008) outros fatores, ainda, devem ser levados em conta para se garantir a manutenção dos mananciais hídricos. O desmatamento pode levar ao esgotamento dos solos e ao desenvolvimento de processos erosivos, que são responsáveis pelo assoreamento de rios e reservatórios. Além disso, a impermeabilização dos solos, resultante da ocupação urbana pode diminuir a percolação das águas e afetar o regime hídrico. Como resultado da expansão agrícola podem ocorrer danos nos lençóis freáticos, nas águas subterrâneas e nos mananciais, resultantes do uso de agrotóxicos e defensivos, que quando em excesso tendem a ser lixiviados no meio em que se encontram, gerando contaminações (SOARES et al., 2017).

Silva et al. (2005) destacam que alguns fatores influenciam a concentração e intensidade com que os sedimentos podem ser carregados para as bacias hidrográficas a partir dos processos erosivos, sendo tais fatores: relevo, tipos de solos, clima e usos e ocupação dos respectivos solos. É preciso enfatizar que a ocupação do solo vai influenciar decisivamente nas perdas de água do mesmo. Esses autores destacam ainda que a cobertura vegetal das terras tem a capacidade de dissipar a energia cinética do impacto direto das gotas de chuvas no solo, diminuindo a intensidade dos seus efeitos erosivos.

De acordo com Silva (2010) o bioma Cerrado, considerado o segundo maior em extensão no Brasil, vem sofrendo bruscas mudanças nos usos e ocupações dos seus solos, de modo que ao longo das últimas três décadas já perdeu mais de metade da sua área de vegetação natural e encontra-se sofrendo intensa degradação ambiental, com mudanças aceleradas em suas paisagens, resultantes principalmente pelo aumento das áreas agrícolas e de pastagens. Sendo que de acordo com Klink e Machado (2005) o impacto nos ecossistemas no Cerrado é tão significativo que pode responder tanto pela perda dos recursos naturais como trazer ainda prejuízos irreparáveis a dinâmica das águas em suas bacias.

Os autores Nunes e Roig (2014) alertam que para a manutenção dos recursos naturais disponíveis e para preservação e/ou recuperação de bacias hidrográficas se faz necessário o levantamento da ocupação das mesmas, bem como da maneira em se deu esta ocupação, sendo, portanto necessário que se faça o planejamento prévio e integrado do uso e ocupação das terras nessas bacias hidrográficas.

Grubba e Hamel (2016) salientam ainda a importância da proposição e elaboração de políticas públicas que promovam a gestão sustentável dos recursos naturais. Lago et al. (2012) ressaltam também, a importância da busca por dados que demonstrem o uso e ocupação das áreas próximas às bacias hidrográficas e que esses dados sejam constantemente atualizados, para que as tendências de alteração sejam detectadas.

De acordo com Fisch et al. (2019) a ocupação acelerada das terras pode comprometer a qualidade e disponibilidade das águas das bacias hidrográficas. Estudos indicam que a impermeabilização dos solos nas áreas urbanas traz significativas mudanças na hidrologia local, sofrendo interferências relacionadas às mudanças dos cursos de água, canalizações e aumento das captações. São ainda em grande parte responsáveis pelas mudanças físicas dos solos encontrados nestes locais, além de estarem associada às contaminações destes solos e diminuição da qualidade do ambiente físico de influência de tal descaracterização ambiental.

De modo contrário, a manutenção da cobertura vegetal e de áreas ripárias protegidas garante a melhor qualidade e maior disponibilidade da água. Neste sentido, Demamboro et al. (2013) indicam que a restauração dos ecossistemas

e o manejo conservacionista podem contribuir positivamente para a reestruturação dos corpos hídricos.

Sabe-se que a ocupação das áreas no Distrito Federal (DF) foi feita intensivamente nos últimos 60 anos com a construção da cidade de Brasília. O Cerrado original que recobria a região aos poucos foi dando lugar às áreas agrícolas e urbanas e já no ano de 2000 acumulava 62% de extensão de áreas ocupadas. É de se destacar que apesar das bacias e mananciais do DF terem suas áreas protegidas por lei, as chamadas Área de Proteção de Mananciais (APM's), é notada a ocupação acelerada em tais localidades e o desrespeito à legislação (Chaves e Santos, 2009).

Duarte et al. (2010) consideram a conjuntura de ações estruturais e não estruturais para a manutenção dos recursos hídricos, isto quer dizer que ações que visem a conservação e recuperação de bacias hidrográficas devem ser feitas em conjunto com a comunidade e os usuários e de conhecimento e atuação de toda a sociedade envolvida direta ou indiretamente na região.

IV.3 Uso e ocupação das terras por meio de técnicas de geoprocessamento

Para a confecção de mapas e a busca de resultados para quantificar o uso e ocupação de determinado território atualmente utilizam-se técnicas de geoprocessamento. De acordo com Genu et al. (2011), o geoprocessamento constitui uma ferramenta que permite o processamento digital de imagens de satélites, cartografia digital, incluindo os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o sensoriamento remoto.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um conjunto de técnicas empregadas para mapeamentos e na análise de dados georreferenciados, provenientes de diversas fontes, como por exemplo, imagens de satélites. Por intermédio de programas específicos pode-se adquirir, analisar e armazenar dados geográficos, de forma a gerenciar o planejamento racional quanto aos usos das terras e dos recursos hídricos (Petersen et al., 1995).

De acordo com Rodrigues et al. (2001) a coleta de dados geográficos por meio de imagens constitui ferramenta para a definição de objetos do mundo real, sendo relevante a observação de três aspectos: (a) seu posicionamento com

relação a um sistema de coordenadas; (b) seus atributos, e (c) as relações topológicas existentes.

Um SIG é considerado um instrumento para mapear e indicar respostas a questões referentes ao planejamento rural e urbano, além de possibilitar o levantamento de recursos naturais, áreas de risco e de preservação, dentre outras. Proporciona mecanismos de análises de alterações do meio ambiente, auxiliando no planejamento e manejo dos recursos naturais, utilizando para tal a proposição de mapas de uso das terras, sendo peça fundamental aos estudos para resolução de impasses ambientais (Formaggio et al., 1992).

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto para mapear diferentes corpos na superfície terrestre parte-se do princípio que corpos e materiais diferentes possuem comportamentos distintos de absorção, reflexão e de emissão da energia eletromagnética nos diferentes intervalos do espectro eletromagnético, entre os quais se localiza a luz visível, que constitui uma estreita faixa do mesmo. A reflectância destes alvos é captada por sensores e interpretada, para posterior identificação e mapeamento (Meneses e Maderia Netto, 2001).

De acordo com Carvalho et al. (2008) o uso do sensoriamento remoto tem grande aplicação de uso para fins agrícolas ou monitoramento de alterações do meio ambiente. É interessante ressaltar que de acordo com Liesenberg et al. (2007) na estação mais seca do ano (inverno) ocorre a melhor discriminação entre as fitofisionomias encontradas no Brasil, incluindo as inerentes ao bioma cerrado.

Demattê et al. (2003) explicam que os sensores atualmente disponíveis possuem diferentes resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais, possibilitando maiores níveis de informação a serem extraídos dos alvos terrestres, de modo que a refletância destes alvos pode fornecer informações precisas para suas classificações. De modo complementar, Carvalho Júnior et al., (2005) propõe a utilização de multissensores com diferentes resoluções espectrais, afim de fazer uma junção de boas resoluções espaciais e temporais. Sano et al. (2005) salienta que para maior precisão dos alvos e das fitofisionomias é fundamental a integração de dados ópticos e da tecnologia radar.

Ainda conforme avaliado por Lima et al. (2019) as técnicas de sensoriamento remoto são úteis também para a substituição das visitas em campo, quando estas não são possíveis de serem realizadas, quer por dificuldade de acesso, quer por serem demasiadamente onerosas, sendo que estes autores enfatizam o uso de tais técnicas como um mecanismo de monitoramento indireto, inclusive para a análise dos parâmetros de qualidade físicos, químicos e biológicos, com destaque para as alterações do nível de turbidez e resíduos sólidos suspensos.

Os satélites são veículos colocados na órbita da Terra e carregam esses sensores diversificados e que fazem continuamente a captação de dados referentes às imagens primárias dos objetos. Apresentam diferentes finalidades, tais como: comunicação, navegação, meteorologia, serviços com fins militares, exploração do universo ou visualização de pontos na Terra. Os satélites de visualização posicionam-se em grandes altitudes e desta maneira abrangem um grande campo de visada. As suas revisitas permitem a cobertura de uma área por intervalos definidos de tempo, acompanhando suas mudanças ou alterações no decorrer dos anos (SILVA e SANO, 2016).

De acordo com Sousa e Ferreira (2014) a possibilidade do sinergismo entre o sensoriamento remoto e o geoprocessamento leva ao desenvolvimento de métodos de análise e síntese para avaliações diagnósticas e prognósticas em áreas de estudo. Neste sentido Nascimento et al. já salientavam desde 2005 a grande validade do uso de geotecnologias para a avaliação com rigor dos danos ambientais associados em uma dada área de estudo, uma vez que essa ferramenta possibilita precisão e confiabilidade, sendo utilizada ainda para o monitoramento em cada caso.

Spagnolo et al. (2012) destacam que o uso das geotecnologias possibilita a obtenção de informações seguras em um rápido espaço de tempo, de maneira eficiente e com a possibilidade de serem feitos levantamentos para análise de uma série histórica mediante o levantamento do arquivo de imagens de um dado ambiente, e a ocorrências das alterações que este tenha sofrido ao longo do tempo, sendo que estas podem ainda ser manipuladas através de tratamentos para otimizar uma leitura mais clara e precisa.

De acordo com Santos et al. (2015), a obtenção de maior confiabilidade com o uso de geotecnologias na pesquisa de uso e ocupação das terras exige o

detalhamento sistemático das imagens disponíveis, que deve ser promovido com a combinação de imagens orbitais de alta resolução espacial em consonância a uma precisa classificação das classes de solo disponíveis. Neste sentido de Rosa et al. (2014) afirmam que este procedimento necessita de treinamento e programas específicos e ainda deve ser feito de modo sistemático e periódico, pois tem-se como objeto de estudo um ambiente dinâmico.

Facco et al. (2014) dispõe que existindo o aumento da ocupação urbana ao longo de uma bacia hidrográfica, provoca-se proporcionalmente um expressivo aumento das áreas impermeabilizadas, deste modo a resposta a captação hídrica por lençóis freáticos e corpos de água tendem a diminuir. Como resultado, observam-se menores taxas de infiltração, maiores volumes e velocidades de escoamento superficial, e consequentes problemas de drenagem, o que provoca enchentes, rios assoreados e menores volumes nos reservatórios de água.

De acordo com Moreira et al. (2013) para a análise dos corpos hídricos e do uso das terras através de geoprocessamento é fundamental que as imagens, bem como a metodologia de classificação sejam consonantes com as características da região. Além disso, conforme dispõem Santos et al. (2017), deve-se conhecer previamente a área potencialmente impermeável e as condições modificadoras para a ocorrência do escoamento superficial nas bacias que possuam áreas ocupadas, pois depreende-se que o aumento das áreas impermeáveis resulta em um aumento do escoamento superficial.

De acordo com Anjos et al. (2013) a diferenciação das classes de cobertura de solo deve ser delimitada de acordo com o objeto de estudo proposto, de modo a promover uma classificação automática precisa, respeitando a quantidade e semelhança das assinaturas espectrais, escolhendo aquela que melhor se aproxime a realidade verificada *in loco*. Neste sentido, Campos (2004) dispõem que a maior precisão para a classificação demanda análises visuais de imagens da área de estudo em conjunto com visitas em campo, dispondo de instrumentação adequada para a coleta de pontos de conferência desta área de pesquisa.

Segundo Novais et al. (2016) as classes de solo para mapeamento da ocupação ambiental comumente utilizadas são solo exposto, vegetação rasteira e arbórea, presença de pastagens, atividade agrícola e corpos vegetais

inerentes a cada bioma. Faz-se necessário ainda o levantamento da presença de corpos hídricos em cada cena analisada. De acordo com Sarmento et al. (2008) é de fundamental importância a correlação das classes de ocupação com as classes de declividade de relevo de determinada paisagem, afim de verificar os pontos com melhor aptidão para a distribuição das diferentes coberturas nestas terras.

Neste sentido, de acordo com estudo realizado por Sano et al. (2009), o bioma Cerrado já apresentava cerca de 40% do seu território total com alguma classe de ocupação, quando avaliado o seu uso em uma escala de 1:250.000. Sendo que as classes predominantes eram: pastagens cultivadas e cultivos agrícolas, totalizando mais de 90% do total da área já ocupada à época do levantamento.

Alguns estudos utilizando a ferramenta do sensoriamento remoto demonstram a tendência de diminuição do volume de água captado em decorrência do aumento de urbanização e ainda monitoram a diminuição da vegetação nativa. Diante disto, estudo de uso e ocupação das terras para região do Oeste da Bahia, utilizando técnicas de sensoriamento remoto demonstraram considerável diminuição do bioma cerrado, com decréscimo de 40% da área total em um intervalo temporal de 20 anos (1987-2008), com consequente aumento de área agrícola (MENKE et al. 2009). Este estudo foi corroborado por estudo similar de Oliveira (2014) que em série histórica na mesma região (1988-2011) observou decréscimo de 26,5% de vegetação nativa em contrapartida de aumento de 21,1% de agricultura, em um intervalo de 23 anos.

Estudo realizado por Vieira et al. (2018) na bacia hidrográfica do Alto Rio Jardim, na região de Planaltina (DF), mediante uma série histórica de 30 anos (1985-2015), observou um aumento da porção da área agrícola (com destinação a produção de grãos), em detrimento do cerrado nativo e áreas anteriormente ocupadas com eucalipto, sendo que este aumento foi sentido primordialmente dos primeiros 15 anos da avaliação. Os autores concluíram ainda que as áreas de preservação nesta região (de aproximadamente 10.500 hectares) estão próximas ao limite legal e alertam sobre os riscos de maior supressão na área da vegetação nativa.

De forma análoga, estudo realizado por Souza et al. (2019) na região denominada da bacia hidrográfica do ribeirão Lamarão, pertencente ao Distrito

Federal, para análise de uso e ocupação das terras ao longo deste importante corpo hídrico conclui que apenas 40% da extensão deste ribeirão apresenta área de APP's (Áreas de Preservação Permanentes) de acordo com o que seria estipulado pela legislação, sendo intensa a ocupação antrópica ao longo da sua área de influência. De acordo com os autores, a maior perda de vegetação nativa se deve a implementação de áreas para cultivos agrícolas e pastagens, que correspondem ao total de 66% do total, sendo que apenas 22% da área total constitui de vegetação originária do bioma Cerrado.

Paralelamente a este cenário, Rosa e Almeida (2018) concluíram que o avanço da área urbana na cidade de Patrocínio (MG), em área correspondente ao bioma Cerrado, contribuiu para uma mudança no ciclo hidrológico natural, diminuindo a permeabilidade do solo, gerando como resultado uma menor captação das águas pluviais, aliado a um aumento de alagamentos, erosão e assoreamento do corpo d'água a jusante da cidade.

De forma similar, Curvello et al. (2008) em estudo na bacia do Rio Batedor na Serra da Mantiqueira (SP) analisaram mediante técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento as mudanças na ocupação da área de influência desta bacia, que contém ocupações irregulares, implementação de agricultura predominantemente de subsistência e pastagens degradadas ao longo do seu leito, em desrespeito à legislação ambiental. Os autores observaram que a redução da cobertura vegetal no curso deste leito levou ao aumento de processos erosivos, seguidos de assoreamento, diminuindo tanto a qualidade quanto a quantidade da água disponibilizada por esta bacia.

IV.4 Imagens de satélite

Produtos de sensoriamento remoto são amplamente utilizados para levantamentos e mapeamentos de usos e ocupações das terras. Em função dos objetivos destes, é importante que sejam selecionadas imagens com resoluções espaciais, espectrais e temporais adequadas. Para estes fins, as imagens da série de satélite Landsat são as mais utilizadas, pois têm grande acessibilidade e vasto acervo de imagens, desde a década de 80 até os dias atuais (BERTUCINI e CENTELO, 2016).

De acordo com informações da NASA (National Aeronautics and Space Administration) (2020), que detém e disponibiliza gratuitamente imagens do satélite Landsat (Land Remote Sensing Satellite) de forma conjunta a USGS (United States Geological Survey), esta série iniciou-se em 1972 com o primeiro sensor ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), que passou por diversos aprimoramentos até ter sua primeira versão comercial em 1982 (Landsat 4). O sistema Landsat tem como principal objetivo o mapeamento multiespectral ao longo da superfície da Terra. Ao longo dos anos esses sistemas sofreram atualizações e melhorias nas resoluções das imagens que são disponibilizadas, e novas versões foram lançadas à medida que sofreram atualizações. Ao todo foram lançados 7 satélites do programa Landsat, sendo que 6 destes forneceram imagens do planeta Terra. A última versão (Landsat 8) foi lançada em 2013 e desde este ano fornece imagens de qualidade da superfície da Terra. Além do Landsat 8, o satélite Landsat 5 ainda está em atividade fornecendo imagens de qualidade e resolução espectral, consideradas imagens multiespectrais, porém de baixa resolução espacial.

Ainda de acordo com a NASA (2020) o satélite Landsat 9 está em fases de testes e ajustes e aprimoramentos em parceria desta entidade com a com a USGS (U.S. Geological Survey), e embora ainda não tenha sido oficialmente divulgada a data de seu lançamento, mas está prevista para o ano de 2021, oferecerá uma capacidade de imageamento superior às versões anteriores, permitindo que dados mais precisos sejam adicionados ao arquivo terrestre global do Landsat. O satélite Landsat 9, assim como o Landsat 8 será radiometricamente e geometricamente melhor que os satélites Landsats das gerações anteriores.

O satélite Landsat 5, lançado em março de 1984, originalmente possuía dois sensores, sendo o sistema de escâner multiespectral (MSS) e o instrumento Thematic Mapper (TM); em 1987 um dos seus sensores (MSS) falhou e em agosto de 1995 foi desligado. O instrumento TM continuou em pleno funcionamento, até o seu desligamento em outubro de 2011 (INPE, 2020). Operava em uma órbita de 705 km da Terra, em um período de revisita de 16 dias, com 7 bandas nas regiões do visível, entre estas: infravermelho próximo, médio e termal. Já a resolução espacial, diz respeito a menor área imageada por

um sensor, que corresponde a uma resolução de 30 metros na versão Landsat 5 (IRONS et al. 2012).

Uma imagem inteira do satélite Landsat 5 representa no solo uma área de abrangência de 185 x 185 km. E a resolução geométrica das imagens nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 é de 30 m (isto é, cada "pixel" da imagem representa uma área no terreno de 0,09 ha). Para a banda 6, a resolução é de 120 m (cada "pixel" representa 1,4 hectares) (INPE, 2020). De acordo com Silva et al. (2007) a composição das diferentes bandas RGB (*Red*, *Green* e *Blue*) é ferramenta necessária para destacar o alvo de interesse em cada imagem.

De acordo com Nascimento e Sano (2010) as imagens Landsat podem gerar confusão para diferenciação da vegetação do cerrado, principalmente devido as diferentes classes que podem existir dentro deste bioma, bem como as áreas de transição. Algumas alternativas propostas para a melhor visualização seriam diferentes combinações de banda RGB, bem como de classificadores e ainda a inclusão de um número maior de cenas em cada área de estudo, levando em conta as fitofisionomias presentes nas estações chuvosas, além da integração dos dados de sensoriamento remoto com modelos digitais de elevação (MDE) e a análise sinérgica entre os sensores ETM+ (Landsat 7) e TM (Landsat 5) do Landsat com calibração cruzada como ferramenta de conferência e aumento de precisão.

O satélite Landsat 8, lançado em março de 2013, possui dois sensores: o OLI (Operacional Land Imager) e o TIRS (Thermal Infrared Sensor). Eles operam em uma órbita de cerca de 705 km de distância da terra e geram imagens com um período de revisita de 16 dias, com resolução espacial de 30m para as bandas do visível, 15m para banda pancromática (sendo possível combina-las de modo a obter a resolução espectral de 15 metros) e 100m para as bandas termais (TIRS), com resolução radiométrica de 16 bits (podendo ser convertida para 8 bits) ao longo das suas 11 (onze) bandas espectrais. (ROY et al., 2014). Uma importante aquisição deste satélite é que este possui dados em reflectância de superfície ortorretificados, ou seja, imagens mais nítidas, com melhor qualidade espectral (Ganem, 2017).

Foram desenvolvidas 4 bandas adicionais na versão do Landsat 8, em relação ao Landsat 5, sendo estas: do sensor OLI as bandas 8 (pancromática) e 9 (cirrus), sendo que a primeira tem comprimento de onda de 0.50 – 0.68 μm e

permite melhoria nas formas geométricas das imagens, e a segunda 1,36 - 1,38 μm , também denominada azul profundo é ideal para estudos de zonas costeiras e aerossóis. Existem ainda duas bandas para detecção do termal, ou infravermelho térmico, denominadas (TIRS - *Thermal Infrared Sensor*). (NASA, 2020).

A Tabela 1 apresenta as principais características dos satélites da série Landsat.

Tabela 2: Características dos satélites Landsat. Fonte: Adaptado do USGS. (<https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>).

Missão Land Remote Sensing Satellite (Landsat)								
Instituições Responsáveis	NASA (National Aeronautics and Space Administration) e USGS (U.S. Geological Survey)							
País/Região	Estados Unidos							
Satélite	LANDSAT 1	LANDSAT 2	LANDSAT 3	LANDSAT 4	LANDSAT 5	LANDSAT 6	LANDSAT 7	LANDSAT 8
Lançamento	23/07/1972	22/01/1975	05/03/1978	16/07/1982	01/03/1984	05/10/1993	15/04/1999	11/02/2013
Local de Lançamento	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	Vandenberg Air Force Base	NASA Kennedy Space Center (KSC)
Veículo Lançador	Delta 900	Delta 2910	Delta 2910	Delta 3920	Delta 3920	Titan II	Delta-II	Atlas-V 401
Situação Atual	Inativo (06/01/1978)	Inativo (25/02/1982)	Inativo (31/03/1983)	Inativo (1993)	Inativo (22/11/2011)	Inativo (05/10/1993)	Ativo (Interrompeu recepção no Brasil em 31/05/2003)	Ativo
Órbita	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Polar, helios-síncrona	Circular
Altitude	917 km	917 km	917 km	705 km	705 km	705 km	705 km	705 km
Inclinação	99,2°	99,2°	99,2°	98,20°	98,20°	98,20°	98,2°	98,2°
Tempo de Duração da Órbita	103,3 min	103 min	103 min	99 min	99 min	98,9 min	98,9 min	99 min
Horário de Passagem	9:30 AM	9:30 AM	9:30 AM	9:45 AM	9:45 AM	10:00 AM	10:00 AM	1:40 PM
Período de Revisita	18 dias	18 dias	18 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias	16 dias
Tempo de vida projetado	1 ano	1 ano	1 ano	3 anos	3 anos	s.d.	5 anos	5 anos
Instrumentos Sensores	RBV e MSS	RBV e MSS	RBV e MSS	MSS e TM	MSS e TM	ETM	ETM+	OLI e TIRS

De acordo com BERTUCINI e CENTELO (2016) os satélites Landsat possuem vasto acervo de imagens, deste modo contam com grande aplicação para mapeamentos de avaliação do uso das terras. São indicados para mapeamentos que se objetivem avaliar expansão agrícola, de desmatamentos e solo exposto, além do crescimento de áreas urbanas e dos efeitos da urbanização, (DEMATTÊ et al. 2004). Existe ainda a necessidade das correções do *datum* e sistema das imagens disponibilizadas, a fim de promover a

compatibilidade das imagens existentes com o *software* utilizado para visualização (FRANÇA e SANO, 2011).

Algumas das principais aplicações destas imagens são: o acompanhamento do uso agrícola das terras; monitoramento de áreas de preservação, desmatamentos e de atividades mineradoras, uso em mapas e cartografia; estimativa de fitomassa, cobertura vegetal e queimadas, levantamento de secas e inundações, além de sedimentos em suspensão nos rios e estuários (EPIPHANIO et al., 2002).

As imagens de satélite Landsat podem ser obtidas por meio de plataformas eletrônicas vinculadas à NASA, que as disponibilizam gratuitamente. A plataforma utilizada para a obtenção das imagens em um curto espaço de tempo e que permite configurar através da melhor resolução e satélite é a U.S. Geological Survey (USGS, 2019).

Após a obtenção das imagens de satélite, as mesmas são processadas por meio de programas especializados. Utilizando programações são realizadas combinações de bandas para melhor visualização e distinção dos alvos de interesse (BERTUCINI JUNIOR e CENTELO, 2017).

Entre os programas de processamento de imagens de satélite, o mais utilizado é o ENVI (Environment for Visualizing Images) (MEDEIROS et al., 2011), que permite classificações automatizadas de imagens com grande precisão). Dentre as duas classificações operacionalizadas pelo ENVI existem as denominadas classificações supervisionadas (FRANÇA et al., 2009) e as classificações não supervisionadas (LOPES, 2008). Sendo que a primeira classificação exige maior conhecimento e familiaridade do usuário sobre o tema de estudo. Em ambas as classificações existem a possibilidade de utilização de um algoritmo para se verificar a acurácia deste classificador, sendo o mais utilizado o índice de Kappa (NERY et al., 2013).

Pode-se citar ainda o uso de Softwares livres o mesmo objetivo de classificação de imagens e uso e cobertura do solo, um exemplo destas ferramentas seria o software Interimage, que de acordo com Rodrigues e Kux (2014) trata-se de um projeto desenvolvido em conjunto pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), à PUC - Rio (Depto. de Engenharia Elétrica) a Universidade Leibniz de Hannover (Alemanha) com o objetivo de promover

classificação de imagens com alta precisão, baseado em conhecimento, de forma gratuita e livre para qualquer usuário.

Mediante o uso da programação ENVI (*Environment for Visualizing Images*) pode-se propor diversas combinações de bandas para melhor visualização da imagem de satélite. Essas combinações permitirão a distinção com maior clareza dos traços apresentados, como: relevo, presença de água, solo exposto, vegetação e atividade antrópica (FARIAS et al., 2012).

Para a classificação supervisionada, o algoritmo MAXVER (*Maximum Verossimilhança*), é comumente utilizado, pois permite classificações de boa qualidade, pois promove a ponderação das distancias entre as médias dos valores digitais dos pixels das classes previamente definidas, mediante padrões estatísticos (SANTOS e LIMA, 2019).

Entre os classificadores não supervisionados, destaca-se o algoritmo ISODATA (*Iterative SelfOrganizing Data Analysis Technique*). Tal algoritmo identifica padrões nos níveis de cinza, que são utilizados para o agrupamento dos pixels, que podem ser recalculados, reclassificados, considerando então seus valores médios. (SILVA JUNIOR et al., 2014).

Mais recentemente foi disponibilizada a plataforma “Google Earth Engine” (2015), vinculada à biblioteca do United States Geological Survey (USGS), que permite o acesso direto às imagens Landsat, bem como manipulação para classificação de uso de terras mediante ferramentas disponíveis na plataforma (GANEM, 2017).

IV.5 Séries Históricas como ferramenta para estudo de mudanças no uso de terras e características de corpos hídricos

Estudos em séries históricas compreendem a obtenção de informações de dada localidade/região a serem estudadas ao longo de determinados intervalos de tempo, com finalidade de avaliar as modificações e alterações que poderão ocorrer, sendo estas alterações naturais ou decorrentes da intervenção humana. Deste modo, de acordo com Dias e Walde (2013) a compreensão da dinâmica populacional na superfície terrestre é de grande importância para o estudo das alterações no globo que tenham origem antrópica.

As avaliações por meio de séries temporais auxiliam a quantificação dos possíveis danos e modificações associadas em uma determinada localidade,

bacia hidrográfica ou bioma. É de extrema importância o conhecimento e a avaliação contínua da cobertura vegetal das terras para compreender a evolução da conversão da vegetação natural ao longo do tempo, entender os motivos de tal conversão e avaliar as necessidades de medidas de contenção. Neste sentido Pinheiro e Duringan (2009) salientam que estas séries históricas possibilitam também avaliar como e quanto os recursos naturais estão sendo afetados, mensurando a proporção do dano ambiental vinculado a tais ações.

Por meio dos recursos computacionais e ferramentas de geoprocessamento, as séries históricas podem ser quantificadas com maior rapidez e precisão. O levantamento das mudanças na cobertura do solo é fundamental para se quantificar as implicações ao meio ambiente, a perda de recursos naturais, os impactos provocados, inclusive com decréscimo das vazões dos leites dos rios e corpos hídricos, além de gerar conhecimento assertivo para a proposição de políticas públicas reparatórias nas localidades danificadas (SOUZA et al., 2017).

Diversos estudos podem ser propostos aliando o uso de ferramentas de geoprocessamento em séries históricas. Neste sentido, Coelho (2010) publicou um estudo onde verificou as mudanças do curso do Rio Benevente Anchieta, no estado do Espírito Santo. Em decorrência da necessidade de verificar a área que sazonalmente sofria inundações na região de estudo, foi feita uma série histórica (1980-2010) com os dados de volume de chuvas e o maior registro de precipitação mensal dos últimos trinta anos serviu para quantificar a maior área alagável. Com esses dados e com a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto no tratamento das imagens de satélite pôde-se mensurar as variações do volume de água neste período. A utilização das ferramentas apresentou resposta satisfatória, mapeando com precisão classes e usos de solo, além de demonstrar a alta susceptibilidade da região a alagamentos sazonais e compreender a dinâmica da área delimitada para estudo.

Trabalho de Dias e Walde (2013) avaliou a influência da ocupação antrópica nas margens da bacia do lago Paranoá, Brasília, DF. Os autores fizeram uma série histórica, compreendendo os anos de 1984 a 2009, do uso e ocupação das terras as margens do lago Paranoá e com base nos dados encontrados uma simulação futura para os anos de 2014 e 2020. O resultado encontrado demonstra uma tendência de aumento do uso e ocupação de forma

progressiva, com substituição de áreas de cerrado e agrícola por urbanização, seguindo estudos correlatos que também indicam aumento da urbanização em Brasília, sendo que a permanência dessa tendência levaria a uma saturação do espaço nos anos futuros, de modo a interferir no ambiente físico do lago.

De forma similar Chaves e Piau (2008) propuseram um trabalho no Distrito Federal para avaliar o efeito da variabilidade da precipitação sobre o escoamento direto e sobre o aporte de sedimento na bacia do rio Pípiripau, uma importante bacia da região de estudo. Os autores analisaram três cenários diferentes de uso e manejo do solo: o cenário atual, onde predomina o preparo convencional do solo nas áreas de agricultura da bacia; o passado recente, onde predominava o Cerrado nativo e o cenário de plantio direto, estimulado pelas vantagens das práticas agricultura sustentável e menor perda de solo, nas áreas onde estava estabelecida agricultura ao longo da bacia. Os autores concluíram que apesar das mudanças de manejo de solo as vazões médias do corpo hídrico acompanhavam as alterações de precipitação pluviométrica, entretanto o escoamento direto e o aporte de sedimento apresentaram aumento exponencial com o aumento da precipitação pluvial anual, sendo em maiores níveis associado à condição de preparo convencional do solo, em relação aos demais cenários analisados.

IV.6 Gestão dos recursos hídricos

De acordo com ABERS e JORGE (2005) a gestão dos recursos hídricos nacionalmente é disciplinada pela Lei Federal nº. 9.433 de 1997, conhecida como Lei das Águas. Essa legislação estabelece a água como sendo um bem público de valor econômico. Designa ainda um Comitê de Bacias que tem por finalidade compatibilizar e adequar os usos da água, assim como promover a descentralização da gestão das águas considerando as realidades locais e os agentes sociais, promovendo uma gestão que englobe aspectos qualitativos e quantitativos desse recurso (LIBÂNIO et al., 2005).

A Agência Nacional das Águas (ANA) regulamenta através da Resolução nº1041 de 2013 os critérios para análise de balanço hídrico em pedidos de outorga preventiva e de solicitações de direitos para captação de água por meio de barramentos, lançamento de efluentes em corpos de drenagem e corpos hídricos, além das validades e prazos de tais concessões. Essas análises em

cada caso levarão em conta os meses do ano e períodos de seca existentes, além dos valores de disponibilidade e demanda hídrica na localidade (ANA, 2020).

A disponibilidade de água garante o desenvolvimento econômico de uma localidade, uma vez que este é fundamental para o funcionamento de diversos setores econômicos, tais como: abastecimento da população (consumo humano), geração de energia, irrigação, via de transporte, aquicultura, insumo industrial, harmonia paisagística, entre outras (DONADIO et al., 2005).

De acordo com Silva et al. (2020) a proposição de barramentos reflete o sistema organizacional populacional ao longo dos últimos séculos, com a tendência da organização humana em núcleos urbanos, com necessidade de disponibilidade hídrica para o desenvolvimento das suas diversas atividades. Deste modo, o domínio técnico para a construção desses barramentos leva ao melhor aproveitamento dos recursos naturais e ao controle do uso da água e suas destinações ao longo das variações climáticas e intempéries que podem acontecer no decurso do tempo.

É de se observar que a implementação de um barramento pode gerar impactos negativos no meio, como descrito por Martins et al. (2011), com impactos no meio físico, alterando condições climáticas locais, ambiente geomorfológico, mudanças na paisagem regional e no uso do solo e com comprometimento dos recursos hídricos, gerando eutrofização e contaminações.

Existem ainda impactos no campo biótico, alterando talvez de forma irreversível a vegetação, com a sua supressão, além da fauna e flora local. Neste sentido Silva et al. (2010) analisaram o impacto da implementação de um barramento no Rio Tocantins e detectaram dados expressivos, como: aumento no aporte de nutrientes e compostos orgânicos no corpo hídrico; redução de oxigênio dissolvido (OD); aumento de sólidos suspensos, turbidez e material particulado nos rios; redução da zona eufótica; alteração na vazão devido à contenção de fluxo do rio; remoção de espécies críticas (vegetais e depois animais); perda da zona tampão entre sistemas terrestre e aquático; criação de barreiras reprodutivas; liberação de gases de efeito estufa (CO₂ e CH₄); além do impacto direto de perda e alteração de habitats, que reflete em mudanças na estabilidade dos ecossistemas; interferência com as comunidades de bentos e

de micro-organismos; aumento nas populações de bactérias patogênicas; alteração nas cadeias alimentares e redução de recursos pesqueiros.

Deste modo os autores supra citados levantaram as perdas econômicas na comunidade e na sociedade, sendo estas associadas a: inundação de áreas agriculturáveis; expansão geográfica de doenças de veiculação hídrica; gasto com indenizações devido ao deslocamento e relocação de comunidades; redução do valor econômico de residências e propriedades próximas a lagos, rios ou represas eutrofizadas; aumento dos custos para o tratamento de água; queda de recursos pesqueiros anteriormente existentes e crescimento da populacional que demanda maior infraestrutura, o que pode gerar uma migração para as áreas próximas aos barramentos.

Para Cirilo et al. (2003) os barramentos iniciais eram propostos com destinação única, geralmente para atender demandas da agricultura e irrigação. Com o passar do tempo e com o crescimento populacional, outras necessidades começaram a aparecer e foram supridas pela mesma técnica, sendo utilizadas também com fins de abastecimento de água, além de medida de controle de enchentes, navegação, controle da qualidade da água, controle de sedimentos e ainda para fins energéticos. Devem ser construídos com um fim específico e são fundamentais para o desenvolvimento e a gestão dos recursos hídricos.

Conforme salienta Fioreze e Oliveira (2010) a gestão dos recursos hídricos deve ter foco na água doce, uma vez que ainda existem complicadores econômicos e tecnológicos que inviabilizam o uso da água do mar e a dessalinização, e, portanto, ainda é uma realidade pouco viável para atender a população em grande escala. O desperdício juntamente com as mudanças e adversidades ambientais pode gerar um estado de conflito irremediável e comprometer o uso sustentável em certas regiões.

Há de se considerar que embora o Brasil seja rico em recursos hídricos, estes não se encontram disponíveis nas mesmas proporções, nas suas diferentes regiões, de modo que de acordo com sendo do IBGE (2010) apenas 15,5% do total da água doce disponível no Brasil encontra-se na região Centro-Oeste para sua infinidade de destinações.

Com o intuito de desempenhar o papel de regulação dos fornecimentos de água, energia e esgoto no Distrito Federal, a Agência Reguladora das Águas, Energia e do Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) foi criada no início

no ano de 2004, tendo a responsabilidade de promover além da regulamentação das leis federais e estaduais para gestão das demandas relacionadas ao seu campo de atuação, a implementação das políticas no Distrito Federal para estes fins (AZEVEDO e BARBOSA, 2015).

A ADASA (DF) foi criada para atender a demanda do Distrito Federal como uma entidade que respondesse pelo programa de saneamento básico no estado, uma vez que existia uma demanda pela expansão da infraestrutura do saneamento básico e um fortalecimento da prestação deste serviço. A partir do ano de 2008 a agência passou também a responder pela demanda do gás canalizado no Distrito Federal (ADASA, 2020).

Cabe a ADASA (DF) ainda a responsabilidade de outorgar o direito de uso dos recursos hídricos dos corpos de água que são de domínio do Distrito Federal, ou que tenham sido delegados pela União ou estados. É a responsável pela reserva de disponibilidade hídrica para uso do potencial no setor elétrico. Dispõe sobre a outorga do direito de uso nos poços artesianos e provém sua regulamentação. Promove ainda o monitoramento constante dos reservatórios, a fim de garantir uma melhor distribuição das águas no Distrito Federal (SOUZA et al., 2012).

Existem cinco bacias hidrográficas que respondem substancialmente pelo abastecimento no Distrito Federal, em uma operação integrada. A principal destas bacias é formada pelo Ribeirão Descoberto (que responde por 60% do abastecimento de água para a população do DF). Além desta, tem-se o Sistema Torto/Santa Maria (25% do abastecimento), além de outros mantenedores menores, denominados: Sobradinho (6,8% do abastecimento), Brazlândia (1,4% do abastecimento) e São Sebastião (2,8% do abastecimento) (SODRÉ et al., 2018).

São usados ainda mais 25 mananciais superficiais e 171 poços subterrâneos, que estão sendo operacionalizados para garantir um abastecimento complementar e constante no Distrito Federal (CAESB, 2019). Uma medida que vem sendo estudada é a possibilidade de aumentar o abastecimento hídrico no DF originário do Lago Paranoá em cerca de 30% de volume ao que está sendo disponibilizado atualmente (MESQUITA et al., 2018).

Faz-se importante destacar que após a crise hídrica deflagrada no ano de 2017 houve mudanças estruturais para a concessão de outorgas de água

concedidas pela ADASA/DF. Tal órgão após Audiência Pública optou por revisar os trâmites para concessão de outorgas de água para atividades rurais (atividades agrícolas e pecuárias) ou atividades urbanas (como, por exemplo, na distribuição de água para lava-jatos), de modo a limitar e restringir o uso no intuito de diminuir a demanda ou desperdício de água no estado, evitando assim futuros desabastecimentos (ADASA, 2020).

Neste sentido Silva et al. (2019) alertam que as outorgas de concessão de uso de água devem estar adequadas para evitar possíveis colapsos na rede de distribuição hídrica dos diferentes usuários e apontam a necessidade de aprimoramento dos instrumentos de outorga hoje utilizados, incluindo para recalcular as vazões outorgáveis, que muitas vezes ultrapassam a quantidade de volume de água que deveria ser permitida.

De acordo com Lima (2017) as modificações de uso e ocupação das terras que vem ocorrendo no bioma Cerrado, com supressão deste para estabelecimento de atividades agrícolas e urbanização, devem ter em contrapartida a estruturação governamental no intuito de verificar a ocorrência de oito eventos ecossistêmicos que podem diretamente relacionar com quedas na captação e qualidade de água e do meio ambiente, a saber: o controle da erosão e medidas para diminuição desta, o controle de escoamento superficial das águas, a capacidade de abastecimento de água à população, a manutenção da qualidade da água em níveis satisfatórios, a manutenção da qualidade dos solos, a manutenção da biodiversidade local e ainda a produção de alimentos e de energia que atendam a contento a população estabelecida nesse bioma.

Em conjunto com a ADASA, a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) opera no Distrito Federal nos diversos âmbitos da exploração da atividade de saneamento básico, de modo a manter os sistemas de abastecimento de água; de coleta, tratamento e disposição final de esgotos sanitários. Foi criada em 8 de abril de 1969, pelo Decreto-Lei nº 524 (AZEVEDO e BARBOSA, 2011).

De acordo com informações da CAESB (2020), esta tem autonomia para operar desapropriações, além de possíveis desocupações. Deve ainda recuperar, isolar, proteger e conservar áreas de preservação de mananciais utilizados ou reservados para fins de abastecimento público. Deve controlar as

possíveis causas de poluição de suas águas, inclusive além dos limites de sua concessão.

A CAESB é responsável por gerir os dados que quantificam a quantidade e qualidade da água consumida no Distrito Federal. Deste modo, de acordo com Batista e Fonseca (2018) a empresa dispõe de um programa de monitoramento sistemático, qualitativo e quantitativo, que envolve os aquíferos de seu interesse, sejam estes superficiais ou ainda subterrâneos.

A CAESB dispõe de um relatório periódico contendo informações dos Índices de Qualidade de Água (IQA) de seus pontos de captação (CAESB, 2020). O índice de qualidade de água fornece informações precisas do estado da água correlacionado com parâmetros de qualidade de água e deve ser reavaliado com uma periodicidade mínima de 6 meses (LIMA et al., 2019).

Neste sentido, trabalho de Chaves e Santos em uma série histórica (1992-2005) analisou a qualidade da água em um ponto de captação da CAESB e que tem alto índice de ocupação antrópica, e nestas condições não foram detectadas mudanças significativas nos padrões de IQA, sendo que este se manteve com regularidade ao longo dos anos, tanto na estação seca quanto chuvosa.

V. Atributos físico-hídricos e a relação com a permeabilidade dos solos

As destinações e usos atribuídos aos solos, bem como as capacidades de manutenção ou degradação de cada ambiente terrestre, podem ser dimensionados de acordo com a avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos presentes (CARNEIRO et al., 2009).

Neste sentido, Moura et al. (2013) avaliaram a qualidade dos organossolos, na região do Gama (DF), levantando parâmetros físicos, químicos e biológicos desses solos em cinco áreas distintas e associadas às classes de uso e ocupação desses solos, sendo três para áreas cultivadas (hortaliças, eucalipto e mandioca) e duas para áreas preservadas (pastagem nativa e mata de galeria). As análises dos autores demonstram que houve decréscimo de qualidade dos solos associados aos usos para cultivos, sendo que nestas áreas houve maior compactação e menor percentual de matéria orgânica, sendo que a atividade microbiana foi mais intensa em áreas de pastagens, cultivo de

mandioca e matas de galeria, apresentando menor expressão nos cultivos de hortaliças e eucalipto.

De acordo com Artur et al. (2014), quanto menos exposto à ação antrópica o solo se mantiver, melhor será para a manutenção dos seus atributos físicos, químicos e biológicos, uma vez que se encontrará em equilíbrio, tal como nos solos de vegetação nativa. Neste sentido, estudo de Vaeza et al. (2012) concluiu que a ocupação antrópica em uma bacia do Paraná (Bacia Arroio das Pereiras) foi diretamente responsável pela diminuição da captação de água pelos corpos hídricos. Esses autores afirmam que o aumento de áreas impermeáveis e de percentual de solo compactado (levantados mediante ferramentas de geoprocessamento para uso e ocupação das terras) são fatores decisivos para diminuir e desestruturar as fontes de captação da sua área de influência.

O arranjo dos agregados do solo e a sua estruturação em presença de matéria orgânica, porosidade, presença de ar e água garantirão uma condição estável para o desenvolvimento dos cultivos agrícolas e vegetação nativa, além de garantir melhor interceptação das águas advindas das precipitações pluviais (WOHLENBERG et al., 2004).

O manejo de um solo, que permite a conservação dos seus atributos físicos, será fator determinante para a capacidade de infiltração nesse solo, de modo que os solos que apresentam porosidade e boa estruturação tendem a ter uma boa infiltração efetiva. Neste sentido Sartori et al., (2016) advertem que o contrário leva a uma compactação do solo, podendo proporcionar o seu selamento superficial e que pode impedir a entrada das águas, que escorrerá, sendo, portanto, um fator gerador de erosão laminar, lixiviação de nutrientes e carreamento de sedimentos.

De acordo com Reichert e Cabeda (1992) e Stümer et al. (2009) o selamento superficial do solo pode ser caracterizado como uma fina camada constituída por partículas adensadas que dificultam a infiltração de água ao longo do perfil. Deste modo, quando o solo se encontra sem cobertura vegetal pode sofrer maior impacto das gotas de água, oriundas das chuvas ou de irrigação, podendo provocar o carreamento das suas partículas, em diferentes proporções de acordo com a composição granulométrica deste solo, da sua estrutura, das condições de relevo presentes e ainda da sua destinação (PANACHUKI, 2011).

O armazenamento e captação da água pelos solos são mais eficientes quando o mesmo estiver com cobertura vegetal e em condições de manejo agrícola com ausência de revolvimento. Tais fatores podem influenciar de forma positiva na manutenção da porosidade e em consequência a capacidade de retenção hídrica (ROSSI, 2007). Esta cobertura ainda tem a função de agente atenuante ao aumento de temperatura dos solos e, portanto, age positivamente para a manutenção da água retida em sua estrutura, mantendo menores os níveis de evaporação (FURLANI et al., 2008).

Deste modo, Vieira et al. (2010) em experimento conduzido na Espanha para verificar o teor de água em um solo com dois tipos de ocupação diversos, um contendo vegetação nativa e outros cultivos anuais, sob as mesmas condições de classificação (umbrisol), concluíram que a região que continha vegetação nativa foi muito mais eficiente na manutenção do teor de água no interior dos solos, provavelmente por conter maior cobertura vegetal.

O uso dos solos e as características edáficas e climáticas associadas em cada caso podem alterar seus atributos, de forma a melhorar ou piorar as condições naturais. Dessa forma, o manejo agirá diretamente na conservação ou deterioração dos solos (ALBUQUERQUE et al., 1993), sendo então, também um fator preponderante para as perdas de solo agrícola decorrente dos processos erosivos (SILVA et al., 2011).

Destaca-se que solos muito degradados e intemperizados geralmente apresentam o predomínio de poucas espécies vegetais que se mantêm por desenvolverem boa resistência ao estresse hídrico e nutricional. Esse ambiente geralmente apresentará baixa cobertura vegetal e produção de fitomassa. Essas espécies se mantêm por certa adaptabilidade, que adquirem em relação ao meio ambiente. A retirada dessas espécies e o preparo inadequado dos solos para o plantio pode também gerar a sua degradação (SANTOS et al., 2012).

A importância de um manejo conservacionista deverá ser vista como alternativa para o melhor aproveitamento dos potenciais de uso dos solos, conservando então, sua estrutura, os agregados e a capacidade de retenção de água (SERAFIM et al., 2013). Neste sentido, em experimento conduzido por Amado et al. (2001) em solos do cerrado os autores observaram que o manejo conservacionista no cultivo de milho com plantio de cobertura é ferramenta altamente indicada, pois além de fornecer matéria orgânica e cobertura vegetal

nos solos também é responsável pelo aumento sequestro de carbono na área de plantio.

É importante observar que as entidades do Governo do Distrito Federal, em especial a Secretaria de Agricultura e órgãos extensionistas (EMATER/DF), propõe medidas para a manutenção das capacidades de retenção e armazenamento de águas nos solos, uma vez que para exercer quaisquer atividades produtivas na zona rural é exigido que a área de impermeabilização se restrinja a menos de 20% do total da área. Além disso, após a crise hídrica de 2017, foram tomadas medidas para promover a revitalização de canais de irrigação que atendem a zona rural, de modo a primar por manter o solo coberto e reestruturado, evitando erosões e lixiviação de material. A fiscalização intensificada e a abertura de diálogo e treinamento da população rural garantem que medidas conservacionistas sejam aplicadas na prática, aumentando a cobertura do solo, com a difusão de técnicas como o Sistema de Plantio Direto (MESQUITA et al., 2018; LIMA et al., 2017).

Existem ainda acordos de cooperação mútuos sendo traçados, como o acordo de cooperação técnica entre EMATER/DF e ANA (2018) afim de minimizar os efeitos da antropização em áreas destinadas a captação das águas (bacia do reservatório do Descoberto), com o objetivo de minimizar a ocorrência de novas crises hídricas no estado.

Diversos estudos são conduzidos no intuito de associar a qualidade dos solos tropicais à presença de cobertura vegetal, o que propiciará melhora dos atributos físico-hídricos, além dos atributos químicos e biológicos destes solos. Deste modo, Chaves et al. (2012) em estudo realizado no Distrito Federal observaram que a qualidade de um Latossolo Vermelho localizado nas proximidades de uma microbacia hidrográfica (bacia do Rio Descoberto) está diretamente relacionada ao uso e manejo deste solo, de modo a concluir que a agricultura intensiva se correlacionou negativamente aos fatores de qualidade daquele solo, quando comparada a situação de cerrado nativo, reflorestamento, ou pastagens, com destaque para maior compactação e menor presença de matéria orgânica naquele ambiente.

De modo similar, Borges et al. (2009) em estudo realizado na Embrapa Cerrados (DF) analisaram a influência da cobertura vegetal sobre as capacidades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho. Os pesquisadores

concluíram que em áreas destinadas a pastagens houve interferência direta na qualidade da camada superficial do solo, com maior compactação e queda no índice de macroporosidade, o que se associa a menor retenção hídrica, quando comparadas às áreas de cerrado nativo e Cerrado antropizado na mesma localidade.

De forma similar Valle Júnior et al. (2011) analisaram um importante corpo hídrico de abastecimento da cidade de Uberaba – MG, cidade esta que também apresenta o bioma cerrado e predominância de chuvas concentradas nos meses do verão (1500 mm anuais), sendo denominado córrego Jataí. Os pesquisadores usaram imageamento por satélite, sensoriamento remoto e descreveram o uso e ocupação dos solos ao longo da série histórica, concluindo que a área destinada como APP (Área de Proteção Permanente) estava diminuindo, tendo uma supressão total de mais de 80 hectares (em um total de 190 hectares), sendo substituída principalmente por áreas de pastagens, não respeitando os percentuais mínimos exigidos pela legislação federal. Essa mudança da paisagem pela interferência antrópica pode estar relacionada a diminuição de captação hídrica na região, dentre outros danos ambientais a fauna e flora locais.

VI. Atributos da água bruta

A distribuição de água com bons parâmetros de qualidade é premissa básica para a alta qualidade de vida da população abastecida em uma região, além de ser fator fundamental para o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental. De acordo com Toledo e Nicolella (2002) existem alguns fatores que influenciam na qualidade e na disponibilidade de água dos mananciais, sendo estes: o uso das terras, a estruturação geológica, o tamanho e forma das bacias hidrográficas, assim como a capacidade de drenagem e as condições climáticas locais.

É de se salientar, que a presença do homem bem como o crescimento das cidades e o aumento da demanda da utilização dos mananciais são fatores de grande relevância para a diminuição da boa qualidade da água. Destaca-se o efeito adverso que vem sendo associado aos desmatamentos, uso de agroquímicos, industrialização e urbanização nos ambientais naturais (COELHO et al., 2011).

A análise da qualidade da água exige a avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Com base nos resultados pode-se concluir se tais parâmetros estão de acordo com o preconizado pela ANA (Agência Nacional de Águas) para configurar um Índice de Qualidade de Água (IQA) em níveis adequados para a distribuição. Deve-se destacar que esses parâmetros podem ser respostas a ocorrências naturais ou ainda ter origens antrópicas (PEREIRA et al., 2013).

De acordo com Passos et al. (2019) o IQA deve levar em conta um grupo de parâmetros que sejam significativos para avaliação da água que se deseja analisar, sendo que para isso é importante visualizar se a captação possui influência de ocupação antrópica, sendo ainda rural ou urbana, pois em cada corpo hídrico pode haver o despejo de diferentes rejeitos e contaminantes e em cada caso deve-se analisar a melhor forma de quantificá-los, dado o grau de importância que tenham e como podem interferir na qualidade da água para consumo em geral.

A Portaria 2.914 (Ministério da Saúde, 2011) estabelece os Valores Máximos Permissíveis (VMP) para as características bacteriológicas, organolépticas, físicas e químicas da água potável. Essa portaria define água potável como aquela própria para o consumo humano, com características microbiológicas, físicas, químicas e radioativas que atendam ao padrão de potabilidade, de forma a não oferecer risco à saúde humana (SILVA et al., 2014).

Em conformidade com Portaria nº 2.914 de 2011 (Ministério da Saúde, 2011) a CAESB mantém a água distribuída via o Sistema Torto/Santa Maria com a classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA) mínimo no intervalo de 52-79 (em uma escala de 0 a 100), o que configura a água distribuída como sendo “boa”. Ainda de acordo com a CAESB tal água recebe tratamento convencional, o que indica que para o tratamento da água utiliza-se flotação, mas é dispensada a decantação (CAESB, 2019).

O Índice de Qualidade de Água (IQA) é o indicador usado em escala nacional para diagnosticar se os mananciais utilizados para abastecimento público estão oferecendo água em condições adequadas à população. A CAESB utiliza para o seu cálculo oito parâmetros, sendo estes: cor, turbidez, ferro total, cloreto, nitrogênio amoniacal, pH, carbono total e coliformes totais, sendo que a água considerada boa tem que atingir no mínimo 52 pontos em um total de 100

e para ser aceitável no mínimo 31 pontos em 100. Esse levantamento é realizado de forma periódica, com coletas e análises horárias, de tal forma que em um único mês são feitos cerca de 35.000 monitoramentos (CAESB, 2019).

Em consonância à com Portaria nº 2.914 de 2011 (Ministério da Saúde, 2011) faz-se de grande importância o estudo da Resolução CONAMA nº 357/2005 (alterada pelas Resoluções CONAMA nº 410/2009 e pela 430/2011). (Ministério de Meio Ambiente, 2011). Essa resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, de modo a classificar os padrões aceitos para a água bruta, ou seja, água que ainda não passou por tratamentos convencionais para sua distribuição, estabelecendo padrões de qualidade da água doce.

Os principais parâmetros de água de relevância para o estado do Distrito Federal serão elencados a seguir. O primeiro deles é a cor da água (aparente ou seja, com turbidez, ou verdadeira, excluindo-se neste caso a turbidez) que é um parâmetro físico que pode indicar a maior ou menor presença de compostos orgânicos, sejam estes provenientes da matéria orgânica tanto nas frações dos ácidos húmicos, como nos ácidos fúlvicos ou ainda na humina. Indica ainda a possibilidade de existência de minerais como ferro e manganês, e ainda a possível presença de corpos estranhos, provenientes de rejeitos, como o esgoto doméstico (CAMPISI et al., 2005).

De acordo com a portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde a cor deve apresentar até 15 UH (Unidade Hazen) para cor verdadeira, para estar dentro dos padrões aceitáveis de distribuição. Tal unidade é medida mediante uma redução da intensidade luminosa, ao atravessar a amostra devido à absorção de parte da radiação magnética (CABRAL e ARAUJO, 2016; AGUIAR, 2017.). Seguindo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Ministério do Meio Ambiente, 2005) a cor da água bruta (verdadeira) poderá atingir até até 75 UH, um valor que pode ser naturalmente ultrapassado, no caso de águas muito escuras, como as encontradas nas bacias amazônicas (SILVA et. al., 2016).

A turbidez da água é outro parâmetro físico que tem por fundamento verificar a presença da matéria em suspensão no volume de água analisado. De acordo com Oliveira-Filho et al. (1994) alguns tipos de materiais podem se

correlacionar a maior ou menor turbidez, tais como: silte, argila, substâncias orgânicas e ainda organismos microscópicos e outras particulados. Com base nisso, destaca-se que a erosão laminar do solo bem como a devastação das matas ciliares e os consequentes assoreamentos dos corpos de água tem relação direta com o aumento de turbidez.

A portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde de 2011 estabelece a turbidez máxima de 5 UT (Unidade de Turbidez), sendo que essa unidade se baseia nas partículas suspensas encontradas na solução (TEIXEIRA et al., 2004). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Ministério do Meio Ambiente, 2005) é de 40 UT (Unidade de Turbidez).

O percentual de ferro total é um parâmetro químico da água que pode comprometer a qualidade final da amostra uma vez que grandes concentrações promovem a multiplicação das chamadas “ferrobactérias”, microrganismos que propiciam além de mau odor a água, escurecimento e problemas relacionados à obstrução da canalização. A maior concentração de ferro se relaciona ao material de origem, que pode promover solubilização do minério do solo na água ou pode advir de despejos contaminantes (FRANCO e HERNANDEZ, 2009).

De acordo com a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde (2011) a máxima concentração de Ferro admitida é de 3 mg/L⁻¹. A Resolução CONAMA nº 357/2005 (Ministério do Meio Ambiente, 2005) em consonância a Portaria supra citada, dispõe sobre o mesmo percentual máximo, ou seja, a concentração máxima de 3 mg L⁻¹.

De acordo com CORADI e RAMIREZ (2009), em conformidade com a portaria 1.469 (2000), a presença de cloretos na água não deve ultrapassar 250 mg L⁻¹, uma vez que limites superiores podem comprometer a saúde humana, pois além de um gosto insalubre a água adquire propriedades laxativas. O valor preconizado pela Portaria número 2.914 do Ministério da Saúde (2011) é de 3 mg L⁻¹ como máxima concentração permitida.

A ocorrência de cloretos na água está associada à dissolução de minerais ou ainda como resultado da associação de água marinha. Pode ser ainda um indicativo de despejos de esgotos domésticos ou rejeitos industriais (MAGALHÃES et al., 2002, além de contaminação por águas utilizadas na irrigação agrícola (RIBEIRO et al., 2007). De acordo com a Resolução CONAMA

nº 357/2005 (Ministério do Meio Ambiente, 2005) o limite máximo é superior, sendo limitado a 250 mg L⁻¹.

O nitrogênio amoniacal é um parâmetro químico relevante para em águas distribuídas pela CAESB no Distrito Federal. Por meio da análise deste parâmetro pode-se apontar a presença compostos orgânicos de origem animal na amostra (CYBIS et al., 2004). Elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo podem levar a maior eutrofização dos corpos de água, aumentando a incidência de fito e zooplânctons (CORADI e RAMIREZ, 2009).

De acordo com Reis e Mendonça (2009) os teores máximos de nitrogênio amoniacal permitidos nos corpos de água devem estar diretamente correlacionados com a faixa de pH em cada ambiente. A Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (2011) estabelece o Valor Permissível Máximo (VPM) para o nitrogênio amoniacal na forma de amônia (NH₃) em 1,5 mg L⁻¹ para a água considerada potável. Ainda segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Ministério do Meio Ambiente, 2005) a concentração máxima para água bruta é de 20,0 mg L⁻¹.

O potencial hidrogeniônico (pH) da água é parâmetro químico que vai demonstrar a relação entre os íons H⁺ e OH⁻ presentes na solução. De tal modo que o excesso de H⁺ gera uma solução mais ácida e o contrário uma solução mais alcalina (básica) (PASTRE et al., 2012).

De acordo com a portaria 2.914 (Ministério da Saúde, 2011) a faixa de pH da água potável deve estar compreendida entre 6 para LIP (Limite Inferior Permitido) a 9,5 LSP (Limite Superior Permitido) pontos, similar ao valor preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Ministério do Meio Ambiente, 2005), que limita o pH a valores entre 5 e 9.

De acordo com Bueno et al. (2005) o pH sofre influência direta da geologia local e de características naturais, como tipo de solo, materiais primários, presença de corpos hídricos, dentre outros e pode ser alterado também pela introdução de resíduos na solução aquática.

A presença de carbono tem relação direta com a presença de matéria orgânica na água, uma vez que o carbono total denota o valor de carbono orgânico e inorgânico presentes em dada amostra de água. De acordo com ZERWES et al. (2015) a presença de carbono orgânico denota a medida direta

dos diversos compostos orgânicos em diferentes estágios de decomposição e pode indicar a presença de materiais resistentes à degradação biológica.

LIBÂNIO et al. (2000) destacam que não existem parâmetros legais para o limite de carbono orgânico para a água doce, contudo este deve se manter em valores baixos, uma vez que existe relação direta com a presença de contaminantes, como lixos ou agrotóxicos. É importante destacar que o parâmetro carbono total foi adotado pela CAESB a partir de 2013, em substituição ao parâmetro DQO (Demanda Química de Oxigênio) (CAESB, 2020).

Um parâmetro microbiológico fundamental para é a contagem dos coliformes totais. Os coliformes totais constituem um indicador da presença bacteriana que configura a contaminação via excretas humanas ou por dejetos e esgotos residenciais (BUZANELLO, 2008). Araújo et al. (2001) ressaltam que a presença desses coliformes totais pode ser verificada pela capacidade de fermentar lactose na solução, gerando como subproduto gás a temperatura de 44,5 °C.

Para a comercialização e distribuição de água mineral ou potável e potável de mesa a portaria nº 2.914 (Ministério da Saúde, 2011) determina que em 40 ou mais amostras analisadas por mês deve-se ter ausência de coliformes totais em pelo menos 95% do total dessas amostras. A Resolução CONAMA nº 357/2005 (Ministério do Meio Ambiente, 2005) limita em 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

Por último, é importante destacar o parâmetro Demanda Química de Oxigênio (DQO), pois este parâmetro foi utilizado para quantificação do IQA (Índice de Qualidade de Água) pela CAESB até o ano de (2013), como indicam trabalhos de Chaves e Santos (2009) e Bilich (2007).

Este parâmetro químico tem correlação com a quantidade de matéria orgânica presente nas águas e serve como um bom indicador para monitoramento de águas que passem sobre tratamento para posterior distribuição. É determinado por métodos de titulação ou colorimetria. Em ambos os casos esse parâmetro é útil para medir indiretamente os equivalentes redutores presentes na amostra, uma vez que substâncias orgânicas ou inorgânicas presentes no ambiente serão oxidadas à medida que existam

quantidades significativas de DQO que provenham tal situação. (AQUINO et al., 2006), de modo que quanto maiores os valores encontrados para o DQO maior capacidade de oxidação da matéria orgânica, sendo, portanto, um fator positivo a sua ocorrência nas águas doces para destinação humana.

Ainda de acordo com a Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde para se distribuir água tratada a mesma deve receber a concentração mínima de 0,5 mg/L de cloro residual livre, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição (Brasil, 2011). Dentre as funções do cloro pode-se destacar a desinfecção da água com a eliminação de microorganismos patogênicos, além de promover a oxidação de compostos existentes nesta água, de forma a diminuir a concentração de possíveis contaminantes (FERREIRA FILHO e SAKAGUTI, 2008).

A quantificação da qualidade de um corpo hídrico sofre influência direta dos rejeitos que determinado corpo hídrico possa receber, e, portanto, pode ser alterado devido a ocupação antrópica. Neste sentido, estudo realizado por Freire e Castro em 2013 correlacionou o índice de uso e ocupação das terras de treze sub-bacias tributárias da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim no Estado do Espírito Santo, durante o período de seca, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Esses autores analisaram valores de IQA propostos mediante coletas em três dias, em pontos de todas as 13 sub-bacias, e realizaram análises próprias para quantificação dos componentes das amostras, mediante parâmetros pré-estabelecidos (coliformes totais, nitrato, fósforo e oxigênio dissolvido). Para correlacionar com a ocupação foram quantificados os percentuais de áreas edificadas, agrícolas, de solo exposto e pastagens. Como resultado os pesquisadores concluíram que existe uma correlação positiva (87%) entre a degradação da água (com excesso de nitratos e baixo oxigênio dissolvido) nas áreas que apresentam maior ocupação e interferência antrópica, principalmente relacionada ao solo exposto e áreas de pastagens (51% da ocupação total na época das secas). Foi ressaltado ainda que o alto índice de nitratos encontrados pode estar correlacionado ao despejo de resíduos orgânicos nas áreas de captação analisadas.

De maneira análoga, Marmondel e Rodrigues (2015) analisaram quatro corpos de captação hídrica com diferentes coberturas, de solo, sendo que: o primeiro apresentava mata ciliar preservada, o segundo mata ciliar perturbada,

o terceiro possuía bambuzal e mata ciliar e o quarto pastagem e áreas associadas à alta perturbação natural. Foram realizadas sucessivas coletas na época de seca (junho a agosto e analisados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, condutividade elétrica, salinidade, turbidez, nitrato, nitrito, ferro e cor. As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Água no Departamento de Engenharia Rural no Campus de Botucatu – FCA/UNESP. Os autores concluíram que as duas primeiras áreas apresentavam IQA's superiores aos das duas segundas (degradadas), sendo então determinante a presença da mata ciliar para manutenção da qualidade das águas.

Fernandes et al. (2011) analisaram a região da microbacia de Glória em Macaé (RJ). Foram classificadas seis classes de solo em consonância ao seu uso, sendo estas: solo exposto, capoeira, pastagem floresta secundária, urbana e agrícola. Os autores avaliaram se os diferentes usos seriam capazes de influenciar na qualidade da água da microbacia e concluíram que nas áreas destinadas a agricultura e ocupação urbana houve decréscimo de qualidade da água, nos parâmetros turbidez e sólidos totais, todavia o seu percentual se manteve baixo no volume de água total do manancial, não refletindo em alteração qualitativa ao longo do curso da água.

De forma contrária, Leitão et al. (2015) analisaram alterações de IQA relacionadas à ocupação antrópica (uso e ocupação das terras) no ribeirão São Bernardo (GO) e concluíram que para o material coletado e os parâmetros analisados: DBO (demanda bioquímica de oxigênio, OD (oxigênio dissolvido), coliformes termotolerantes, pH, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, sólidos totais dissolvidos e turbidez, não houve alteração que impedisse a classificação final como “Boa” ou “Ótima”, em todas as campanhas de monitoramento e análise, sendo portanto encontrada alta condição da qualidade da água em todo o período de estudo (agosto de 2007 a outubro de 2013).

VII. REFERÊNCIAS

ABERS, R. JORGE, K.D. Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados? **Ambiente e sociedade**, v.8, n.2, 2005.

ADASA – AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL. <http://www.adasa.df.gov.br/areas-de-atuacao/recursos-hidricos>. Visto em:23/02/2020.

ADASA – AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/abastecimento-de-agua-e-esgoto/fiscalizacao/sistema-de-abastecimento-de-agua>. Visto em: 13/12/2019.

ALBERTIN, L.L.; MATOS, A.J.S.; MAUAD, F.F. Cálculo do volume e análise da deposição de sedimentos do reservatório de Três Irmãos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.15, n.4, p. 57-67, 2010.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FRONTINELLE, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: Efeito sobre a forma de estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p. 115-119, 1993.

ALHO, C.J.R.; MAMEDE, S.B.; BENITES, M.; ANDRADE, B.S.; SUPÚVELA, J.J.O. Ameaças ao pantanal brasileiro pelo uso e ocupação da terra. **Ambiente & Água**, v.22, 2019.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, 2001.

ANA- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/qualidade-da-agua/indicadores-de-qualidade>. Visto em: 09/10/2019.

ANA- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2013/1041-2013.pdf>. Visto em: 23/02/2020.

ANA- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA Nº 07/2018/ANA. Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/licitacoes_e_contratos/Convenios_vigentes/Acordo_de_Cooperacao_Tecnica_07_2019.pdf. Visto em: 24/02/2020.

ANGELO, T.V.; SOUSA, G.E.; CUNHA, L.S. Conceptual geological model of the Ribeirão Tortinho Watershed, Federal District of Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.02, p.592-607, 2018.

ANJOS, V.S.; SANO, E.E.; BEZERRA, H.S.; ROSA, R. Caracterização espectral-temporal de pastagens do triângulo mineiro utilizando dados MODIS EVI2 (2000-2010). **Revista Sociedade e Natureza**, vol.25, n.1, 2013.

AQUINO, S.F.; SILVA, S.Q.; CHERNICHARO, C.A.L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.4, 2006.

De AQUINO, C. M. S., VALLADARES, G. S., de AQUINO, R. P., de OLIVEIRA, J. G. B., & do Nascimento, V. G. Monitoramento do uso e cobertura das terras do Parque Nacional da Serra da Capivara e entorno nos anos de 1987 e 2010. **Revista Geografia**, v. 19, n. 40, p.138-149, 2017.

ARAÚJO, W.N.; SILVA, M.H.; MARTINEZ, T.C.N.; SILVA, A.V.A.F.; BARROS, S.L. Determinação do nível de contaminação por coliformes totais no queijo Minas comercializado na região metropolitana de Salvador - Bahia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 2, n. 1, 2001.

ARTUR, A.G.; OLIVEIRA, D.P.; COSTA, M.C.G.; ROMERO, R.E.; SILVA, M.V.C.; FERREIRA, T.O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.2, p.141–149, 2014.

AUGUSTO, L. G. D. S., GURGEL, I. G. D., CÂMARA NETO, H. F., MELO, C. H. D., & COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Revista Ciência & saúde coletiva**, n.17, p.1511-1522, 2012.

BANDEIRA, A.P.N.; NUNES, P.H.S.; LIMA, M.G.S. Gerenciamento de riscos ambientais em municípios da região metropolitana do Cariri, Ceará. **Ambiente & Sociedade**, v.19, n.4, São Paulo, 2016.

BATISTA, B.D.; FONSECA, B.M. Fitoplâncton da região central do Lago Paranoá (DF): uma abordagem ecológica e sanitária. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.2, 2018.

BECKMANN, E. SANTANA, A.C. Modernização da agricultura na nova fronteira agrícola do Brasil: MAPITOBA e Sudoeste do Pará. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 81-102, 2019.

BERTI, A.P.; DUSMAN, E.; SOARES, L.C.; GRASSI, L.E.A. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **Revista Saúde e Biologia**, v. 4, n. 1, p. 45-51, 2009.

BERTUCINI, J.J.J.; CENTENO, J.A.S. Registro de série de imagens Landsat usando correção e análise de relação espacial. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 22, n. 4, p.685-702, out - dez, 2016.

BEZERRA, D.S.; MACHADO, K.A.; GOMES, A.C. Outorga de direito de uso da água e a política maranhense de recursos hídricos. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 3, n. 2, p. 227-249, 2013.

BILICH, M.R. **Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/2896>. Acesso em: 24/02/2020.

BONO, J.A.M.; MACEDO, M.C.M.; TORMENA, C.A.; NANNI, M.R.; GOMES, E.P.; MULLER, M.M.L. Infiltração de água no solo em um latossolo vermelho na região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1845-1853, 2012.

BORGES, L.A.C.; REZENDE, J.L.P.; PEREIRA, J.A.A.; COELHO JÚNIOR, L.M.; BARROS, D.A. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, v.41, n.7, 2011.

BORGES, T.A.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, E.M.; GOEDERT, W.J. Avaliação de parâmetros físico-hídricos de Latossolo Vermelho sob pastejo e sob cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.18–25, 2009.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental In: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (org.) **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 153 -192, 2004.

BRANCALION, P.H.S.; GARCIA, L.C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R.R.; PILLAR, V.D.; LEVINSOHN, T.M. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, p.1-16, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria no 2.914, de dezembro de 2011**. Anexo Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/julho/24/PERGUNTAS-E-RESPOSTAS-SOBRE-A-PORTARIA-MS-N-2-914.pdf>. Visto em: 08/01/2020.

BRITO, L. T. de; SRICIVASSAN, V. S.; SILVA, A. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; HERMES, L. C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.596-602, 2005.

BUENO, L.F.; GALBIATTI, J.A.; BORGES, M.J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Orto Ouro Verde – Conchal – SP. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.25, n.3, p.742-748, 2005.

BUFFON, I., PRINTES, R. C., & ANDRADES-FILHO, C. O. Licenciamento ambiental do uso do fogo nos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul, Brasil: Determinação do período de pousio e sugestões para uma rotina de monitoramento. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v.4, n.3, p.447-469, 2018.

BUZANELLO, E.B. MARTINHAGO, M.W.; ALMEIDA, M.M.; PINTO, F.G.S. Determinação de Coliformes Totais e Termotolerantes na água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, p. 59-60, 2008.

BUZELLI, G.M.; CUNHA-SANTINO, M.B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 8, n.1, 2013.

CABRAL, L.N.; ARAÚJO, S.M.S. Qualidade da água em áreas rurais: análise bacteriológica e físico-química das águas dos tanques de pedra das comunidades KM 21 (Campina Grande) e Pedra Redonda (Pocinhos). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.09, n.06, p.1737-1753, 2016.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br>. Acesso em: 23/09/2019.

CAMPISI, T. ABBONDANZI, F.; CASADO-MARTINEZ, C.; DEL VALLS, T.A.; GERRA, R.; IACONDINI, A. Effect of sediment turbidity and color on light output measurement for Microtox Basic Solid-Phase Test. **Chemosphere**, v.60, n.1, p.9-15, 2005.

CAMPOS, S. ARAUJO JUNIOR, A.A.; BARROS, Z.X.; CARDOSO, L.G.; PIROLI, E.L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu - SP. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 431-435, 2004.

CARDOSO, O.R.; DAMBROS, M.M.G.; XAVIER, WEISS, C.V.C.; GAUER, N.P. A Utilização de SIG no Auxílio da Análise dos Impactos Ambientais Causados pelas Usinas Hidroelétricas Passo São João e São José Localizadas no Rio Ijuí – RS. **Revista Scientia Plena**, v.11, n. 02, 2015.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F.; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.1, 2009.

CARMO, M.S.; BOAVENTURA, G.R.; OLIVEIRA, E.C. Geoquímica das águas da bacia hidrográfica do Rio Descoberto, Brasília, DF, Brasil. **Revista Química Nova**, v.28, n. 4, p. 565-574, 2005.

CARVALHO, O.A.J.; COELHO, M.A.N.; MARTINS, E.S.; GOMES, R.A.T.; COUTO, A.F.J.; OLIVEIRA, S.N.; SANTANA, O.A. Mapeamento da vegetação na floresta atlântica usando o classificador de árvore de decisão para integrar

dados de sensoriamento remoto e modelo digital de terreno. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.26, n.3, São Paulo, 2008.

CARVALHO, R.G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, n.36, p. 26-43, 2014.

CARVALHO JUNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F.; MARTINS, E.S.; CARVALHO, A.P.F.; GOMES, R.A.T. Análise comparativa do processo de identificação automatizada de membros finais a partir de imagens com diferentes resoluções espectrais para a região de Niquelândia. (AVIRIS, ETM+ e ASTER). **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n.1, 2005.

CASTILO, R. A imagem de satélite: do técnico ao político na construção do conhecimento geográfico. **Revista Pro-Posições**, Campinas, v. 20, n.3, p. 61-70, 2009.

CASTRO, K.B. Segurança hídrica urbana: morfologia urbana e indicadores de serviços ecossistêmicos, estudo de caso do Distrito Federal, Brasil. Tese de doutorado. **Repositório da Universidade de Brasília (UnB)**. 2018.

CAVALCANTE, R.B.L. Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. **Revista Ambiente & Água**, v.9, n.3, 2014.

CHAVES, A.A.A.; LACERDA, M.P.C.; GOEDERT, W.J.; RAMOS, M.LG.; KATO, E. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 446-454, 2012.

CHAVES, A.A.A.; LACERDA, M.P.C.; KATO, E.; GOEDERT, W.J.; RAMOS, M.L.G. Uso das terras da parte norte da Bacia do Rio Descoberto, Distrito Federal, Brasil. **Bragantia**, vol. 69, n. 3, p. 711-717, 2010.

CHAVES, H.M.L.; PIAU, L.P. Efeito da variabilidade da precipitação pluvial e do uso e manejo do solo sobre o escoamento superficial e o aporte de sedimento de uma bacia hidrográfica do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, 2008.

CHAVES, H.M.L.; SANTOS, L.B. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 13, p. 922-930, 2009.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**. v.22, n.01, 2013.

CIRILO, J.A.; ABREU, G.H.F.G.; COSTA, M.R.; GOLDEMBERG, D.; COSTA, W.D. Soluções para o Suprimento de Água de Comunidades Rurais Difusas no Semi-Árido Brasileiro: Avaliação de Barragens Subterrâneas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n.4, p. 5-24, 2003.

COELHO, R.C.T.P.; BUFFON, I.; GUERRA, T. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: um método para avaliar a importância da zona ripária. **Ambiente & Água**, v. 6, n. 1, p. 104-117, 2011.

COLDITZ, R. R., SALDANA, G. L., MAEDA, P., ESPINOSA, J. A., TOVAR, C. M., HERNANDEZ, A. V., BENÍTEZ, C. Z., LÓPEZ, I. C., RESSL, R. Generation and analysis of the 2005 land cover map for Mexico using. **Remote Sensing of Environment**. v. 123, p. 541-552, 2012.

CORADI, P.C.; RAMIREZ, O.P. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.

CORDEIRO, G.G.; GUEDES, N.M.; KISAKA, T.B.; NARDOTO, G.B. Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.11, n.3, 2016.

COSTA, C.M.; FRANÇA, D.V.B.; SILVA, Q.D.; SANTANA, R.G.; TEIXEIRA, E.C. Uso e ocupação das áreas de preservação permanente e o perigo de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil, São Luís – Maranhão. **Geografia ensino & pesquisa**, v. 23, 2019.

COSTA, C.W.; PIGA, F.G.; MORAES, M.C.P.; DORICI, M.; SANGUINETTO, E.C.; LOLLO, J.A.; MOSCHINI, L.E.; LORANDI, R.; OLIVEIRA, L.J. Fragilidade ambiental e escassez hídrica em bacias hidrográficas: Manancial do Rio das Araras – Araras, SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.4, Porto Alegre, p. 946 – 958, 2015.

CUNHA, A.P.M.A.; BRITO, S.S.B.; RIBEIRO NETO, G.G.; ALVALÁ, R.C.S. As Secas entre 1963 e 2017 no Distrito Federal, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências** – UFRJ, v. 41, n.2, p. 487-498, 2018.

CURVELLO, R.T.; BATISTA, G.T.; TARGA, M.S. Estudo dos impactos da ocupação humana na microbacia do rio Batedor na Serra da Mantiqueira no município de Cruzeiro, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 3, n. 1, p. 91-107, 2008.

CYBIS, L.F.A.; SANTOS, A.V.; GEHLING, G.R. Eficiência do reator seqüencial em batelada (RSB) na remoção de nitrogênio no tratamento de esgoto doméstico com DQO baixa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.9, n.3, 2004.

DEMAMBORO, A.C.; LAURENTIS, G.L.; BETTINE, S.C. Cenários ambientais na bacia do rio Atibaia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18, n.1, 2013.

DEMATTE, J.A.M.; TOLEDO, A.M.A.; SIMOES, M.S. Metodologia para reconhecimento de três solos por sensores: laboratorial e orbital. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.5, 2004.

DEMATTE, J. A. M.; PEREIRA, H. S.; NANNI, M. R.; COOPER, M.; FIORIO, P. R. Soil chemical alterations promoted by fertilizer application assessed by spectral reflectance. **Soil Science**, v. 168, n. 10, p. 730-747, 2003.

DI MAURO, C.A. Conflitos pelo uso da água. **Caderno Prudentino de Geografia**, n.36, p. 81-105, 2014.

DIAS, L. T., & WALDE, D. H. G. Modelagem da dinâmica espacial do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Lago Paranoá-DF. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.64. v.5, 2013.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

DUARTE, C.G.; MALHEIROS, T.F.; GRISOTTO, L.E.G.; AVILA, R.D. Legislação e gestão de recursos hídricos nas áreas de mananciais da Região Metropolitana de São Paulo, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 5, n.3, p. 245-257, 2010.

EPIPHANIO, J.C.N.; LUIZ, A.J.B.; FORMAGGIO, A.R. Estimativa de áreas agrícolas municipais, utilizando sistema de amostragem simples sobre imagens de satélite. **Bragantia**, v.61, n.2, 2002.

FARIAS, A.A.; SOUZA, J.T.A.; ALVES, T.L.B.; SILVA, V.M.A.; MORAES NETO, J.M. Degradação Ambiental no Entorno da Bacia Hidráulica do Açude Manoel Marcionilo -PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.04, p.863-876, 2012.

FERNANDES, M.M.; CEDDIA, M.B.; RAMOS, G.M.; GASPAR, A.; MOURA, M.R. Influência do uso de solo na qualidade de água na microbacia Glória, Macaé – RJ. **Revista Engenharia Ambiental**, v.8, n.2, p.105-116, 2011.

FERREIRA FILHO, S.S.; SAKAGUTI, M. Comportamento cinético do cloro livre em meio aquoso e formação de subprodutos da desinfecção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.2, 2008.

FIOREDE, A.P. OLIVEIRA, L.F.C. Usos dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás. **Revista de Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 28-35, 2010.

FISCH, F.; BRANCO, J.O.; PORT, D.; MENEZES, J.T. Variação espaço temporal (1938-2013) do uso e ocupação da terra na região do saco da fazenda, Itajaí – SC. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 430-445, 2019.

FLAUZINO, B.K.; MELLONI, E.G.P.; PONS, N.A.D.; LIMA, O. Mapeamento da capacidade de uso da terra como contribuição ao planejamento de uso do solo em sub-bacia hidrográfica piloto no sul de Minas Gerais. **Revista Geociência**, v. 35, n. 2, p.277-287, 2016.

FONSECA, B.M.; MOURA, A.C.M.; RIBAS, R.P.; CARVALHO, G.A.; CASAGRANDE, P.B. Modelagem paramétrica da paisagem urbana e cadastro 3D utilizando dados lidar: uma proposta metodológica. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 68, v.8, p.1571-1583, 2016.

FORMAGGIO, A.R.; ALVES, S.D. & EPIPHANIO, J.C.N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.249-256, 1992.

FRANCELINO, M.R.; REZENDE, E.M.C.; SILVA, L.D.B. Proposta de metodologia para zoneamento ambiental de plantio de eucalipto. **Cerne**, v.18, n.2, Lavras, 2012.

FRANÇA, M.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; XAVIER, B.T.L. Análise do uso da terra no município de Viçosa – MG mediado por classificações supervisionadas com redes neurais supervisionadas e Maxver. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v..2, n.03, p.92-101, 2013.

FRANCO, R.A.M.; HERNANDEZ, F.B.T. Qualidade de água para irrigação na microbacia do Coqueiro, estado de São Paulo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.772–780, 2009.

FREIRE, A.P.; CASTRO, E.C. Análise da Correlação do uso e Ocupação do Solo e da Qualidade da Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.19, n.1, p.41-49, 2014.

FUTRLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R.; SILVA, R.P.; CORTEZ, J.W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, 2008.

GANEM, K.A.; BAPTISTA, G.M.M; ROCHA, W.J.S.A.F.; VASCONCELOS, R.N.; ROSA, M.R.; SOUZA, D.T.M. Comparison between Data with and without Atmospheric Correction on Land Cover Classification of an Area in the Brazilian Biome Caatinga using Google Earth Engine. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.69, v.6, p.1053-1074, 2017.

GARCIA, G.J.; PINTO, S.A.F.; ANTONELLO, S.L.; NOBRE, M.F. O uso de geotecnologias no planejamento ambiental: o plano diretor municipal de Tambaú – SP. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.6, 2010.

GENU, A. M.; DEMATTE, J. A. M.; NANNI, M. R. Geoprocessamento na avaliação espacial de variáveis do solo da região de Rafard-SP. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p. 07-29, 2011.

GOMES, M.A.; LANI, J.L.; COSTA. L.M.; PONTES, L.M.; FIGUEREDO, N.A.; BARDALES, N.G. Solos, manejo e aspectos hidrológicos na bacia hidrográfica do Araújos, Viçosa – MG. **Revista Árvore**, v.36, n.1, 2012.

GONÇALVES, F.C.; MARASCA, I.; SOUZA, S.F.G.; TAVARES, L.A.F.; SILVA, P.R.A. Métodos de determinação da densidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Energia na Agricultura**, v.28, n.03, p.165-169, 2013.

GOUVEIA, R.G.L.; GALVANIIN, E.A.S.; NEVES, S.M.A.S. Aplicação do índice de ocupação antrópica na análise multitemporal na bacia do córrego do Bezerro Vermelho, Tangará da Serra–MT. **Revista Árvore**, v.37, n.6, p.1045-1054, 2013.

GRUBBA, L.S.; HAMEL, E.H. Desafios do desenvolvimento sustentável e os recursos naturais hídricos. **Revista Brasileira de Direito**, v.12, n.1, 2016.

HUTTNER, S.; BRUSE, M.; DOSTAL, P. Using ENVI-met to simulate the impact of global warming on the microclimate in central European cities. *Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Nr. 18: Helmut Mayer and Andreas Matzarakis (eds.): 5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology*, p. 307-312, 2008.

IORIS, A.A.R. Água, cobrança e commodity: a geografia dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Terra Livre**, v. 02, n. 25, 2005.

IBGE _ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23/02/2020.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Rastreo e controle de satélites. Disponível em: <http://www.inpe.br/crc/>. Acesso em: 19/02/2020.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Características dos satélites Landsat. Disponível em: http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT123_PT.php. Acesso:22/02/2020.

IRONS, J.R.; DWYER, J.L.; BARSÍ, J.A. The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission. **Remote Sensing of Environment**, v.122, p.11-21, 2012.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of brazilian Cerrado. **Conservation biology** 19, p. 707-713. 2005.

LAGO, W. N. M.; LACERDA, M. P. C.; NEUMANN, M. R. B.; BORGES, T. D. Ocupação e adequação do uso das terras na microbacia do Ribeirão Extrema, Distrito Federal - Parte I. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.289- 296, 2012.

LEITAO, V.S.; CUBA, R.M.F.; SANTOS, L.P.S.; SANTOS NETO, A.S. Utilização do índice de qualidade de água (IQA) para monitoramento da qualidade de água em uma área de preservação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 794-803, 2015.

LIBÂNIO, M. LIBÂNIO, P.A.C.; COSTA, B.M.P. von SPEARLING, E. Avaliação da relevância do carbono orgânico total como parâmetro de caracterização de águas de abastecimento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.4, p. 41-55, 2000.

LIBÂNIO, P.A.C.; CHERNICHARO, C.A.L.; NASCIMENTO, N.O. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n.3, 2005.

LIESENBERG, V.; PONZONI, F.J.; GALVAO, L.S. Análise da dinâmica sazonal e separabilidade espectral de algumas fitofisionomias do cerrado com índices de vegetação dos sensores MODIS/TERRA e AQUA. **Revista Árvore**, v.31, n.2, 2007.

LIMA, A.S.V.; ARRUDA, P.N.; SCALIZE, P.S. Indicador de salubridade ambiental em 21 municípios do estado de Goiás com serviços públicos de saneamento básico operados pelas prefeituras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.24, n.3, 2019.

LIMA, D.L.; MOTTA, J.S.; SOUZA, C.A.; GUIRRA, A.P.M.; PARANHOS FILHO, A.C. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42, n. 1, p. 107-116, 2018.

LIMA, J. E. F. W.; ANTONINI, J. C. dos A.; BORGES, M. M.; ANDRADE, S. M. L. de; LOBATO, B. R.; ROCHA, F. E. de C.; CARVALHO, A. V. V. **Demandas relacionadas às Culturas irrigadas no DF e propostas para pesquisa, extensão e política pública**. IN Expedição Safra Brasília 2016: soja, milho safrinha e culturas irrigadas: diagnóstico e prospecção de demandas para pesquisa, extensão rural e política pública. Brasília, DF: Seagri-DF, 355 p., 2017.

LIMA, J.E.F.W.; AQUINO, F.G.; CHAVES, T.A.; LORZ, C. Development of a spatially explicit approach for mapping ecosystem services in the Brazilian Savanna – *MapES. Ecological Indicators*, v.82, p.513-525, 2017.

LOPES, L.H.M. Uso e cobertura do solo no município de Tailândia-PA utilizando o TM/Landsat e técnica de Classificação Não Supervisionada. **Revista Engevista**, v. 10, n. 2, p. 126-132, dezembro 2008.

MACHADO, J. S., de VILHENA LINHARES, A. C. S., CARVALHO, P. A., EVANGELISTA, J. O., & LOUREIRO, G. E. Avaliação da regularização ambiental no controle ao desmatamento em assentamentos do Sul e Sudeste do Pará. **Revista Geoaraguaia**, n. 9, v.1, 2019.

MACHADO, M.T.S.; BAPTISTA, G.M.M. Sensoriamento remoto como ferramenta de monitoramento da qualidade da água do Lago Paranoá (DF). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.2, Rio de Janeiro, 2016.

MAGALHÃES, N.F.; CEBALLOS, B.S.O.; NUNES, A.B.A.; CHEYI, H.R.; KONIG, A. Principais impactos nas margens do Baixo Rio Bodocongó - PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgoto. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.6, n.1, 2002

MARANDOLA JUNIOR, E. MARQUES, C.; PAULA, L.T.; CASSANELI, L.B. Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo. **Revista Brasileira de Estudos da População**, v.30, n.1, São Paulo, 2013.

MARINO, T. B., da SILVA, J. X., e QUINTANILHA, J. A. METODOLOGIA PARA TOMADA DE DECISÃO NO ÂMBITO DE RISCOS SÓCIO-AMBIENTAIS EM ÁREAS URBANAS: DESMORONAMENTOS E ENCHENTES EM ASSENTAMENTOS PRECÁRIOS NA BACIA DO CÓRREGO CABUÇU DE BAIXO-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, 2008.

MARMONTEL, C.V.F.; RODRIGUES, V.A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, 2015.

MARTINS, D. DE M. F.; CHAGAS, R. M.; MELO NETO, J. DE O. MÉLLO JÚNIOR, A. V. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no

regime de vazões no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 9, p. 1054–1061, 2011.

MEDEIROS, J.M.M.; MEDEIROS, M.M.; ROMERO, M.A.B. A gestão para conservação da água. Dois estudos de caso: Riacho Fundo, Brasília e Rio Don, Toronto. Interfaces Brasil/Canadá. **Canoas**, v. 14, n. 2, p. 181-201, 2014.

MEDEIROS, V.C.; MEDEIROS, W.E.; SÁ, E.F.J. Utilização de imagens aerogamaespectrométricas, Landsat 7 ETM + e aeromagnéticas no estudo do arcabouço crustal da porção central do domínio da zona transversal, província Borborema, NE do Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.29, n.1, 2011.

MENDES, O.R.; DANELICHEN, V.H.M.; PEREIRA, O.A. Avaliação da temperatura da superfície no Pantanal Mato-grossense por Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.5, p.784-1793, 2019.

MENESES, P.R. MADEIRA NETTO, J.S. **Sensoriamento remoto: reflectância de alvos naturais**. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2001.

MENEZES, J.P.C.; BITTENCOURT, R.T.; FARIAS, M.S.; BELLO, I.P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L.F.C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.3, 2016.

MENKE, A.B.; CARVALHO, O.A.J.; GOMES, R.A.T.; MARTINS, E.S.; OLIVEIRA, S.N. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Luiz Eduardo Magalhães – BA. **Revista Sociedade & Natureza**, n.21, p. 315-326, dez. 2009.

MESQUITA, F.N.; SILVESTRE, K.S.; STEINKE, V.A. Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.03, p. 722-734, 2017.

MESQUITA, L.F.G.; LINDOSO, D.; RODRIGUES FIHO, S. Crise hídrica no Distrito Federal: o caso da bacia do Rio Preto. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, n.14, 2018.

MINISTERIO DE MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Visto em: 31/03/2020.

MOREIRA, R.C.A.; BOAVENTURA, G.R. Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da bacia do Lago Paranoá – DF. **Revista Química Nova**, v.26, n.6. 2003.

MOREIRA, T.R.; SANTOS, A.R.; DALFI, R.L.; CAMPOS, R.F.; SANTOS, G.M.A.D.A.; EUGENIO, F.C. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, Seropédica, 2015.

MOTA, J.A.; BURSZTYN, M.; CANDIDO, J.O.; BILICH, F.; SILVEIRA, M.T. Demanda contingente por água no Distrito Federal do Brasil. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica** v. 15, p. 31-42, 2010.

MOURA, L.H.A.; BOAVENTURA, G.R.; PINELLI, M.P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama - Distrito Federal. **Revista Química Nova**, v.33, n.1, 2010.

MOURA, L.N.A.; LACERDA, M.P.C.; RAMOS, M.L.G. Qualidade de Organossolo sob diferentes usos antrópicos em áreas de preservação permanente no Distrito Federal. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.17, n.1, 2013.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS and SPACE ADMINISTRATION – **Landsat Science**. Disponível em: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-9/>. Acesso em: 20/02/2020.

NASCIMENTO, E.R.P. SANO, E.E. Identificação de Cerrado Rupestre por meio de imagens multitemporais do Landsat: proposta metodológica. **Sociedade e natureza**, vol.22, n.1, 2010.

NASCIMENTO, I.S.; CRUZ, C.B.M.; NEVES, S.M.A.S.; GALVANIN, E.A.S. Avaliação da exatidão dos classificadores Maxver e Isso Cluster do Software ArcGis for desktop, com uso de Landsat 8 no município de Cáceres – MT. **Revista Continentes** (UFRRJ), ano 5, n. 8, p. 48-62, 2017.

NASCIMENTO, M. C. do; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Revista Ciência Florestal**, v.15, p.207-220, 2005.

NASCIMENTO, N.O.; HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n.1, 2005.

NERY, C.V.M.; FERNANDES, F.H.S.; MOREIRA, A.A.; BRAGA, F.L. Avaliação das Técnicas de Classificação MAXVER, MAXVER – ICM e Distância Mínima Euclidiana de acordo com Índice Kappa. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 02, p.320-328, 2013.

NÓBREGA, R.S.; SANTOS, P.F.C.; MOREIRA, E.B.M. Morfologia urbana e ilhas de calor na cidade de Recife – PE: distribuição especial e intensidade. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 4, 2016.

NOVAIS, J.J; MOURA, C.F.O.; SOUZA, S.R.; TORRES, C.J.F. Mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia do Rio Verruga – BA. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.23; p. 720-730, 2016.

NUNES, J.F. ROIG, H.L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, vol.39, n.01, 2015.

NUNES, J.F. ROIG, H.L. Modelagem dos conflitos de uso e ocupação do solo como ferramenta para o planejamento territorial: o caso da bacia do alto curso do Rio Descoberto DF/GO. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.68, v.7, p. 1285-1301, 2016.

OLIVEIRA, S.N.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GOMES, R.A.T.; GUIMARÃES, R.F.; De SOUZA MARTINS, E. Detecção de mudança do uso e cobertura da terra usando o método de pós classificação na fronteira agrícola do Oeste da Bahia sobre o grupo urucuia durante o período 1988-2011. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.66, v.5, p.1157-1176, 2014.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; ALMEIDA, R.J. de; MELLO, J.M. de; GAVILANES, M.L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do

córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T.A.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.5, 2011.

PASSOS, A.L.L.; MUNIZ, D.H.F.; RANGEL, L.P.; OLIVEIRA FILHO, E.C. Selection of variables in the definition of a water quality index for the Brazilian Federal District. **Revista Ambiente & Água**, v.14, n.4, 2019.

PASTRE, I.A.; PLICAS, L.M.A.; TIERA, V.A.O.; CUSTÓDIO, J.V.; AGOSTINHO, S.M.L. Reações ácido-base: conceito, representação e generalização a partir das energias envolvidas nas transformações. **Química Nova**, v.35, n.10, 2012.

PEDRO, F.G.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 56, n.01, 2004.

PEDRON, F.A.; POELKING, E.L.; DALMOLIN, R.S.D.; AZEVEDO, A.C.; KLANT, E.A Aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine, RS. **Ciência Rural**, v.36, p.105-112, 2006.

PEREIRA, A.R.; SANTOS, A.A.; SILVA, W.T.P.; FROZZI, J.C.; PEIXOTO, K.L.G. Avaliação da qualidade da água superficial na área de influência de um lixão. **Revista Ambiente e Água**, vol. 8, n. 3, 2013.

PEREIRA, J.D.S.; OLIVEIRA, H.P.; BITENCOURT, E.B.; LOUREIRO, G.E. Geoprocessamento como ferramenta de caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Paraopebas – PA. **Revista Geonorte**, v.10, n.34, p. 168-182, 2019.

PEREIRA, J.R.; FERREIRA, P.A.; VILAS BOAS, A.A.; OLIVEIRA, E.R.; CARDOSO, R.F. Gestão social dos territórios da cidadania: o zoneamento ecológico-econômico como instrumento de gestão do território noroeste de Minas Gerais. **Cadernos EBAPE.BR**, v.9, n.3, 2011,

PETERSEN, G.W.; BELL, J.C.; MCSWEENEY, K.; NIELSEN, A.G. & ROBERT, P.C. Geographic information systems in agronomy. **Advances in Agronomy**, n. 55, p.67-111, 1995.

PINHEIRO, E.S. DURIGAN, G. Dinâmica espaço temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do cerrado no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, n.32, p.441-454, 2009.

PINHEIRO, L.S.; MORAIS, J.O. Interferência de barramentos no regime hidrológico do estuário do Rio Catú-Ceará- Nordeste do Brasil. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 22, v.2, p. 237-250, 2010.

PLANALTO, PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 10.257 de 10 de junho de 2011**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Visto em: 30/03/2020.

REICHERT, J. M; CABEDA, M. S. V Splash detachment and surface sealing on soils from Rio Grande do Sul State, Brazil (en). **Revista brasileira de ciência do solo**. v. 16, n. 3, p.389-396, 1992.

REIS, J.A.T.; MENDONÇA, A.S.F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.3, 2009.

REX, F. E., KÄFER, P. S., BREUNING, F. M., SPOHR, R. B., & SANTOS, R. S. Classificação supervisionada de copas de árvores em imagens de alta resolução espacial. **BIOFIX Scientific Journal**, v.3, n.2, p. 216-223, 2018.

RIBEIRO, B.M.G.; FONSECA, L.M.G.; KUX, H.J.H. Mapeamento da cobertura do solo urbano utilizando imagens Wordview II e o sistema Interimage. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 63, p.51-63, 2011.

RIBEIRO, M.L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S.Y.; MARCHI, M.R.R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, v.30, n.3, 2007.

ROCHA, A. D., ANTUNES, A. F. F. B. O DESAFIO DE CARACTERIZAR OBJETOS RELEVANTES AO PLANEJAMENTO URBANO A PARTIR DE

IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 64, n.1, 2011.

ROCHA, H.M.; CABRAL, J.B.P.; BATISTA, D.F.; OLIVERIA, L.G. Avaliação físico-química e microbiológica das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíso Jataí-GO. **Geosul**, v. 34, n.72, p.51-74, 2019.

RODRIGUES, J.B.T.; ZIMBACK, C.R.L.; PIROLI, E.L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.675-681, 2001.

RODRIGUES, T.C.S.; KUX, H.J.H. Uso do software livre Interimage para a classificação orientada a objetos em áreas de expansão urbana na Ilha do Maranhão. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.67, v.3, p. 493-506, 2015.

ROSA, A.F.; ALMEIDA, M.R.R. Os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico no município de Patrocínio – MG. **Revista Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v.15, n.1 p. 70-89, 2018.

ROSA FILHO, A. CORTEZ, A.T.C. A problemática sócioambiental da ocupação urbana em áreas de risco de deslizamento da “Suíça Brasileira”. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.03, p.33-40, 2010.

ROSA, S.F.; TONELLO, K.C.; VALENTE, R.O.A.; LOURENÇO, R.W. Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água. **Revista Ambiente e Água**, v.9, n.3, 2014.

De ROSSI, A.; RUFATO, L.; GIACOBBO, C.L.; COSTA, V.B.; VITTI, M.R.; MENDEZ, M.E.G.; FACHINELLO, J.C. Diferentes manejos da cobertura vegetal de aveia preta em pomar no sul do Brasil. **Bragantia**, v.66, n.3, 2007.

ROY, D.P.; WULDER, M.A.; LOVELAND, T.R., WOODCOCK, C.E.; ALLEN, R.G.; ANDERSON, M.C.; HELDER, D.; IRONS, J.R.; JOHNSON, D.M.; KENNEDY, R.; SCAMBOS, T.A.; SCHAAF, C.B.; SCHOTT, J.R.; SHENG, Y.; VERMOTE, E.F.; BELWARD, E.S.; BINDSHADLER, R.; COHEN, W.B.; GAO, F.; HIPLE, J.D.; HOSTERT, P.; HUNTINGTON, J.; JUSTICE, C.O.; KILIC, A.; KOVALSKYY, V.; LEE, Z.P.; LYMBURNER, L.; MASEK, J.G.; MCCORKEL, J.; SHUAI, Y.; TREZZA, R.; VOGELMANN, J.; WYNNE, R.H.; ZHU, Z. Landsat-8:

Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment**. v. 145, 5 p. 154-172, 2014.

SAATH, K.C.O.; FACHINELLO, A.L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56, n.2, 2018.

SAITO, N.S.; MOREIRA, M.A.; SANTOS, A.R.; EUGENIO, F.C.; FIGUEIREDO, A.C. Geotecnologia e ecologia da paisagem no monitoramento da fragmentação florestal. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.2, 2016.

SANO, E.E.; FERREIRA, L.G.; HUETE, A.R. Synthetic Aperture Radar (L-band) and optical vegetation indices for discriminating the Brazilian savanna physiognomies: a comparative analysis. **Earth Interactions**, v.9, n.15, p.1-15, 2005.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43, n.1, 2008.

SANTOS, G. O. HERNANDEZ, F.B.T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no Córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.1, 2013.

SANTOS, K.A.; RUFINO, I.A.A.; BARROS FILHO, M.N.M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.5, p. 943-952, 2017.

SANTOS, L.A.C.; LIMA, P.E.M. Comparação entre diferentes algoritmos de classificação supervisionada em imagens Landsat-8 no mapeamento temático da bacia hidrográfica do rio caldas, Goiás. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 03, p. 961-972, 2019.

SANTOS, P.L.; FERREIRA, R.A.; ARAGÃO, A.G.; AMARAL, L.A.; OLIVEIRA, A.S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p.237-245, 2012.

SANTOS, R.M.; KOIDE, S. Avaliação da recarga de águas subterrâneas em ambiente de cerrado com base em modelagem numérica do Fluxo em Meio Poroso Saturado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, p.452-465, 2016.

SANTOS, T. PELEGRINA, M.; JULIAO, R.P. ATUALIZAÇÃO CADASTRAL DIRIGIDA, UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.67, n.2, 2015.

SARMENTO, E.C.; FLORES, C.A.; WEBER, E.; HASENACH, H.; POTTER, R.O. Sistemas de Informação Geográfica como apoio ao levantamento detalhado de solos no Vale dos Vinhedos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, p. 2795-2803, 2008.

SARTORI, G.M.S.; MARCHESAN, E.; DAVID, R.; DONATO, G.; COELHO, L.L.; AIRES, N.P.; ARAMBURU, B.B. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Revista Ciência Rural**, v.46, n.3, 2016.

SERAFIM, M.E.; OLIVEIRA, G.C.; VITORINO, A.C.T.; SILVA, B.M.; CARDUCCI, C.E. Qualidade física e intervalo hídrico ótimo em latossolo e cambissolo, cultivados com cafeeiro, sob manejo conservacionista do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.37 n.3, Viçosa, 2013.

SHIMABUKURO, Y.E.; MAEDA, E.E.; FORMAGGIO, A.R. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agrônômicos e florestais. **Revista Ceres**, v. 56, n.4, p.399-409, 2009.

SILVA, D.D.; MIGLIORINI, R.B.; SILVA, E.C.; LIMA, Z.M.; MOURA, I.B. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v.19, n.1, p. 43-52, 2014.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.25, n.2, p.409-419, 2005.

SILVA, E.M.S.; CANGIANO, M.R.; CUNHA, L.S.; GUIGUER, N. Condicionantes para elaboração de um modelo conceitual hidrogeológico da sub-bacia do Ribeirão Rodeador, bacia do rio Descoberto/DF, como ferramenta para a gestão integrada de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.12, n.04, p.1635-1648, 2019.

SILVA, G.B.S.; FORMAGGIO, A.R. SHIMABUKURO, Y.E.; ADAMI, M.; SANO, E.E. Discriminação da cobertura vegetal do Cerrado matogrossense por meio de imagens MODIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.2, p.186-194, 2010.

SILVA, G.J.; FRAGA, M.S.; SIVA, D.D. Estudo da capacidade de regularização de vazão na bacia do Ribeirão São Bartolomeu visando abastecimento público. **Nativa**, v. 8, n. 1, p. 102-111, 2020.

SILVA, J.J.L.S.; MARQUES, M.; DAMÁSIO, J.M. Impactos do desenvolvimento do potencial hidroelétrico sobre os ecossistemas aquáticos do Rio Tocantins. **Ambiente & Água**, v.5, n.1, p.189-203, 2010.

SILVA JUNIOR, C.A.; FRANK, T.; RODRIGUES, T.C.S. Discriminação de áreas de soja por meio de imagens EVI/MODIS e análise baseada em geo-objeto. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.18, n.1, 2014.

SILVA, L.M.; SILVA, B.Q.; SCHULER, C.A.B. Utilização de Cartas Imagem para caracterização do zoneamento urbano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, n.04, p.1401-1415, 2018.

SILVA, L.R.; SANO, E.E. Análise das imagens do Satélite Rapideye para discriminação da cobertura vegetal do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 68, v.7, p. 1269-1283, 2016.

SILVA, M.S.R.; MIRANDA, S.A.F.; SANTANA, G.P. Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas: Condições de suas águas versos Resolução N° 357/CONAMA/2005. **Scientia Amazonia**, v. 6, n.2, p. 83-90, 2016.

SILVA, P.H.A.; TOMMASELLI, A.M.G.; GALO, M.; COSTA, E.R. Um estudo sobre o uso do modelo de cor RGB no processo de correspondência por correlação. **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, Curitiba, v. 13, n.1, p.91-106, jan-jun, 2007.

SILVA, V. A.; MOREAU, M.S.; MOREAU, A.M.S.; REGO, N.A.C. Uso da terra e perda de solo na bacia hidrográfica do Rio Colônia, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.15. n. 03, p.310-315. 2011.

SOARES, D.F.; FARIA, A.M.; ROSA, A.H. Análise de risco de contaminação de águas subterrâneas por resíduos de agrotóxicos no município de Campo Novo do Parecis (MT), Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.2, 2017.

SOARES, V.P.; MOREIRA, A.A.; RIBEIRO, C.A.A.S.; GLERIANI, J.M.; GRIPP JUNIOR, J. Mapeamento de áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos legais de uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu – MG. **Revista Árvore**, v. 35, n.3, 2011.

SOBREIRA, F.G.; SOUZA, L.A. Cartografia Geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, p.79-97, 2012.

SODRÉ, F.F.; SANTANA, J.S.; SAMPAIO, T.R.; BRANDÃO, C.C.S. Seasonal and Spatial Distribution of Caffeine, Atrazine, Atenolol and DEET in Surface and Drinking Waters from the Brazilian Federal District. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.29, n.9, 2018.

SOUSA, S.B.; FERREIRA, L.G. Mapeamento da cobertura e uso da terra: uma abordagem utilizando dados de sensoriamento remoto óptico multitemporais e provenientes de múltiplas plataformas. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.66, p.321-336, 2014.

de SOUZA, E.A., & ARAÚJO, J.C. (2011). Medidas mitigadoras dos impactos ambientais causados por usinas hidrelétricas sobre peixes. REDVET. **Revista electrónica de Veterinaria**, v. 12, n.3, p.1-30, 2011.

SOUZA, C.F.; CRUZ, M.A.S.; TUCCI, C.E.M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.17, n.2, p. 9-18, 2012.

SOUZA, F.A.O.; SILVA, C.L.; MAGGIOTTO, S.R.; OLIVEIRA JUNIOR, M.P. Caracterização das vazões em uma pequena bacia hidrográfica do Distrito

Federal, Brasil. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.16, n.1, 2012.

SOUZA, J.M.F.; REIS, E.F.; MARTINS, A.S.; SANTOS, A.L.F. Avaliação dos conflitos no uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Lamarão, Distrito Federal. **Ciência Florestal**, v.29, n.2, 2019.

SOUZA, N.S.; SOUZA, W.J; CAERDOSO, J.M.S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária Ambiental**, vol.22, n.3, 2017.

SPAGNOLO, T. F. O.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R. F.; De SOUZA MARTINS, E.; COUTO JUNIOR, A. F. Dinâmica da expansão agrícola no município de São Desidério entre os anos de 1984 a 2008, importante produtor de soja, algodão e milho. **Geo Uerj**, v. 16, p.603, 2012.

STÜRMER, S. L. K.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. A.; MENEZES, F. P. Relação da granulometria do solo e morfologia do saprolito com a infiltração de água em Neossolos Regolíticos do rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2057-2064, 2009.

TEIXEIRA, A.R.; SANTOS, E.P.C.; PÁDUA, V.L.; HELLER, L.; DI BERNARDO, L.; LIBÂNIO, M. A confiabilidade analítica dos valores de turbidez da água filtrada e seu efeito no cumprimento do padrão potabilidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.09, n.01, p.65-72, 2004.

TOLEDO, L.G. NICOLLELA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sobre uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, São Paulo, n.70, p. 24-35, 2006.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Revista Estudos Avançados**, v.22, n. 63, p. 7-16, 2008.

ULIANA, E.M.; SILVA, D.D.; ULIANA, E.M.; RODRIGUES, B.S.; CORRÊDO, L.P. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. **Revista Ambiente e Água**, v.10, n.1, 2015.

USGS - **United States Geological Survey** – Bandas de satellite Landsat. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designation-landsat-satellites>. Disponível em: 08/01/2020.

VAEZA, R.F.; OLIVEIRA FILHO, P.C.; MAIA, A.G.; DISPERATI, A.A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Revista Floresta e Ambiente**, n.17, p. 23-29, 2010.

VALLE JUNIOR, R.F.do; VAL, B.H.P.; CARMO, D.A.; SOUZA, M.A.S.C.; ABDALA, V.L. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica córrego do Jataí. **Revista Caatinga**, vol. 24, n. 3, p. 153-157, 2011.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos no Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.14, n.1, p.55–64, 2010.

VIEIRA, C.H.N.; MATTOS, L.M.; MALAQUIAS, J.V.; AQUINO, F.G.; MARTINS, P.T.A. Spatial and temporal land use and land cover of the Upper Jardim River Basin, Distrito Federal, Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, n.01, p.85-098, 2018.

VIEIRA, S.R.; GARCIA, M.A.G.; GONZÁLEZ, A.P.; SIQUEIRA, G.M. Variabilidade espacial e temporal do teor de água do solo sob duas formas de uso. **Bragantia**, v.69, n.1, 2010.

WEISS, C.V.C.; CAMARGO, D.C.S.; ROSCA, E.H.; ESPINIZA, J. Análise comparativa entre métodos de correção atmosférica em imagens do sensor Operational Land Imager (OLI), plataforma Landsat 8. **Revista Scientia Plena**, v.11, n. 02, p. 1-8, 2015.

WOHLENBERG, E. V., REICHERT, J. M., REINERT, D. J., BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.28, 2004.

ZERWES, C.M.; SECCHI, M.I.; CALDERAN, T.B.; BORTOLI, J.; TONETTO, J.F.; TOLDI, M.; OLIVEIRA, E.C.; SANTANA, E.R.R. Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 n.4, p. 651-663, 2015.

CAPÍTULO ÚNICO

FATORES DE CONTRIBUIÇÃO NA DIMINUIÇÃO NA ÁGUA DOS CORPOS HÍDRICOS DA MICROBACIA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA TORTO/SANTA MARIA, – DF

RESUMO CAPÍTULO ÚNICO

O Sistema de captação de água Torto Santa Maria, constitui um dos principais sistemas de abastecimento de água do Distrito Federal (DF). Este sistema encontra-se localizado no Parque Nacional de Brasília, DF, incluindo o Reservatório de Santa Maria (RSM) e contribui com cerca de 25% do fornecimento de água para a população do DF. No ano de 2017, ocorreu uma séria crise hídrica no DF, com a diminuição de água dos corpos hídricos, incluindo o RSM, levando ao racionamento de água em todo o DF. Assim, este trabalho objetivou avaliar a influência dos regimes pluviométricos e dos usos e ocupações das terras na diminuição da quantidade e qualidade da água nos corpos hídricos da microbacia do Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria, Distrito Federal, ao longo da crise hídrica de 2017. Foi realizada avaliação temporal da influência da atividade antrópica nos usos e ocupações das terras por meio de técnicas de sensoriamento remoto em imagens Landsat, em uma série histórica de 1984 a 2019. No período de 1987 a 2019 foi verificada a influência do regime de precipitação pluviométrica. Já de 1991 a 2019 foram avaliados parâmetros de qualidade da água do sistema de captação em estudo. Os resultados obtidos mostraram que o Sistema Torto/Santa Maria apresenta pouca influência antrópica, com a manutenção da vegetação nativa no PNB ao longo da série histórica estudada. A diminuição de água dos corpos hídricos está diretamente relacionada com a variação sazonal do regime de precipitação pluviométrica no DF. Já os atributos de qualidade da água avaliados não mostraram influências de atividade antrópica.

PALAVRAS CHAVES: Uso e Ocupação de Terras, Satélite Landsat, Reservatório de Santa Maria, Precipitação Pluviométrica, Parâmetros de Qualidade de Água, Crise hídrica no DF.

ABSTRACT

The Torto Santa Maria water intake system is one of the main water supply systems in the Federal District (DF). This system is located in the National Park of Brasília, DF, including the Santa Maria Reservoir (RSM) and contributes about 25% of the water supply to the population of DF. In 2017, there was a serious water crisis in the DF, with the decrease of water in the water bodies, including the RSM, leading to water rationing throughout the DF. Thus, this work aimed to evaluate the influence of rainfall regimes and land uses and occupations in decreasing the quantity and quality of water in the water bodies of the watershed of the Torto/Santa Maria water supply system, Distrito Federal, during the water crisis 2017. A temporal evaluation of the influence of anthropic activity on land uses and occupations was carried out using remote sensing techniques in Landsat images, in a historical series from 1984 to 2019. In the period from 1987 to 2019, the influence of the regime was verified rainfall. From 1991 to 2019, water quality parameters of the collection system under study were evaluated. The results obtained showed that the Torto/Santa Maria System has little anthropic influence, with the maintenance of native vegetation in PNB throughout the historical series studied. The decrease in water in water bodies is directly related to the seasonal variation of the rainfall regime in DF. The water quality attributes evaluated did not show any influence of anthropic activity.

KEY WORDS: Land Use and Occupation, Landsat Satellite, Santa Maria Reservoir, Rainfall, Water Quality Parameters, Water Crisis in DF.

I. Introdução

No Distrito Federal, assim como no Brasil e em todo o mundo, vem ocorrendo um grande crescimento populacional, resultando em maior demanda por alimentos, água e infraestrutura urbana. Desta forma, além do aumento do uso e ocupação das terras por urbanização, ocorre o acréscimo das atividades agropecuárias, muitas vezes implementadas sem planejamentos sustentáveis, sem a preocupação com a conservação dos solos e da água.

Diante deste cenário, o Distrito Federal (DF) passou por uma grave crise hídrica no ano de 2017, com reflexos até a metade do ano de 2018, o que levou a um racionamento e desabastecimento de água à sua população (Silva et al., 2019), tanto nas atividades urbanas quanto nas rurais.

Desta forma, o estudo do uso e ocupação das terras torna-se de fundamental importância para se dimensionar as terras agrícolas e a possibilidade de captação de água em uma localidade. De acordo com Vaeza et al. (2010) deve-se classificar e identificar os usos das terras, utilizando imagens e programas computacionais de boa acurácia e com periodicidade, uma vez que ao longo do tempo um dado ambiente apresenta possibilidade de alterações nas destinações de seus espaços, com conseqüente alteração em sua estruturação.

Neste contexto, Chaves et al. (2012) relatam que a preocupação com o correto uso das terras é premissa básica para o desenvolvimento agrícola pautado em valores que primem pela sustentabilidade.

Atualmente, as técnicas e ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto estão se tornando fundamentais para o estudo das transformações ambientais ao longo do tempo, além dos subsídios fornecem para a tomada de decisão quanto às mudanças estruturais que devam ocorrer em cada região a fim de conservar e preservar os recursos de água e solo. (MAEDA et al., 2008)

Com a utilização destas ferramentas Menezes et al. (2016) descreveram os intensos efeitos associados com a ocupação antrópica nos ambientes anteriormente preservados, relacionados com decréscimo de qualidade dos solos e da água. Coelho et al. (2014) avaliaram o aumento da ocupação antrópica, com a substituição da vegetação nativa por pastagens e agricultura em uma bacia hidrográfica por meio de estudo em uma série histórica de 20

anos. Da mesma forma, Esquerdo et al. (2012) observaram, também, a supressão do Cerrado no Mato Grosso para o cultivo de plantios semi-perenes, como pastagens ao longo de uma série histórica de 2004 a 2014.

Para a manutenção dos corpos hídricos é de fundamental importância que as Áreas de Proteção Permanente (APP'S) sejam mantidas nas proporções estabelecidas pela Lei federal 12.651 de 2012, Lei das Florestas (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2012), no entorno de cursos d'água, nascentes, topos de morro e encostas, a fim de se manter a integridade destes corpos de água e a manutenção de suas extensões (Moreira et al., 2015)

Neste sentido, faz-se necessário salientar que os reservatórios e corpos hídricos têm suas vazões diretamente comprometidas pelo uso e ocupação das terras nos arredores das suas áreas de influência (VANZELA et al., 2010). Desta forma, estudos demonstram quedas nos volumes da vazão da água nos corpos hídricos correlacionadas à mudanças nos usos e ocupações das terras e remoção da vegetação nativa (SOUZA et al., 2017), além da diminuição da qualidade da água disponível (BARRETO et al., 2014; PINHEIRO et al., 2014).

Para verificação das condições das águas pode-se utilizar o Índice de Qualidade de Água (IQA), que tem como função utilizar parâmetros relacionados com a constituição da água que se deseja analisar e correlacionar com pesos que descrevam sua importância no valor final (ALMEIDA e SCHWARZBOLD, 2003). Esta ferramenta é utilizada pela CAESB desde o ano de 1991 e oferece subsídio para a verificação da qualidade da água distribuída diariamente no Distrito Federal (CAESB, 2020 a).

Estudos de qualidade da água por meio de atributos físicos, químicos e biológicos, são amplamente realizados a fim de verificar a potabilidade, possíveis contaminações e outros aspectos negativos relacionados aos usos e ocupações das terras e atividades antrópicas tais como Bucci e Oliveira (2014), Rabelo et al. (2012), entre tantos outros.

Do mesmo modo, Moura et al. (2010) analisaram a influência da ocupação urbana na área de influência da Bacia do Ribeirão do Gama (DF), observando o aumento de nitrato, amônia, suspensão sólida (turbidez) e alumínio nas águas da bacia estudada.

Apesar da crise hídrica ocorrida no Distrito Federal, poucos estudos foram realizados a fim de se ter um diagnóstico mais preciso, com recomendações de

medidas de mitigação a longo prazo. Salienta-se que apesar do grande aumento da demanda por água em função do acréscimo populacional, com incremento de áreas urbanas e terras ocupadas com atividades agropecuárias, muitas vezes sem o devido planejamento sustentável de uso e ocupação das terras, desde a criação de Brasília, os principais reservatórios de água para o abastecimento da população ainda são os do Rio Descoberto e o do Córrego Santa Maria.

Diante deste cenário, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos regimes pluviométricos e dos usos e ocupações das terras na diminuição da quantidade e qualidade da água nos corpos hídricos da microbacia do Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria, Distrito Federal, ao longo da crise hídrica de 2017.

II. Material e Métodos

II.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo representa a região de influência hídrica da microbacia onde se localiza o Sistema de abastecimento de água denominado Torto/Santa Maria, mais especificamente à jusante da microbacia constituída pelos córregos Santa Maria, Três Barras e Tortinho. Apresenta duas captações, sendo a principal localizada no Reservatório de Santa Maria, ao longo do córrego de mesmo nome, formado pela junção dos córregos Milho Cozido e Vargem Grande. A segunda captação, denominada de Torto, localiza-se na confluência do ribeirão Tortinho, com o córrego Três Barras. A microbacia e as duas captações localizam-se no Parque Nacional de Brasília (PNB) (AQUINO et al., 2009) (Figura 1).

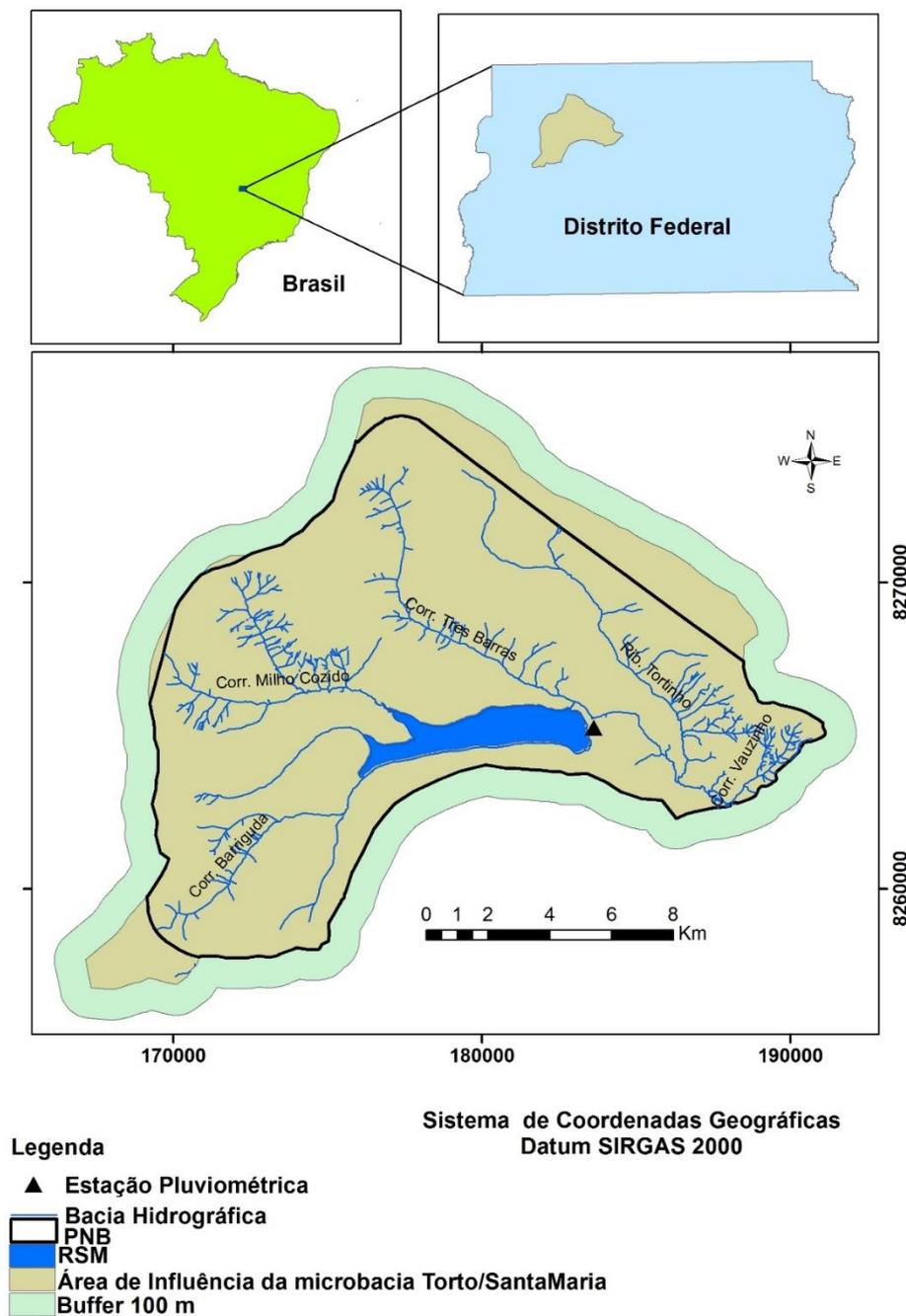


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Área de influência hídrica da microbacia do Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria (DF). Fonte: CODEPLAN (1991).

Este sistema de abastecimento de água apresenta grande importância para o abastecimento de água do Distrito Federal, sendo o reservatório de Santa Maria responsável pelo abastecimento de cerca de 21% da população, respondendo por 25% da captação de água no Distrito Federal (CAESB, 2020), demonstrado na Figura 2:

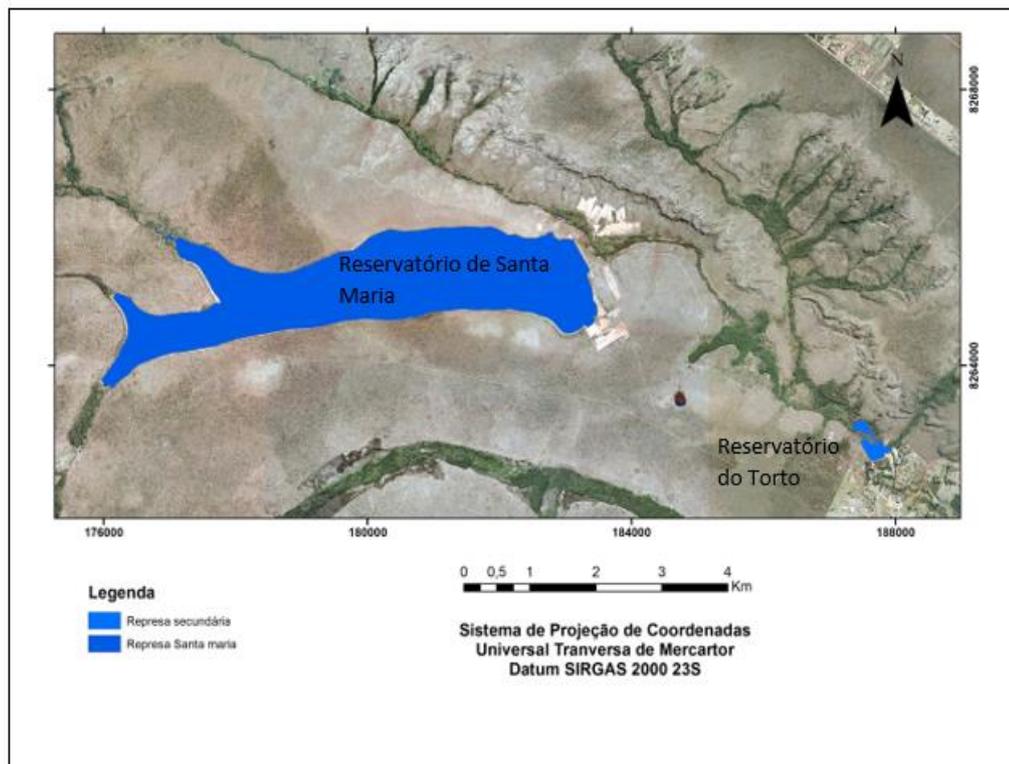


Figura 2: Mapa de localização das duas captações de água do Sistema Torto/Santa Maria. Fonte: Imagens Ortorretificadas (TERRACAP, 2009).

Deste modo a área de influência do sistema de abastecimento em estudo foi demarcada na microbacia hidrográfica responsável pelas duas captações de água, compreendida entre os paralelos $15^{\circ}34'18''$ e $15^{\circ}44'36''$ de latitude sul e os meridianos $47^{\circ}52'59''$ e $48^{\circ}06'24''$ de longitude oeste, na porção nordeste do Distrito Federal, a cerca de quinze quilômetros do centro de Brasília (HOROWITZ et al., 2011).

O reservatório de Santa Maria tem uma área de drenagem correspondente a 120 quilômetros quadrados e uma área de 7,65 quilômetros de espelho de água. Esse reservatório responde pelo abastecimento das regiões administrativas de Brasília, Cruzeiro, Lago Norte, Lago Sul e Paranoá (ANA, 2019).

A disponibilidade de água no Reservatório de Santa Maria (RSM) é mantida por uma barragem de contenção com controle sistemático dos seus níveis ao longo dos anos, e de forma complementar por uma segunda barragem menor de opera de forma conjunta à primeira. (STRAUCH e VOLK, 2013).

Após a crise hídrica de ocorrência nos anos de 2016 e 2017, e com intuito de conter ou diminuir a intensidade de desabastecimentos foram propostas

medidas emergenciais para reestruturação da captação hídrica no Distrito Federal. Deste modo, no ano de 2017/2018 foi proposta uma obra que interligou os reservatórios de Santa Maria e Descoberto. Tal obra tem a capacidade de mudar ou alterar regiões abastecidas, de modo a suprir a escassez hídrica em um período de maior desabastecimento do reservatório do Descoberto, com envio de águas do reservatório de Santa Maria.

Segundo Munhoz e Felfili (2007), a área de estudo está inserida no bioma Cerrado, bioma este considerado como uma área prioritária para a conservação da biodiversidade mundial, além de ser o segundo maior bioma em extensão no Brasil.

O Distrito Federal tem uma precipitação média anual de 1350 mm, distribuídas em sua maioria nos meses correspondentes ao verão, ou seja, com meses secos (inverno) seguidos de meses de maior precipitação pluviométrica (verão). De acordo com a classificação climática de Köppen, a área do Distrito Federal apresenta clima Tropical de savanas, classificado como Aw, com duas estações do ano distintas e bem definidas, e temperatura média anual de 20,5°C (SANTANA, 2014).

Abaixo são demonstradas as fitofisionomias verificadas em estudo preliminar *in loco*, coordenadas, 15° 38' 28" S 48° 1' 15" O, registradas na data de 24/02/2019.



Figura 3: Fito-fisionomia cerrado sensu stricto, localizada na área de influência do Complexo Torto/Santa Maria.



Figura 4: Fito-fisionomia campo limpo, desenvolvida após a desocupação de chácaras na região do Lago Oeste, localizada na área de influência do Complexo Torto/Santa Maria.



Figura 5: Fito-fisionomia área de transição Cerrado/Campo, localizada na área de estudo - Sistema Torto/Santa Maria.



Figura 6: Fito-fisionomia Mata de galeria, com ocorrências na área do estudo.

II.2 Levantamento de informações secundárias e etapas de desenvolvimento

Para o desenvolvimento do estudo, após a verificação das fitofisionomias presentes na área *in loco*, foram realizadas revisões bibliográficas, levantamento de dados secundários com imagens de satélite Landsat 5 TM (Thematic Mapper) e Landsat 8 OLI (Operacional Land Imager) e consonante a utilização de bases cartográficas mediante o uso do acervo CODEPLAN 1991, além de mapas temáticos disponíveis da hidrografia, solos (Embrapa, 1978), geologia (FREITAS SILVA e DARDENNE, 1994) e geomorfologia (NOVAES PINTO, 1987 e 1994).

As imagens de satélite foram obtidas mediante a plataforma USGS (United States Geological Survey), vinculada à NASA (National Aeronautics and Space Administration) e que fornece imagens gratuitas mediante a utilização de um canal de acesso denominado Earth Explorer e que oferece a possibilidade de selecionar imagens georreferenciadas e com a menor proporção de cobertura de nuvens (menos de 10%), dos anos de 1994 a 2019, para o estudo do uso e ocupação das terras da área de influência da microbacia hidrográfica que abastece o Sistema de abastecimento de água do Torto/Santa Maria, no Distrito Federal.

Somando aos dados de imagens, foram utilizadas informações referentes às precipitações pluviométricas no período da série histórica (1987-2019) fornecidas pela ADASA (Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal), e ainda dados de qualidade da água na Sistema de abastecimento Santa Maria/Torto, fornecidos pela CAESB. Este Sistema de captação possui duas captações distintas, a primeira trata-se do reservatório de Santa Maria, que tem a captação de mesmo nome, sendo o produto da confluência de três córregos, denominados Milho Cozido, Vargem Grande e Santa Maria. A segunda é formada por duas pequenas barragens interligadas e recebe água da confluência do córrego Três Barras e do ribeirão Tortinho, sendo denominada captação do Torto.

O presente trabalho foi desenvolvido com etapas de campo e no laboratório. No Laboratório de Geoprocessamento e Pedomorfogeologia (Geoped) da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília (UnB) foram realizados processamento de dados e imagens de satélite.

No campo foram realizadas atividades preliminares, para verificar as fitofisionomias e outros usos e ocupações das terras, agropecuária e urbanização, respeito às leis ambientais de proteção de mananciais e a sustentabilidade destes, presentes na área do estudo, para embasar o estudo dos usos e ocupações das terras por meio das imagens de satélite. Posteriormente, foram realizadas outras atividades de campo para a validação dos processamentos das imagens Landsat e geração dos mapas de usos e ocupações das terras da área de estudo.

II.3 Uso e ocupação das terras na área de estudo

Para a preservação dos mananciais e recursos hídricos das bacias acima citadas, o Decreto nº 241, de 29 de novembro de 1961 (PLANALTO, 1961) propôs a criação do Parque Nacional de Brasília (PNB). Embora esta área esteja preservada, o parque não abrange todo o limite das bacias hidrográficas, pois o mesmo se limita às rodovias que cortam a região. Nesse sentido, as cabeceiras de todos os cursos d'água, bem como suas áreas de recarga situam-se próximas ou além dos limites do PNB (SANO e FERREIRA, 2005).

A área externa ao PNB encontra-se com limitada conservação, sendo ocupada por 5 áreas distintas e que sofrem ocupação antrópica, sendo estas:

Área de ocupação agropecuária: área limítrofe ao parque destinada a produção agropecuária, totalizando 126 ha, dos quais 26 se mantêm como Cerrado nativo (Reserva Legal);

Santa Maria III: área localizada no entroncamento da DF 001 e DF 240. Apresenta projeto de reflorestamento PROFLORA, sendo composto por área de plantio de Pinus e Eucalipto. Existe ainda uma chácara destinada ao cultivo de subsistência, associada a baixa produtividade. Apresenta importantes áreas de nascentes da bacia do reservatório de Santa Maria;

Santa Maria I e II: composta por chácaras rurais de agricultura familiar, além de áreas sendo utilizadas com fins recreativos e campestres. Existem ainda áreas cobertas com vegetação nativa e outras com solo desnudo;

Condomínio Privê Residencial Morada dos Pássaros: parcelamento irregular sem saneamento básico. Foi feito loteamento com tamanho médio de

dois hectares, contudo ainda apresenta baixo índice de ocupação. Apresenta ainda extensa área de depósito de lixo a céu aberto.

Torto/Santa Maria: intercala área com fazenda de produção agrícola (gado e culturas anuais, como milho e soja) e outra área destinada ao chamado Núcleo Rural Lago Oeste, que é um parcelamento feito pelo INCRA com chácaras de dois hectares em média. Apresenta alta taxa de ocupação, vinculada ao aumento crescente de urbanização e comércio na região. As chácaras são utilizadas como moradia, além de lazer, recreação familiar e em menor escala produção agropecuária (MAIA et al., 2006).

A Figura 7 demonstra o mapa de localização das referidas regiões externas ao PNB:

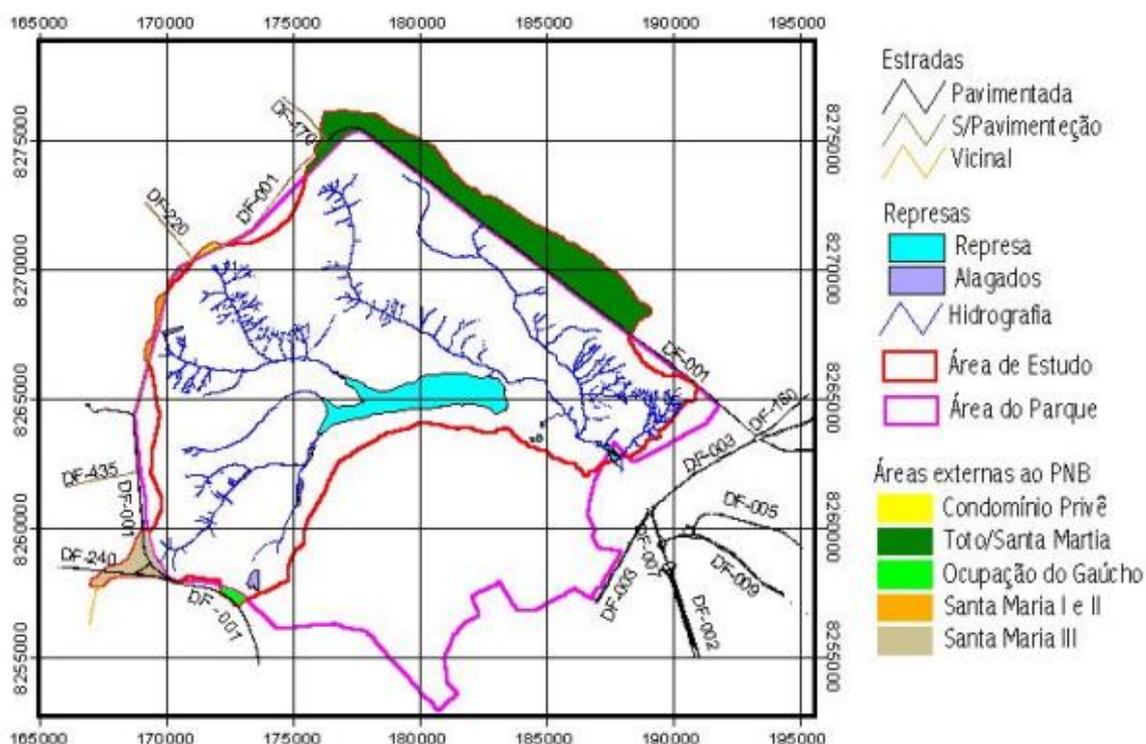


Figura 1: Mapa de localização das áreas externas ao PNB: Fonte: Lima, 2003.

II.4 Mapa de Solos do Complexo Torto/Santa Maria

De acordo com estudo da Embrapa (1978), o Distrito Federal (DF) apresenta duas classes de solos mais abundantes, sendo estas: os Latossolos (54,5%) (subdivididos em: Latossolo Vermelho (38,92%) e Latossolo Vermelho-Amarelo (15,58%)) e o Cambissolo (que corresponde

a 30,98% do total).

Quanto aos tipos de solo encontrados na região de estudo, mediante a utilização da base de dados constante em estudo da CODEPLAN (1991), verificou-se que tal como ocorre no DF destacam-se o Latossolo Vermelho-Amarelo (34,37% da área) e de Latossolo Vermelho (25,5%). Além destas, a área é composta por Cambissolos (8,68%); Neossolo Quartzarenico (0,13%); Espodossolo + Plintossolo (0,98%); Plintossolo distrófico + Solos Hidromórficos indiscriminados (3,93%) e Solos Hidromórficos (16,57%). Para completar a área de estudo tem-se áreas urbanas (3,62%), além da represa e corpos d'água, representando 6,2% do total. Abaixo, na Figura 8, o mapa de solos e demais ocupações:

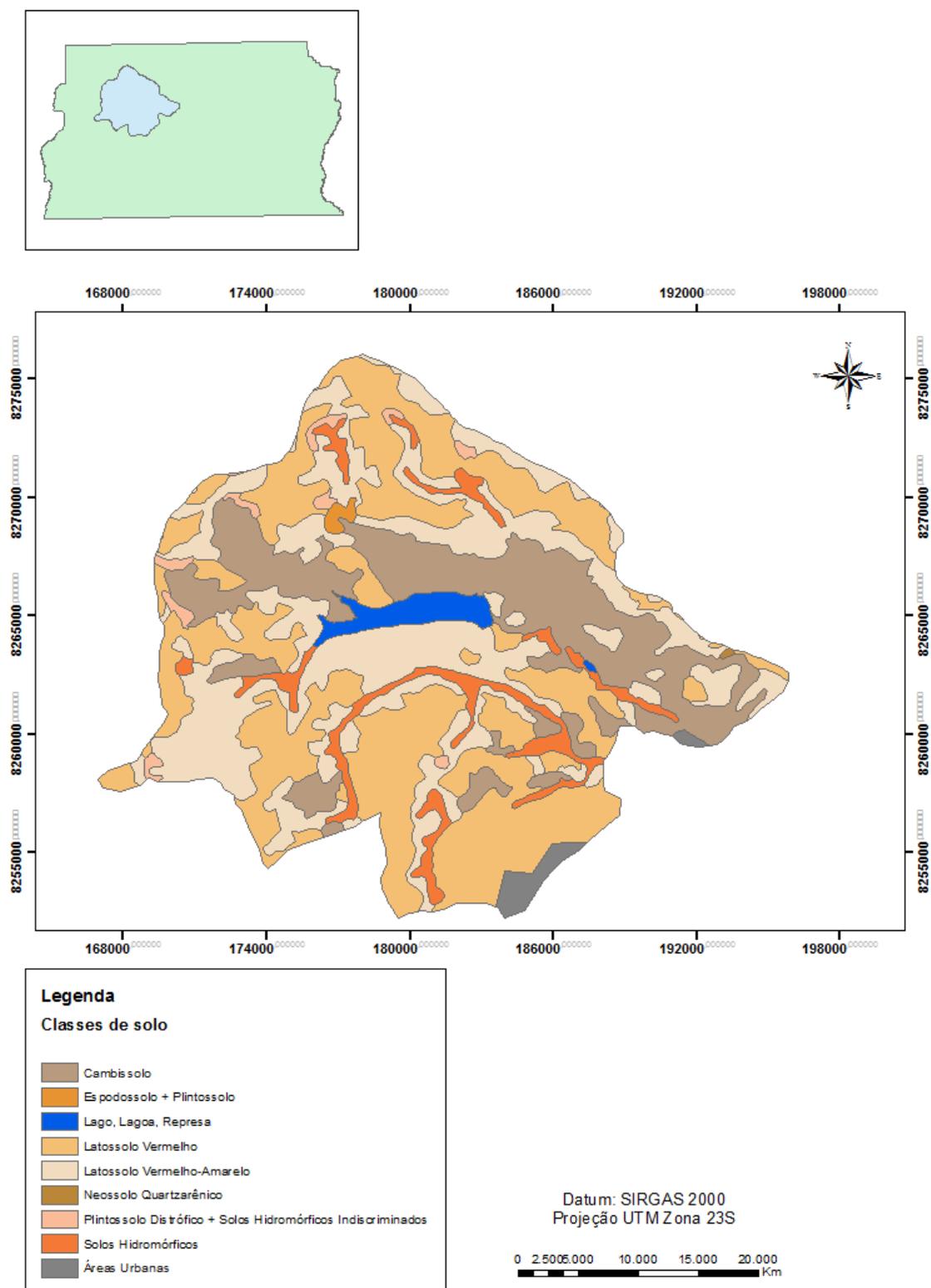


Figura 2: Mapa de solos do Sistema Torto/Santa Maria (DF). Fonte: CODEPLAN (1991).

As classes de solo são classificadas conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), disponibilizado pela Embrapa (2018). A grande maioria dos solos (59,87%) são bem drenados e profundos (Latosólicos), com horizonte Bw bem desenvolvido (B textural), o que de acordo com Embrapa (2018) favorece a drenagem e conseqüentemente a captação de água pelos lençóis freáticos. Nestes tipos de solo comumente o perfil atinge uma profundidade superior a 2,5 metros, sendo ainda, encontrados em áreas de baixa declividade natural, o que contribui para a pouca propensão à erosão, sendo outra característica a baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2018).

Outra parcela de solo encontrada em valor percentual de área diz respeito aos solos Hidromórficos (20,5%) que são solos naturalmente mal drenados, uma vez que possuem espessa camada de matéria orgânica mal decomposta e um ambiente de constante oxirredução. Tais solos geralmente são encontrados em depressões da paisagem sujeitas a inundações, cabeceiras de rios ou córregos e têm como característica a constituição em texturas variadas e o alto teor de alumínio (KER et al., 2012).

Existe ainda na área de estudo um alto percentual de Cambissolos (8,68%) que são solos pouco desenvolvidos, rasos, com um horizonte de até 0,70 metros, relacionados a um baixo intemperismo e horizonte B pouco desenvolvido (B incipiente). Comumente apresentam em sua constituição cascalhos, concreções e fragmentos de rochas. Geralmente estão relacionados ao relevo forte ondulado (20 a 45% de declive), de modo que nestas áreas pode ocorrer uma menor infiltração da água, além de promover com facilidade escoamentos superficiais e erosões (GARDI et al., 2015).

II.5 Mapa de classes de declividade do Sistema Torto/Santa Maria

De acordo com a classificação dos solos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1978), existem seis classes distintas de relevo, sendo estas:

- Relevo Plano – com superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0% a 3%;

- Relevo Suave ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 m a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3% a 8%;
- Relevo Ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8% a 20%;
- Relevo Forte ondulado – superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de altitudes relativas de 50 m a 100 m e de 100 m a 200 m, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20% a 45%;
- Relevo Montanhoso – superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de 45% a 75% e
- Relevo escarpado – áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente com declividades superiores a 75%.

Baseado nestes seis parâmetros de classificação foi proposto o MDE (Modelo de Elevação Digital do Terreno) e suas classes de relevo foram devidamente calculadas, mediante o uso do programa ArcGis 10.3, gerando o mapa de declividade, que é disposto a seguir para melhor visualização (Figura 9).

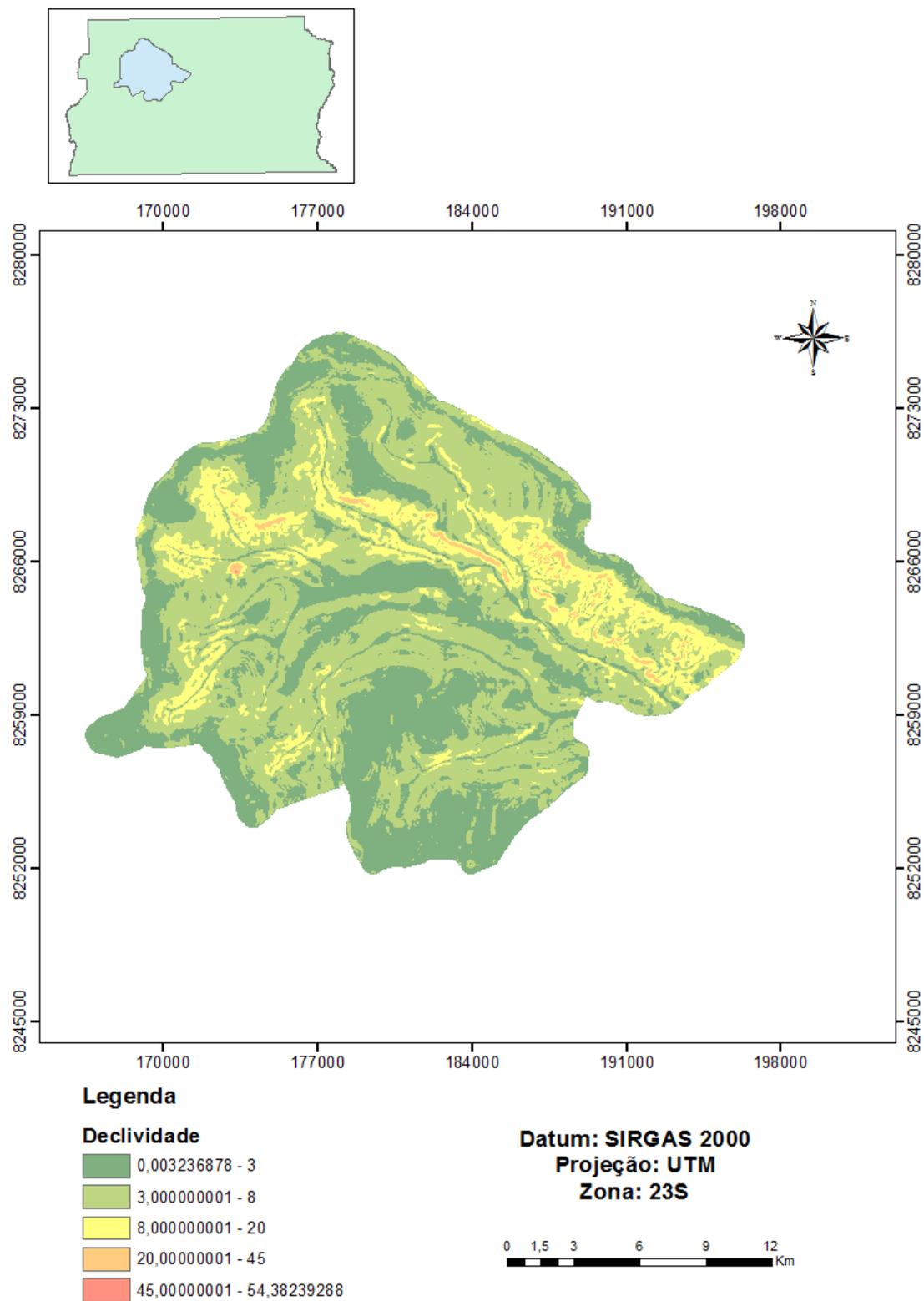


Figura 3: Mapa de declividade do Complexo Torto Santa Maria. Fonte: IBGE (2011).

A classificação da declividade foi disposta segundo a classificação da Embrapa (1978), e é apresentado na Tabela 2.

Tabela 3: Classes de solo segundo Embrapa (1978). **Fonte:** Elaborado a partir de dados da CODEPLAN (1991) e classificado segundo Embrapa (1978).

Classe de relevo	Declividade (%)	Área (%)
Plano	0-3	25
Suave Ondulado	3-8	48
Ondulado	8-20	15
Forte Ondulado	20-45	8
Montanhoso	45-75	4
Escarpado	>75	0

Com a utilização do mapa de declividade, observa-se que a maior parte da área de estudo se encontra classificada como relevo plano e relevo levemente ondulado. Áreas pouco declivosas são favoráveis à captação de águas das chuvas para o lençol freático, pois nestas áreas existe menor escoamento superficial das águas, uma vez que elas se possuem menor velocidade de escoamento superficial (CARDOSO et al., 2006). É interessante ressaltar que áreas que já sofreram a ação de agentes intempéricos (água, tempo, microorganismos e relevo) por um longo período de tempo, como aquelas em que desenvolveram os solos latossólicos, tendem a ter relevo plano, pois já perderam seu material de origem ao longo do intemperismo (ALVES et al., 2013). Ressalta-se que solos latossólicos geralmente estão associados ao bioma Cerrado, Cerrado *sensu stricto*, Cerradão e em alguns casos também ao campo cerrado (PAPA et al., 2011), tal como verificado na área de estudo.

II.6 Estudo das Séries Históricas propostas

II.6.1 Bacia de captação do reservatório de Santa Maria

Foram levantados dados de pluviosidade em uma série histórica de 32 anos (1987 a 2019), com medidas de precipitação pluviométrica e o do nível de água do reservatório de Santa Maria. Os dados foram fornecidos pela ADASA (Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal), o órgão distrital responsável pelas medições para acompanhamento do volume de água disponível para abastecimento de água no estado do Distrito Federal. Por meio dos dados disponibilizados pode-se constatar o volume de

chuvas mensal e anual por meio de uma soma simples dos anos relacionados, além da média dos níveis do reservatório, em metros, para cada mês e ano, no mesmo período.

Os dados coletados permitem a verificação da influência do volume de chuvas para o abastecimento do reservatório de Santa Maria (DF), bem como, para verificar a distribuição destas chuvas ao longo da série histórica.

Para coleta de dados foi analisado o período compreendido entre 01/07 do ano inicial (1987) a 30/06 do ano subsequente (1988), sendo então esta metodologia aplicada em toda a série histórica.

Os dados foram tratados mediante a utilização de estatística descritiva (básica), utilizando para tanto o *software* livre R Studio. Com o auxílio desta ferramenta foram geradas as médias, medianas e desvio padrão, utilizando a função Summary nos dados levantados.

Posteriormente foi proposta a geração da ANOVA para cada conjunto de dados anuais (precipitação e volume do reservatório), de modo a serem gerados dados para se observar se ao longo dos anos da série histórica haveria diferença significativa para precipitação e também para o volume do reservatório, a uma probabilidade maior que 5% de significância, mediante o teste de Tukey, com a função TukeyHSD e a observação dos valores descritos para p (p valor).

Finalmente os dados de precipitação e volume do reservatório anuais (de julho a junho de cada ano) foram correlacionados mediante o uso de uma regressão gerada no programa Excel 2017.

II.6.2 Geração dos mapas de uso e ocupação das terras da área de estudo

II.6.2.1 Obtenção das imagens do satélite Landsat

Foi feito o levantamento de imagens de satélite para uma série histórica de 34 anos, propiciando assim, o estudo do uso e ocupação das terras da área de influência das microbacias hidrográficas que drenam para o complexo de abastecimento de água Torto/Santa Maria, que incluem o reservatório de Santa Maria e dois ribeirões adjacentes. Este estudo foi realizado por meio de imagens do satélite Landsat 5 e 8, em uma série temporal que promova a cobertura dos dados pluviométricos coletados, ou seja, o período compreendido nos anos de 1984 a 2019.

As imagens do satélite Landsat foram obtidas por intermédio de dois sensores: da série Landsat5 cujo sensor é o TM (Temática Mapper) no período de 1987 a 2011 e da série Landsat8, onde o sensor é o OLI (Operational Land Imager) para os anos de 2013 a 2019. As imagens do ano de 2012 não serão utilizadas, pois o Landsat 5 foi desligado em novembro de 2011 e seu sucessor (Landsat 8) só entrou em operação em fevereiro de 2013. (EMBRAPA TERRITORIAL, 2020).

As imagens foram adquiridas diretamente no site USGS (United States Geographical Survey), por meio do link: earthexplorer.usgs.gov. No ESPA.USGS são disponibilizadas imagens tratadas em forma de imagens de refletância, contendo correção atmosférica, garantindo a uniformidade dos dados. Foram selecionadas apenas as que apresentam no máximo 10% de nuvens, pois isso garante um trabalho de classificação mais preciso.

Abaixo na Tabela 3 são dispostas as datas de coleta de cada imagem, que foi operacionalizado no período mais seco na região de estudo (inverno), para mitigar a ocorrência de nuvens, que prejudicariam a melhor visualização das cenas.

Tabela 4: Data da coleta das imagens Landsat utilizadas na série histórica:

Ano de Coleta da Imagem Landsat	Data (dia e mês)
1984	11/06
1987	06/07
1990	27/05
1993	22/07
1996	14/07
1999	17/07
2001	12/07
2004	21/08
2007	30/08
2010	06/08
2013	29/07
2016	21/07
2019	28/07

As imagens Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI foram salvas no programa ENVI (ENVI, 2020) no modo Standard.

II.6.2.2 Recorte das imagens de satélite Landsat e obtenção de dados das imagens

Foram adquiridos os mapas digitais vetoriais de curvas de nível, pontos cotados e hidrografia extraídos da base cartográfica do DF em escala 1: 10.000, realizada pela CODESPLAN/SICAD (1991). Tais mapas foram implementados no banco de dados do projeto de pesquisa mediante a utilização do *software* ArcGIS (ESRI ARCGIS, 2020), utilizando a ferramenta ArcCatalog e serviram de subsídio para a delimitação da área de estudo.

Após a delimitação da área de estudo por meio do programa ArcGIS, foi gerado no mesmo *software* um *buffer* da área, com uma ampliação de 100 metros em toda a sua extensão, constituindo o arquivo vetorial (*shapefile*) da área de influência da microbacia estudada, objetivando o melhor aproveitamento das imagens na obtenção das informações da área de estudo. Assim, a área de estudo, compreendendo a área de influência do Sistema Torto/Santa Maria apresenta 22.179,78 ha.

As imagens Landsat TM5 e Landsat OLI8 foram salvas em formato ENVI Standard (ENVI, 2020) para permitir o processamento das imagens. Por meio do arquivo vetorial do *buffer* da área de estudo, realizou-se o recorte das imagens de satélite (de 1984 a 2019) utilizando o programa ENVI, conforme descrito por SANO et al. (2009).

II.6.2.3 Classificação automatizada das imagens Landsat

A classificação dos recortes das imagens Landsat do período de 1984 a 2019, foi realizada no programa ENVI (ENVI, 2020), pelo classificador não supervisionado ISODATA no modo Classic, utilizando as ferramentas: Classification, UnSupervised, IsoData. Após a classificação não supervisionada automatizada, foram utilizadas as ferramentas do programa ENVI: Classification, Post Classification, Sieve Classes, para agrupamento de polígonos, de acordo com as classes estabelecidas de uso e ocupação das terras que foram: Água, Cerrado *Sensu Strictu*, Transição (Cerrado – Campo), Campo (limpo-sujo), Solo Exposto, Mata de galeria e reflorestamento, além de uma classe denominada de “outros”, para abranger classes de uso e ocupação menos significativas, que foram agrupadas, totalizando 100% da área de estudo. Posteriormente fez-se a

aplicação das ferramentas do ENVI: Filter, Convolution and Morphology Tools, Convolutions Median, com o intuito de promover a retirada de excesso de pixels perdidos. De posse da classificação final, foram elaborados os mapas de uso e ocupação das terras da área de estudo dos anos de 1984 a 2019.

Para a obtenção de maior contraste da cobertura vegetal foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 (Landsat 5-TM) e bandas 4, 5 e 6 (Landsat 8-OLI). Esse processo foi feito em todos os anos da série histórica para obtenção das classes selecionadas de uso e ocupação das terras.

De posse da classificação foi proposta uma análise estatística (ANOVA) mediante o uso do *software* SISVAR (Ferreira, 2011) para verificar se nos triênios classificados haveria mudança das classes com nível de significância (p valor) superior a 5%.

II.6.2.5 Geração de máscara em auxílio à classificação automatizada nas imagens de satélite Landsat

Um problema encontrado para a classificação em todos os classificadores testados foi a semelhança da refletância da Mata de Galeria e área de Reflorestamento com o Cerrado nativo (*sensu stricto*), de modo que foi proposta a retirada dessas duas feições através da confecção de uma máscara. Esse mesmo procedimento foi executado por Grise e Biondi (2012) para diferenciar áreas urbanas e solo arenoso e o resultado positivo é a maior facilidade para classificação no *software* ENVI Classic, diminuindo a dificuldade de interpretação em relação aos pixels que refletem de forma semelhante.

Para gerar a máscara nas imagens a ser utilizada no ENVI Classic, foi editado um arquivo vetorial correspondente às áreas ocupadas por Mata de Galeria e Reflorestamento no programa QGIS, e este foi posteriormente exportado para o programa ENVI Classic, que executa a transformação deste arquivo vetorial para o formato EVF. Por meio deste arquivo, foram aplicadas as máscaras nas imagens de satélite Landsat do estudo, pela utilização dos comandos do ENVI: “Ferramentas – Máscara – Aplicar Máscara”. O arquivo correspondente à máscara (Áreas de Mata de Galeria e Reflorestamento) apresenta área de 1590,11 ha, ou 7,2% da área total.

Deste modo, as áreas ocupadas por Mata de Galeria e Reflorestamento não foram classificadas pelo programa ENVI nas imagens Landsat ao longo da

série histórica estudada, ou seja, permaneceram constante em 1590,11 hectares, ou 7,2% da área total.

A máscara gerada está demonstrada na Figura 10:

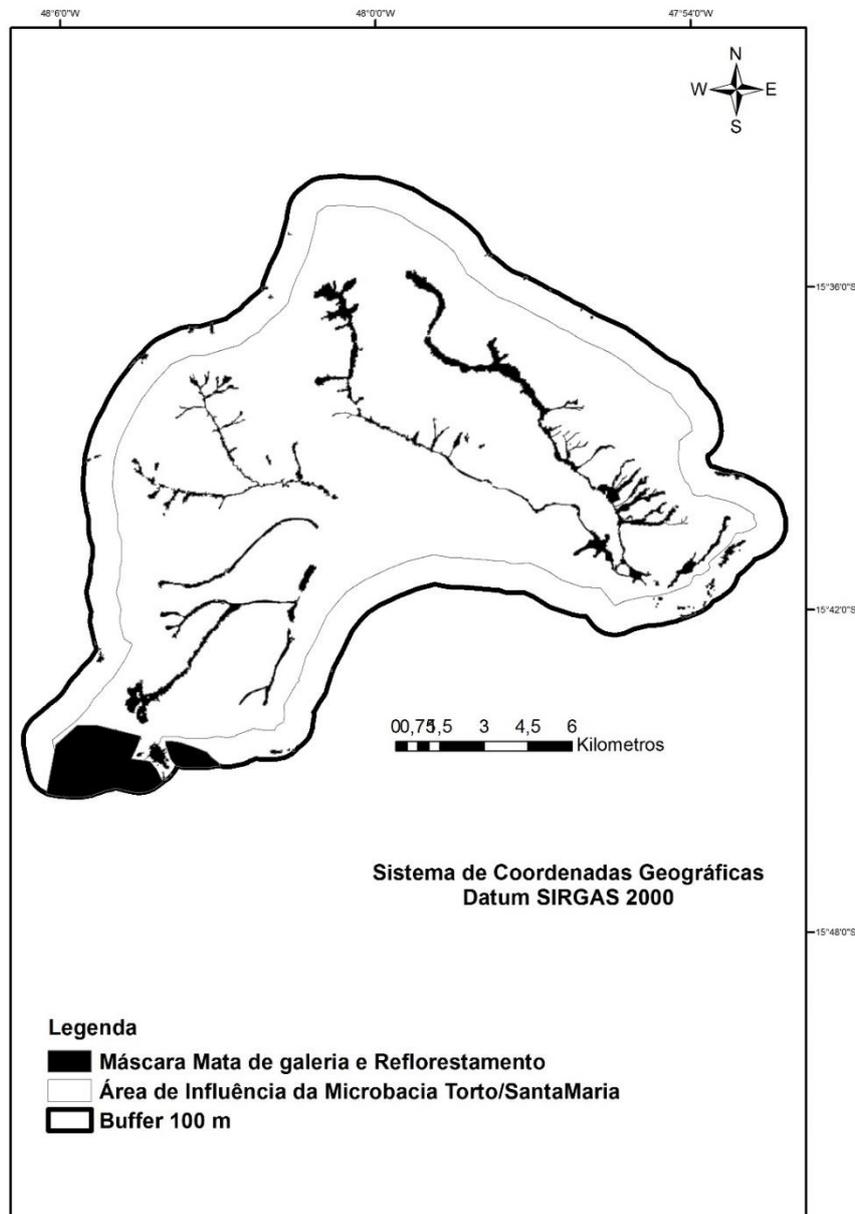


Figura 4: Demonstrativo da máscara utilizada para delimitação de Mata de Galeria e Reflorestamento.

II.6.2.6 Elaboração dos mapas de uso e ocupação das terras da área estudada

De posse das imagens classificadas, estas foram convertidas de Raster (dados matriciais) para Vetor (*shapefile*) utilizando-se as ferramentas: Classification, Post Classification, Classification to vector. Possibilita-se então

que as imagens sejam exportadas para quantificação das respectivas classes e configuração dos mapas pelo *software* ArcGis.

No *software* ArcGis foi então gerada a “Tabela de Atributos” (Attributes Table). Essa ferramenta permite analisar com mais clareza as informações presentes no mapa. Através dessa ferramenta também foi possível calcular os percentuais em que cada classe foi disposta na área de estudo, como foi proposta para as classes de uso das terras: Água, Cerrado *Senso Strictu*, Transição (Cerrado – Campo), Campo (limpo-sujo), Solo Exposto, Mata de galeria e reflorestamento, além de serem identificadas queimadas em algumas imagens da área de estudo.

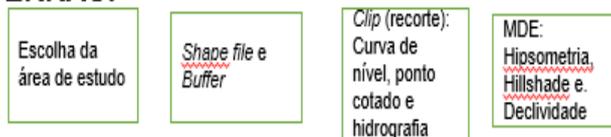
É importante ressaltar que as imagens foram obtidas no período da seca, no mês de julho, pois neste período ocorre a menor incidência de nuvens, o que facilita a visualização da cena de estudo e posterior classificação. Porém, por não haver chuvas no período, a capacidade de abastecimento de água (níveis de água) do Reservatório de Santa Maria (barragem) é menor do que a verificada nos meses de maior precipitação pluviométrica, que são no verão, enquanto as áreas com solo exposto geralmente são maiores nas imagens obtidas na estação seca, nas áreas ocupadas por atividades agropecuárias.

Os arquivos vetoriais correspondentes às classificações das imagens de satélite foram editados no programa ArcGIS, gerando os mapas de uso e ocupação das terras de cada ano estudado. Posteriormente estes foram exportados no formato de figura (TIF).

A quantificação das classes de ocupação das terras de cada ano avaliado permitiu avaliar a evolução temporal da proporção de ocupação antrópica e da presença de vegetação nativa, bem como a ocorrência de áreas com solos expostos, que podem influenciar na capacidade de abastecimento do Reservatório de Santa Maria. Uma vez que o intervalo de um ano se mostrou com poucas alterações, e com o objetivo de não deixar o trabalho por demais repetitivo foi feita a classificação no intervalo de 3 anos.

Abaixo, na Figura 11 apresenta-se o fluxograma para melhor entendimento da rotina do experimento.

- SIG: ArcGIS - **DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, GERAÇÃO DE MAPAS DE FEIÇÕES DO RELEVO, GERAÇÃO DOS MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS:**



- SENSORIAMENTO REMOTO: ENVI Classic - **PROCESSAMENTO DE IMAGENS LANDSAT (AQUISIÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO NO BANCO DE DADOS DO PROJETO, CLASSIFICAÇÃO AUTOMATIZADA:**



Figura 5: Fluxograma demonstrativo dos processos de SIG e Sensoriamento Remoto.

II.7 Análises de Qualidade da Água

Os dados de qualidade da água foram disponibilizados no período correspondente a 01/09/1991 a 01/09/2019 em amostras brutas coletadas em dois pontos de captação da CAESB localizados no Sistema Torto/Santa Maria. Os dados foram fornecidos pela CAESB e foram analisados os parâmetros utilizados para mensuração da qualidade de água captada e distribuída (CAESB, 2020).

As análises disponibilizadas são referentes a água captada diretamente da microbacia que verte para o reservatório de Santa Maria, antes de passar pelos tratamentos para viabilizar a sua distribuição (água bruta), deste modo ainda não passaram por qualquer tratamento para distribuição. Outra observação pertinente é que foram fornecidas em média duas amostras/mês para a análise dos resultados, número muito inferior a coleta mensal realizada pela CAESB e de tais amostras fornecidas foram escolhidas de forma aleatória para repasse pela CAESB. Como foi disposto anteriormente, após captada a água passará por um processo de tratamento posterior, para pode então ser disponibilizada à população do DF.

Foi proposta a análise dos parâmetros disponibilizados, de forma mensal, na referida série histórica. Após a análise do desempenho destes parâmetros em relação ao preconizado pela legislação (Resolução Conama 357 de 17 de março de 2005) foi proposta uma correlação estatística (básica) com o volume de chuvas anual, mediante o uso do programa Excel 2017, de modo que se pudesse averiguar se o aumento ou diminuição no regime de chuvas é um fator que compromete os parâmetros de qualidade das águas captadas originalmente pelo Complexo Torto/Santa Maria. Para tanto, foram utilizados dados de volume de precipitação pluviométrica mensal, fornecido pela ADASA (ADASA, 2019).

Os parâmetros utilizados são os oito parâmetros utilizados pela CAESB, sendo dispostos a seguir com seus respectivos pesos: coliformes fecais (0,2), turbidez (0,15), cor (0,1), amônia (0,15), ferro (0,15), cloreto (0,1), pH (0,05) e DQO (0,1) (SABBAG, 2003).

É importante ressaltar que desde novembro de 2013 a CAESB substituiu o parâmetro DQO pelo parâmetro carbono total, de modo que este será também avaliado a partir desta data, pois anteriormente não eram disponibilizados resultados pertinentes às suas análises (CAESB, 2020).

Em uma segunda análise, o indicador físico turbidez da água (por meio do cálculo das suas médias por triênio (começando em setembro do primeiro ano e terminando em agosto do último ano), foi correlacionado através de uma regressão por meio do programa Excel 2017, com a variável solo exposto, objetivando averiguar se o aumento do solo exposto na série histórica seria responsável por aumentar a turbidez das águas distribuídas, caso este solo estivesse sendo carregado através de processos erosivos para os corpos de água, o que seria um forte indicador de assoreamento no reservatório analisado.

Em uma última análise os parâmetros físicos, químicos e biológicos fornecidos pela CAESB foram correlacionados por meio de uma regressão linear múltipla mediante a utilização do programa Excel 2017, com as precipitações pluviométricas, objetivando assim verificar se o volume das enxurradas afetaria os parâmetros de qualidade da água referentes ao RSM, uma vez que a situação de maior volume de água pode propiciar erosões superficiais em solo exposto, sendo assim pode-se deslocar além de solo exposto, demais partículas sólidas e contaminantes.

Para uniformizar a metodologia os dados fornecidos de qualidade de água fornecidos pela CAESB utilizados em cada triênio foram iniciados em setembro do primeiro ano (1991) e finalizados em agosto do segundo ano (1992), sendo feito da mesma forma para os anos subsequentes.

III.RESULTADOS E DISCUSSÃO

III.1 Série histórica de dados pluviométricos

Mediante os dados obtidos para a precipitação pluviométrica e o nível do reservatório nos anos de estudo (1987-2019) foram geradas as análises estatísticas descritas abaixo.

Inicialmente, o histograma apresentado na figura 12 mostra a variação da precipitação em mm observada na região de influência do reservatório de Santa Maria ao longo da série histórica estudada. Verifica-se um padrão irregular na distribuição das chuvas ao longo dos anos, atingindo valores de precipitação pluviométrica acumulada de até 1.800 mm, sendo os níveis mais baixos em torno de 700 mm/ano.

Verifica-se maior diminuição dos níveis de precipitação nos anos anteriores à crise hídrica de 2017, onde percebe-se que no período correspondente a 2015/2016 houve a precipitação de apenas 727,24 mm, menor valor registrado em toda a série histórica. Em contrapartida, no período correspondente aos anos de 2018/2019 houve um aumento considerável da precipitação (1740,30 mm), o que acarretou em aumento expressivo no RSM, que atingiu níveis máximos de sua capacidade de água (780 km² de espelho d'água), normalizando os níveis de água do Reservatório de Santa Maria.

A média da precipitação foi de 1246,40 mm ao longo da série histórica, mediana de 1181,3 mm, o desvio padrão atingiu o valor de 246,36 mm.

A ANOVA gerada para as precipitações anuais encontrou um p valor muito baixo: $p\text{-value} = 5.945e^{-11}$, de modo que a hipótese de não haver variação significativa para precipitação é nula, ou seja, houve grande variação nos valores de precipitação ao longo dos anos, o que é confirmado pelos valores extremos observados em toda a série histórica.

A diferença verificada decorre dos anos com valores extremos de precipitação pluviométrica, onde evidencia-se grande variação no acumulado de

um ano para outro, como ocorrem por exemplo em 1998 e 1999 (variação de 600 mm de precipitação em um único ano).

No entanto, mesmo com baixas precipitações pluviométricas, nos períodos anteriores à crise hídrica de 2017, como 1987/1988 (983 mm) ou no ano de 1995/1996 que registrou 925 mm (ambos abaixo da média histórica), não foram registradas crises hídricas no abastecimento de água do Distrito Federal, uma vez que a demanda por água da população, tanto em áreas urbanas, quanto em áreas ocupadas por atividades agropecuárias no DF, era muito menor.

Ressalta-se que a população do DF, de acordo com o Instituto Brasileiro de Estatística – IBGE (2020), em 1980 era de cerca de um milhão de habitantes, e em 2020 projeta-se que esta tenha triplicado para 3,013 milhões de habitantes. Apesar deste grande aumento populacional, a estrutura de abastecimento de água para a população teve modificações estruturais, sendo os Reservatórios de Santa Maria e o Descoberto as principais fontes de água armazenada, desde o início da série histórica avaliada até os dias atuais (SILVA et al., 2019).

Somente após a crise hídrica de 2015/2016, que ocasionou o racionamento de água do Distrito Federal, em todas as suas atividades, os órgãos governamentais deram início a projetos para captação de água para abastecimento de água para a população do DF do Lago Paranoá entre outros de menor importância (CAESB, 2020).

Steinke et al. (2017) propuseram uma série histórica no Distrito Federal contemplando 30 anos (1981-2010) para avaliar se estaria ocorrendo uma mudança nos regimes de chuvas. Utilizaram dados de 17 pluviômetros dispostos em diferentes localidades no DF e chegaram à conclusão que as alterações nas precipitações anuais ocorrem, porém ao longo do tempo elas se mantêm com baixa variância, ou seja, são configuradas apenas pela tendência decidual que ocorre no bioma cerrados, onde um ano de chuva inferior é compensado por maiores valores nos anos subsequentes. É interessante notar que os autores alertam que no mapa do DF as localidades que encontram as maiores precipitações são na parte oeste, na região onde se encontra o Parque Nacional de Brasília e o Sistema de Captação Santa Maria/Torto.

Esses resultados seguem ainda pesquisa de Pizzato et al. (2012) que analisaram uma série histórica de 26 anos no município de Cáceres (MT) com bioma igual ao do DF e perceberam que existiram variações grande ao longo

dos anos da série histórica, com mínima de 972,9 mm, em 1985, e máxima de 1.624,1 mm, em 1998. Salientam que existem meses com alto volume de chuvas (verões) seguidos de meses de seca (inverno) tal como ocorre no DF.

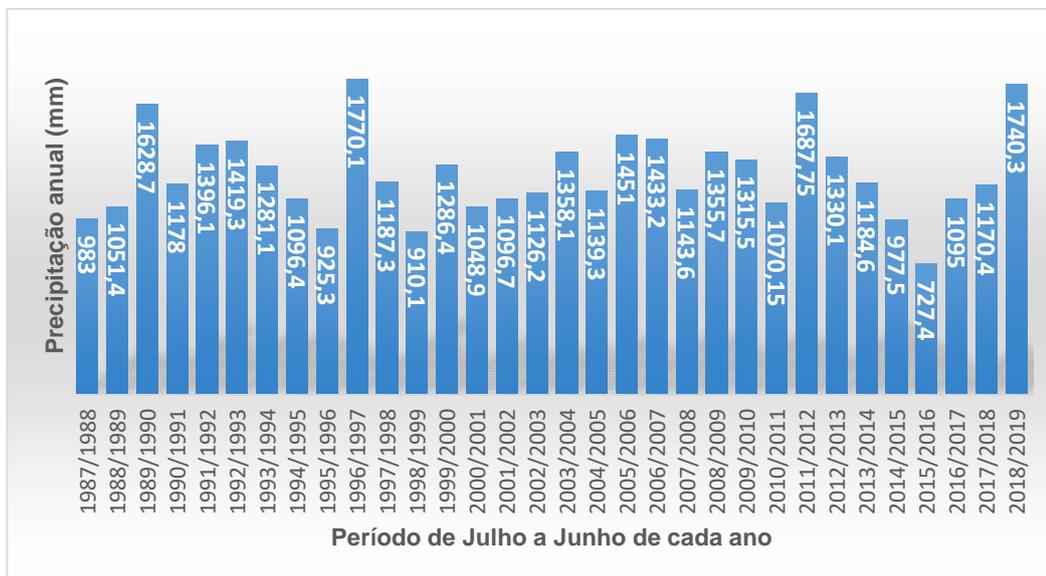


Figura 6: Precipitação no reservatório de Santa Maria, DF, no período de 1987 a 2019.

Com base nesses dados foi realizado o agrupamento dos valores dos níveis de água do RSM a cada 4 anos (Figura 13), para averiguar se existe uma tendência de diminuição dos níveis ou se existe uma regularidade de períodos de baixa precipitação, seguidos por períodos de alta precipitação. De acordo com Becerra et al. (2009) as chuvas do bioma Cerrado têm alta sazonalidade ao longo dos anos, porém as fito-fisionomias estão adaptadas à essas variações, uma vez que no espaço temporal maior existe uma regularidade no volume de distribuição das águas.

Para cada ano do agrupamento estudado iniciou-se no mesmo ano apresentado e encerrou-se no ano subsequente em junho, de modo que a avaliação se estendeu até junho de 2019.

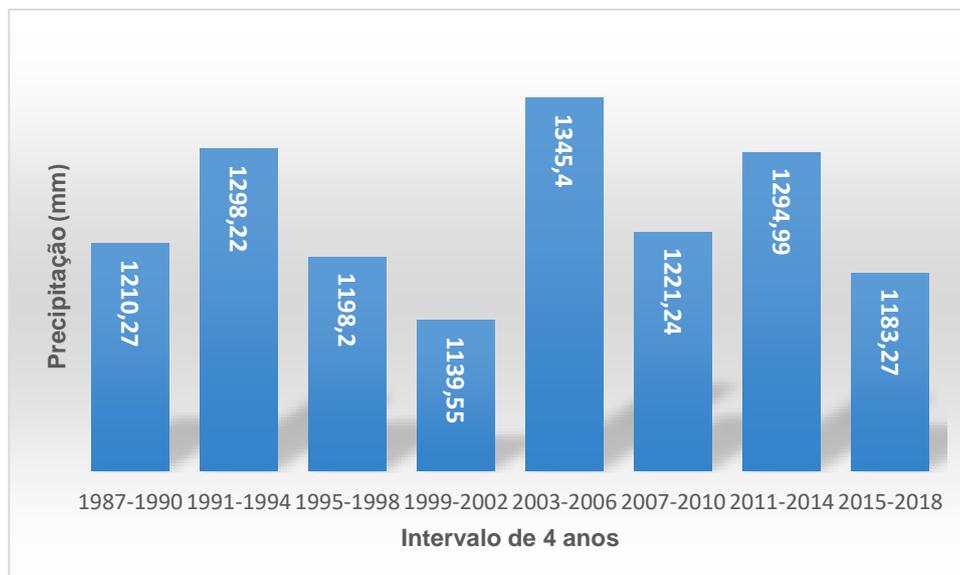


Figura 7: Precipitação no reservatório de Santa Maria, DF, no acumulado de 4 anos para o período compreendido entre 1987 a 2019.

O histograma da Figura 14 evidencia um comportamento sazonal da precipitação pluviométrica média no Distrito Federal e na região do Sistema Torto/Santa Maria. Não existe subsídio para afirmar que está ocorrendo uma diminuição nas precipitações pluviométricas na região. Pode-se notar que nos anos de menor precipitação pluviométrica (1987 e 2016) o acumulado ao longo dos anos (anteriores e posteriores) foi suficiente para manutenção das precipitações pluviométricas em valores próximos à média anual da série histórica, que foi de 1236,40 mm.

Foi gerada a mediana e do desvio padrão dos valores quadri-anuais de precipitação, sendo encontrados os valores de 1215,75 para a mediana e o desvio de 69,40, configurando uma pequena variação ao longo dos anos agrupados.

Este resultado concorda com o de Sanches et al. (2013), que analisaram uma série histórica de chuvas na região sul do país em busca de uma tendência de aumento destas ao longo do tempo. Após o tratamento dos dados, concluíram que não existem alterações no processo pluviométrico ao longo do tempo, mas que as variações são advindas de casualidades e são comportamentos aleatórios normais inerentes à própria série de dados. No estudo do Sistema de abastecimento de água Torto/Maria obteve-se resultado semelhante, uma vez que ao longo da série histórica existe a ocorrência de uma variação sazonal de precipitações, não sendo demonstrado decréscimo ao longo dos anos.

Souza et al. (2018) em série histórica que compreendeu os anos de 1984 a 2016 em região dos Cerrados, observaram que em discordância do encontrado para o sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria, existe uma tendência de diminuição de frequência das chuvas, principalmente nos últimos 5 anos e que essa diminuição está correlacionada a fenômenos ambientais, em especial as temperaturas nos Oceanos Pacífico e Atlântico.

Abaixo são demonstrados os dados obtidos para os níveis de água (m) do reservatório de Santa Maria (Figura 14).

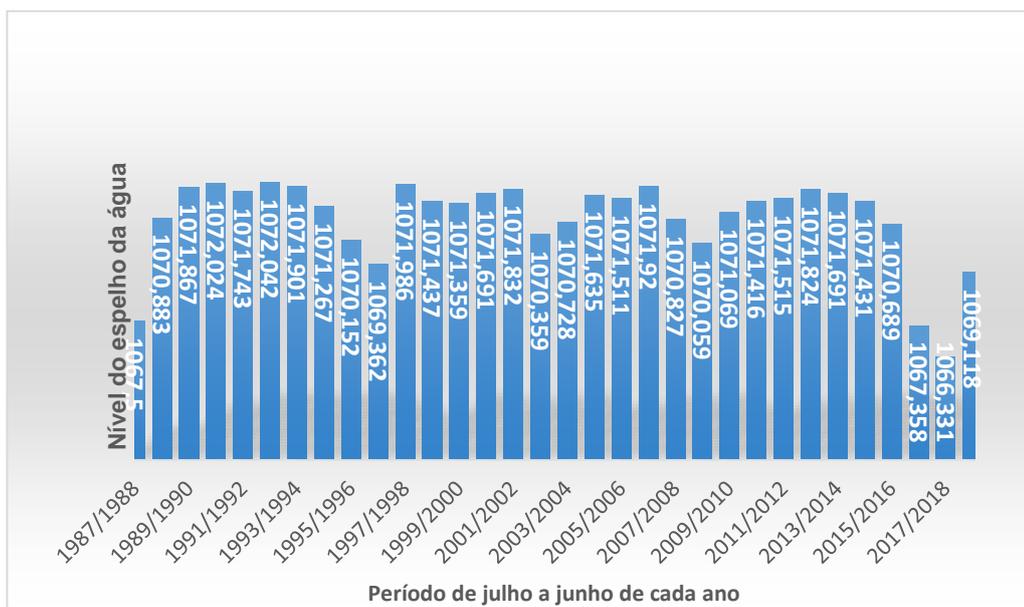


Figura 8: Nível do espelho de água reservatório da barragem de Santa Maria, DF, no período de 1987 a 2019.

A análise dos níveis médios apresenta grande regularidade ao longo dos anos da série histórica, sendo as exceções os anos de menor precipitação pluviométrica, verificados em 1987/1988 e 2015/2016 e 2017/2018.

Os dados estatísticos gerados corroboram para confirmar que existem uma grande regularidade nos níveis, pois a média encontrada foi de 1070,83 m, enquanto a mediana atingiu o valor de 1071,424m e o desvio padrão atingiu 1,45 m. De posse dessas informações foi gerada a ANOVA para verificação do p valor, e o valor encontrado foi 0.0978, ou seja, os dados não diferem significativamente.

Essa regularidade dos níveis do reservatório de Santa Maria também foi avaliada no acumulado de 4 anos e os resultados são apresentados na Figura 15:

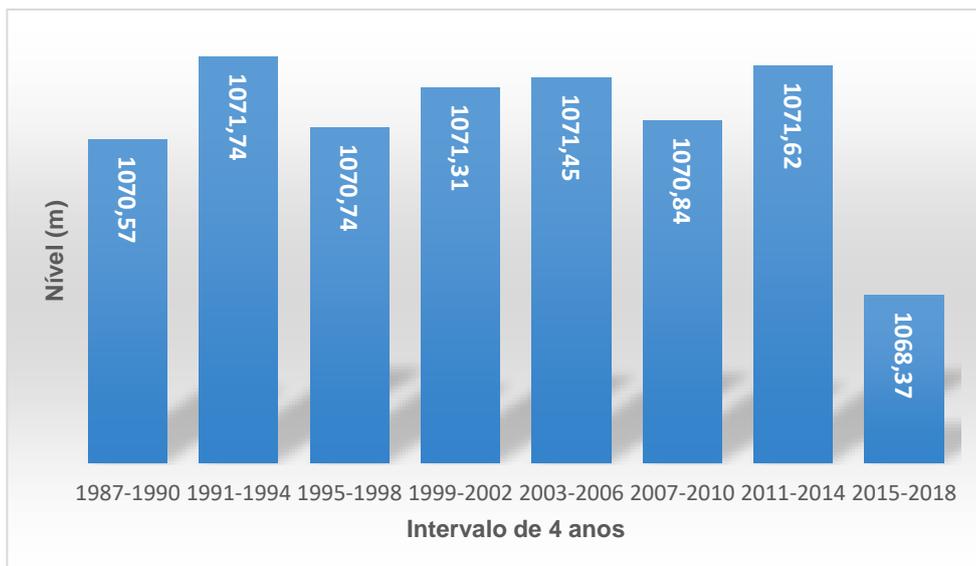


Figura 9: Níveis do espelho de água médios no acumulado de 4 anos na barragem de Santa Maria, DF, no período de 1987 a 2019.

O histograma da Figura 15 verifica um decréscimo nos níveis dos anos (período de 2015 a 2018). A média para os valores referentes ao acumulado de 4 anos foi de 1070,83 m, enquanto a mediana encontrada foi de 1070,84 m e o desvio padrão de 1,01 m, ou seja, a variabilidade se manteve em níveis baixos.

Collischonn et al. (2005) observaram a vazão da bacia do Rio Uruguai durante 6 anos (1995 a 2001) e chegaram à conclusão que existe variações nas vazões ao longo do ano, por efeito de períodos mais propensos às chuvas ou secas, porém estas podem ser previstos mediante o uso de modelos estatísticos e ao longo do tempo existe uma tendência de normalidade das vazões, tal como ocorreu no estudo do Sistema de abastecimento Torto/Santa Maria.

Em nenhum momento no acumulado de 4 anos as cotas atingiram valores inferiores ao estipulado pela ADASA/DF (ADASA, 2020) como sendo a cota mínima na barragem do Santa Maria, que é 1067,50 m, o que corresponde a 30,3% do espelho de água do RSM.

Posteriormente foram obtidas as médias das precipitações pluviométricas anuais em milímetros em relação aos níveis médios anuais de cota de água do reservatório de Santa Maria, também, em mm, conforme a Figura 16:

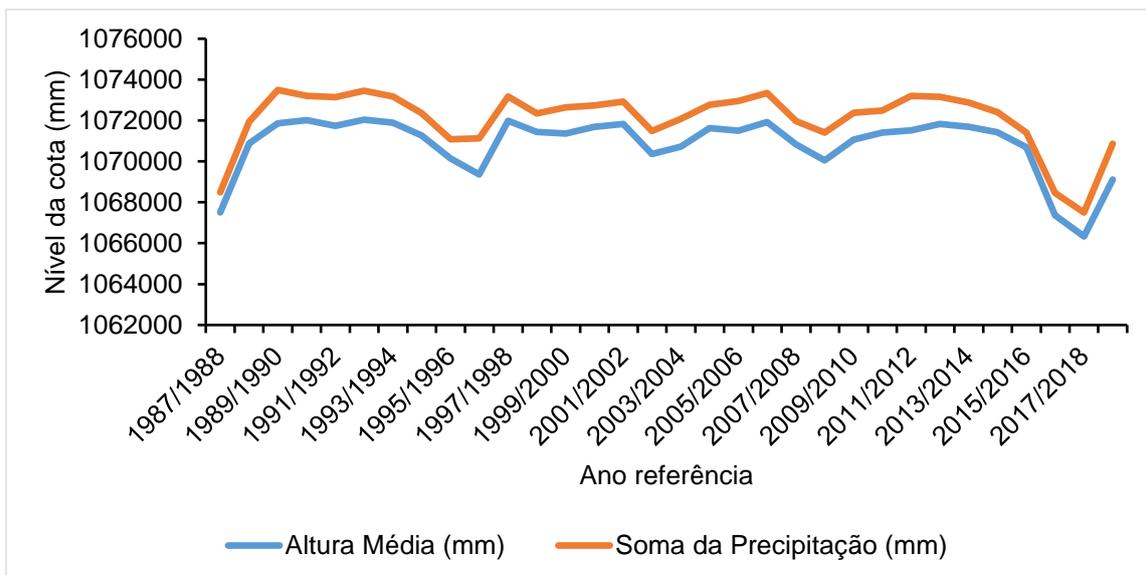


Figura 10: Precipitações anuais versus níveis de água do reservatório de Santa Maria, DF.

Por meio da análise dos dados apresentados na Figura 12 nota-se que os níveis de água do reservatório de Santa Maria podem ser influenciados pela precipitação pluviométrica. Desta forma, a precipitação pluviométrica pode estar diretamente relacionada com a disponibilidade hídrica da captação de abastecimento de água do Sistema Torto/Santa Maria. Porém correlacionando os dados os valores encontrados para R e R^2 , verifica-se que ambos são baixos, sendo o R Múltiplo corresponde a 0,093 ou 9% e R^2 correspondente a 0,0089 ou menor que 1%, ou seja, existe baixa correlação entre os dados.

Na avaliação dos dados faz-se necessário salientar que o período correspondente a 2018/2019 respondeu com um grande volume de precipitação pluviométrica, logo após uma tendência de diminuição de chuvas e que foi responsável pela crise hídrica de 2017, fundamental para o aumento nos níveis do reservatório de Santa Maria no último ano analisado, e que demonstrou uma interrupção na queda de pluviosidade que estava sendo presente na série histórica a partir do ano de 2015.

Entretanto, deve-se ressaltar que os dados avaliados neste trabalho não são suficientes para afirmar que somente o regime de precipitação pluviométrica foi responsável pelos níveis de água do RSM. Deve-se associar o aumento da demanda por água pelo elevado crescimento populacional no DF ao longo da série histórica estudada. De acordo com o Instituto Brasileiro de Estatística – IBGE (2020), projeta-se para o próximo Censo (2020) que a população do

Distrito Federal que em 1980 totalizava pouco mais de um milhão de habitantes, triplique, passando para 3,013 milhões de habitantes.

Acrescenta-se, ainda, que esse crescimento populacional vem sendo feito, de modo geral, mediante ocupação das terras do DF de maneira desordenada, sem planos de urbanização, além da implementação de atividades agropecuárias, muitas vezes, sem planejamento prévio de uso das terras de forma sustentável. Estas atividades podem afetar o balanço hídrico dos solos, diminuindo sua capacidade de disponibilização de água subterrânea, para o abastecimento dos lençóis freáticos, cursos e corpos d'água, além de reservatórios, como demonstra Cadamuro e Campos (2005) que fizeram um levantamento do potencial de diminuição na recarga dos aquíferos subterrâneos e que abastecem a bacia do Paranoá (DF) e concluíram que a implementação de condomínios e conglomerados urbanos, para atender uma população de 20.000 habitantes diminuía em mais de 50% a capacidade de captação das águas pelos lençóis freáticos na região.

É importante observar que no estudo de Menezes et al. (2014) em uma microbacia no município de Lavras (MG), não notaram alterações na vazão advindas da maior ocupação antrópica, muito menos da substituição das paisagens anteriores por ambientes de cidades e pastagens, mas apenas uma relação direta de maiores vazões e cheias com maiores índices de precipitação pluviométrica.

III.2 Mapas de uso e ocupação das terras da área de estudo ao longo da série histórica

Para melhor discussão serão apresentados em destaque os mapas referentes aos anos de 1987, 1996 e 2016, pois são os dois anos que apresentaram maior diminuição de água (1987 e 2016), decorrente da baixa precipitação pluviométrica verificada em anos anteriores a estes. Será, também, disposto o mapa de uso e ocupação das terras do ano de 1996, caracterizado por grande valor de precipitação pluviométrica anual, onde o RSM atingiu o nível máximo, nas figuras 17,18 e 19.

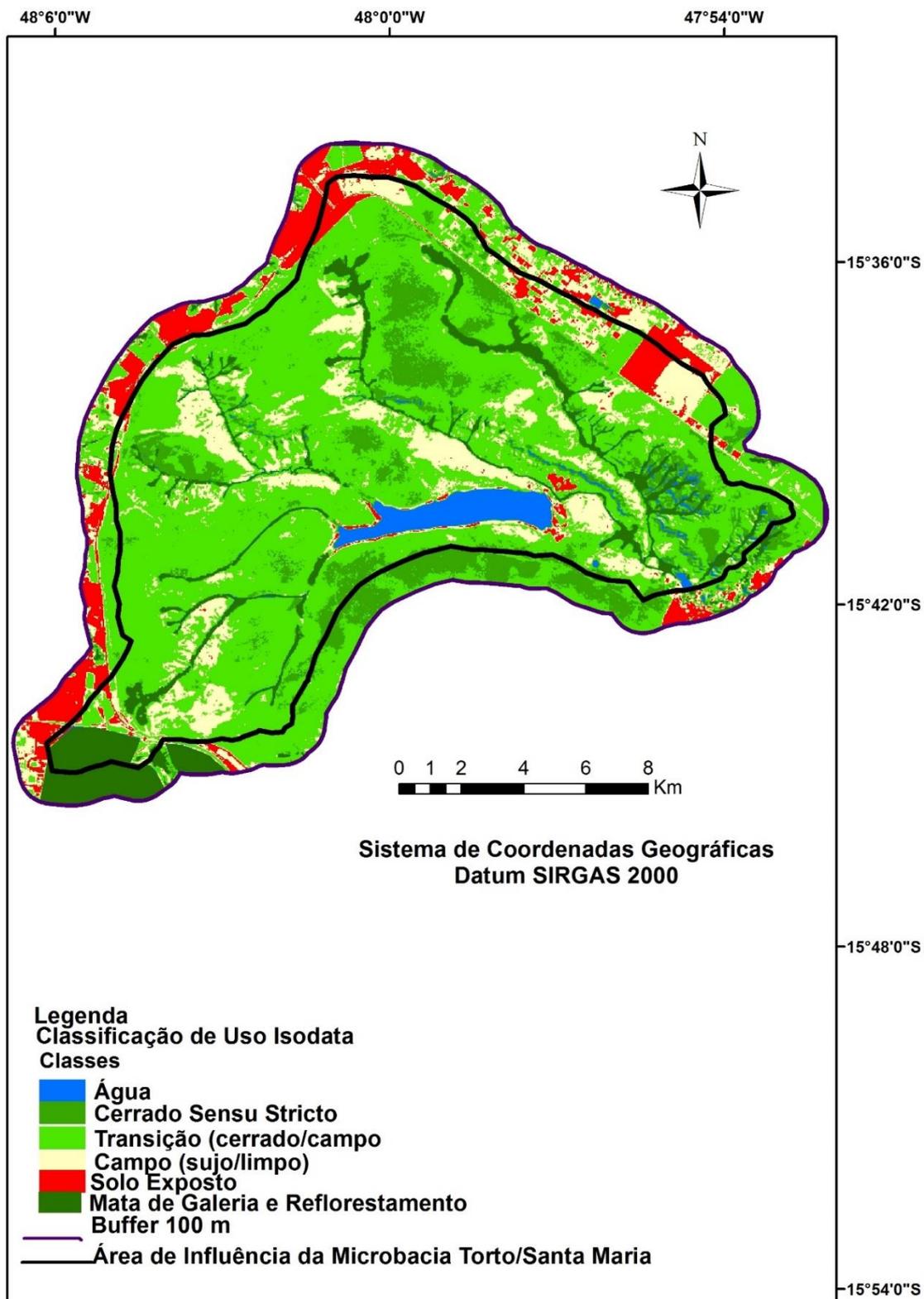


Figura 11: Mapa de Uso e Ocupação das terras da área de estudo – Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria no ano de 1987.

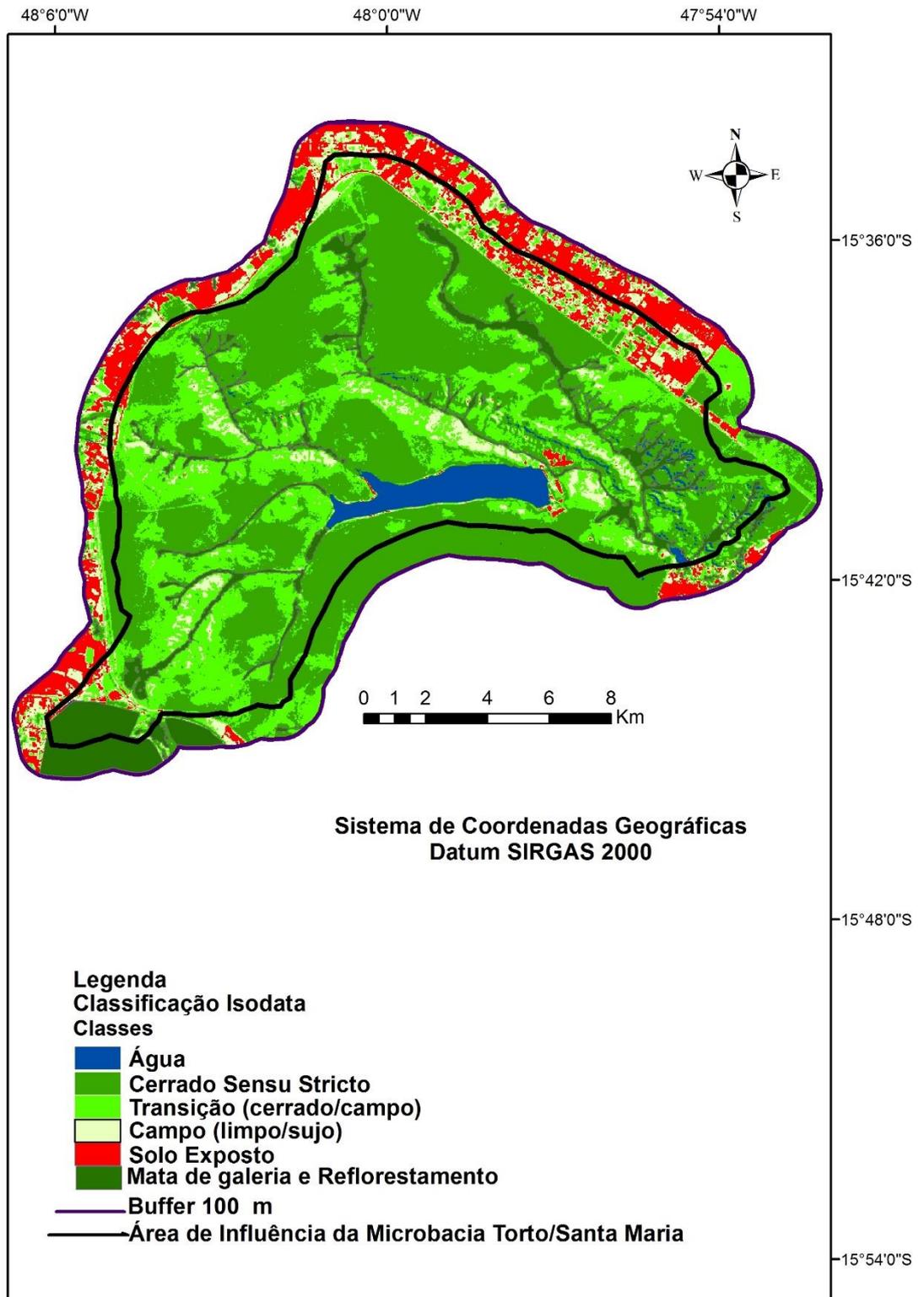


Figura 12: Mapa de uso e ocupação das terras da área de estudo - Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria do ano de 1996.

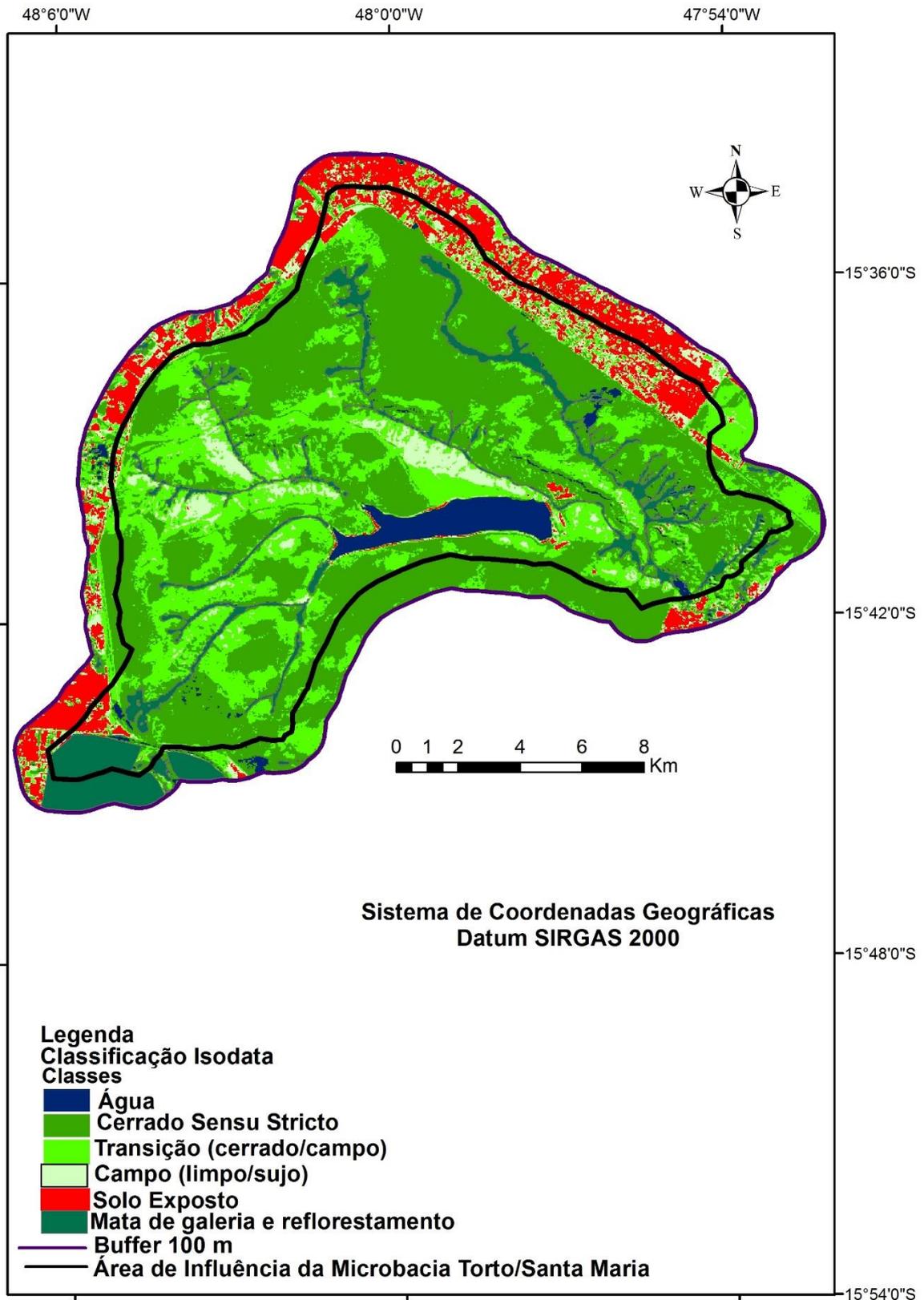
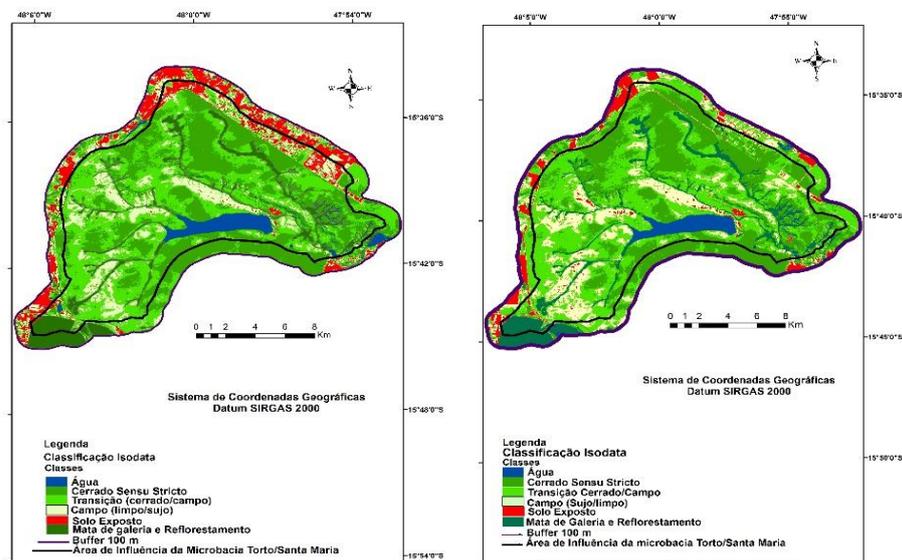


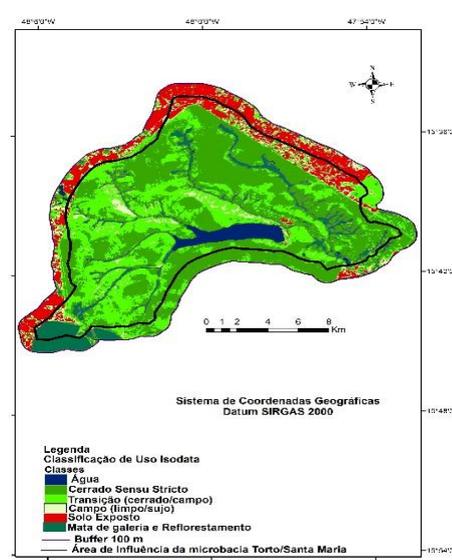
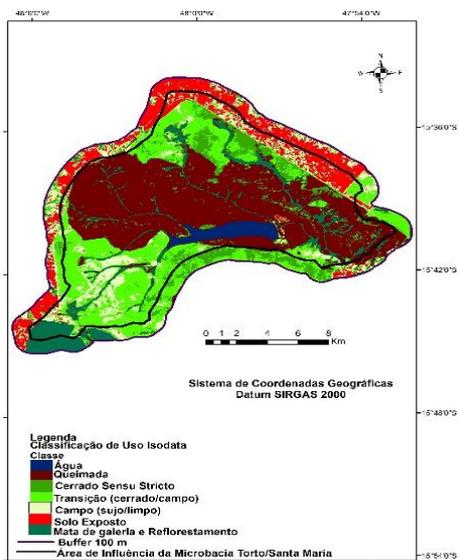
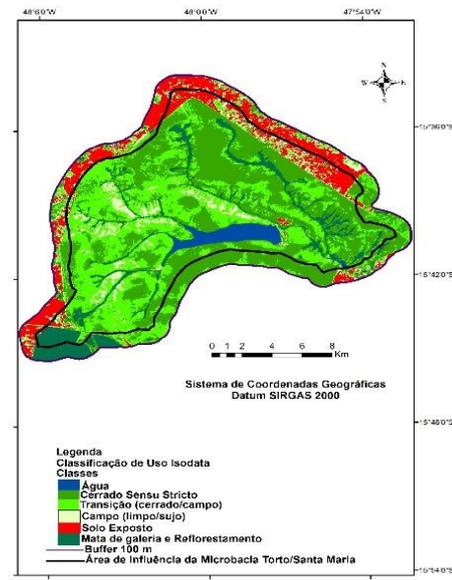
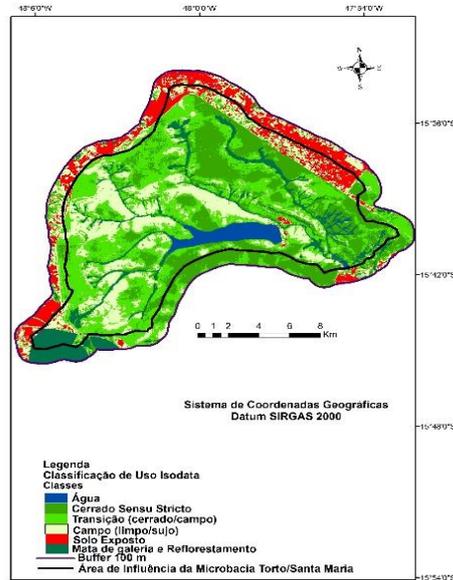
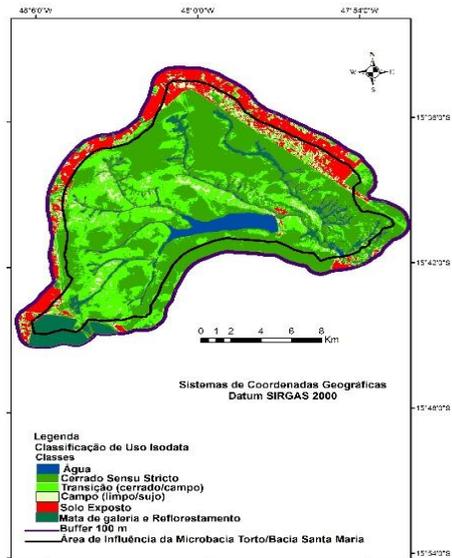
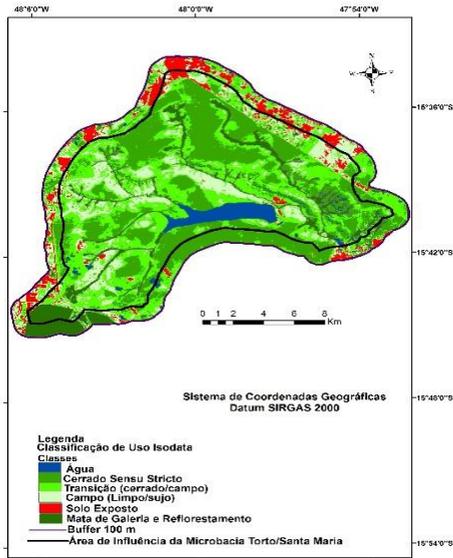
Figura 13: Mapa de uso e ocupação das terras da área de estudo - Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria doo ano de 2016.

A série temporal avaliada apresentou pouca variação nos usos e ocupações das terras, em função da criação do Parque Nacional de Brasília (PNB), uma unidade de preservação que abrange quase toda a área estudada (PLANALTO, 1961), com exceção da extensão da área avaliada além dos limites destes, que apresenta ocupação antrópica ao longo de toda essa extensão, particularmente na porção norte, noroeste e oeste do PNB.

De modo geral, verificou-se uma tendência de acréscimo da ocupação antrópica ao longo da série histórica, com crescimento de áreas de solo exposto com a concomitante diminuição das áreas de vegetação nativa (Campo, Cerrado *sensu stricto* e a classe denominada de área de transição). Foi identificada, ainda, a presença de uma pequena área de reflorestamento, localizada na porção sudoeste da área estudada.

Os demais mapas, gerados neste trabalho ao longo da série histórica, encontram-se demonstrados de forma sequencial, da esquerda para a direita e de cima para baixo, (1984, 1990, 1993, 1999, 2001, 2004, 2007, 2010, 2013, 2016 e 2019 são apresentados abaixo (Figura 20):





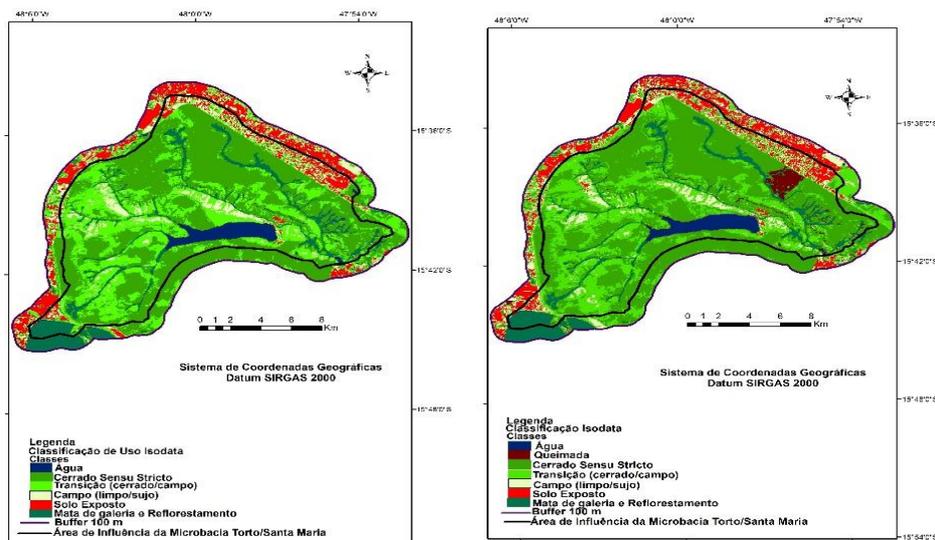


Figura 14: Mapas de uso e ocupação das terras da área estudada - Sistema Torto/Santa Maria dos anos: 1984, 1990, 1993, 1999, 2001, 2004, 2007, 2010, 2013, 2016, 2019.

A quantificação das classes de uso e ocupação das terras (Tabela 4) demonstra que houve um acréscimo na área de solo exposto no primeiro triênio (1984/1987), mas depois, este se manteve oscilando entre 3 a 5% da área total.

Esta pequena variação na exposição dos solos é decorrente da menor ou maior cobertura vegetal (vegetação nativa e pastagem) associada em cada triênio. Esta cobertura vegetal apresenta o mesmo padrão de reflectância espectral da área de transição Cerrado/Campo (limpo e sujo) (SANO e FERREIRA, 2005), inviabilizando a individualização nos mapeamentos.

Neste sentido, Moraes et al. (2016) analisaram uma série histórica (1991 a 2011) de uso e ocupação das terras em um parque no estado de Minas Gerais (Parque Estadual do Biribiri) e concluíram que a classe solo exposto se manteve em níveis baixos (cerca de 1%) em toda a série histórica, o que evidenciava baixa interferência antrópica, as demais classes de uso referentes à vegetação nativa sofreram variações em decorrência dos diferentes índices dos dados climáticos ao longo do estudo.

De forma análoga, estudo de Soares Neto (2017) realizado no Parque Nacional de Brasília para definir as classes de ocupação encontrou ocupações similares para solo exposto, vegetação nativa, pastagem e ocupação antrópica. Tais autores alertam que o risco de queimadas neste ambiente do parque

mantém alto a maior parte do ano, inclusive em função da alta ocupação destinada às vegetações (quer seja nativa ou advinda de pastagens).

A Tabela 4 demonstra o comparativo com as classificações encontradas.

Tabela 5: Classes de uso encontradas na série histórica para o intervalo de 3 anos.

Ano	Vegetação nativa (%)	Solo Exposto (%)	Volume RSM(%)	Outros (%)
1984	87,10%	1,50%	3,50%	0,70%
1987	84,70%	4,80%	2,60%	0,70%
1990	86,00%	2,30%	3,50%	1,00%
1993	84,60%	3,70%	3,50%	1,00%
1996	85,10%	3,60%	3,60%	1,10%
1999	84,10%	4,70%	3,40%	0,60%
2001	84,20%	4,30%	3,40%	0,90%
2004	83,30%	5,20%	3,50%	0,80%
2007	84,00%	5,30%	3,20%	0,30%
2010	83,70%	4,90%	3,50%	0,70%
2013	85,00%	3,60%	3,50%	0,70%
2016	84,40%	4,40%	2,90%	1,10%
2019	84,80%	4,00%	3,20%	0,70%

Para a classe vegetação nativa (Cerrado *sensu stricto*, área de transição (Campo/Cerrado) e Campo Cerrado (limpo/sujo) observa-se uma retração ao longo da série histórica, sendo maior nos anos associados ao aumento do solo exposto. Foi proposta então uma análise estatística (ANOVA) para verificar se os dados correspondentes à vegetação nativa diferenciaram estatisticamente ao decorrer da série histórica. O p valor encontrado corresponde a 0,05 (1.0E+0009), de modo que houve variação significativa (a 95% de significância).

O aumento do solo exposto decorre diretamente da interferência antrópica, uma vez que em sua maioria este localiza-se nas áreas urbanizadas, de forma análoga ao verificado para a vegetação nativa, o solo exposto também apresentou variação estatística a 5% de significância, com p valor menor que 0,05 (1.0E+0009).

Objetivando melhor demonstrar tal relação foi proposta uma correlação estatística entre as classes vegetação nativa e solo exposto e o resultado é apresentado na Figura 21.

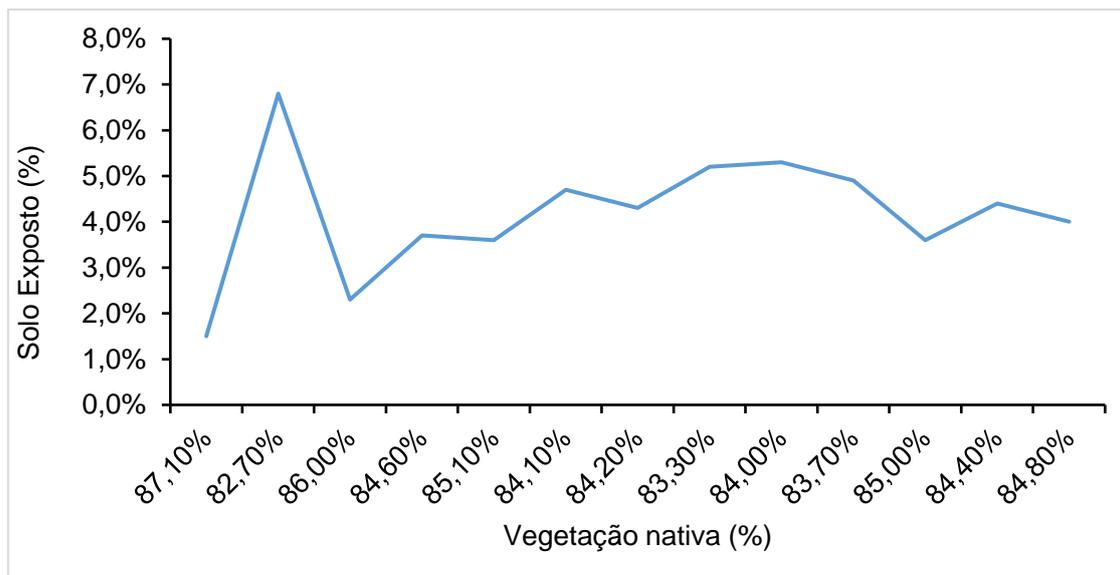


Figura 15: Gráfico de dispersão entre as variáveis vegetação nativa e solo exposto na área estudada.

Os dados demonstram que à medida que aumentou o solo exposto, a vegetação nativa resulta em retração. O valor de R^2 foi superior a 94,9%, o que confirma que existe uma correlação positiva entre as variáveis:

Observa-se uma tendência geral de acréscimo do solo exposto ao longo da série histórica, passando de 1,5% para 4,00%, oscilando valores ao longo dos anos atingindo 6,8% em 1987, aliado à menor área de vegetação nativa (82,70%). Neste sentido, estudo de Freitas et al. (2009) associou que a diminuição da vegetação nativa em áreas preservadas (similares ao PNB) se deve a um conjunto de fatores, dentre eles pode-se citar fatores climáticos (incluindo precipitação e temperaturas), além do tipo de solo, onde áreas arenosas podem ser mais propensas a erosão, presença de encostas, declividade e mesmo o tipo da vegetação pré-existente, além do período de ocorrência de chuvas.

Uma discreta tendência de diminuição das áreas de solo exposto pode ser verificada a partir do ano de 2010, provavelmente associada ao abandono das áreas antropizadas, verificadas nas visitas preliminares in loco no ano de 2019, na região denominada de Chácaras do Lago Oeste e outros parcelamentos de terras, que levou ao crescimento espontâneo de vegetal natural (capim e capoeiras). Não parece estar relacionada com medidas de preservação do Cerrado e outras fitofisionomias nativas, uma vez que de acordo com estudo realizado por Costa (2014) as áreas que circundam o PNB

apresentam abandono nas chácaras e parcelamentos de terra, que originariamente seriam destinados a condomínios, porém por falta de infraestrutura básica foram desocupados. O autor cita inclusive que em visitas de campo verificou a presença de áreas de despejo de lixos e entulhos nas proximidades de corpos de água que não recebem qualquer tratamento.

Essa situação de desocupação foi verificada em visita de campo pós classificação do uso das terras, e em toda a área de influência existem lotes abandonados, postos à venda e aparentemente sem habitação.

As classes que se referem às áreas antropizadas foram quantificadas com a ocorrência de solo exposto nos limites do PNB. Além de solo exposto existem áreas de pastagem ou pastagem espontânea e de pousio, que refletiram de forma similar ao Campo Cerrado, devido à coloração da palhada ou mesmo da vegetação pouco densa, e foram quantificadas como pertencentes à vegetação nativa. Destacam-se algumas classes estabelecidas de uso e ocupação das terras em áreas de ocorrência pouco expressivas, portanto, na avaliação quantitativa foram agrupadas sob a denominadas de “outros”, na tabela 4.

O RSM oscilou em sua área total, sendo que à medida que diminuía o seu volume, aumentava o solo exposto. Essa oscilação foi verificada também mediante a utilização de estatística básica (ANOVA) que concluiu com 95% de confiabilidade que houve variação significativa nas amostras, gerando um p valor de 1.0E+0009 (menor que 0,05).

As vazões foram quantificadas mediante os valores obtidos na tabela de atributos para cada classe, de modo que foram verificados valores máximos na barragem nos anos de 1990, 2004 e 2013 (780 ha), anos com alta precipitação pluviométrica. Os menores volumes foram verificados em 1987 (580 ha) e 2016 (652,50 ha), e correspondem aos períodos de menor precipitação (Figura 22):

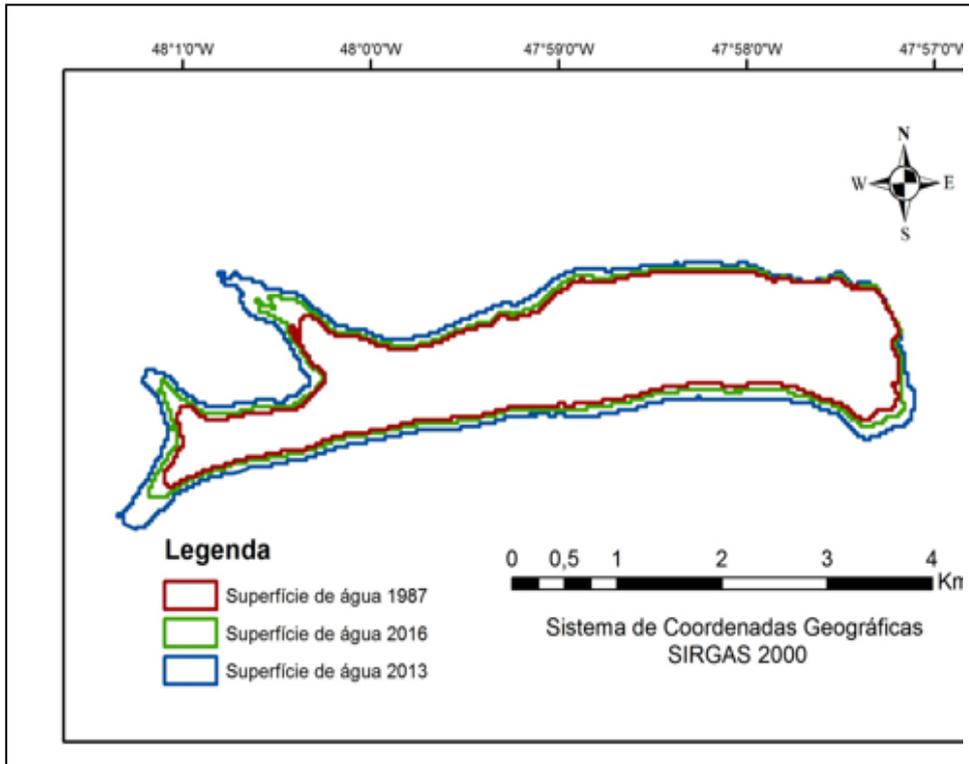


Figura 16: Variações verificadas nas áreas superficiais de água no RSM nos anos de 1987, 2014 e 2016.

Foi realizada uma correlação linear entre as variáveis volume do barramento e solo exposto, onde o coeficiente de determinação R apresentou o valor de 0,62 ou 62% e R^2 apresentou o valor de 0,39 ou 39%, sendo portanto, indicação de influência entre os dados, mostrando uma correlação linear entre a classe de uso solo exposto e a área superficial de água do RSM (Figura 23):

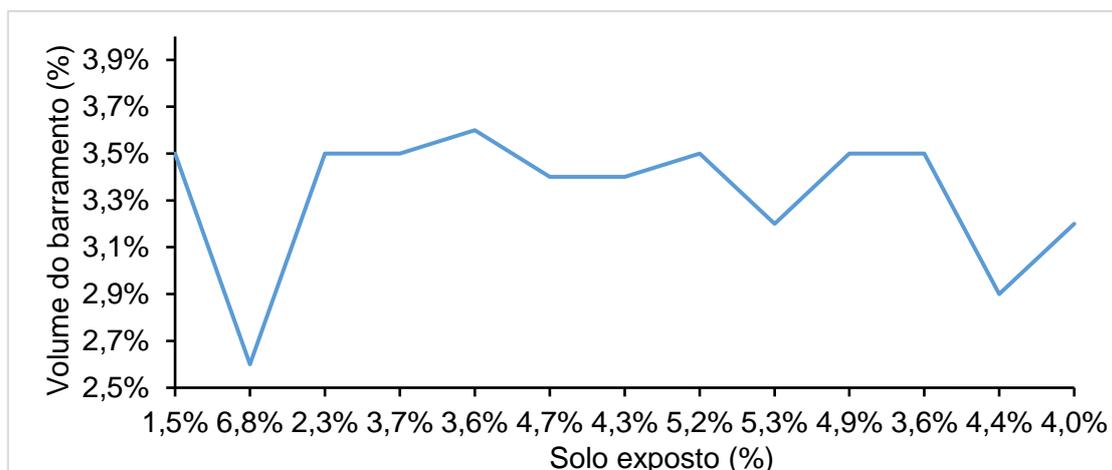


Figura 17: Gráfico de dispersão entre as variáveis do solo exposto e espelho de água do RSM.

De acordo com Poletto (2011), existe uma tendência dos mananciais próximos às áreas urbanas apresentarem maiores danos qualitativos e quantitativos em suas águas, uma vez que estão sujeitos a uma maior degradação ambiental associada ao carreamento de nutrientes e matéria orgânica advindos de solos desprotegidos, que têm seus processos erosivos intensificados, o que leva ao maior assoreamento, eutrofização e contaminação dos corpos hídricos, com acúmulo de sedimentos e diminuição da qualidade e disponibilidade das águas destinadas ao consumo.

Santos e Hernandez (2013) concluíram em estudo similar que áreas urbanas em associação a má conservação dos solos e redução das matas ciliares acarretam em diminuição na captação dos mananciais e na qualidade dos recursos hídricos. Interessante notar que, estando O PNB inalterado para os usos e ocupações das terras ao longo dos anos, espera-se que a qualidade das águas provenientes dessa microbacia se mantenha com bons índices.

Estudo de Souza et al. (2019) em uma série temporal de 1984 a 2007 verificaram a influência das modificações de uso e ocupação das terras em um manancial destinado à captação hídrica no Nordeste brasileiro (Piauí). Os autores observaram uma redução de cerca de 18% de área de Cerrado e mata ciliar e um conseqüente aumento de 13% de solo exposto ao longo da série temporal, porém analisando as vazões não obtiveram dados que correlacionassem às mudanças dos usos, pois a proporção do leito da bacia extensa amenizou os efeitos hidrológicos adversos, tal como observado no RSM.

Todavia, nem todas as origens dos cursos de água da área de estudo estão protegidas por cobertura vegetal, podendo estar sofrendo influencia por áreas ocupadas tanto para fins urbanos quanto para fins agrícolas. Conforme descrito por (VAEZA, 2012; VIEIRA et al., 2010) o solo desprotegido pode remeter a uma menor captação hídrica pelos lençóis freáticos, o que reverterá em menores níveis de água no reservatório, além disso, o solo exposto permite que volumes de sedimentos se depositem nas bacias e corpos hídrico que levam água aos reservatórios do Torto e de Santa Maria e mesmo nestes reservatórios, o que diminuiria suas vazões (Valle Júnior et al., 2011).

Caso esta tendência se mantenha, prováveis conseqüências negativas poderão se desenvolver, prejudicando a quantidade e qualidade das águas

captadas pelo Sistema Torto/Santa Maria, além de demais danos ambientais, como extinção de espécies da flora e fauna nativas, aumento das queimadas, diminuição da qualidade do solo, alterações negativas nos parâmetros de qualidade das águas, dentre outros. Neste sentido Borges e Rezende (2011) alertam sobre a importância das áreas destinadas a proteção ambiental, sejam estas as APP's que devem margear todos os cursos de água e ainda as áreas de reserva legal, que tem a função de preservar as espécies de flora e fauna nativas. A manutenção destas vegetações ainda serve de arcabouço indiscutível para a manutenção da vazão e qualidade dos cursos de água.

Os níveis de água dos reservatórios utilizados para abastecimento da população do DF estão diminuindo ao longo dos anos, o que contribuiu para a crise hídrica no Distrito Federal, particularmente a partir de 2015, quando foram registrados níveis críticos de água nos reservatórios (SILVA et al., 2019).

Os levantamentos de uso e ocupação das terras necessitam ser feitos de forma constante com a finalidade de monitoramento da sustentabilidade destes usos e ocupações (SILVA et al., 2015).

Os dados obtidos devem contribuir para os órgãos gestores dos recursos hídricos do Distrito Federal, já que ficou evidente que a redução na classe de vegetação nativa, que se correlaciona positivamente com o aumento de solo exposto na área de influência do Parque Nacional de Brasília (PNB).

Danos futuros às captações podem ser projetados em cenários de manutenção ou ampliação do solo exposto e de forma contrária, evitados, caso a vegetação nativa seja mantida, de forma que garanta máxima captação para o Sistema Torto/Santa Maria.

III.3 Qualidade da água

Os resultados dos atributos físicos, químicos e biológicos de qualidade da água ao longo da série história, com as médias, medianas e desvio padrão dos valores mensais de cada parâmetro individualizado, estão apresentados na tabela 5.

Tabela 6: Parâmetros de qualidade de água ao longo da série histórica (1991 a 2019).

Atributo	Média	Mediana	Desvio Padrão
Turbidez (UT)	1,63	1,7	0,83
Coliformes totais (NMP100 mL ⁻¹)	632,92	206,4	291,98
pH	6,29	6,9	2,05
Cloreto (mg L ⁻¹)	0,44	0,4	0,30
Ferro total (mg L ⁻¹)	0,15	0,128	0,11
Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹)	0,06	0,03	0,08
Cor aparente (UT)	6,89	6	5,12
DQO (mg L ⁻¹)	3,65	3,4	2,33
Carbono total (mg L ⁻¹)	4,1	3,906	1,11

A análise individualizada de cada atributo é apresentada a seguir:

Os coliformes totais apresentam valor muito superior ao disposto na legislação vigente (Resolução CONAMA nº 357/2005, Ministério do Meio Ambiente, 2005), porém tratam-se de amostras brutas, ou seja, estas ainda não passaram pelos tratamentos disponibilizados pela CAESB para serem distribuídas.

Os coliformes totais apresentaram uma média de 632,9209 NMP/100 ml e um desvio padrão de 291,982 para a série histórica, número significativamente superior ao preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que seria de até 200 (NMP 100 mL⁻¹). Abaixo na Figura 24 é possível observar a enorme variação apresentada por este parâmetro ao longo da série histórica, bem como valores altos frequentes:

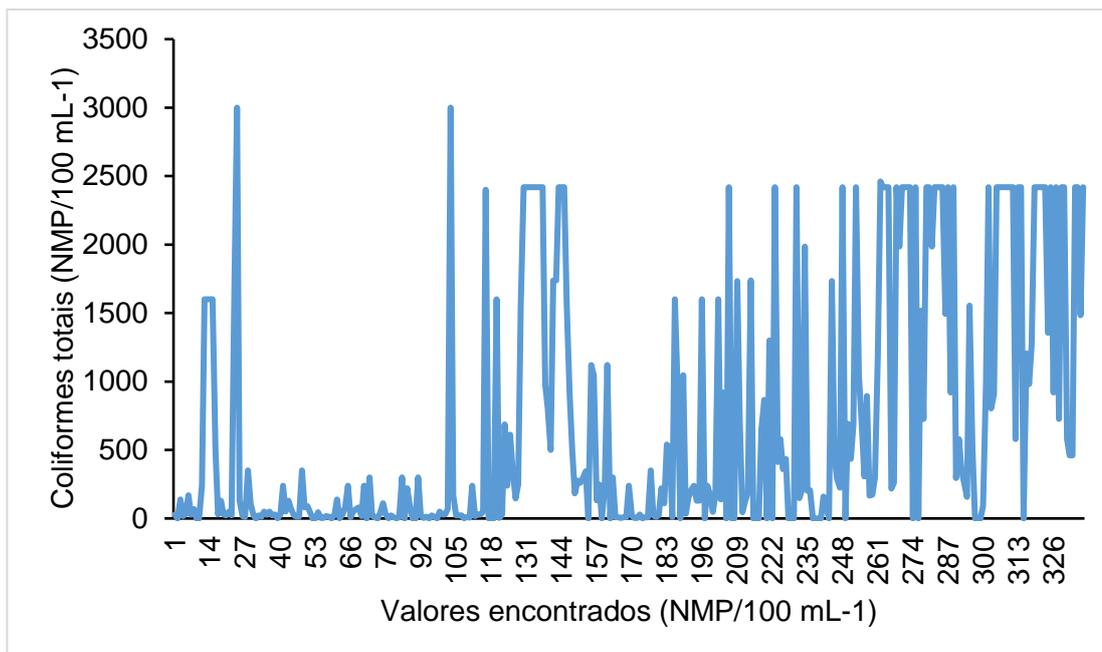


Figura 18: Parâmetro Coliformes totais da água do RSM.

Souza e Gastaldini (2014) avaliaram a influência da atividade antrópica como agente capaz de influenciar a qualidade da água. Analisaram bacias hidrográficas que apresentavam diferentes usos e ocupações de suas terras e concluíram que aquelas que possuíam maior percentual de urbanização e maior número de habitantes na sua área de influência apresentaram os maiores valores para coliformes totais, quando comparadas às bacias que não tinham interferência antrópica.

Andrade et al. (2007) acrescentam que existem outros fatores que interferem para o alto número de coliformes totais, sendo estes: componentes minerais e nutricionais presentes na própria estrutura da bacia e além disso as águas que advêm de escoamento superficial e enxurradas, e podem estar contaminadas com usos agrícolas e residenciais. O clima, então, seria fator relevante para a multiplicação dos coliformes, além do potencial de solubilidade dos sais (naturais), nutrientes e a possibilidade de transporte de sedimentos, que seriam advindos da ação antrópica. Todas as situações descritas explicam porque o número de coliformes totais no RSM se mantém predominantemente alto, uma vez que em sua área de influência foi visualizada atividade antrópica, abandono de materiais poluidores e ainda atividade agrícola e que estes ainda podem ser provenientes naturalmente do próprio meio natural.

A cor aparente apresentou uma média na série histórica de 6,89 UH, porém houve uma variação significativa em cada mês/amostra analisada, com desvio padrão de 5,13. Provavelmente essa variação decorre do maior aporte de sedimentos e outros materiais que são carregados em meses de altas precipitações pluviométricas (SOUZA e LIBÂNIO, 2009), fato este corroborado pela presença de solo exposto nos arredores da micro-bacia estudada, que pode desprender partículas sólidas pelos impactos das gotas de chuva e carregamento posterior até os cursos e corpos de água da área avaliada.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente, (2005) a cor deve apresentar até 75 UH (Unidade Hazen), para estar dentro dos padrões aceitáveis de distribuição, deste modo este parâmetro manteve-se abaixo do limite tolerado (Figura 25).

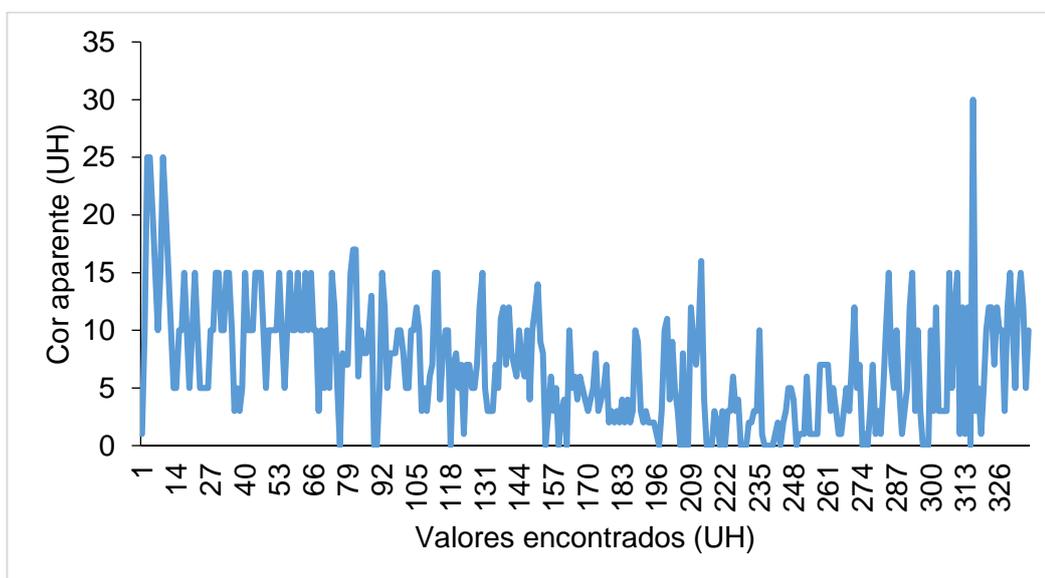


Figura 19: Parâmetro Cor aparente da água do RSM.

A turbidez apresentou comportamento similar à cor aparente, com média de 1,63 UT, desvio padrão de 0,83, ou seja, apresentou considerável variação ao longo dos meses e anos da série histórica. A Resolução CONAMA nº 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente (2005) estabelece a turbidez máxima de 40 UT (Unidade de Turbidez), de modo que os valores encontrados em média estão abaixo deste valor limite (Figura 26).

Os meses que apresentaram valores maiores e discrepantes para a cor também repetiam para a turbidez, uma vez que esses parâmetros são influenciados pela presença de partículas sólidas (suspensas) na água e

normalmente estão associadas a entradas de materiais não pertencentes originariamente à bacia. Ambos também podem ser modificados pela atividade antrópica, uma vez que esta associa-se a maior quantidade de solo exposto e, portanto, partículas e compostos são carregados pelo escoamento das precipitações de chuvas e erosões hídricas (DONADIO et al., 2005).

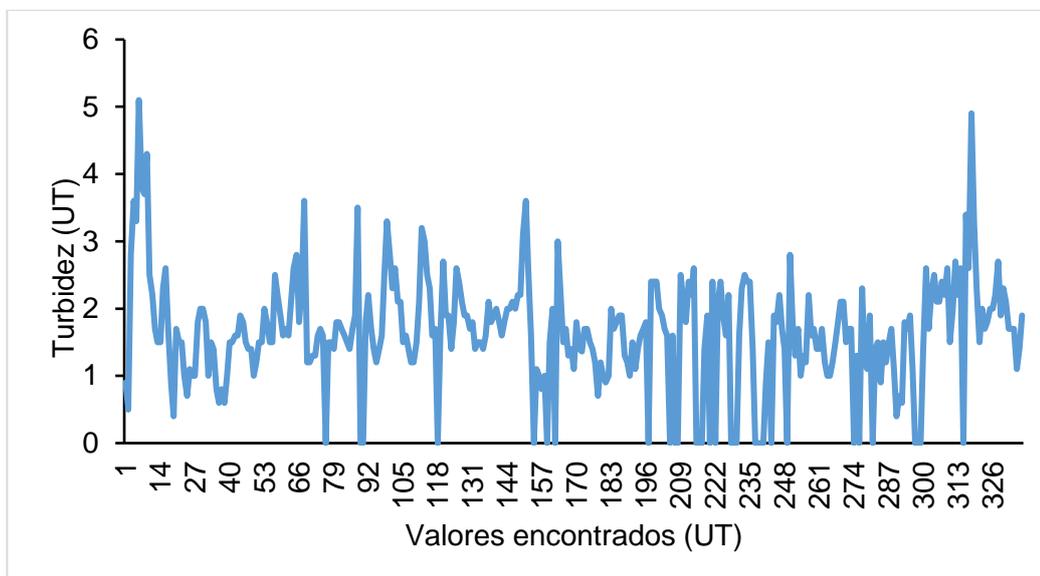


Figura 20: Parâmetro Turbidez do RSM.

O parâmetro pH apresentou média de 6,29, desvio padrão de 2,05 durante toda a série histórica. Mais de 90% dos números demonstrados para estes parâmetros estiveram dentro do que é preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente (2005) que estabelece um valor entre 6 para LIP (Limite Inferior Permitido) a 9 LSP (Limite Superior Permitido) pontos. A Figura 27 demonstra o parâmetro PH na série histórica analisada:

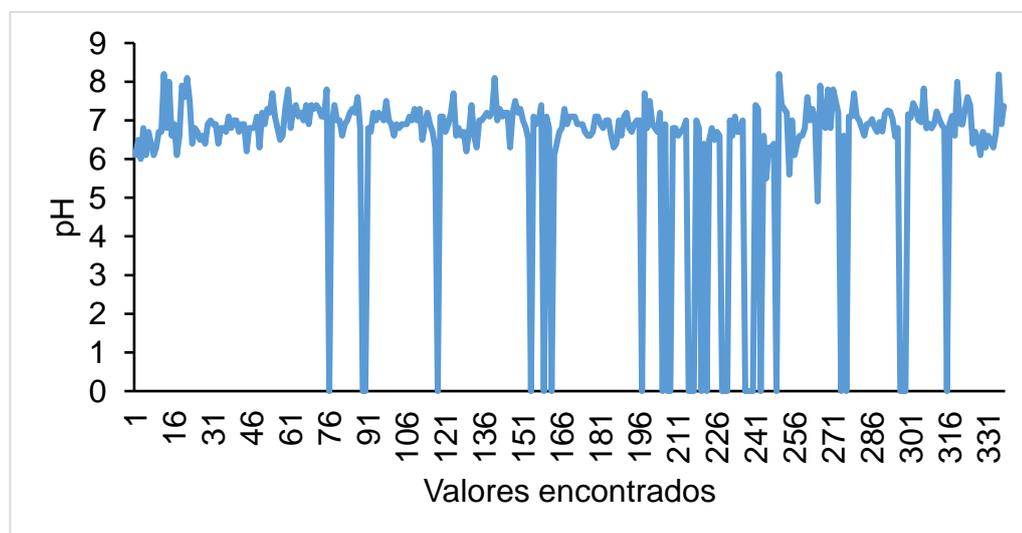


Figura 21: Parâmetro pH para o RSM.

Para Pereira et al. (2013), o parâmetro pH reflete as condições hidrológicas naturais do ambiente de origem, sendo que podem ser encontrados desde ligeiramente ácidos (4 a 5) até medianamente alcalinos (9,0), o que pode indicar preservação das características na bacia e baixa interferência antrópica, quando os valores são mantidos ao longo de uma série histórica.

Os valores médios de ferro foram $0,15 \text{ mg/L}^{-1}$ e o preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente (2005) é um valor de até $0,3 \text{ mg/L}^{-1}$ o que mantém a amostra dentro dos padrões aceitáveis. Embora os percentuais médios de ferro tenham se mantido abaixo do VMP ao longo da série histórica em muitos meses foram encontrados valores superiores ao máximo preconizado pela legislação, conforme demonstrado na Figura 28:

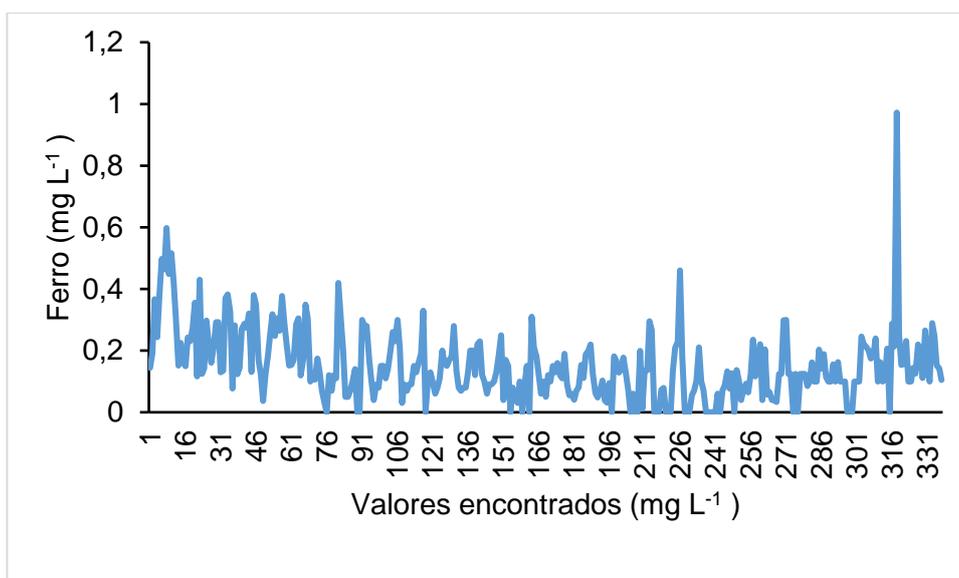


Figura 22: Parâmetro Ferro para o RSM.

De acordo com Strieder et al. (2006) que analisaram seis diferentes bacias e níveis de contaminações existe uma correlação onde maiores valores de ferro estão associados a contaminação urbana em bacias hidrográficas, ou seja, pode estar havendo interferência antrópica, como ocorre no reservatório de Santa Maria. Segundo Poletto (2011) altos índices de ferro, podem ainda, estar relacionados ao carreamento de resíduos sólidos, provenientes de solo exposto e contaminantes advindos da atividade agrícola.

Siqueira et al. (2012) lembram que o teor de ferro está intimamente relacionado ao material de origem da bacia hidrográfica, originando de liberação dos solos e rochas, sendo que solos argilosos tendem a desprender maior percentual de ferro.

O nitrogênio amoniacal, para a Resolução CONAMA nº 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente (2005) deve apresentar o Valor Permissível Máximo (VPM) na forma de amônia (NH_3) em 20 mg/L^{-1} para a água considerada potável. O valor encontrado na série histórica foi de $0,058 \text{ mg/L}^{-1}$, com pequena variação ao longo de toda a análise. Os dados são dispostos na Figura 29:

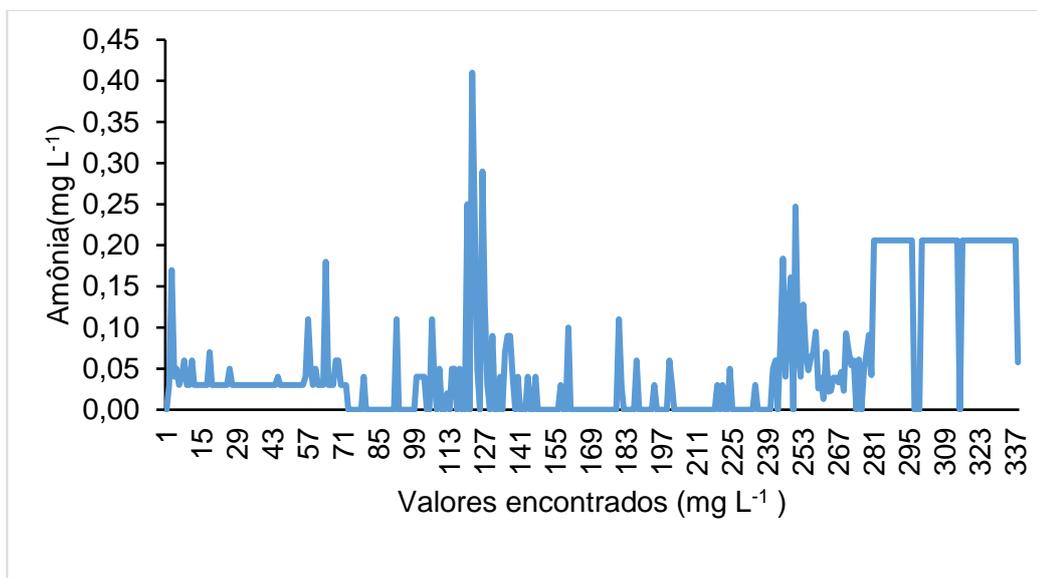


Figura 23: Parâmetro Nitrogênio Amoniacal para o RSM.

Em nenhum momento os valores atingiram o VPM de amônia. Reis e Mendonça (2009) afirmam que os teores máximos de nitrogênio amoniacal devem estar diretamente correlacionados com a faixa de pH em cada ambiente, desde modo, os teores se mantiveram em níveis aceitáveis.

Altos teores de nitrogênio amoniacal podem ser verificados em áreas próximas às atividades agrícolas, onde pode indicar uma contaminação mais acentuada, a não ocorrência de níveis altos de NH_3 pode indicar que a interferência e contaminação agrícola nesta bacia ainda se mantêm em baixos níveis (Cabral, 2007).

O cloreto apresentou média de $0,45 \text{ mg/L}^{-1}$, sendo o valor preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente (2005), é de $0,25 \text{ mg L}^{-1}$, assim, a série histórica está acima do indicado para águas

brutas, assim como o valor da mediana ($0,4 \text{ mg L}^{-1}$). A figura 30 demonstra a situação encontrada para este parâmetro:

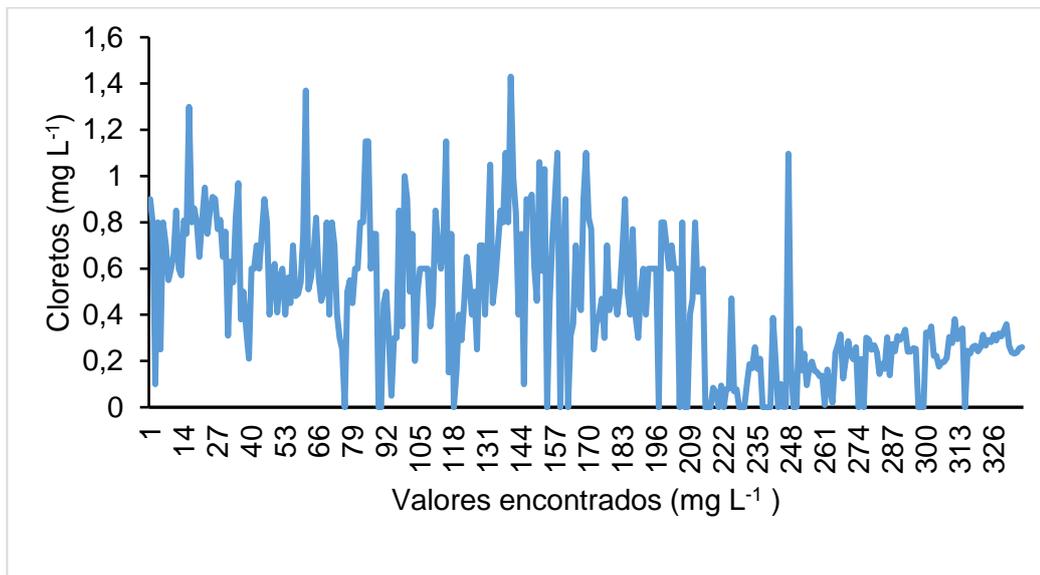


Figura 24: Parâmetro Cloreto para o RSM.

O cloreto em muitos períodos atingiu valores muito acima dos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente (2005), que regula o consumo de água bruta, principalmente na primeira metade da série histórica.

Altos valores de cloreto estão associados a contaminação por despejo de esgotos (SANTOS et al., 2014), o que foi verificado mediante visita *in loco* na área de influência do sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria. Os valores têm uma tendência de redução, sendo possível que medidas estejam sendo tomadas para conter contaminações ao longo da microbacia hidrográfica. É importante destacar que altos valores de cloreto podem, ainda, estar associados a contaminação por águas utilizadas na irrigação agrícola (RIBEIRO et al. 2007).

A DQO (Demanda Química de Oxigênio) fornece o percentual de oxigênio dissolvido ou que pode se dissolver na amostra de água. De acordo com Piasentin (2009) apresenta consequentemente a possibilidade de assimilação de gases nocivos, como os carbônicos ou nitrogenados. A Resolução CONAMA nº 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente (2005), não estabelece valor máximo, mas valores maiores indicam aumento da qualidade final da água, sendo que a DQO média apresentou o valor de $3,65 \text{ mg/L}^{-1}$. Este parâmetro é

relevante para se observar a capacidade de consumo de matéria orgânica presente no corpo hídrico, pois este se relaciona com a capacidade de oxigenação da água, sendo que águas poluídas apresentam baixos índices de DQO (AQUINO et al. 2006). Quanto mais altos os valores de DQO encontrados melhores serão os IQA (Índices de Qualidade de Água). Os valores encontrados são apresentados na Figura 31.

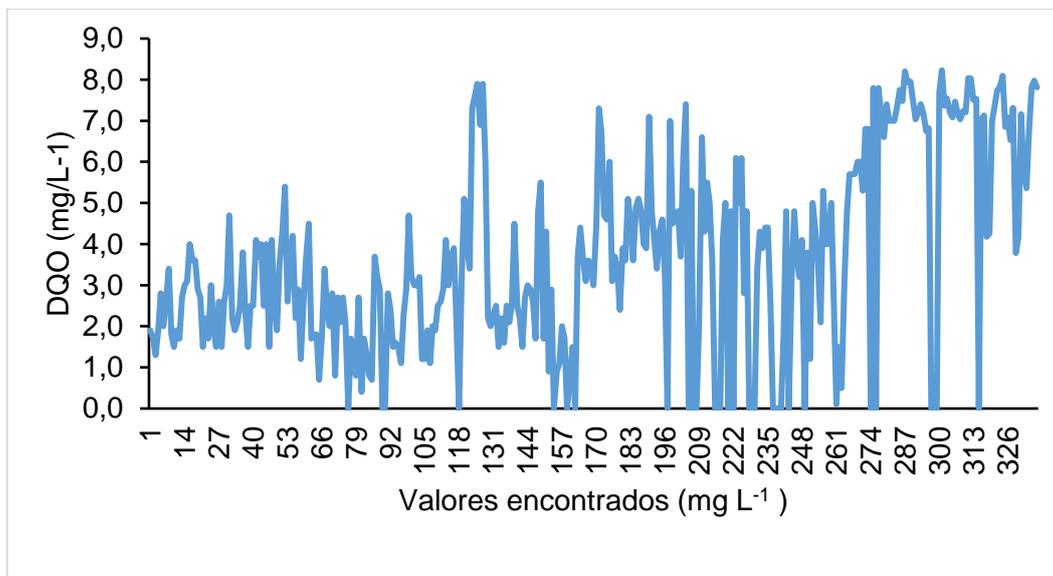


Figura 25: Parâmetro DQO para o RSM.

O último parâmetro, incorporado pela CAESB em 2013, para análise do Índice de Qualidade de Água (IQA) em substituição ao DQO é o carbono total. Maiores valores de carbono total indicam maiores percentuais de matéria orgânica na água (ZERWES et al.,2015).

Este parâmetro, como a DQO, não possui um valor limite, contudo, quanto maiores os seus valores, menores são os índices de qualidade da água, uma vez que a matéria orgânica indica a presença de contaminantes, como esgotos e destinações de insumos agrícolas às bacias hidrográficas LIBÂNIO et al. (2000). Os dados encontrados para este parâmetro a partir de novembro de 2012 são apresentados na Figura 32.

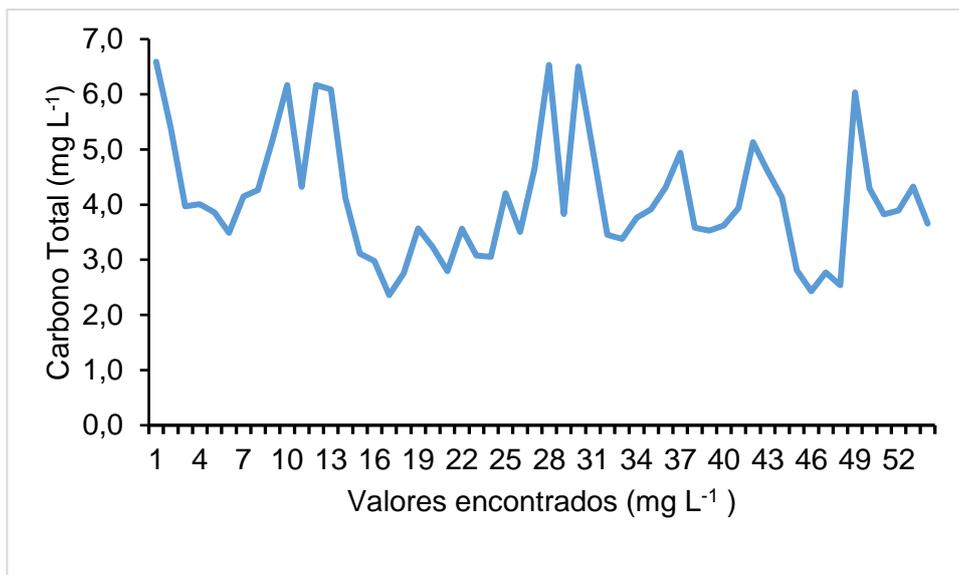


Figura 26: Parâmetro carbono total para o RSM.

A média foi de 4,1 mg L⁻¹, enquanto a mediana foi de 3,9 mg L⁻¹. De acordo com Oliveira et al. (2016), maiores valores de carbono total geralmente são detectados em águas superficiais ou que apresentem sistema de drenagem ruim, pois são provenientes de acúmulos de matéria orgânica. Souza e Libânio (2009) lembram que em muitas localidades, o carbono total não é usado para obter o IQA, pois pode ser pouco efetivo para esta destinação.

Os resultados obtidos para os parâmetros de qualidade de água bruta, em desconformidade à legislação regulatória, são similares aos obtidos por Saad et al. (2007), onde comprovaram que a maior interferência urbana em áreas nas proximidades de mananciais, pode comprometer a qualidade inicial da água em sua captação de origem, necessitando de tratamentos adicionais para ser disponibilizada ao consumo humano.

III.3.1 Correlação da turbidez com o uso e ocupação das terras

Após o levantamento dos parâmetros de qualidade da Água foi proposta uma correlação para se avaliar se a maior ocupação das terras, ou seja, o aumento ou diminuição do solo exposto traria alguma modificação na qualidade da água do Sistema Torto/Santa Maria.

As médias de turbidez foram agrupadas em triênios, tal como feito para a avaliação do uso e ocupação das terras, de modo que o primeiro valor analisado iniciou no mês de setembro e o último no mês de agosto do último ano.

Os dados utilizados são dispostos abaixo na Tabela 6.

Tabela 7: Valores obtidos para solo exposto e turbidez média nos triênios analisados.

Ano/triênio	Solo Exposto	Turbidez (uT)
1990	2,30%	1,4
1993	3,70%	1,28
1996	3,60%	1,65
1999	4,70%	2,12
2001	4,30%	1,82
2004	5,20%	1,41
2007	5,30%	1,41
2010	4,90%	1,24
2013	3,60%	1,32
2016	4,40%	2,2

À medida que houve aumento do solo exposto, houve aumento dos valores médios de turbidez, conforme demonstrado na Figura 33.

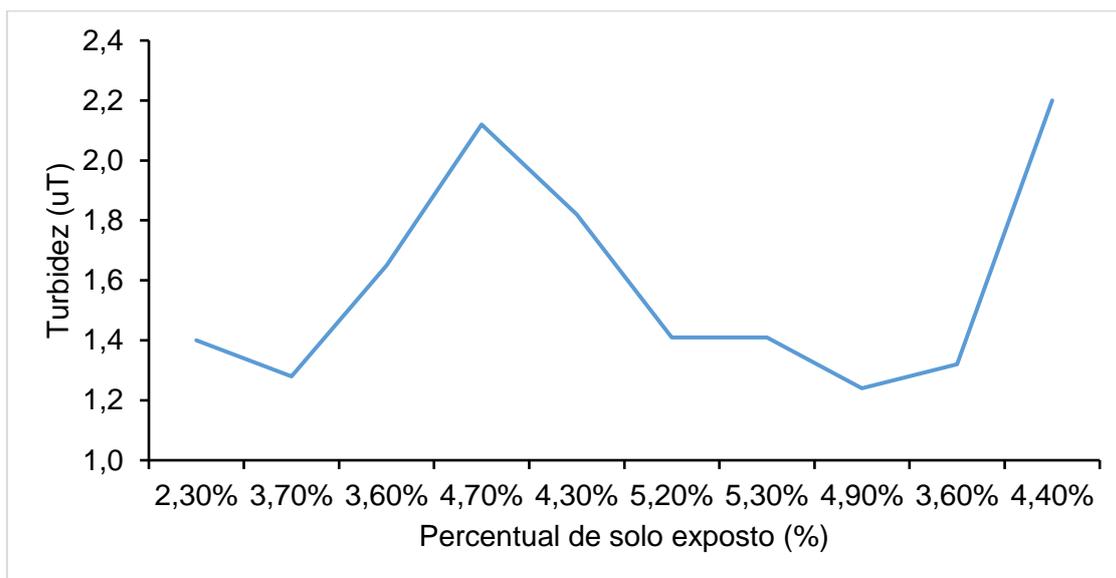


Figura 27: Correlação da turbidez e solo exposto na área de influência do RSM.

Os valores de R (0,11 ou 11% e R^2 (0,012 ou 1%) demonstram que na a correlação entre os parâmetros foi muito pequena, o que pode ser explicado pelo número pequeno de amostras:

De acordo com Fernandes et al. (2011) o percentual de solo exposto aumenta os valores do parâmetro de qualidade de água turbidez, todavia, para que este aumento seja significativo o percentual de solo exposto deve ser alto e de forma a impactar o corpo hídrico e isso não acontece no RSM.

A manutenção do solo exposto pode gerar maior vulnerabilidade desta área, pois propicia um maior carreamento de partículas sólidas para os cursos e corpos d'água. Essa vulnerabilidade está associada ao aumento da erosão superficial que culminará com a maior turbidez das águas (BERTOL et al., 2007). Essa erosão pode gerar ao longo do tempo um maior assoreamento no corpo de água, e por isso deve-se evitar a exposição dos solos, promovendo o aumento da revegetação nos arredores deste e de qualquer outro corpo hídrico do DF (Ferreira et al., 2018).

III.3.2 Relação da precipitação pluviométrica e parâmetros do Índice de Qualidade de Água (IQA) na captação do RSM

Os valores anuais médios dos parâmetros, bem como da precipitação anual (para cada ano de julho a junho), são apresentados na Tabela 7.

Tabela 8: valores de precipitação anual e parâmetros de qualidade de água no período de 1991 a 2019.

Ano (jul/jun)	Soma da Precipitação (mm)	Turbidez (UT)	Coliformes totais (NMP/100 mL ⁻¹)	pH	Nitrogênio amoniacoal (mg L ⁻¹)	Ferro total (mg L ⁻¹)	Cloreto (mg L ⁻¹)	Cor aparente (UT)	DQO (mg L ⁻¹)
1991/1992	1396,1	3,05	69,00	6,37	0,05	0,38	0,61	16,60	2,10
1992/1993	1419,3	1,62	618,83	7,25	0,03	0,25	0,81	10,00	2,74
1993/1994	1281,1	1,35	493,27	6,69	0,03	0,23	0,72	10,00	2,40
1994/1995	1096,4	1,27	57,34	6,81	0,03	0,25	0,61	9,67	2,90
1995/1996	925,3	1,62	55,25	6,96	0,04	0,22	0,52	10,00	3,19
1996/1997	1770,1	2,03	67,64	7,24	0,05	0,2	0,66	10,25	2,42
1997/1998	1187,3	1,56	78,50	7,14	0,03	0,15	0,54	10,73	1,70
1998/1999	910,1	1,88	95,10	7,08	0,11	0,16	0,65	9,20	2,09
1999/2000	1286,4	2,09	343,30	6,98	0,05	0,15	0,57	8,67	2,43
2000/2001	1048,9	1,98	255,36	6,93	0,04	0,14	0,63	7,82	2,71
2001/2002	1096,7	1,99	716,53	6,86	0,19	0,14	0,45	7,17	5,28
2002/2003	1126,2	1,70	1890,95	7,11	0,06	0,14	0,86	6,91	2,32
2003/2004	1358,1	2,28	1052,84	7,03	0,04	0,12	0,70	8,73	3,00
2004/2005	1139,3	1,44	383,36	6,83	0,06	0,13	0,65	4,90	2,28
2005/2006	1451	1,38	59,13	6,90	0,00	0,11	0,58	4,67	4,50
2006/2007	1433,2	1,41	419,54	6,82	0,07	0,11	0,53	3,92	4,42
2007/2008	1143,6	1,84	426,18	7,03	0,04	0,11	0,64	4,45	4,46
2008/2009	1355,7	2,06	889,83	6,83	0,00	0,14	0,59	8,20	5,09
2009/2010	1315,5	1,96	940,78	6,68	0,04	0,17	0,13	3,29	4,84
2010/2011	1070,15	2,10	861,97	6,85	0,03	0,10	0,18	3,50	3,83
2011/2012	1687,75	1,77	757,97	6,75	0,12	0,10	0,25	2,87	3,67
2012/2013	1330,1	1,52	901,26	6,80	0,06	0,12	0,16	3,58	3,22
2013/2014	1184,6	1,53	1973,79	7,08	0,04	0,12	0,20	4,73	5,13
2014/2015	977,5	1,43	2060,10	6,99	0,14	0,13	0,23	5,28	7,30
2015/2016	727,4	1,25	947,25	6,93	0,21	0,12	0,28	6,70	7,39
2016/2017	1095	2,12	1792,29	7,11	0,21	0,17	0,25	7,64	7,39
2017/2018	1170,4	2,68	1906,10	7,06	0,21	0,26	0,29	8,36	6,89
2018/2019	1740,3	1,98	1585,30	6,65	0,21	0,17	0,29	10,25	6,39

A tendência diante o exposto é que tais parâmetros (e contaminantes) não estejam sendo despejados via água das chuvas uma vez que existe uma área de preservação do corpo hídrico provida pelo Parque Nacional de Brasília e os percentuais de solo exposto neste parque ainda se mantém baixos, uma vez que mais de 80% da área ainda é composta por vegetação nativa.

De acordo com Silva et al. (2008) o maior influenciador da qualidade das águas de um manancial é o uso dos solos. Entretanto, quando analisados os parâmetros de qualidade da água, estes também encontraram pouca interferência com o maior ou menor volume de precipitação, sendo a correlação para turbidez negativa e havendo uma pequena correlação apenas para os parâmetros DQO e pH.

Lemos et al. (2010) em trabalho similar avaliaram a influência do volume de chuvas em parâmetros físico-químicos de qualidade de água. Observaram diferenças significativas para os períodos de maiores precipitações e os valores encontrados para pH e cloreto, contudo o manancial analisado sofre grande influência antrópica e esse fato deve ser levado em consideração para predizer tais correlações positivas.

Outro estudo, de Oliveira e Cunha (2014) em bacia hidrográfica que apresenta alta interferência antrópica conclui relação direta com o volume de precipitação pluviométrica e parâmetros de qualidade analisados. De acordo com os autores os parâmetros cor, turbidez e coliformes totais apresentaram significativa correlação com a precipitação média mensal. Eles ainda verificaram que altas concentrações de DBO e coliformes Totais indicaram maior vulnerabilidade ou risco do corpo d'água estar relacionado com doenças potenciais de veiculação no referido corpo de água e principalmente nos períodos mais chuvosos.

Deste modo, pode-se afirmar que os usos e ocupações das terras na área de influência do Sistema Torto Santa Maria, e ainda, a presença do Parque Nacional de Brasília (PNB) contribuem positivamente para a manutenção da qualidade da água captada nesta localidade e que a influência antrópica, embora existente, ainda se mantém com baixo impacto direto nos parâmetros da qualidade da água bruta.

IV. Conclusões

1. Verificou-se que a diminuição de água nos corpos hídricos da microbacia do Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria, é influenciada pela sazonalidade quadri-anual do regime de precipitação pluviométrica do Distrito Federal;
2. A crise hídrica de 2017 no Distrito Federal resultou de um período anterior com baixas precipitações pluviométricas associado ao aumento da demanda por água da população do Distrito Federal;
3. Durante a crise hídrica de 2017, o Sistema de abastecimento de água Torto/Santa Maria foi pouco afetado pelos usos e ocupações das terras e atividades antrópicas em função da proteção ambiental do Parque Nacional de Brasília;
4. A preservação ambiental da microbacia estudada, incluindo o Reservatório de Santa Maria, auxilia no abastecimento de água para a população do DF ao longo das estações secas;
5. Os parâmetros de qualidade da água do sistema de abastecimento estudado não mostraram influências negativas importantes da atividade antrópica;
6. A sazonalidade do regime de precipitação pluviométrica no DF, indica que outras crises hídricas podem ocorrer no futuro próximo. As medidas de proteção ambiental e conservação dos solos e da água nas microbacias dos sistemas de abastecimento são essenciais para a disponibilização de água nas estações secas para o abastecimento da população do Distrito Federal.

V. Referências Bibliográficas

ADASA – AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/abastecimento-de-agua-e-esgoto/fiscalizacao/sistema-de-abastecimento-de-agua>. Visto em: 13/12/2019.

ALVEZ, M.J.RF.; MELO, V.F.; REISSMANN, C.B.; KASEKER, J.F. Reserva mineral de Potássio em latossolo cultivado com *Pinus taeda* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1599-1610, 2013.

ALMEIDA, M.A.B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação Sazonal da Qualidade das Águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com Aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n.1, p. 81–97, 2003.

AQUINO, P.P.U.; SCHNEIDER, M.; SILVA, M.J.M.; FONSECA, C.P.; ARAKAWA, H.B.; CAVALCANTI, D.R. Ictiofauna dos córregos do Parque Nacional de Brasília, bacia do Alto Rio Paraná, Distrito Federal, Brasil Central. **Revista Biota Neotrópica**, v. 9, n. 1, 2009.

AQUINO, S.F.; SILVA, S.Q.; CHERNICHARO, C.A.L. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.4, 2006.

ANDRADE, E.M.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; GOMES, R.B.; LOBATO, F.A.O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, v.37, n.6, 2007.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.5, 2007.

BARRETO, L.V.; FRAGA, M.S.; BARROS, F.M.; ROCHA, F.A.; AMORIM, J.S.; CARVALHO, S.R.; BONOMO, P.; SILVA, D.P. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 118-129, 2014.

BECERRA, J.A.B.; SHIMABUKURO, Y.E.; ALVALÁ, R.C.S. Relação do padrão sazonal da vegetação com a precipitação na região de cerrado da Amazônia Legal, usando índices espectrais de vegetação. **Revista brasileira de meteorologia**, v.24, n.2, 2009.

BERTOL, O.J.; RIZZI, N.E.; BERTOL, I.; ROLOFF, G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.4, 2007.

BORGES, L.A.C.; REZENDE, J.L.P. Áreas Protegidas no Interior de Propriedades Rurais: A Questão das APP e RL. **Floresta e Ambiente**, n. 18, v.2, p.210-222, 2011.

BUCCI, M.H.S.; OLIVEIRA, L.F.C. Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente & Água**, v. 9 n. 1, p.130-148, 2014.

CABRAL, N.M.T. Teores de nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺) nas águas do aquífero Barreiras nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal – Belém/PA. **Química Nova**, v.30, n.8, 2007.

CADAMURO, A.L.M.; CAMPOS, J.E.G. Recarga artificial de aquíferos fraturados no Distrito Federal: uma ferramenta para a gestão dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.35, n.1. p. 89-98, 2005.

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Relatório Anual da Qualidade da Água. Disponível em: aesb.df.gov.br/relatorio-qualidade-agua.html. Visto em: 26/02/2020. a

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br>. Visto em: 23/09/2019. b

CÂMARA DOS DEPUTADOS - EI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012 - Código Florestal (2012). Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-norma-pl.html>. Visto em: 26/02/2020.

CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v.30, n.2, 2006.

COLLISCHONN, W. TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T.; DIAS, P.L.S.; OLIVEIRA, G.S. Previsão Sazonal de Vazão na Bacia do Rio Uruguai 2: Previsão Climática-Hidrológica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.10, n.4, p. 61-72, 2005.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Índices de Qualidade das Águas, Critérios de Avaliação da Qualidade dos**

Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes: Apêndice B, Série Relatórios. 2008.

CHAVES, A.A.A.; LACERDA, M.P.C.; GOEDERT, W.J.; RAMOS, M.LG.; KATO, E. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 446-454, 2012.

CODEPLAN – COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. Base cartográfica. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/>. Visto em: 26/02/2020.

COELHO, V.H.R.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ALMEIDA, C.N.; LIMA, E.R.V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G.S.S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.1, p.64-72, 2014.

CORINGA, E.A.O.; COUTO, E.G.; PEREZ, X.L.O.; TORRADO, P.V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. **Revista Acta Amazônica**, v. 42, n.1, p.19 - 28, 2012.

COSTA, A.R. **Ocupação territorial na Bacia do Ribeirão do Torto, Brasília, Distrito Federal: Análise dos impactos ambientais e suas consequências para a comunidade local.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Geografia. 2014.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

EMBRAPA [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária]. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal.** Rio de Janeiro, RJ: EmbrapaSNLCS, 1978.

EMBRAPA [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária]. **Mapa pedológico digital – SIG atualizado do Distrito Federal, escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo.** Junho de 2004. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/26344/1/doc_120.pdf. Visto em: 13/01/2020.

EMBRAPA [Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária] TERRITORIAL. **Satélite Landsat.** Disponível em: https://www.cnpem.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html. Visto em: 29/02/2020.

ENVI (SULSOFT). **Funcionalidades.** Disponível em: <http://www.envi.com.br/envi.php>. Visto em: 29/02/2020.

ESQUERDO, J.C.D.M.; ANTUNES, J.F.G.; COUTINHO, A.C.; SANTOS, J.L.; BERTOLO, L.S. Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra em municípios da bacia do Alto Paraguai (BAP) a partir do Geoportal TerraClass. **RA'E GA: O ESPAÇO GEOGRÁFICO EM ANÁLISE**, v.46, n. 3, p. 63 -74, 2019.

ESRI ARCGIS. **Criar mapas.** Disponível em: <https://www.esri.com/pt-br/arcgis/products/arcgis-online/capabilities/make-maps>. Visto em: 29/02/2020.

FERNANDES, M.M.; CEDDIA, M.B.; RAMOS, G.M.; GASPAR, A.; MOURA, M.R. Influência do uso do solo na qualidade de água da microbacia Glória, Macaé – RJ. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 8, n. 2, p. 105-116, 2011.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, E.M.; ANDRAUS, M.P.; TSAI, H.M.; CARDOSO, A.A.; LEANDRO, W.M. Área de preservação permanente em processo de revegetação com espécies arbóreas e adubos verdes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.2, 2018.

FREITAS, E.M.; BOLDRINI, I.I.; MULLER, S.C.; VERDUM, R. Florística e fitossociologia da vegetação de um campo sujeito à arenização no sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v.23, n.2, 2009.

FREITAS-SILVA, S.H. DARDENNE, M.A. **Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o grupo Canastra no Oeste de Minas Gerais e leste de Goiás.** In: Simp. Geologia do Centro-Oeste. Brasília, Anais.Brasília, SBG-DF/GO.p. 164/165. 1998.

GARDI, C.; ANGELINI, M.; BARCELÓ, S.; COMERMA, J.; CRUZ GAISTARDO, C.; ENCINA ROJAS, A.; JONES, A.; KRASILNIKOV, P., MENDONÇA-SANTOS, M.L.; MONTANARELLA, L.; MUNIZ UGARTE, O.; SCHAD, P.; VARA RODRIGUEZ, M.I.; VARGAS, R.; RAVINA DA SILVA, M. (Eds), 2015. **Atlas de solos da América Latina e do Caribe**. Comissão Europeia – Serviço de Publicações da União Europeia, L- 2995 Luxembourg, p. 176, 2015.

GRISE, M.M.; BIONDI, D. Análise da estrutura da paisagem do Parque Nacional do Superagui – PR e sua zona de amortecimento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 23-33, 2012.

HOROWITZ, C.; MARTINS, C.R.; WALTER, B.M.T. Flora Exótica no Parque Nacional de Brasília: Levantamento e Classificação das Espécies, v.3, n.2, p.50-73, 2013.

IBGE _ INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23/02/2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais em 2012**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2012. (Resumo executivo).

JOHANN, J.A.; ROCHA, J.V.; DUFT, D.G.; LAMPARELLI, R.A.C. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, 2012.

KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; TORRADO, P.V. **Pedologia – Fundamentos**. Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 1ª edição, 2012.

LE MOS, M.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N.S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, 2010.

LIBÂNIO, M. LIBÂNIO, P.A.C.; COSTA, B.M.P. von SPEARLING, E. Avaliação da relevância do carbono orgânico total como parâmetro de caracterização de águas de abastecimento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.4, p. 41-55, 2000.

LIMA, C.A.N. **Avaliação da influência da ocupação do entorno do Parque Nacional de Brasília na qualidade e na disponibilidade da água bruta do Sistema de Abastecimento Público Torto/Santa Maria.** Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Brasília. 2004.

MAEDA, E.E.; FORMAGGIO, A.R.; SHIMABUKURO, Y.E. Análise histórica das transformações da Floresta Amazônica em áreas agrícolas na Bacia do Rio Suia-Miçu. **Sociedade & Natureza**, v.20, n.1, 2008.

MAIA, P.D.; BOAVENTURA, G.R.; PIRES, A.C.B. Distribuição espacial de elementos traço em sedimentos do Lago Paranoá – DF – Brasil. **Revista Geochimica Brasiliensis**, v. 20, n.2, p.158-174, 2006.

MENEZES, J.P.C.; BITTENCOURT, R.P.; FARIAS, M.S.; BELLO, I.P.; FIA, R.; OLIVEIRA, R.L.C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.3, 2016.

MORAIS, M.S.; GONTIJO, B.M.; PIUZANA, D. Análise temporal do uso e ocupação do terreno do Parque Estadual do Biribiri e de sua Zona de Amortecimento, município de Diamantina, Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, v.26, n.46, 2016.

MOREIRA, T.R.; SANTOS, A.R.; DALFI, R.L.; CAMPOS, R.F.; SANTOS, G.M.A.D.A.; EUGENIO, F.C. Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. **Revista Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, 2015.

MOURA, L.H.A.; BOAVENTURA, G.R.; PINELLI, M.P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama - Distrito Federal. **Revista Química Nova**, v.33, n.1, São Paulo, 2010.

MUNHOZ, C.B.R.; FELFILI, J.M. Florística do estrato herbáceo-subarbustivo de um campo limpo úmido em Brasília, Brasil. **Biota Neotrópica**, v.7, n.3, 2007.

NASCIMENTO, P.C.; LANI, J.L.; MENDONÇA, E.S.; ZOFFOLI, H.J.O.; PEIXOTO, H.T.M. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, 2010.

NOVAES PINTO, M. Superfícies de aplainamento do Distrito Federal. **Revista brasileira de Geografia**, v.49, p.9-26, 1987.

NOVAES PINTO, M. **Caracterização geomorfológica do Distrito Federal**. In: **M. Novaes Pinto (org). Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília, editora UnB, 2ª edição, p.285-320, 1994.

OLIVEIRA, B.O.S.; TUCCI, C.A.F.; NEVES JÚNIOR, A.F.; SANTOS, A.A. Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.3. 2016.

OLIVEIRA, B.S.S., CUNHA, A.C. Correlação entre a qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente & Água**, v.09, n.2, 2014.

PAPA, R.A.; LACERDA, M.P.C.; CAMPOS, P.M.; GOEDERT, W.J.; RAMOS, M.L.G.; KATO, E. Qualidade de latossolos vermelhos e vermelho-amarelos sob vegetação nativa de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, n.4, 2011.

PEREIRA, A.R.; SANTOS, A.A.; SILVA, W.T.P.; FROZZI, J.C.; PEIXOTO, K.L.G. Avaliação da qualidade da água superficial na área de influência de um lixão. **Revista Ambiente & Água**, v.8, n.3, 2013.

PIASENTIN, A.M.; SEMENSATTO JUNIOR, D.L.; SAAD, A.R.; MONTEIRO JUNIOR, A.J.; RACZKSA, M.R. Índice de Qualidade de Água – IQA – no município de Tanque Grande – SP: análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. *Revista Geociências*, v. 28, n. 3, p. 305-317, 2009.

PINHEIRO, A.; CHOEN, C.; SHULTZ, J.; HEINZ, K.G.H.; PINHEIRO, I.G.; DESCHAMPS, F.C. Relação Entre o uso do solo e a qualidade da água em bacia hidrográfica rural no bioma Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.19, n.3, p.127-139, 2014.

PIZZATO, J.A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R.C.; MODOLO, A.J.; CREMON, C.; MOREIRA, P.S.P. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, 2012.

POLETO, C. Alterações morfológicas em um canal fluvial urbano no contexto antrópico, social e ambiental: um estudo de caso. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 4, p. 357-364, 2011.

PLANALTO – Decreto nº241 de 29 de novembro de 1961. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/historicos/dcm/dcm241.htm. Visto em: 26/02/2020.

RABELO, C.G.; FERREIRA, M.E.; ARAÚJO, J.V.G.; STONE, L.F.; SILVA, C.S.; GOMES, M.P. Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 4, n. 2, p. 172-187, 2009.

REIS, J.A.T.; MENDONÇA, A.S.F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.3, 2009.

RIBEIRO, M.L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S.Y.; MARCHI, M.R.R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, v.30, n.3, 2007.

SAAD, A.R. SEMENSATTO JUNIOR, D.L.; AYRES, F.M.; OLIVEIRA, P.E. Índice de Qualidade de Água (IQA) do reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos, estado de São Paulo, Brasil. **Revista UnG – Geociências**, v.6, n.1, p.118-133, 2007.

SANCHES, S.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Estudo de tendência de chuvas de longo prazo. **Revista Ambiente & Água**, v.8, n.3, 2013.

SANO, E.E. FERREIRA, L.G. **Monitoramento semidetalhado (escala de 1:250.000) de ocupação de solos do Cerrado: considerações e proposta metodológica**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, , INPE, p. 3309-3316, 2005.

SANO, E.E.; ROSA, R; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G.; BEZERRA, H.S. **Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, , INPE, p. 1199-1206, 2009.

SANTOS, G.O.; HERNANDEZ, F.B.T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, 2013.

SANTOS, M.R.P.; SANTIAGO, M.R.F.; MENDONÇA, L.A.R.; FRISCHKORN, H.; MENDES FILHO, J. Modelagem do transporte de cloreto proveniente de esgoto urbano em um aquífero sedimentar usando MT3D: o caso da bateria de poços de Juazeiro do Norte (CE). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n.3, 2014.

SANTANA, N.C. Investigação de Ilhas de Calor em Brasília: Análise Multitemporal com Enfoque na Cobertura do Solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, n.06, p.1044-1054, 2014.

SILVA, A.L.P.; ANGELIS, C.F.; MACHADO, L.A.T.; WAICHAMAN, A.V. Influência da precipitação na qualidade de água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, v.38, n.4, 2008.

SILVA, A.M.; R.M. SILVA; SILVA, B.B. Determinação de Temperatura da Superfície e Estimativa do Saldo de Radiação e Evapotranspiração Usando Imagens Landsat e Dados Observados. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 6, p. 1203 -1216, 2015.

SILVA, E.M.S.; CANGIANO, M.R.; CUNHA, L.S.; GUIGUER, N. Condicionantes para elaboração de um modelo conceitual hidrogeológico da sub-bacia do Ribeirão Rodeador, bacia do rio Descoberto/DF, como ferramenta para a gestão integrada de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.12, n.04, p.1635-1648, 2019.

SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A.M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará - Brasil). **Acta Amazônica**, v.42, n.3, 2012.

SLODKOWSKI, L. BATTISTI, I.E.; MOURA, B.; LEOBETT, J.; PEREIRA, M. **Software R**. Seminário integrador de extensão, v.2, n.2, 2019.

SOARES NETO, G.B.; BAYNA, A.P.; FARIA, K.M.S.; OLIVEIRA, E.G.; MENEZES, P.H.B.J. Risco de Incêndios florestais no Parque Nacional de Brasília, Brasil. **Territorium** n.23, p, 161-170, 2016.

SODRÉ, F.F.; SANTANA, J.S.; SAMPAIO, T.R.; BRANDÃO, C.C.S. Seasonal and Spatial Distribution of Caffeine, Atrazine, Atenolol and DEET in Surface and Drinking Waters from the Brazilian Federal District. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.29, n.9, 2018.

SOUZA, K.B.; SILVA, J.B.L.; RATKE, R.F.; LISBOA, G.S.; ALMEIDA, K.N.S. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto, Piauí. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 5, p. 567-573, 2019.

SOUZA, M.E.T.A.; LIBÂNIO, M. Proposta de Índice de Qualidade para Água Bruta afluyente a estações convencionais de tratamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.4, 2009.

SOUZA, M.M.; GASTALDINI, M.C.C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n.3, 2014.

SOUZA, N.S.; SOUZA, W.J; CARDOSO, J.M.S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.3, 2017.

SOUZA, P.H.; SANCHES, R.G.; SANTOS, B.C. Índices climáticos e chuvas intensas no município de Alfenas – MG, no período de 1984-2016. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, 2018.

STEINKE, V.A.; MELO, L.A.M.P.; STEINKE, E.T. Rainfall Variability in January in the Federal District of Brazil from 1981 to 2010. **Climate**, v.5, n.3, p. 68, 2017.

STRAUCH, M.; VOLK, M. SWAT plant growth modification for improved modeling of perennial vegetation in the tropics. **Ecological Modelling**, v.269, n.10, p.98-112, 2010.

STRIEDER, M.N.; RONCHI, L.H.; STENERT, C.; SCHERER, R.T.; NEISS, U.G. Medidas biológicas e índice de qualidade de água de uma microbacia com população urbana e de curtumes no sul do Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v.28, n.1, p. 17-24, 2006.

VAEZA, R.F.; OLIVEIRA FILHO, P.C.; MAIA, A.G.; DISPERATI, A.A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Revista Floresta e Ambiente**, n.17, p. 23-29, 2010.

VALLE JUNIOR, R.F.do; VAL, B.H.P.; CARMO, D.A.; SOUZA, M.A.S.C.; ABDALA, V.L. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica do córrego do Jataí. **Revista Caatinga**, vol. 24, núm. 3, p. 153-157, 2011.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos no Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v.14, n.1, p.55–64, 2010.

VIEIRA, C.H.N.; MATTOS, L.M.; MALAQUIAS, J.V.; AQUINO, F.G.; MARTINS, P.T.A. Spatial and temporal land use and land cover of the Upper Jardim River Basin, Distrito Federal, Brazil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, n.01, p.85-098, 2018.