



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

MYKAELLA VASCONCELOS PEREIRA

**IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NOS RECURSOS HÍDRICOS DO PARQUE
DISTRITAL BOCA DA MATA - DF**

BRASÍLIA

2023

MYKAELLA VASCONCELOS PEREIRA

**IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NOS RECURSOS HÍDRICOS DO PARQUE
DISTRITAL BOCA DA MATA - DF**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Geografia da Universidade de Brasília
como requisito para a obtenção do título
de bacharel e licenciatura em Geografia.

Orientadora: Prof^a. Dra. Potira Meirelles
Hermuche

BRASÍLIA

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Pereira, Mykaella Vasconcelos

IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NOS RECURSOS HÍDRICOS DO PARQUE
DISTRITAL BOCA DA MATA – DF. 55 páginas.

Trabalho de conclusão de curso – Departamento de Geografia, Instituto de
Ciências Humanas - Universidade de Brasília – UnB, 2023.

1. Paisagem física. 2. Planejamento do território. 3. Sensoriamento Remoto.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Mykaella Vasconcelos Pereira

Dezembro de 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de bacharel e licenciatura em Geografia.

**IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NOS RECURSOS HÍDRICOS DO PARQUE
DISTRITAL BOCA DA MATA - DF**

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Potira Meirelles Hermuche - Orientadora

Prof. José Eloi Guimarães Campos
(Examinador Externo)

Prof. Andreia Maria da Silva França
(Examinador Externo)

Brasília, 15 de dezembro de 2023

RESUMO

As áreas urbanizadas do Distrito Federal impactam diretamente nos recursos hídricos e naturais, sendo a água e a vegetação nativa um bem comum para preservação. Desde modo, as Unidades de Conservação (UC) garantem essa Proteção Integral e de Uso Sustentável. Este parque, composto por importantes áreas úmidas, caracterizado como Campos Limpos Úmidos com Murundus, é referência para a rede de drenagem da bacia hidrográfica do Melchior, para o monitoramento do lençol freático e para o planejamento de áreas similares. Essas áreas úmidas são ecossistemas vulneráveis e essenciais para essa região, que foram alteradas e degradadas, no qual, se trata de uma das fitofisionomias mais importantes do cerrado, pela regulação do fluxo de água, grande biodiversidade, a manutenção do equilíbrio ecológico e hídrico. Nesse contexto, o estudo teve como objetivo analisar a influência e os impactos diretos da ocupação urbana no entorno do parque nos recursos hídricos superficiais e subsuperficiais. Para isso, utilizou-se a análise multitemporal de uso e cobertura do solo do Mapbiomas em conjunto com o Índice de Diferença Normalizada de Água (NDWI). Essa abordagem permitiu a compreensão das intervenções urbanas e dos impactos antrópicos em toda a área do parque, focalizando especialmente nas áreas úmidas de Campos Limpos Úmidos com Murundus. A Aplicação do NDWI utilizou imagens do satélite Landsat, relativas aos períodos da seca e do fim da chuva de cada ano, mostrando bons resultados da série temporal, na análise quantitativa e no Coeficiente de Correlação Pearson. E por fim, o monitoramento do lençol freático também teve resultados iniciais significativos, que demonstram o rebaixamento do nível lençol freático e a pressão das áreas urbanas sobre o aquífero, tendo a necessidade da análise de um ciclo hidrológico para a aplicação de uma boa metodologia que permita perceber as mudanças que ocorrem na dinâmica do lençol freático e das áreas úmidas do parque.

Palavras-chave: Paisagem física. Monitoramento do lençol freático. Planejamento do território. Sensoriamento Remoto.

ABSTRAT

The urbanized areas of the Federal District directly impact water and natural resources, with water and native vegetation being a common good for preservation. Therefore, Conservation Units (CU) guarantee this Integral Protection and Sustainable Use. This park, composed of important wetland areas, characterized as Campos Limpos Úmidos com Murundus, is a reference for the drainage network of the Melchior hydrographic basin, for monitoring the water table and for planning similar areas. These wetlands are vulnerable and essential ecosystems for this region, which have been altered and degraded, which is one of the most important phytophysionomies of the cerrado, due to the regulation of water flow, great biodiversity, and the maintenance of ecological and water balance. In this context, the study aimed to analyze the influence and direct impacts of urban occupation around the park on surface and subsurface water resources. For this, the multitemporal analysis of land use and cover from Mapbiomas was used in conjunction with the Normalized Difference Water Index (NDWI). This approach allowed the understanding of urban interventions and anthropogenic impacts throughout the park area, focusing especially on the wetlands of Campos Limpos Úmidos com Murundus. The NDWI Application used images from the Landsat satellite, relating to the dry periods and the end of the rain each year, showing good results in the time series, in the quantitative analysis and in the Pearson Correlation Coefficient. And finally, groundwater monitoring also had significant initial results, which demonstrate the lowering of the water table level and the pressure of urban areas on the aquifer, requiring the analysis of a hydrological cycle to apply a good methodology that allows you to perceive the changes that occur in the dynamics of the water table and the wetlands of the park.

Keywords: Physical landscape. Groundwater monitoring. Territory planning. Remote Sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Área que contempla o Campo Limpo Úmido com Murundus.....	17
Figura 2	– Mapa de localização do Parque Distrital Boca da Mata – DF.....	17
Figura 3	– Exemplo de imagem de abril de 2012 com efeito de <i>striping</i> e após correção com a ferramenta <i>Gapfill</i>	19
Figura 4	– Fluxograma dos passos metodológicos.....	21
Figura 5	– Formula.....	23
Figura 6	– Elementos básicos da construção do poço – Perfuração e Preenchimento do Espaço Anelar.....	24
Figura 7	– Demonstrativo e o histórico da precipitação e temperatura máxima e mínima no Distrito Federal.....	26
Figura 8	– Mapa Geológico do Distrito Federal.....	27
Figura 9	– Mapa Hidrogeológico do Distrito Federal: Domínio Fraturado.....	28
Figura 10	– Mapa Hidrogeológico do Distrito Federal: Domínio Poroso.....	29
Figura 11	– Mapa Geomorfológico do Distrito Federal.....	31
Figura 12	– Mapa de Solos do Parque Distrital Boca da Mata de acordo com o Plano de Manejo (SALT, 2020).....	33
Figura 13	– Mapa das Bacias Hidrográficas do Distrito Federal.....	34
Figura 14	– Mapa das Unidades Hidrográficas do Parque Distrital Boca da Mata-DF.....	35
Figura 15	– Impactos Ambientais no Parque Distrital Boca da Mata.....	36
Figura 16	– Mata de Galeria do Parque Distrital Boca da Mata.....	37
Figura 17	– Cerrado Sentido Restrito Ralo do Parque Distrital Boca da Mata.	
Figura 18	– Campo Sujo do Parque Distrital Boca da Mata.....	38
Figura 19	– Campo Limpo com Murundus do Parque Distrital Boca da Mata com afloramento de água.....	39
Figura 20	– Campo Limpo com Murundus do Parque Distrital Boca da Mata...	40
Figura 21	– Mapa de Uso e Cobertura do Solo entre 1992 e 2022 no entorno do Parque Distrital Boca da Mata- DF.....	41

Gráfico 1-	Comparação em por cento de todas as áreas do Uso e Cobertura do Solo dos anos no entorno do Parque Distrital Boca da Mata-DF.....	45
Gráfico 2 -	Média do NDWI no período chuvoso e seco. A linha tracejada representa a tendência linear dos dados.....	46
Figura 22 -	Horizonte H do Organossolo no local de perfuração do poço.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Imagens utilizadas no processamento.....	18
Tabela 2	–	Comparação da área do Uso e Cobertura do Solo dos anos no entorno do Parque Distrital Boca da Mata- DF.....	42
Tabela 3	–	NDWI do período chuvoso no Campo Limpo Úmido com Murundus no Parque Distrital Boca da Mata- DF.....	45
Tabela 4	–	NDWI do período seco no Campo Limpo Úmido com Murundus no Parque Distrital Boca da Mata- DF.....	46
Tabela 5	–	Coeficiente de Correlação de Pearson do período seco no Campo Limpo Úmido com Murundus no Parque Distrital Boca da Mata- DF.....	46
Tabela 6	–	Dados do nível do lençol freático no Parque Distrital Boca da Mata.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 CAMPOS LIMPOS ÚMIDOS COM MURUNDUS.....	12
2.2 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO DE ÁREAS ÚMIDAS.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	16
3.2 ANÁLISE MULTITEMPORAL DO NDWI.....	18
3.2.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS.....	18
3.2.2 PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.....	18
3.2.3 GERAÇÃO DO ÍNDICE DE DIFERENÇA NORMALIZADA DA ÁGUA (NDWI)	19
3.3 ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA...	21
3.4 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON.....	22
3.5 MONITORAMENTO DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 DIAGNÓSTICO DAS VARIÁVEIS FÍSICAS DO PARQUE.....	25
4.1.1 CLIMA.....	25
4.1.2 GEOLOGIA/HIDROGEOLOGIA.....	26
4.1.3 GEOMORFOLOGIA.....	30
4.1.4 SOLOS.....	31
4.1.5 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.....	33
4.1.6 COBERTURA VEGETAL.....	36
4.2 ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA NO ENTORNO DO PARQUE....	40
4.3 ANÁLISE DA ÁREA ÚMIDA POR MEIO DO NDWI.....	45
4.4 MONITORAMENTO DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO.....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural renovável amplamente explorado devido às suas diversas finalidades e à disponibilidade de água potável, superficial e subsuperficial (Oliveira *et al.*, 2011). Em 1997 foi promulgada a Lei Federal nº 9.433, criando a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), mas apesar da legislação ambiental que recai sobre essa temática, os recursos hídricos encontram-se bastante degradados em função das atividades antrópicas que modificam a paisagem natural e causam inúmeros problemas, comprometendo a biodiversidade. Entre os impactos ambientais que recaem sobre os recursos hídricos pode-se citar erosão, deposição de resíduos sólidos de forma inadequada, captação de água para além da capacidade e lançamento de esgoto, apresentando como consequência a perda da biodiversidade, assoreamento e poluição dos corpos hídricos superficiais e das águas subterrâneas (Weissheimer, 2007; Franco, 2010; Ribeiro, 2017).

Como forma de minimizar esses impactos, encontram-se distribuídas no Distrito Federal (DF) mais de 80 Unidades de Conservação (UC), classificadas como Proteção Integral e Uso Sustentável, de acordo com o Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza – SDUC (Distrito Federal, 2010; Brasil, 2000). Essas apresentam uma notável diversidade paisagística inserida em uma malha densamente urbanizada, sendo de fundamental importância compreender as vulnerabilidades e potencialidades decorrentes dessa relação (Amaral, 2019).

Essas UCs apresentam diversos impactos ambientais devido ao rápido crescimento desordenado e falta de planejamento das áreas urbanas, apresentando um histórico significativo de perturbação, decorrente da má gestão. Qualquer expansão na ocupação e uso de áreas urbanas e periurbanas deve ser precedida por avaliações de segurança para futuros ocupantes, bem como avaliações de riscos ambientais (Carvalho, 2022), especialmente no que diz respeito aos impactos nos recursos hídricos, incluindo as áreas úmidas, que são bastante sensíveis a essas alterações e devem ser preservadas, como demonstrado por Chomenko (2007). Da mesma forma, Bandeira *et al.* (2019) realizaram um estudo sobre os impactos ambientais de rios e nascentes em unidades de conservação em um município da Bahia, indicando o impacto no equilíbrio natural, especialmente hídrico.

Nesse contexto, encontra-se o Parque Distrital Boca da Mata (PDBM), uma UC de Proteção Integral localizada na Região Administrativa de Samambaia-DF, que abriga as nascentes do córrego Taguatinga, uma drenagem de suma importância

integrante da bacia hidrográfica do Rio Melchior, além de um extenso Campo Limpo Úmido com Murundus. No entanto, devido ao crescimento populacional em seu entorno e à intensificação das atividades dos setores industriais, econômicos e de serviços na região, o parque e seus recursos naturais sofrem considerável pressão, o que coloca em risco a integridade da biodiversidade e dos recursos hídricos da área.

Deste modo, o objetivo geral do presente trabalho é analisar a influência e os impactos diretos da ocupação urbana encontrada no entorno do PDBM nos recursos hídricos superficiais e subsuperficiais. Como objetivos específicos têm-se:

- Realizar diagnóstico das variáveis físicas, incluindo geologia, hidrogeologia, geomorfologia, clima e recursos hídricos superficiais;
- Realizar análise multitemporal do comportamento da área úmida por meio do índice NDWI a partir de imagens de sensoriamento remoto.
- Realizar análise multitemporal do crescimento urbano no entorno do parque a partir dos dados do MapBiomas.
- Compreender a relação entre a classe Área urbanizada e a umidade do solo no Campo Limpo Úmido com Murundus.
- Monitorar o nível do lençol freático.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CAMPOS LIMPOS ÚMIDOS COM MURUNDUS

O Cerrado brasileiro é considerado o segundo maior bioma da América do Sul, com uma área de 2.036.448 km², abrangendo cerca de 22% do território nacional (Brochado, 2014; Falcão, et al, 2019; Ministério do Meio Ambiente, n.d). Ele é formado por 25 fitofisionomias, que exibem uma grande diversidade e padrões de composição na paisagem, incluindo os Campos Limpos Úmidos com presença de Murundus (Ribeiro e Walter, 2008), que ocorrem devido a diversos fatores locais, como pedogênese, clima, hidrografia, geologia e relevo (Araújo Neto *et al.*, 1986; Ponce *et al.* 1993).

Entretanto, apesar de sua importância, o Cerrado é o bioma mais ameaçado do Brasil, estando sujeito a degradação do solo e dos ecossistemas nativos, que representam as maiores e mais abrangentes ameaças à biodiversidade (Fernandes *et al.*, 2011). O aumento da população exerce impactos significativos sobre o bioma, alguns desses impactos se manifestam por meio de desmatamentos e queimadas em

larga escala, atividades agropecuárias, dentre outros, que gera preocupações sérias relacionadas a manutenção do Cerrado (Fernandes *et al.*, 2011). As extensas transformações que ocorreram nas paisagens do Cerrado, com esse *status* de ameaçado, têm motivado a implementação de iniciativas de conservação por parte do governo e a condução de pesquisas (Klink *et al.*, 2005).

É importante destacar a Convenção de Ramsar de 1971 (Granziera *et al.*, 2007; Tozato, 2017; Leita, 2018; Ministério do Meio Ambiente, n.d), que se refere à política internacional regulamenta o manejo e a proteção dessas áreas úmidas, devido ao valor dos serviços ecossistêmicos que prestam, como a limpeza da água, a recarga do lençol freático, a regulação dos ciclos biogeoquímicos e dos habitats de muitas espécies. No Brasil cerca de 20% do território brasileiro é classificado como áreas úmidas (Piedade *et al.*, 2012).

A legislação federal de recursos hídricos considera as áreas úmidas como pertencentes às águas públicas e, portanto, devem ser preservadas, conforme o Código de Águas de 1934 do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (Dnaee, 1980) e o Decreto Nº 1.905 de 16 de maio de 1996 que estabelece uma política nacional de gestão e proteção das áreas úmidas e de sua biodiversidade. E a instrução normativa Nº 39 de 21 de fevereiro de 2014 que áreas identificadas como Campos de Murundus e suas respectivas faixas de proteção são consideradas Áreas de Preservação Permanente, conforme a fitofisionomia do Bioma Cerrado. Além disso, a Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, visa garantir o equilíbrio do meio ambiente, a qualidade da água, o clima estável e a preservação da vegetação nativa, incluindo a Lei Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012, que regula o uso ecologicamente sustentável dessas áreas.

De acordo com a classificação de Ribeiro e Walter (1998), os Campos Limpos Úmidos são predominantemente herbáceos, com arbustos e ausência de árvores. Geralmente, em áreas planas, com inundáveis sazonais, solos férteis, úmidos e na borda de Matas de Galeria, também é chamado de "Campo de Várzea", "Várzea" ou "Brejo". Os Campos de Limpos Úmidos com Murundus, em termos gerais, são periodicamente inundáveis ou transbordam devido à precipitação direta ou ao afloramento do lençol freático (Piedade *et al.*, 2012). O meio biótico apresenta características físicas e químicas adaptadas morfologicamente, com estruturas específicas para esses ambientes (Piedade *et al.*, 2012). Nos estudos de Paulino *et al.*, (2015), o manejo e uso inadequado dessas áreas causa degradação e demonstra

a fragilidade dos Campos de Murundus, que são importantes pelos reservatórios de água, pela biodiversidade e pela necessidade de proteção permanente.

Sobre a nomenclatura "Murundus", de acordo com Moreira et al. (2021), varia de acordo com a região em que é encontrado, podendo ser designado como Mima-type mounds, pimple mounds, relict nebkhas, earth mound, heuweltjies, monchões, morrotes e murundus. No contexto brasileiro, o termo "murundus" é o mais comumente utilizado.

É possível identificar duas teorias sobre a origem dos murundus, uma relacionada aos fatores abióticos, em relação à dinâmica superficial da água e as formações originadas por erosão diferencial (Araújo Neto *et al.* 1986; Furley 1986; Silva *et al.* 2010). A outra teoria está associada a fatores bióticos, onde os murundus seriam formações de sucessivas gerações de colônias de térmitas e ninhos (Mathews, 1977; Oliveira Filho 1992). No entanto, esse estudo considera todas as classificações e hipóteses, e também, segundo Ponce *et al.* (1993), independente da hipótese e da teoria, as irregularidades e elevações do terreno, favorecem a adaptação das plantas típicas do cerrado.

Em relação a definição dos Murundus, são formações semicirculares ou ovais, com dimensões médias de 10 metros de comprimento, 70 centímetros de altura e 6 metros de largura (Araújo Neto, 1981; Paulino *et al.*, 2015). No entanto, a definição de Oliveira Filho (1992) e Baptista *et al.* (2013) descrevem melhor essas formações, como montículos com características arredondadas e/ou alongadas, medindo de 0,3 a 20 metros de diâmetro e de 0,2 a 2 metros de altura. Esses campos estão localizados em depressões e topos de morros de baixa declividade, próximos a nascentes, e acompanham a drenagem, com presença de água no solo e afloramento do escoamento superficial de água após chuvas intensas e saturação dos aquíferos (Oliveira filho *et al.*, 1992; Furley, 1990). No Distrito Federal, essa fitofisionomia está associada a terrenos com padrão plano a suave ondulado e baixa declividade e essa ocorrência de Murundus no DF é alta na paisagem e que está sendo ocupada por áreas urbanas e agrícolas (Lima *et al.*, 2021).

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO DE ÁREAS ÚMIDAS

Compreender a dinâmica dos ciclos e dos hidroperíodos, como as estações chuvosa e seca é fundamental para observar e detectar mudanças (Xie *et al.*, 2011),

épocas de inundações sazonais e padrões de processos hidrológicos, de água subterrânea e superficial, em relação ao enchimento dinâmico (Wu & Lane, 2017) relacionado às características climáticas, hidrográficas, hidrogeológicas, geomorfológicas e pedológicas, além dos fatores de uso urbano, utilizando tecnologias geoespaciais (Rosa, 2005).

O Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que abrange diferentes resoluções, incluindo as dimensões espacial, temporais e espectral (Furtado *et al.*, 2016; Kaplan & Avdan, 2017; Berhane *et al.*, 2018). Conforme Campbell e Wynne (2011). Essa capacidade diversificada abre espaço para uma ampla gama de aplicações em áreas como monitoramento ambiental, agrícola e geográfico, entre outras. O sensoriamento remoto é usado para obter informações e imagens da superfície, como vegetação e corpos d'água, por meio de bandas e do espectro eletromagnético, que registram a energia refletida ou emitida pela área (Florenzano, 2007). Outra técnica que enriquece a análise de dados é o Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo essencial para processar e tratar informações georreferenciadas para análise e modelagem (Câmara, 2017).

O Índice de Diferença Normalizada de Água ou Normalized Difference Water Index (NDWI) foi desenvolvido para determinar o limite entre água, vegetação e solo (Brenner e Guasselli, 2015; Pereira *et al.*, 2018, Pereira *et al.*, 2020). Para McFeeters (1996) o método delinea as características e aumenta a presença da água nas imagens digitais de sensoriamento remoto.

Com diversas abordagens, o método proposto por Gao (1996), que utiliza as bandas do infravermelho próximo e o infravermelho médio, para medir o conteúdo de água e umidade presente na vegetação, e o método proposto por McFeeters (1996), que utiliza as bandas verde do visível e do infravermelho próximo para analisar os corpos hídricos e elimina a presença de características do solo e da vegetação verde, são capazes de identificar vestígios de áreas úmidas e umidade no solo.

Na literatura dos cálculos do NDWI, há diferentes bandas e comprimentos de onda das imagens do satélite Landsat e o emprego do método de McFeeters (1996) no estudo é fundamental para identificar e mapear a presença de água ou umidade no solo nas imagens, no qual, utiliza o cálculo por meio da Equação:

$$\text{NDWI} = (\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$$

Onde, Green é a reflectância na faixa da luz verde e o NIR a reflectância na faixa do infravermelho próximo.

Esses índices radiométricos são mais aplicados em estudos ambientais (Pereira *et al.*, 2018), para averiguar a disponibilidade hídrica (RODRIGUES *et al.*, 2017), analisar o estresse hídrico (Pereira *et al.*, 2020), e detectar áreas úmidas (MEMON *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2018; Pio *et al.* 2019). Nas áreas úmidas, a identificação em imagens destaca-se pela baixa reflectância da água, especialmente na faixa do infravermelho próximo (NIR), devido às propriedades ópticas e físicas específicas da água (Pio *et al.*, 2019). Nesse contexto, o índice de reflectância varia de 1 a -1, sendo que valores negativos indicam a presença de vegetação verde, solo exposto e áreas degradadas, enquanto valores positivos representam a presença de água e maior teor de umidade (Serrano *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

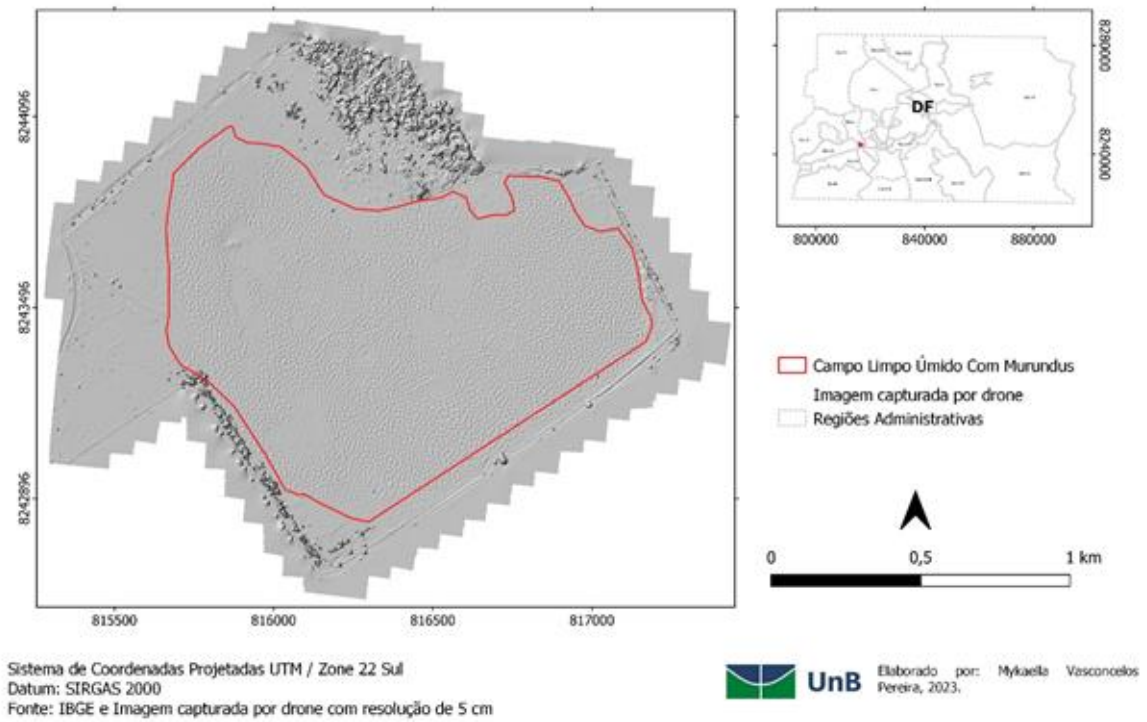
3.1 ÁREA DE ESTUDO

O PDBM foi criado como Parque Ecológico Boca da Mata pelo Decreto nº13.244, de 07 de junho de 1991, sendo recategorizado nos termos do Decreto nº 38.367, de 26 de julho de 2017, como Parque Distrital Boca da Mata, uma unidade de Proteção Integral. Este se localiza nas Regiões Administrativas de Samambaia - DF e Taguatinga - DF. De acordo com a Planta URB 70/31 e o Memorial Descritivo MDR 70/90 (SINJ-DF, 1991) indicarem que o parque possui uma área de aproximadamente 260 hectares, isso pode ser atribuído à precisão topográfica em relação às declividades dos Murundus.

Entretanto o Plano de Manejo afirma que o parque possui 196,34 hectares (SALT, 2020) e de acordo com o arquivo vetorial disponibilizado pelo Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) a área é de aproximadamente 191 hectares (GEOPORTAL, 2023).

Para a proposta do presente trabalho foi definido que as análises serão feitas no limite que contempla o Campo Limpo Úmido com Murundus. Esse limite foi determinado a partir de um mosaico de imagens capturadas por drone com resolução de 5 cm, realizado por Silas Lindemberg (Figura 1), digitalizado por meio de interpretação visual no ArcGis 10.8 considerando as bordas de ocorrência do Murundus (Figura 2).

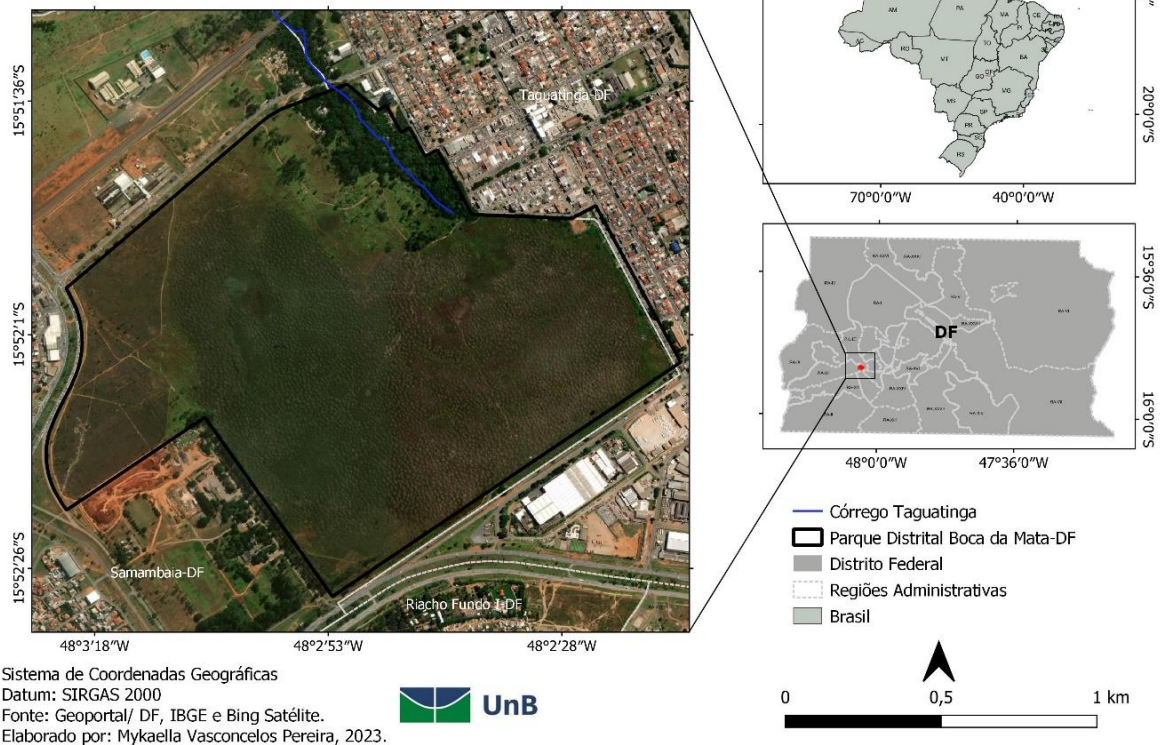
Figura 1 – Área que contempla o Campo Limpo Úmido com Murundus



Fonte: Drone de resolução 5m, Silas Lindemberg, 2023.

Figura 2 – Mapa de localização do Parque Distrital Boca da Mata – DF

Mapa de localização do Parque Distrital Boca da Mata-DF



Fonte: Geoportal/DF, 2023.

3.2 ANÁLISE MULTITEMPORAL DO NDWI

3.2.1 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

Foram utilizadas imagens do satélite Landsat, que possuem resolução espacial de 30 metros, obtida do sítio da internet do USGS (United States Geological Survey) por meio do Earth Explorer (2023). Foram adquiridas as bandas do Verde e Infravermelho Próximo dos anos 1992, 2002, 2012 e 2022, correspondendo ao Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 e 9 OLI. A análise multitemporal tinha como objetivo avaliar os períodos de seca e chuva da área de interesse, portanto foram adquiridas imagens dos meses de março, abril e maio para o período chuvoso (esses meses foram selecionados devido ao excesso de nuvens nos meses anteriores), e de julho, agosto e setembro para o período da seca de cada ano. Entretanto, no período chuvoso de 1992, estava disponível a imagem de apenas uma data (Tabela 1). Após a aquisição, a imagem de cada banda foi recortada com base no limite de interesse do trabalho, ou seja, o Campo Limpo Úmido com Murundus.

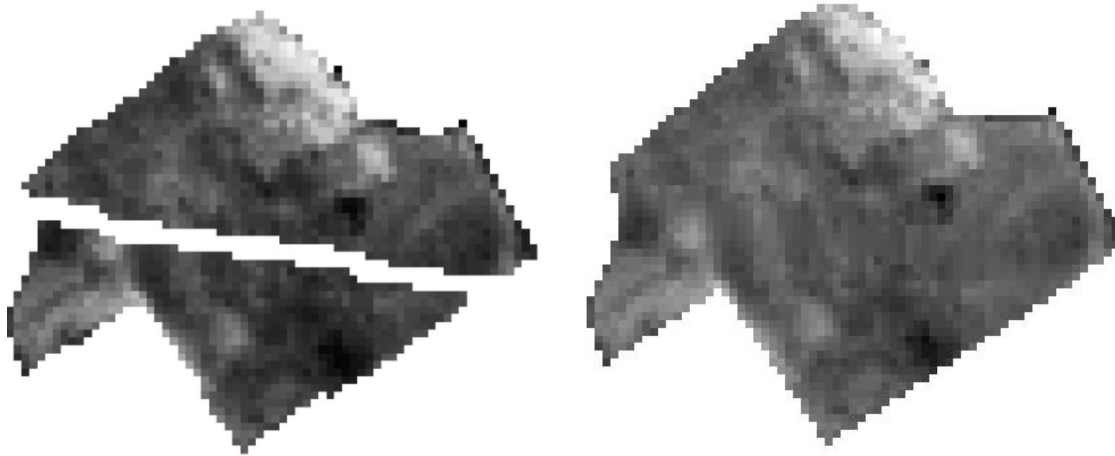
Tabela 1 – Imagens utilizadas no processamento

Ano	Satélite/Sensor	Meses utilizados para cálculo da média no período de seca	Meses utilizados para cálculo da média no período de chuva
1992	Landsat 5 TM	Julho, agosto e setembro	Abril
2002	Landsat 7 ETM+	Julho e agosto	Março, Abril e maio
2012	Landsat 7 ETM+	Julho, agosto e setembro	Março, Abril e maio
2022	Landsat 8/ 9 OLI	Julho, agosto e setembro	Março, Abril e maio

3.2.2 PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

Desde de 2003 o sensor Landsat 7 EMT+ apresenta falhas do corretor de linha de varredura (SLC), portanto, as imagens adquiridas do ano de 2012. Para correção desse efeito de *striping* (Figura 3), foi utilizado o software ENVI versão 5.2 (Research Systems RSI) por meio de um plugin intitulado *GAPFILL*, aplicado em cada uma das bandas.

Figura 3 – Exemplo de imagem de abril de 2012 com efeito de *striping* e após correção com a ferramenta *Gapfill*.



Essa ferramenta preenche as lacunas por meio do método de triangulação, onde há a possibilidade de escolher entre o uso de estatísticas globais ou locais para realizar a correspondência do histograma entre os arquivos. Vale ressaltar que a correspondência de histograma local demanda mais tempo de processamento, porém proporciona uma melhor correspondência entre os conjuntos de dados (LERRY, 2019).

Como as imagens utilizadas já apresentavam correção atmosférica (*Collection 2, Level 2*), foi necessário apenas a conversão de números digitais para reflectância no ENVI 5.2 por meio da utilização de uma constante (0.0000275) do metadado da imagem, em cada banda, que é a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global.

3.2.3 GERAÇÃO DO ÍNDICE DE DIFERENÇA NORMALIZADA DA ÁGUA (NDWI)

Por fim, segundo MCFeeters (1996), o Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) é aplicado nas imagens corrigidas e processadas. Os cálculos NDWI foram realizados no software ENVI 4.7 (Research Systems RSI), e obtidos de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{NDWI} = (\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$$

Onde, Green é a reflectância e o NIR a refletância na faixa do infravermelho próximo.

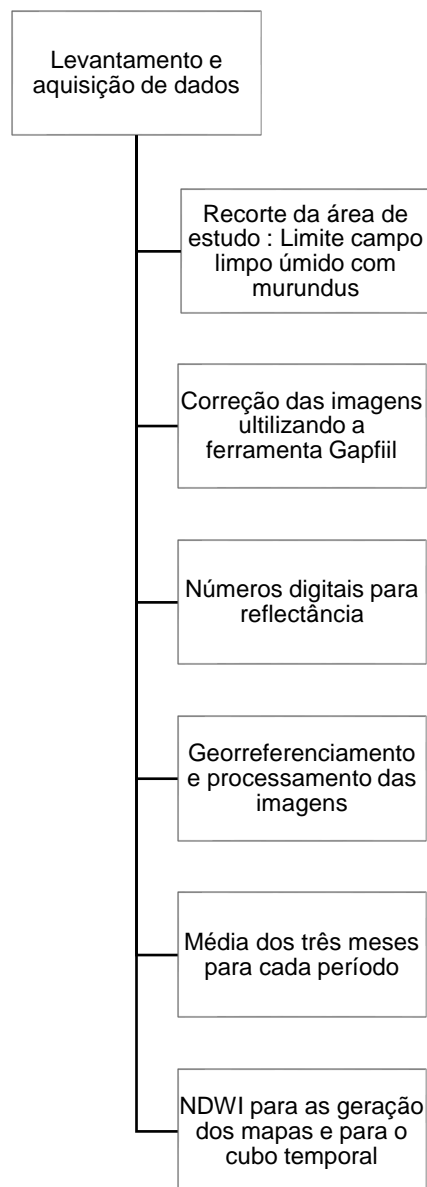
Nos sensores TM e ETM+ do Landsat, a faixa espectral do verde (Green), que abrange os comprimentos de onda entre 0.52 μm e 0.60 μm , corresponde à banda 2. No caso do Landsat 8, que utiliza o sensor OLI, a banda 3 é a que abrange o comprimento de onda de 0,53 μm a 0,59 μm . Já o infravermelho próximo (NIR) corresponde à banda 4 nos sensores TM e ETM+, com comprimentos de onda variando respectivamente de 0.76 μm a 0.90 μm e de 0.77 μm a 0.90 μm . E no OLI, o NIR corresponde à banda 5, cujos comprimentos de onda variam entre 0.86 μm e 0.88 μm . Desse modo, para o cálculo do NDWI do período analisado foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{NDWI Landsat 4 a 7} = (\text{Banda 2} - \text{Banda 4}) / (\text{Banda 2} + \text{Banda 4}).$$

$$\text{NDWI Landsat 8 e 9} = (\text{Banda 3} - \text{Banda 5}) / (\text{Banda 3} + \text{Banda 5})$$

Em seguida as imagens foram reprojctadas no software livre Qgis (Versão 3.22.11) para o Sistema de Coordenadas Projetadas Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 22 Sul, Datum SIRGAS 2000 e, posteriormente, procedeu-se à matemática de bandas para a geração de uma imagem da média do NDWI dos períodos de chuva e seca para cada ano, de cada banda, e posterior junção das cenas médias para criação de cubos temporais da seca e da chuva. O resultado do cálculo gerou oito imagens do índice NDWI, quatro que correspondem ao fim do período chuvoso e quatro índices do período da seca (Figura 4).

Figura 4 – Fluxograma dos passos metodológicos.



Com base nos cubos temporais, foram geradas, no software ENVI 4.7, as estatísticas dos pixels correspondentes ao histograma de frequência dos dados, que consiste na representação gráfica da distribuição de intensidades dos valores dos pixels de uma imagem. Ou seja, é a representação da quantidade de pixels para cada valor de intensidade presente no índice. A partir disso, também foram calculados os valores mínimo, máximo e a média de cada período com base no total de pixels de cada imagem.

3.3 ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO

No presente trabalho, foram utilizados dados do Mapbiomas (2022) dos anos de 1992, 2002, 2012 e 2022, correspondendo o intervalo de 10 em 10 anos para a análise de uso e cobertura do solo. Os dados adquiridos correspondem à coleção 8.0

e os dados foram obtidos por meios de downloads diretamente da plataforma do Projeto Anual Brasileiro de Mapeamento e Uso da Terra e do Solo (Mapbiomas, 2022).

Inicialmente foi realizado o processamento das imagens no software Qgis (Versão 3.22.11) para uma área de 3 (três) quilômetros no entorno do parque, considerada aqui como a Zona de Amortecimento. Os dados foram convertidos para o Sistema de Coordenadas Projetadas Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 22 Sul, datum SIRGAS 2000.

Em seguida, as imagens foram convertidas para vetor e os polígonos foram classificados segundo a legenda oficial da coleção 8.0 do Mapbiomas. Posteriormente foram calculadas as áreas de cada classe de interesse para cada ano, observando as evoluções positivas ou negativas dos aspectos de uso e cobertura do solo, são elas: Formação Florestal, Formação Savânica, Campo Alagado e Área Pantanosa, Formação Campestre, Pastagem, Mosaico de Usos, Área Urbanizadas, Outras Áreas não Vegetadas, Rio, Lago e Oceano, Soja e Outras Lavouras Temporárias.

A classe de interesse foi a Área Urbanizada, que significa a densidade de edificações e vias, a infraestrutura de centros urbanos, tudo que representa ações antrópicas.

3.4 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON

Nesta última etapa, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, que é uma medida estatística que quantifica a associação linear entre duas variáveis quantitativas (Paranho *et al.*, 2014), ou seja, analisa a força entre cada variável, em uma relação linear e de grau. Os dados utilizados para essa correlação foram a classe Área Urbanizada cada ano, utilizada como a variável x, e a média do NDWI da área de estudo (limite do Campo Limpo Úmido com Murundus), de cada ano e cada período (variável y), conforme a fórmula abaixo:

Figura 5 - Fórmula

$$r = \frac{n \times \sum_{i=1}^n X_i \times Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \times \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \times \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2} \times \sqrt{n \times \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)^2}}$$

Fonte: Paranho *et al.*, 2014.

Onde:

X_i e Y_i são os valores individuais das duas variáveis.

X^2 e Y^2 são as médias das variáveis X e Y, respectivamente.

Segundo Paranho *et al*, (2014), o coeficiente varia de 1 a -1, onde 1 indica uma correlação positiva perfeita (quando uma variável aumenta, a outra também aumenta de maneira proporcional). E -1 indica uma correlação negativa perfeita (quando uma variável aumenta, a outra diminui de maneira proporcional). Já o 0 indica ausência de correlação linear entre as variáveis.

3.5 MONITORAMENTO DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO

Em paralelo e de forma complementar, foi iniciado o monitoramento do nível do lençol freático por meio de um poço construído de acordo com a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT), a NBR 13895/1997, com adaptações para o local. Esse monitoramento buscou dar início à compreensão da relação entre a pressão urbana que a região tem sofrido e o reflexo no nível do lençol freático.

O poço foi instalado nas coordenadas geográficas -15.863865 e -48.043922 no interior do parque (Figura 6). A perfuração do poço teve um diâmetro mínimo de 100 mm e foi utilizado um cano de PVC com 75 mm de diâmetro.

Durante a instalação, foram efetuados cortes ao longo do tubo, com largura variando de 2 mm a 3 mm, criando filtros ao longo do comprimento. Além disso, foi aplicado um revestimento interno, preenchendo o espaço anelar entre o tubo e o solo circundante. Por fim, o poço foi selado com um tampão rosqueado removível e protegido por uma tampa em forma de caixa, que permite o acesso para monitoramento do lençol freático e da qualidade da água.

Figura 6 - Elementos básicos da construção do poço – Perfuração, Preenchimento do Espaço Anelar, Tampão, caixa de proteção e selo.



Fonte: Acervo pessoal de fotos, 2023.

O monitoramento foi realizado quinzenalmente de agosto a dezembro de 2023 com a utilização de sensor sonoro, sendo um dispositivo que emite sons ou ondas acústicas ao encontrar água, usado para medir os níveis da água subterrânea.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

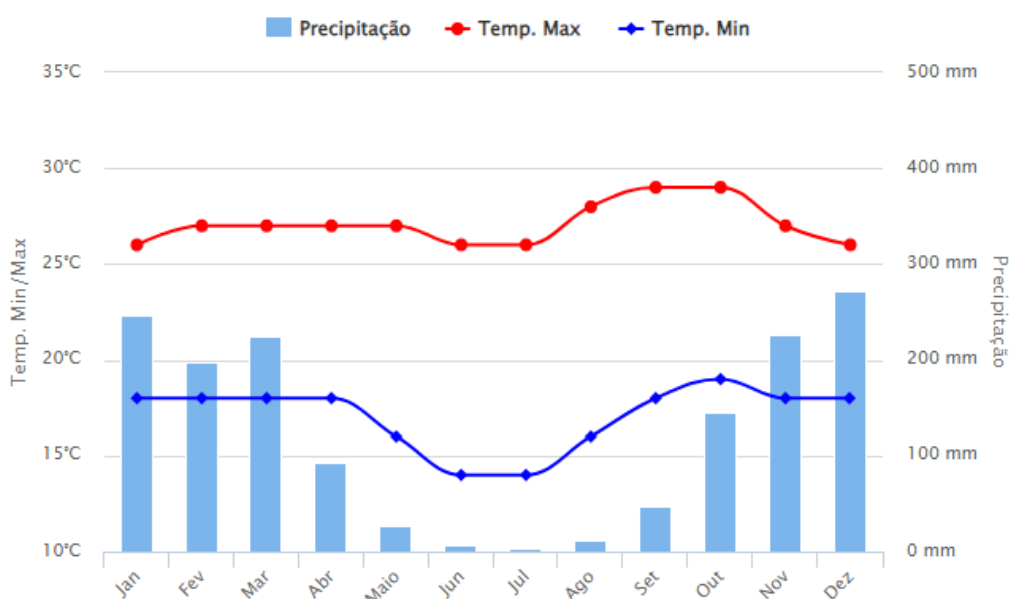
4.1 DIAGNÓSTICO DAS VARIÁVEIS FÍSICAS DO PARQUE

4.1.1 CLIMA

Considerando o clima do Distrito Federal, com dois períodos bem caracterizados e uma sazonalidade muito forte (Campos, 2004), segundo a classificação de Köppen, o clima é definido como tropical, que varia em função das temperaturas médias e a altitude, existindo os tipos: Aw Tropical, Tropical de Altitude Cwa e Tropical de Altitude Cwb (Codeplan, 2020). No Distrito Federal, pode ser identificado apenas um tipo de clima, o Aw, caracterizado pela seca no inverno (CARDOSO et al., 2014). Em relação ao período chuvoso que se estende de outubro a abril, com uma distribuição irregular das precipitações, sendo que uma parte da precipitação total infiltra na zona vadosa e alcança a zona saturada do aquífero, mas a grande maioria evapora na atmosfera. Já de maio a setembro, uma seca significativa e a falta dos recursos hídricos.

O gráfico (Figura 7) apresenta os dados que refletem as variações da precipitação e da temperatura. As médias climatológicas são calculadas a partir de uma série de dados observados ao longo de 30 anos, o que permite a identificação das épocas mais chuvosas, secas, quentes e frias em uma determinada região (Climatempo, n.d). Nisso, as temperaturas máximas apresentam pouca variação, situando-se entre 26°C e 29°C, enquanto as temperaturas mínimas variam entre 14°C e 19°C.

Figura 7 - Demonstrativo histórico da precipitação e temperatura máxima e mínima no DF.



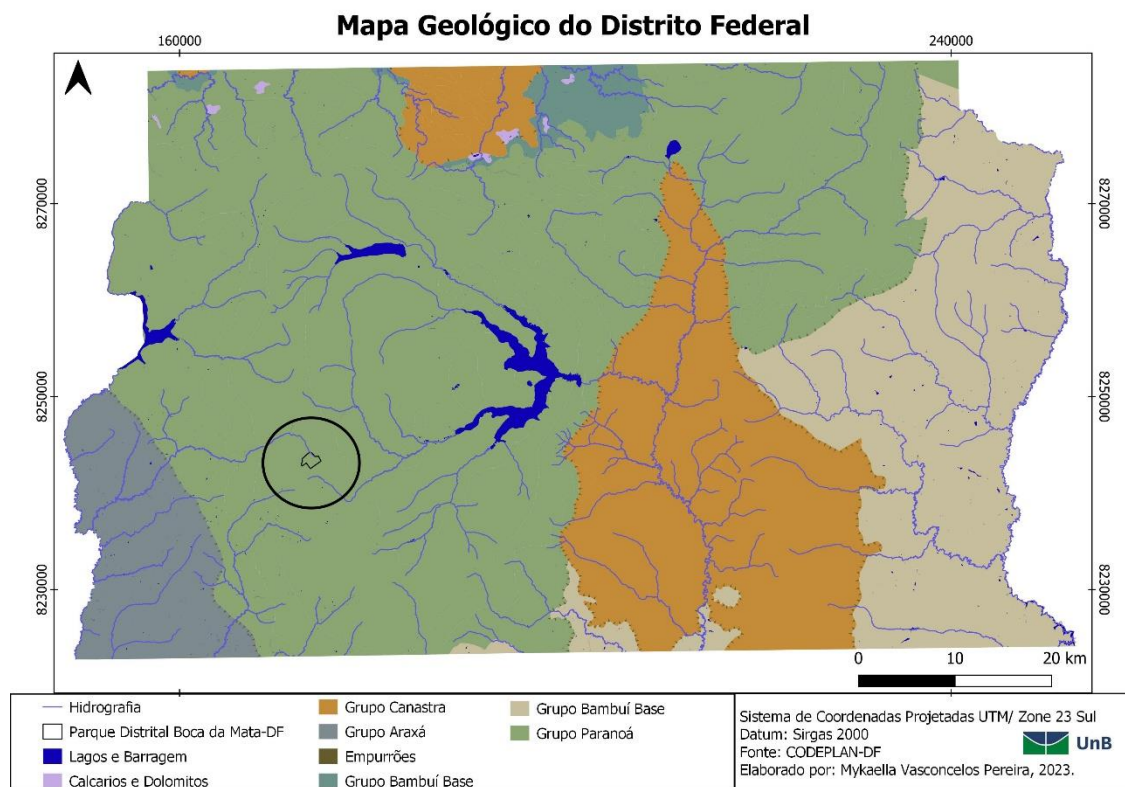
Fonte: Climatempo, n.d.

Em relação a precipitação no DF, os meses com as maiores médias de precipitação pluviométrica, de acordo com Cardoso et al, (2014) são aproximadamente os seguintes: dezembro (275,3mm), janeiro (254,4 mm), fevereiro (217,8 mm), março (210,8 mm), novembro (209,2mm), outubro (116,9 mm), abril (98,6 mm), setembro (48,3mm), maio (35,3 mm), junho (15 mm), agosto (13,1 mm) e julho (4,6 mm). Portanto, dezembro é o mês mais chuvoso, enquanto julho é o mês mais seco.

4.1.2 GEOLOGIA/HIDROGEOLOGIA

A bacia hidrogeológica é definida por fatores como a topografia, a profundidade de percolação das águas, a geologia, a natureza das discontinuidades e a existência de barreiras ao fluxo. Sobre a geologia do Distrito Federal, essa é composta por quatro grupos litológicos: Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí que compõem a Faixa de Dobramentos e Cavalgamentos de Brasília. O Parque Distrital Boca da Mata encontra-se no Grupo Paranoá (Figura 8), de idade mesoproterozoica, e é composto por 6 unidades de rochas, sendo que a Unidade R3 em Samambaia- DF é o de Metarritmito Arenoso, caracterizada por camadas arenosas e pelíticas com intercalações de quartzitos finos com metassiltitos e metargilitos (Campos, 2004).

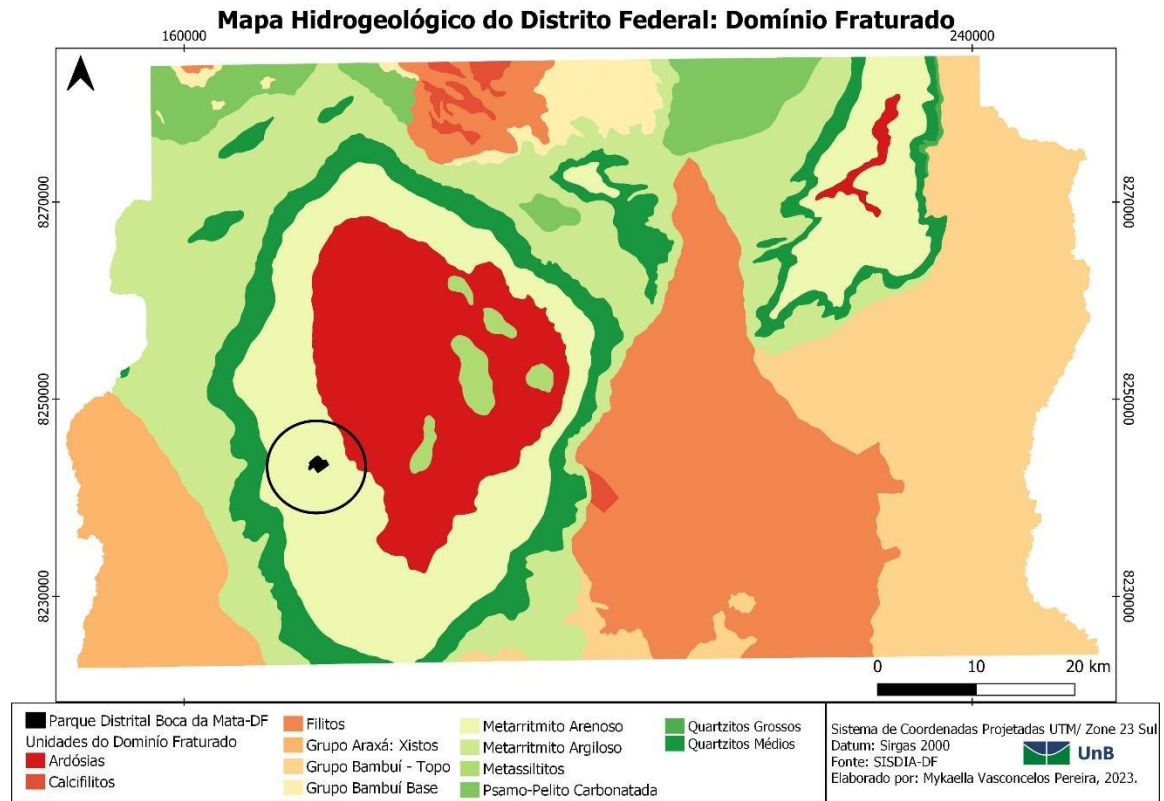
Figura 8 – Mapa Geológico do Distrito Federal.



Fonte: CODEPLAN-DF, 2023.

Assim, em relação à hidrogeologia, no parque podem ser encontrados os Domínios Poroso e Fraturado, uma vez que os dois conjuntos de aquíferos se intercomunicam. O Domínio Fraturado (Figura 9) são caracterizados pelos meios geológicos rochosos nos quais os espaços ocupados pela água são representados por discontinuidades planares, ou seja, planos de fraturas, microfaturas, diáclases, juntas, zonas falhas e cobertos por intemperismo (Campos, 2004) no Sistema Paranoá e subsistema R3/Q3, rochas quartzosas metassedimentares e de Metarritmito Arenoso (Campos e Silva, 1999).

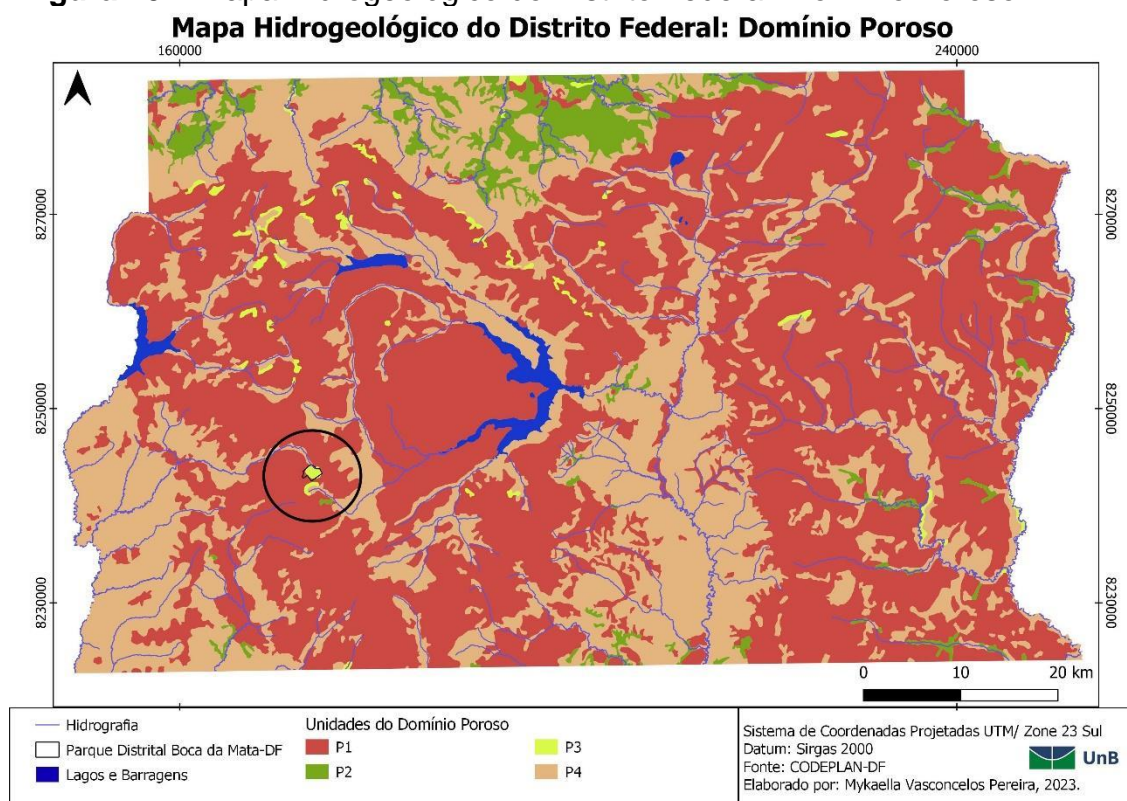
Figura 9 – Mapa Hidrogeológico do Distrito Federal: Domínio Fraturado.



Fonte: SISDIA-DF, 2023.

E, recoberto pelos subsistemas P1 (Latosolos vermelhos médios a arenosos e neossolos quartzarênicos) e P3 (Plintossolos e Argissolos) no domínio poroso (Figura 10), sedimentos contínuos e inconsolidados ou pouco consolidados (Campos e Silva, 1999). Aquíferos de boa produtividade para manutenção das águas superficiais, por ser uma típica área de nascentes e córregos (Martins *et al.*, 2004).

Figura 10 – Mapa Hidrogeológico do Distrito Federal: Domínio Poroso.



Fonte: CODEPLAN-DF, 2023.

Portanto, a área é constituída por zonas de saturação em água, associadas a porções onde o lençol freático é mais próximo da superfície, destacando a presença do córrego Taguatinga. Essa zona de saturação tem níveis impermeáveis e o contato com os horizontes superficiais do solo, o saprólito, sendo que este não é constante e varia dependendo do controle lito estrutural e de nível do intemperismo (Martins *et al.*, 2004).

Há também, a possível exploração do fluxo de água, onde a taxa média de captação do aquífero é superior ou próxima da taxa média de recarga, com a existência do rebaixamento do nível do lençol freático e a diminuição da recarga natural (Mello *et al.*, 2011; Schuch, 2022), pela grande densidade da malha urbana, causando interceptação artificial. Argumentos válidos para a manutenção das descargas das nascentes e das bacias no período seco, e da preservação das águas subterrâneas.

É característico do campo de Murundus essa elevação do nível do lençol freático e afloramento da água na superfície do solo, se tornando uma área alagada no período de chuva, e também formando pequenas lagoas (Ribeiro e Walter, 2008), caracterizadas pelos solos hidromórficos, que “são típicos desses ambientes e

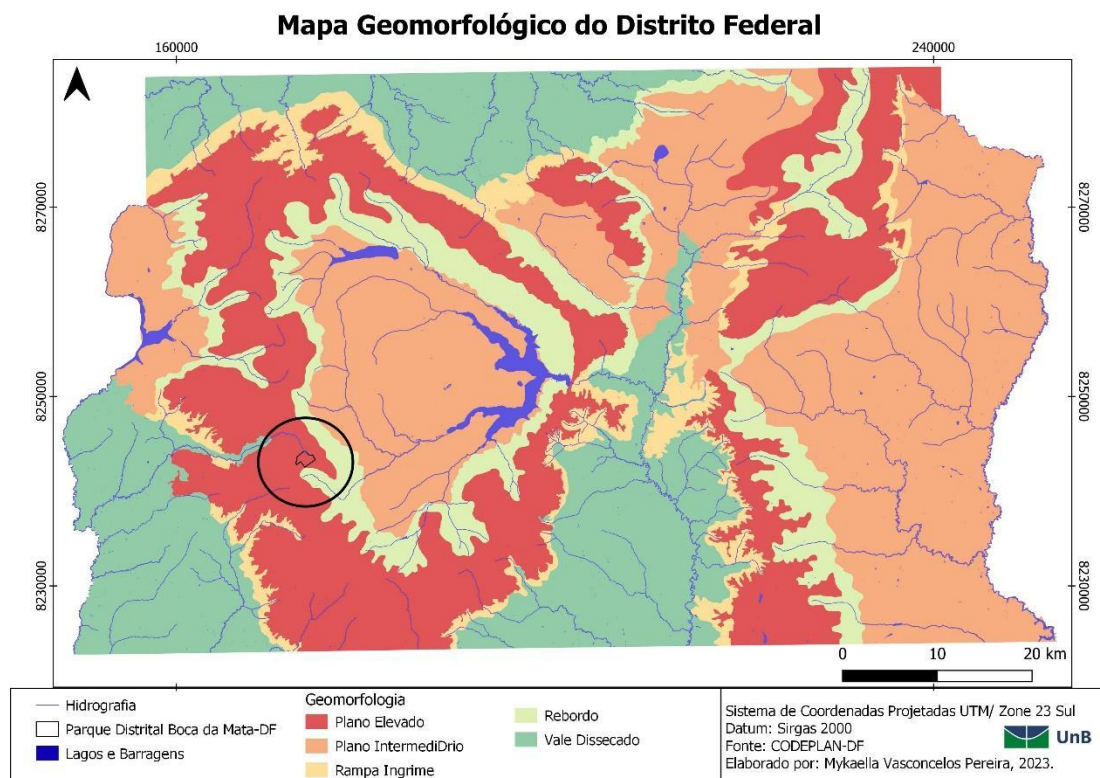
possuem grande importância na conservação de água da superfície e estão intimamente ligados aos cursos d'água formadores de bacias hidrográficas” (Paulino, 2015).

4.1.3 GEOMORFOLOGIA

As características geomorfológicas do Domínio do Cerrado resultam de diversos fatores, como litológicos, edáficos e bióticos. No Distrito Federal é caracterizada com um padrão plano a suave ondulado, relevos inclinados, que tem sua extensão desde a base das chapadas e dos morros residuais seguindo em direção aos vales e relevos dissecados (Codeplan, 2020).

Nesse contexto, essa área do Ribeirão Taguatinga foi classificada como Curso Inferior (III), sendo as rochas com domínio das frações silte e argila, especialmente esta última, da Unidade Metarritmito Arenoso, com predominância de Relevo Plano Elevado e Rebordo (Figura 11). Entretanto, o parque apresenta pouca variação de declividade revelando assim um relevo predominantemente Plano, ocorrendo um relevo Ondulado e Forte ondulado somente mais próximo à drenagem. O fator primordial que contribui para a intensidade da dissecação é a declividade do terreno, porém, as áreas saturadas em água também exercem uma influência significativa devido ao seu peso substancial.

Figura 11 – Mapa Geomorfológico do Distrito Federal.



A área do parque, formada por Campo de Murundus, se apresenta bastante plana. Em relação ao relevo, tem Superfície Plana-Convexa do Curso Inferior, maior fração de argila, com mergulhos suaves para SW, o mergulho das camadas de rocha é subparalelo ao caimento da drenagem. Nesse caso, as camadas subparalelas ao relevo condicionam um lençol freático mais raso que permite o desenvolvimento e a manutenção dos campos de murundus (MARTINS et al., 2004). No restante do parque, a topografia é predominantemente plana, alinhando-se com a classificação geomorfológica de plano intermediário e a baixa variação de altitude característica do Distrito Federal (MARTINS *et al.*, 2004).

4.1.4 SOLOS

O atual plano de manejo do parque (Salt, 2020) aponta que, a partir da classificação da Embrapa (2018), os principais solos no parque são (Figura 12): Gleissolo Háplico (60,93%), Latossolo Vermelho (13,82%), Latossolo Vermelho Amarelo (19,85%), Neossolo Flúvico (3,49%) e Argissolo Vermelho-Amarelo (1,91%).

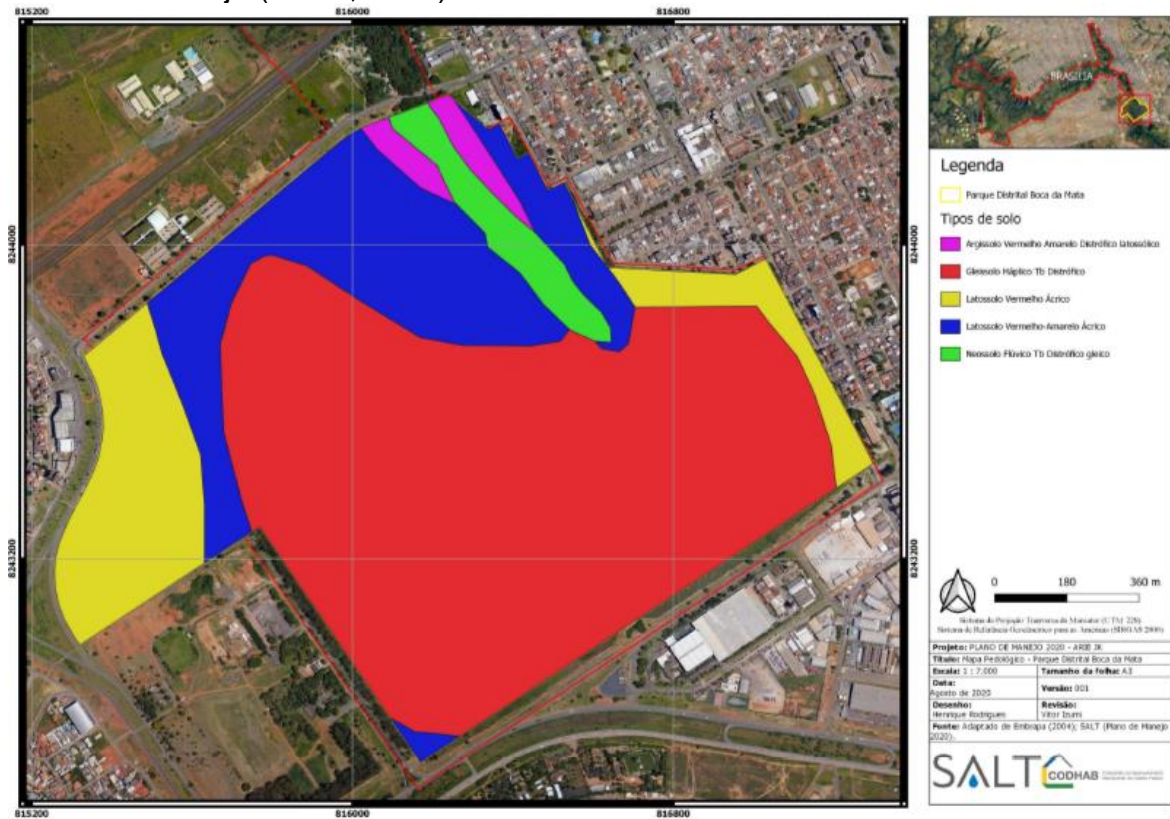
Nisso, O Gleissolo é o solo predominante em grande parte do parque e abrange a região do campo de murundus. Esses solos são classificados como hidromórficos, geralmente encontrados em depressões de paisagem propensas a inundações. Sua

coloração acinzentada é resultado de processos de oxirredução, caracterizando solos mal drenados. Além disso, é importante notar que o Gleissolo desta área é distrófico, o que significa que possui baixa fertilidade natural. Eles se formam a partir de sedimentos e geralmente apresentam um lençol freático próximo à superfície durante a maior parte do ano. O Gleissolo Háptico é uma variação desse solo, com um horizonte A mais claro e com menor teor de matéria orgânica. A vegetação associada a esses solos inclui os campos de murundus, que permitem o acúmulo de água durante grande parte do ano. Devido à sua capacidade de reter água e sua proximidade com nascentes e cursos d'água, esses solos são de grande importância para a preservação (Reatto *et al.*, 2004).

O segundo tipo de solo predominante no parque é o Latossolo, comum no Distrito Federal. Esses solos são altamente intemperizados, profundos, bem drenados, altamente permeáveis, distróficos e ácidos (Reatto *et al.*, 2004). No parque, dois tipos de Latossolos foram identificados: o vermelho, com presença de hematita e o vermelho amarelo, com presença de hematita e de goethita. Os Neossolos Flúvicos são encontrados ao longo das drenagens das bacias hidrográficas, sendo formados por depósitos aluviais recentes, não são hidromórficos e apresentam camadas estratificadas sem relação pedogenética entre elas (Reatto *et al.*, 2004).

Por fim, os Argissolos Vermelho-Amarelo são solos profundos, bem drenados, com boa estrutura, baixa fertilidade devido à característica distrófica e são ácidos (Reatto *et al.*, 2004).

Figura 12 – Mapa dos solos do Parque Distrital Boca da Mata-DF de acordo com o Plano de Manejo (SALT, 2020).

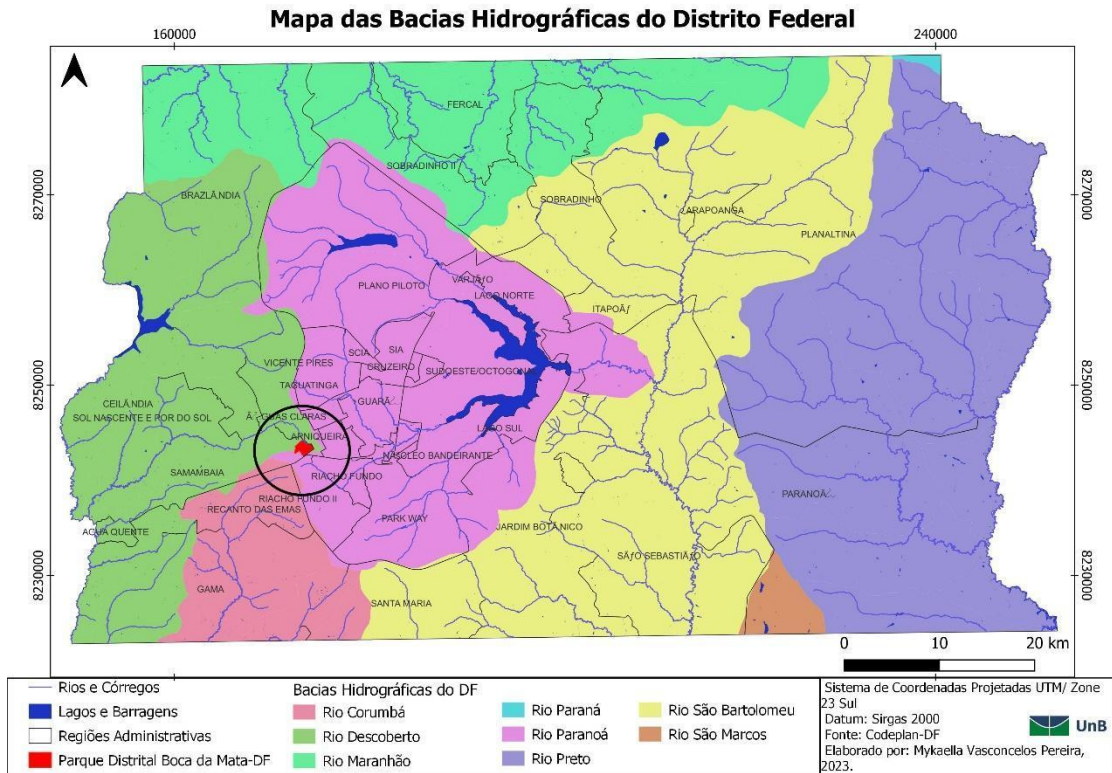


Fonte: SALT, 2020.

4.1.5 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do Rio Melchior, afluente e dentro da bacia do Rio Descoberto (Figura 13).

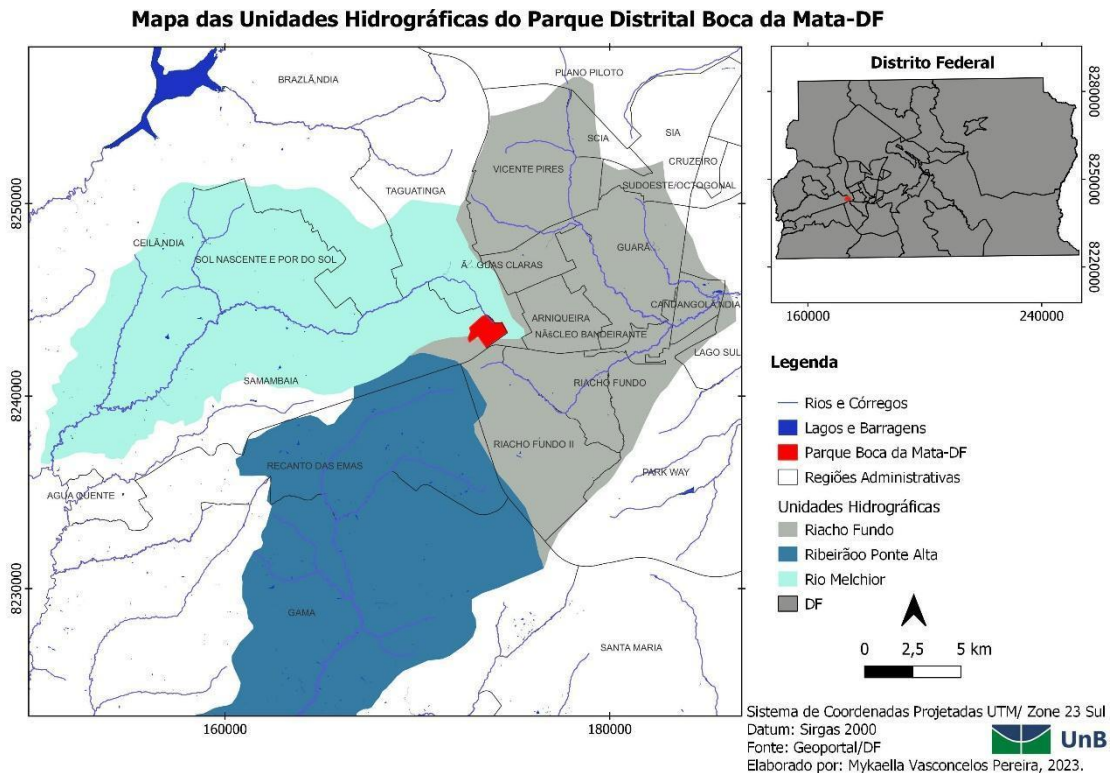
Figura 13 – Mapa das Bacias Hidrográficas do Distrito Federal.



Fonte: CODEPLAN, 2023.

Dentro das as Unidades Hidrográficas do Riacho Fundo e do Rio Melchior, quando considerada a Zona de Amortecimento do Parque, abrange, ainda, a Unidade Hidrográfica Ribeirão Ponte Alta, todas inseridas na região hidrográfica da bacia do Paraná (Figura 14).

Figura 14 – Mapa das Unidades Hidrográficas do Parque Distrital Boca da Mata-DF.



Fonte: Geoportal/DF, 2023.

O rio Melchior nasce no sul da Região Administrativa de Taguatinga-DF, na cota 1.200m, no sentido Oeste, entre as cidades de Ceilândia e Samambaia-DF, apresentando uma área de drenagem de 213 km², recebendo dos córregos Guariroba ou Coruja e Salta Fogo, até finalmente encontra a sua foz no rio Descoberto. Por isso, a importância da preservação das nascentes, como a do Córrego Taguatinga no interior do parque, que demonstra ser o principal afluente dos recursos hídricos superficiais na área em estudo.

Entretanto, há grandes impactos da urbanização sobre esses recursos hídricos, altamente degradada (Figuras 15), devido a rede de infraestruturas e atividades antrópicas, com erosão no leito do rio, assoreamento do córrego, pelo aumento do escoamento superficial e usos indevidos, além da grande quantidade de resíduos sólidos na margem da nascente do córrego. Nota-se a péssima qualidade da água devido aos lançamentos de esgoto dos setores de Taguatinga-DF, que possuem características de um canal de esgoto a céu aberto, no qual, é necessário análises e verificação do sistema de tratamento de esgotos (ETE Melchior). Sendo assim, o estudo engloba esse aprofundamento sobre os recursos hídricos superficiais e

subterrâneos integrados, para evitar possíveis colapsos na bacia, considerando também, a influência da outorga de direitos de uso da região.

Figura 15 - Impactos Ambientais no Parque Distrital Boca da Mata.



Fonte: Acervo pessoal de fotos, 2023.

4.1.6 COBERTURA VEGETAL

De acordo com a classificação de Ribeiro e Walter (2008), quatro tipos fitofisionômicos podem ser identificados no Parque Distrital Boca da Mata, no DF: Mata de Galeria, Cerrado Sentido Restrito Ralo, Campo Limpo com Murundus e Campo Sujo, todos com algum grau de alteração. A Mata de Galeria é caracterizada pela predominância de uma vegetação florestal, de grande porte, com um estrato arbóreo que varia em altura média de 20 a 30 metros (Figura 16), formando corredores fechados conhecidos como galerias ao longo dos cursos de água (Ribeiro e Walter, 2008).

Figuras 16 - Mata de Galeria do Parque Distrital Boca da Mata.



Fonte: Acervo pessoal de fotos, 2023.

Já o Cerrado Sentido Restrito Ralo, se caracteriza pela presença de árvores de baixa estatura, com troncos inclinados, ramificações irregulares e retorcidas, conforme descrito por Ribeiro e Walter (2008). Essa fitofisionomia apresenta uma cobertura arbórea que varia de 5% a 20% e uma altura média das árvores de 2m a 3m (Figura 17). O Cerrado Ralo representa a forma mais baixa e menos densa do Cerrado Sentido Restrito, com o estrato arbustivo herbáceo sendo particularmente proeminente, especialmente devido à abundante cobertura de gramíneas (Ribeiro e Walter, 2008).

Figura 17 - Cerrado Sentido Restrito Ralo do Parque Distrital Boca da Mata.



Fonte: Acervo de fotos pessoal, 2023.

O Campo Sujo é uma fitofisionomia que consiste exclusivamente de arbustos e plantas herbáceas, com arbustos e subarbustos dispersos (Figura 18). Muitas vezes, essas plantas são compostas por indivíduos menos desenvolvidos das espécies arbóreas presentes no Cerrado Sentido Restrito (Ribeiro e Walter, 2008).

Figura 18 - Campo Sujo do Parque Distrital Boca da Mata.



Fonte: Acervo pessoal de fotos, 2023.

O estudo focado no Campo Limpo com Murundus caracteriza por elevações convexas e a formação do montículo, uma cobertura vegetal semelhante à de Cerrado Sentido Restrito Ralo e a flora hidrófila adaptada ao alagamento e tolerantes à saturação de água (Figura 19 e 20), considerado como uma área úmida (Ribeiro e Walter, 2008; Oliveira Filho, 1992; Baptista *et al*, 2013).

Figura 19 - Campo Limpo com Murundus do Parque Distrital Boca da Mata com o afloramento de água.



Fonte: Acervo pessoal de fotos, 2023.

Figura 20 - Campo Limpo com Murundus do Parque Distrital Boca da Mata.



Fonte: Acervo pessoal de fotos, 2023.

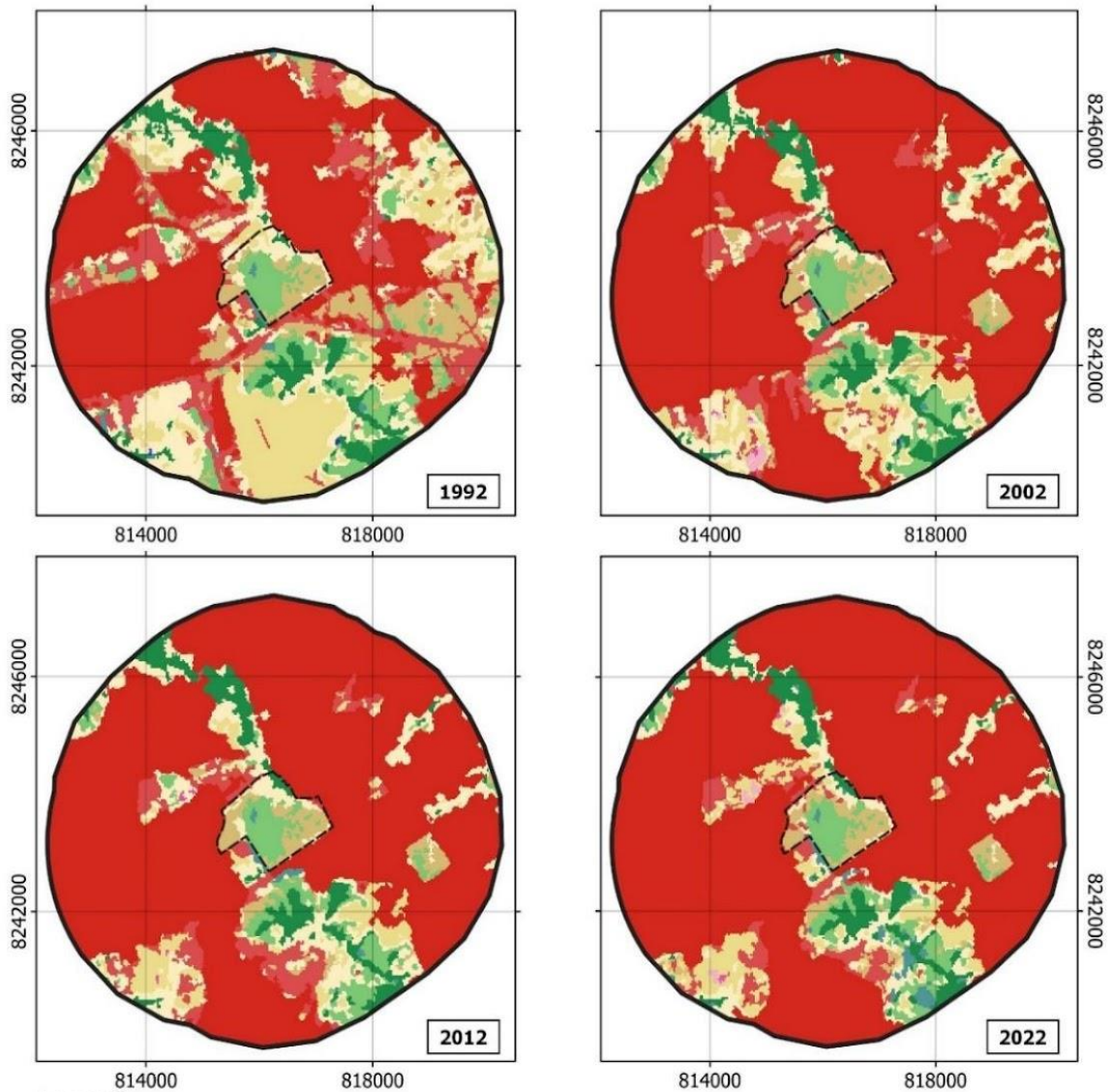
Todas as fitofisionomias do parque estão com alteração, com presença de espécies invasoras e efeito de borda.

4.2 ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA NO ENTORNO DO PARQUE

A análise do uso e cobertura da terra na Zona de Amortecimento, área de 3 (três) quilômetros no entorno do parque, identificou 11 (onze) classes, com o destaque da vegetação natural *versus* a área urbanizada (Figura 21).

Figura 21 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo entre 1992 e 2022 no entorno do Parque Distrital Boca da Mata- DF.

Uso e Cobertura do Solo entre 1992 a 2022 no entorno do Parque Distrital Boca da Mata-DF



Legenda

Uso e Cobertura do Solo

- Formação Florestal
- Formação Savânica
- Campo Alagado e Pantanosa
- Formação Campestre
- Pastagem
- Mosaico de Usos
- Área urbanizada
- Outras Áreas não Vegetadas
- Rio, Lago e Oceano
- Soja
- Outras Lavouras Temporárias

Fonte: Mapbiomas, 1992, 2002, 2012, 2022.

- Zona de amortecimento de 3 km
- Parque Distrital Boca da Mata-DF



Sistema de Coordenadas Projetadas UTM Zone 22 Sul

Datum: SIRGAS 2000

Fonte: MapBiomas de 1992, 2002, 2012, 2022

Elaborado por: Mykaella Vasconcelos Pereira

Em relação ao mapeamento de uso e cobertura é notável a predominância da cor vermelha que representa toda a área urbanizada nesta região. A análise multitemporal demonstrou a dinâmica de degradação, com a vegetação nativa sendo substituída pela Área Urbanizada.

Nesse sentido, na Tabela 2 pode-se observar que a área urbana representava 38,76% do território em 1992, enquanto a formação campestre correspondia a 8,42%. No entanto, um marcante aumento é evidenciado no ano de 2002, com a área urbana abrangendo 60,21% ao passo que a formação campestre sofreu uma retração de 3,25%.

Tabela 2 - Comparação da área do Uso e Cobertura do Solo dos anos no entorno do Parque Distrital Boca da Mata- DF.

Classe	Área em por cento (%) em 1992	Área em por cento (%) em 2002	Área em por cento (%) em 2012	Área em por cento (%) em 2022
Formação Florestal	4,89%	4,58%	4,61%	4,63%
Formação Savânica	6,60%	4,28%	4,89%	4,05%
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,45%	0,29%	0,31%	1,07%
Formação Campestre	8,42%	3,25%	2,84%	2,97%
Pastagem	12,07%	6,51%	3,71%	5,89%
Mosaico de Usos	15,71%	9,50%	9,79%	6,60%
Área Urbanizada	38,76%	60,21%	68,42%	70,24%
Outras Áreas não Vegetadas	13,03%	5,53%	5,36%	4,26%
Rio, Lago e Oceano	0,04%	5,53%	0,00%	--
Soja	--	0,23%	--	0,22%
Outras Lavouras Temporárias	0,02%	0,09%	0,07%	0,07%

Fonte: MapBiomias, 1992, 2002, 2012 e 2022.

À medida que avançamos para 2012, a área de formação campestre diminuiu ainda mais, atingindo 2,84%, enquanto a área urbana continuou sua expansão, alcançando 68,42%, chegando a 70,24% em 2022.

É possível observar a classe de áreas de Campo Alagado e Área Pantanosa

apresentaram uma redução ao longo dos anos, passando de 0,45% em 1992 para 0,29% em 2002, 0,31% em 2012 e, posteriormente, aumentando para 1,07% em 2022. Um fator que pode contribuir para a variação nessa classe ao longo dos anos é a intervenção humana no ambiente. A redução inicial dessas áreas pode estar associada ao desmatamento, drenagem de terrenos para atividades agrícolas ou urbanização, o que muitas vezes resulta na perda de áreas úmidas. E em relação à Formação Savânica, que representava 6,60% em 1992, essa teve uma diminuição, chegando a 4,05% em 2022, sinalizando uma perda de vegetação nativa do bioma Cerrado.

E as áreas de Pastagem diminuíram de 12,07% em 1992 para 5,89% em 2022, enquanto a classe de Outras Áreas não Vegetadas declinou de 13,03% em 1992 para 4,26% em 2022. Esses dados revelam mudanças significativas no uso da terra ao longo do período analisado.

A síntese ao longo dos anos mostra a transição entre 1992 e 2022 entre cada classe, onde expressa um significativo crescimento urbano a partir de 2002, em detrimento dos avanços no desenvolvimento urbano, como infraestrutura, transporte e a expansão de regiões administrativas, com ligações a questões políticas e econômicas. O que influencia no alto crescimento populacional e urbano.

É indiscutível a forma que consolidou o processo da área e entorno do Parque Distrital Boca da Mata, de maneira acelerada e intensificada, deixando muitas vezes o solo exposto e a falta da vegetação do cerrado brasileiro, tornando clara a preferência pelo desenvolvimento urbano. E enfatiza a preocupação da ação do ser humano sobre os recursos naturais e hídricos.

Essas atividades antrópicas proporcionam alterações em quase todas as classes, que intensificar o desmatamento, queimada, escassez de água e despejo de esgoto, impactos na flora e fauna do bioma, evolução da agricultura, pastagem e lavouras temporária, pela superioridade da classe Área Urbanizada, sendo o principal responsável pelo desenvolvimento e degradação.

Além disso, com base nos dados disponíveis no GeoPortal (SEAGRI, CODHAB e SEDUH), nas proximidades do parque, na ZA, é possível observar a existência de lotes implantados atualmente. Destaca-se o lote do Instituto Federal de Brasília (IFB) - Campus Samambaia e o CEF 05 de Taguatinga- DF, bem como outros lotes registrados pertencentes aos setores, que incluem oficinas em Taguatinga e áreas residenciais em Samambaia e, algumas principais vias, como a Estrada Parque

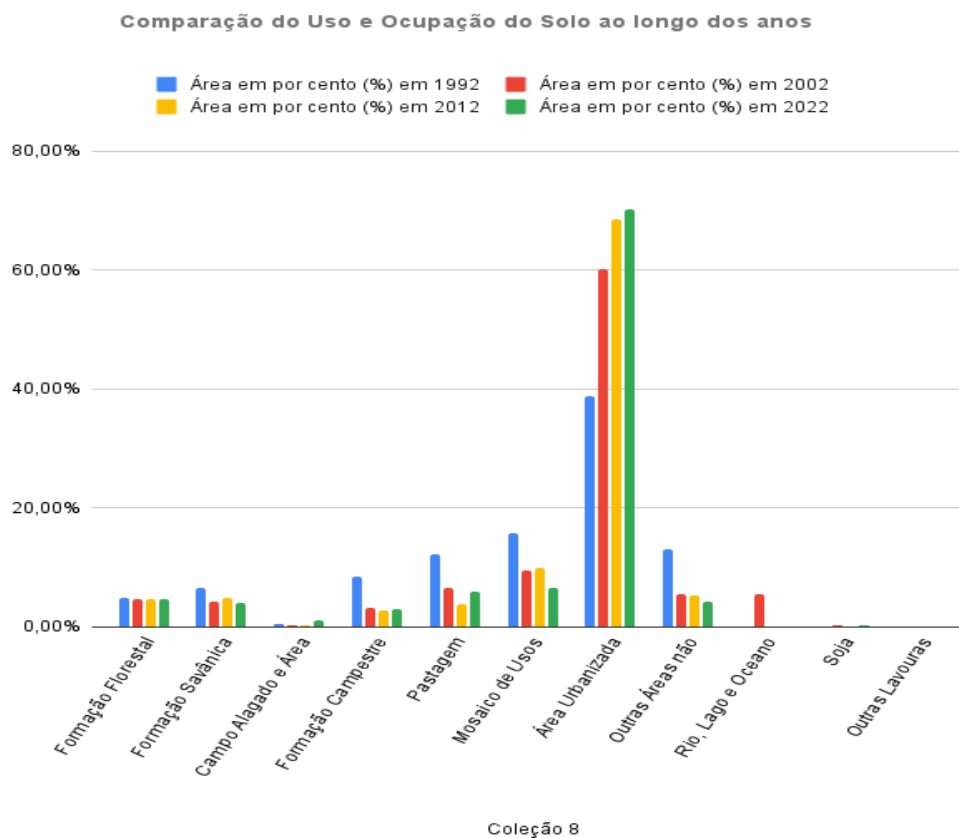
Núcleo Bandeirante (EPNB) e a via da Boca da Mata que se certa forma é muito significativa para um dos objetivos do trabalho.

Cabe destacar os menores números de Rio, Lago e Oceano na região intensificado pela pressão antrópica que foi evidenciado pelo crescimento urbano, estando intimamente ligado à vegetação nativa na área de estudo. Essa região é considerada de alto risco socioambiental já que é nítido a identificação de diversos impactos e degradações ambientais, sujeitas a ações antrópicas e de alto contraste natural, que influencia na nascente e na dinâmica ecológica do parque. E de acordo com Silva *et al.*, (2021), as modificações causadas pelo ser humano nos ecossistemas, desencadeiam diversas formas de degradação, que por sua vez, esses ecossistemas são compostos por serviços ambientais, hídrico, climático e alimentar. Então surge a necessidade da educação ambiental, o processo de desenvolvimento social e sustentável para o equilíbrio de áreas como está.

A classe de áreas de Campo Alagado e Área Pantanosa é extremamente sensível e essencial para a manutenção do parque e se acentuarem, mesmo que em pequenas proporções, causarão grandes prejuízos para o meio ambiente e para a bacia hidrográfica, pela importância da rede de drenagem ligados a nascente do Córrego Taguatinga que alimenta a Unidade Hidrográfica do Rio Melchior. E também, para a manutenção da classe de vegetação nativa, entre elas, a fitofisionomia de Mata de Galeria, que mesmo por leis e medidas de preservação e conservação são diretamente afetadas por ocupações irregulares e desmatamento, em geral, desequilibra o ambiente.

Assim, como pode ser visualizado no gráfico 1, as ações antrópicas dominam os comportamentos da região sobre os recursos naturais, o que gera o esgotamento de magnitude elevada ao parque e causa problemas consideráveis para o ser humano também. A falta de preservação, monitoramento e controle deixa essas áreas ainda mais vulneráveis e sendo facilmente substituídas. Consequentemente, estudos, zoneamento ambiental, o manejo e avaliações devem ser constantemente monitorados e identificados já que são ferramentas essenciais de gestão ambiental e que garante a preservação desses recursos naturais de forma significativa.

Gráfico 1 - Comparação em por cento de todas as áreas do Uso e Cobertura do Solo dos anos no entorno do Parque Distrital Boca da Mata- DF



Fonte: MapBiomias, 1992, 2002, 2012 e 2022.

4.3 ANÁLISE DA ÁREA ÚMIDA POR MEIO DO NDWI

Considerando a série multitemporal do NDWI na área de estudo com intervalos de 10 anos, de 1992 a 2022, da média do período do seco e do período chuvoso. Sendo verificados valores negativos em todas as imagens, o que corresponde à presença de solo úmido e não a reflectância da água diretamente. Portanto, todos os valores avaliados serão sempre negativos.

Nesse sentido, na Tabela 3 observa-se que o período chuvoso tem seus maiores valores variando entre -0,126657 e -0,148565, respectivamente, e os menores valores variando entre -0,267547 e -0,315148 (Figura 23, E a H)

Tabela 3 – NDWI do período chuvoso no Campo Limpo Úmido com Murundus no Parque Distrital Boca da Mata- DF.

Anos	Mínimo	Máximo	Média
1992	-0,267547	-0,126657	-0,197102
2002	-0,300189	-0,175357	-0,237773
2012	-0,309275	-0,161708	-0,2354915
2022	-0,315148	-0,148565	-0,2318565

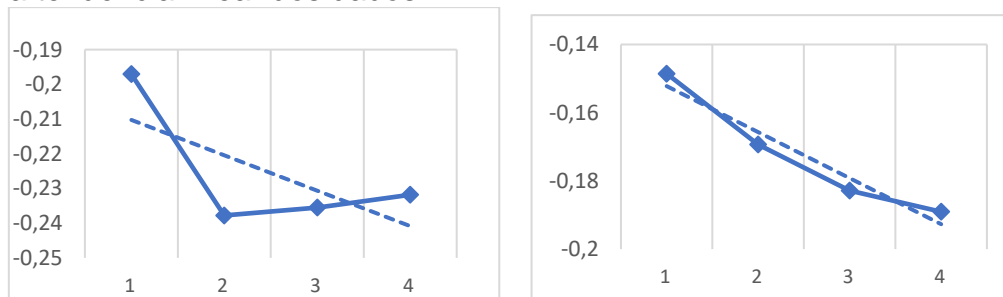
O período da seca teve seus dados máximos variando entre -0,072950 e -0,103539 (anos de 2002 e 2022, respectivamente). E com menores valores variando de -0,205803 e -0,283137, Tabela 4.

Tabela 4 - NDWI do período seca no Campo Limpo Úmido com Murundus no Parque Distrital Boca da Mata- DF.

Anos	Mínimo	Máximo	Média
1992	-0,205803	-0,091314	-0,1485585
2002	-0,265778	-0,07295	-0,169364
2012	-0,262177	-0,103539	-0,182858
2022	-0,283137	-0,094976	-0,1890565

Pelas tabelas nota-se que os valores, no geral, têm uma forte tendência de aumento ao longo dos anos (Gráfico 2). Apesar disso, os valores máximos no período seco se mantêm muito próximos na média.

Gráfico 2 – Média do NDWI no período chuvoso e seco. A linha tracejada representa a tendência linear dos dados.



Os resultados do Coeficiente de Correlação de Pearson demonstram claramente a relação entre a Área urbanizada e a umidade do solo no Campo Limpo Úmido com Murundus. A análise do período seco utilizando a média do NDWI e a área da classe Área Urbana retornou um r de -0,9114 e do período chuvoso o valor é de -0,9842, demonstrando que a correlação entre as duas variáveis é inversamente muito forte. Ou seja, quanto maior a área urbana, menor o NDWI (mais seca é a área) tanto no período chuvoso quanto no período seco - Tabela 5.

Tabela 5 – Coeficiente de Correlação de Pearson do período seco e chuvoso no Campo Limpo Úmido com Murundus no Parque Distrital Boca da Mata- DF.

Ano	Área urbana (ha)	Média NDWI Chuva	Média NDWI Seca
1992	0,3876	-0,154062	-0,197102
2002	0,6021	-0,135849	-0,237773
2012	0,6842	-0,139543	-0,2354915
2022	0,7024	-0,133142	-0,2318565
	r	-0,9114	-0,9842

4.4 MONITORAMENTO DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO

O poço foi construído com uma profundidade de 4 metros, com presença de água a partir dos 3,64 metros de profundidade, com horizonte C detectado, marcando o início do saprólito, em 2,6m.

O nível tão profundo do lençol freático em um Organossolo (Figura 22), que deveria ser aflorante, mesmo em setembro, deve ser avaliado posteriormente em maior detalhe, mas esse resultado já corrobora a hipótese da influência importante da urbanização na presença de água no sistema. O nível ainda está em monitoramento e os dados serão analisados.

Figura 22 – Horizonte H do Organossolo no local de perfuração do poço.



O monitoramento quinzenal do lençol freático, apesar de ser ainda inicial, demonstra que desde setembro de 2023 o nível teve rebaixamento, com início de aumento na última verificação ocorrida no dia 01/12/2023, em função do início do período chuvoso, como demonstra a Tabela 6.

Tabela 6 – Dados do nível do lençol freático no Parque Distrital Boca da Mata.

Dados coletados da altura do lençol freático		
1	17/09/2023	2,66 m
2	02/10/2023	2,73 m
3	17/10/2023	2,85 m
4	01/11/2023	2,92m
5	16/11/2023	3,04m
6	01/12/2023	2,92m

O ano hidrológico do DF é marcado por período seco que vai até outubro aproximadamente, como observado nos dados anteriores referente à precipitação (setembro - 48,3 mm, outubro, 116,9 mm, novembro - 209,2 mm e dezembro - 275,3 mm), refletindo no comportamento altura do lençol freático. Apesar do começo das chuvas por volta de outubro (e em 2023 esse início foi um pouco tardio), há um retardo entre o início e regularização as chuvas e a elevação do nível d'água do aquíferos freático.

É importante que se mantenha o monitoramento do nível para uma análise mais aprofundada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Parque Distrital Boca da Mata-DF, no contexto de unidade de conservação, ainda é uma área muito vulnerável e sensível para a região. O diagnóstico do meio físico revela grandes impactos e degradação ambiental.

Em relação aos percentuais elevados de Área Urbanizada do mapeamento de uso e cobertura do solo é evidente a pressão antrópica sobre esses recursos naturais e os recursos hídricos, sendo corroborado pelos valores do NDWI ao longo do tempo, que demonstrou a relação entre a umidade do solo e urbanização nas áreas úmidas. Mas vale destacar que uma imagem de satélite com melhor resolução espacial traria maior precisão aos resultados do índice.

Em relação ao monitoramento do lençol freático, deve-se dar continuidade, uma vez que foi demonstrado aqui um curto período do ciclo hidrológico. Além disso, é importante avaliar em conjunto o contexto de um nível tão profundo em área de Organossolos.

A poligonal do PDBM representa uma ampla área de descarga das águas que antigamente infiltravam nos latossolos nas áreas de cerrados adjacentes. Com a urbanização e conseqüente impermeabilização, a maior parte da recarga é interceptada pela rede de drenagem pluvial. Assim, as águas atualmente são lançadas em pontos de receptação de excedentes pluviais e não se infiltram, resultando no rebaixamento do nível freático e diminuição da disponibilidade hídrica na área úmida.

Este é um dos impactos mais críticos aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, causando picos de enchentes nas drenagens urbanas e diminuição das vazões nos períodos secos. As áreas úmidas sofrem rebaixamento dos níveis de saturação, causando mudança da vegetação, diminuição da descarga para os cursos superficiais e mudança nas características pedogênicas.

Os resultados do estudo podem subsidiar o planejamento ambiental adequado do parque, inclusive pela reformulação do seu Plano de Manejo. Além disso, pode-se verificar a necessidade de uma movimentação e integração dos agentes públicos e sociedade civil, que é capaz de impactar diretamente na qualidade de vida e ecológica do parque e da população em seu entorno, promovendo a manutenção do Campo Limpo úmido com Murundus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, Tauana Ramthum. **Paisagem e urbanização: Relacionando Brasília ao Cerrado**, 2019.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Águas. 2005. 134 p.
- ARAUJO NETO, M. Diniz et al. **The murundus of the cerrado region of Central Brazil**. Journal of Tropical Ecology, v. 2, n. 1, 1986. 17-35 p.
- ARAÚJO NETO, M.D. **Solos, água e relevo dos campos de murundus na Fazenda Águas Limpas, Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Departamento de Biologia Vegetal, Universidade de Brasília, Brasília, 1981.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13895: Construção de poços de monitoramento e amostragem**. Rio de Janeiro, 1997.
- BANDEIRA, Michele da Silva Ferreira *et al.* **Impactos ambientais de rios com nascentes em unidade de conservação: avaliação preliminar dos rios Mutari e Jardim, Santa Cruz Cabralia, Bahia**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 8, n. 3, 2019. 389-417 p.
- BAPTISTA, G. M. M. CORRÊA, R. S.; SANTOS, P. F. **Campos de Murundus da Fazenda Água Limpa da UnB: hipóteses de origem**. Revista do CEAM, v.2, n.1, 2013. 47-60 p.
- BERHANE, T. M.; LANE, C. R.; WU, Q.; AUTREY, B. C.; ANENKHOVOC, O. A.;

- CHEPINOGA, V. V.; LIU, H. **Decision-Tree, Rule-Based, and Random Forest Classification of High-Resolution Multispectral Imagery for Wetland Mapping and Inventory**. *Remote Sens.*, v. 10, 2018. 560-580 p.
- BRASIL. **Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000**. Instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 10 out. 2023.
- BRENNER, V. C.; GUASSELLI, Laurindo Antônio. **Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS–Brasil**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, v. 25, 2015.
- BROCHADO, Maria Luíza Corrêa. **Análise de cenário de desmatamento para o Estado de Goiás**. 2014.
- CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M., DAVIS, C. **Geoprocessamento: teoria e aplicações**. S. J. Campos: INPE, 2001. Disponível em:. Acesso em: 10 jaun. 2023.
- CAMARGO, Flávio Fortes et al. **Análise multitemporal da evolução urbana e sua influência na modificação do campo térmico na Região Metropolitana de São Paulo para os anos de 1985, 1993 e 2003**. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2007. 5127-5134. p.
- CAMPBELL, J. B.; WYNNE, R. H. **Introduction to remote sensing**. [S.l.]: Guilford Press, 2011.
- CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H.; DARDENNE, M. A. **Sobre a ocorrência de conglomerados da Formação Abaeté, Eocretáceo da Bacia Sanfranciscana, na região do Distrito Federal, Brasil**. V Simp. Bras. Geol. do Cretáceo. Águas de São Pedro-SP. Boletim de resumos expandidos, 1999. 339-343 p.
- CAMPOS, José Eloi Guimarães. **Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos**. *Brazilian Journal of Geology*, v. 34, n. 1, 2004. 41-48 p.
- CARDOSO, Murilo Raphael Dias et al. **Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal**. 2014.
- CARVALHO, José Camapum de. **Ecosistemas em áreas urbanas, periurbanas e rurais: uma análise com o olhar voltado para o Distrito Federal**, 2022.
- CLAESSEN, Marie Elisabeth Christine et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997.
- CLIMATEMPO, n.d. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Samambaia-DF**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/5357/samambaia-df>. Acesso em: 30 out. 2023.
- CODEPLAN, Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios – PDAD 2020**. Brasília, 2020. 31p.
- COSTA, L. J.; MOURA, R. G.; OLIVEIRA, J. M. **Análise multitemporal das mudanças do uso do solo ocorridas entre os anos 1986 e 2010 na bacia do**

- rio dos Sinos–Rio Grande Sul–Brasil. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR**, v. 16, 2013. 7438-7444 p.
- DATO, Jackeline dos Santos et al. **Uma contribuição para a gestão ambiental da ARIE Parque Juscelino Kubitschek**. 2006.
- DISTRITO FEDERAL, Governo. **Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal Instituto Brasília Ambiental (IBRAM)**. Guia de Unidades de Conservação do Distrito Federal. Brasília, DF: IBRAM, 2016.
- EMBRAPA. **Sistema de Classificação Brasileiro de Solos**. 5. ed. Brasília/DF, 2018.
- FALCÃO, Oskela Karla Reis, et al. Inovação e Sustentabilidade: O caso da castanha de cumbaru do Assentamento Andalucia em Mato grosso do Sul. **Anais do encontro Internacional sobre Gestão Ambiental e Meio Ambiente (XXI ENGEMA)**. USP: São Paulo, 2019.
- FERNANDES, P.A.; PESSÔA, V.L.S. **O Cerrado e Suas Atividades Impactantes: Uma Leitura Sobre o Garimpo, a Mineração e a Agricultura Mecanizada**. Revista Eletrônica de Geografia, v.3, n.7, out. 2011. 19-37 p.
- Florenzano, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficinas de textos. São Paulo, 2007.
- FURLEY, P. A. **Classification and distribution of murundus in the Cerrado of central Brazil**. Journal of Biogeography, v.13, n.31986. 265-268 p.
- FURTADO, L. F. A.; SILVA, T. S. F.; NOVO, E. M. L. M. **Dual-season and full-polarimetric C band SAR assessment for vegetation mapping in the Amazon várzea wetlands**. Remote Sens Environ, v. 174, 2016. 212-222 p.
- FRANCO, Gustavo Barreto. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na Bacia do Rio Almada Bahia**. 2010.
- GAO, B. C. NDWI – A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, New York, v. 58, p. 257-266, 1996.
- GRANZIERA, Maria Luiza Machado, et al. Direito ambiental internacional. Conservação dos espaços e da biodiversidade. Convenção RAMSAR. **CONPEDI. INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW. BIODIVERSITY AND SPACE CONSERVATION. RAMSAR TREATY**, 2007.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.
- Instrução **Normativa no 36, de 26/11/2020**. Disponível em: <http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/5abb8f37659c46f5b88f70e70d386a29/ibram_int_36_/2020.html>. Acesso em: 05 ago. 2023.
- JESUS, Marília Santos de. **ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DAS TERRAS NO MUNICÍPIO DE RIACHÃO DO JACUIPE**. Anais dos Seminários de Iniciação Científica, n. 24, 2020.
- KAPLAN, G.; AVDAN, U. **Mapping and Monitoring Wetlands using Sentinel-2 Satellite Imagery**. In: Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS. Safranbolu. Anais... Safranbolu: ISPRS, 2017. 271-277 p.

- KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. **A conservação do Cerrado brasileiro.** Megadiversidade, v. 1, n. 1, 2005. 147-155 p.
- LEITE, Lais Mascarenhas Sacchetto Nunes. **Implementação e efetividade da convenção de Ramsar como ferramenta de conservação ambiental no mundo e no Brasil.** 2018.
- Lerry, W. S. (2019). **Landsat 7 Destripes.** Disponível em: https://lerryws.xyz/posts/Landsat-7_destripe.
- LIMA, Thyego Pery Monteiro; CORRÊA, Rodrigo Studart. **Ocorrência de campos de murundus na paisagem do cerrado do Distrito Federal.** Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 12, n. 9, 2021. 536-546 p.
- MAPBIOMAS. **O Projeto.** [S. l.], 2022. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/o-projeto>>. Acesso em: 10 set. 2023.
- MARTINS, Éder de Souza et al. **Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Ribeirão.** Taguatinga, Distrito Federal, escala 1: 25.000. 2004.
- MATHEWS, A. G. et al. **Studies on termites from the Mato Grosso state, Brazil.** No Title, 1977.
- MCFEETERS, Stuart K. **The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI).** in the delineation of open water features. International journal of remote sensing, v. 17, n. 7, 1996. 1425-1432 p.
- MELLO, Rafael Machado; CASTRO, C. M. **Exploração de água subterrânea no Distrito Federal. Gestão por sistema hidrogeológico.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XIX, 2011. 1-18 p.
- MEMON, A.A.; Muhammad, S.; Rahman, S. & Haq, M. 2015. **Flood monitoring and damage assessment using water indices: A case study of Pakistan lood-** The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 2012. 99-106 p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, n.d. **A Convenção de Ramsar.** Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/areas-umidas/a-convencao-de-ramsar-1>>. Acesso em: 27 out. 2023.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, n.d. **Bioma Cerrado.** Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>>. Acesso em: 30 de out. 2023.
- MOREIRA, Vinícius Borges, et al. **MORFOGÊNESE DE MICRORRELEVOS SIMILARES A MURUNDUS NA PAISAGEM,** 2021.
- OLIVEIRA FILHO, A. T. **Floodplain "murundus" of central Brazil:** evidence for the termite-origin hypothesis. Journal of Tropical Ecology, v.8, n.1, 1992. 1-19 p.
- OLIVEIRA, L. C. DE; PEREIRA, R.; VIEIRA, J. R. G. **Análise da degradação ambiental da mata ciliar em um trecho do rio Maxaranguape, RN:** Uma contribuição à gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte - Brasil. Holos Environment, v.5, 2011. 49-66 p.
- PARANHOS, Ranulfo et al. **Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson:** o retorno. Leviathan (São Paulo), n. 8, 2014. 66-95 p.
- PAULINO, H. B. et al. **Campos de Murundus: gênese, paisagem, importância ambiental e impacto da agricultura nos atributos dos solos.** Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 9, 2015.

172-211 p.

- PEREIRA, J. A. V. et al. **Uso e cobertura do solo e comparação entre os índices de vegetação SAVI e NDWI na área de proteção ambiental das Onças, Paraíba, Brasil.** Revista de Geografia (Recife), v. 37, n. 2, 2020.
- PEREIRA, Luciana Escalante et al. **Análise comparativa entre métodos de Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) em área úmida continental.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 41, n. 2018. 654-662 p.
- PIEIDADE, Maria Teresa Fernandez et al. **As áreas úmidas no âmbito do Código Florestal brasileiro.** Código Florestal e a Ciência: O que nossos legisladores ainda precisam saber., 2012. 9 p.
- PIO, Fernanda Paula Bicalho; VIEIRA, Eliane Maria. **DETECÇÃO DAS ÁREAS ÚMIDAS NA BACIA DO RIO PIRACICABA-MG, EMPREGANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO.** 2019.
- PONCE, Victor M.; DA CUNHA, Catia N. **Vegetated earthmounds in Tropical Savannas of Central Brazil: A synthesis: With special reference to the Pantanal do Mato Grosso.** Journal of Biogeography, 1993. 219-225 p.
- REATTO, Adriana et al. **Mapa pedológico digital-SIG atualizado do Distrito Federal escala 1: 100.000 e uma síntese do texto explicativo.** 2004.
- RIBEIRO, Bárbara Maria Giacom. **Modelagem socioambiental de resíduos sólidos em áreas urbanas degradadas: aplicação na Bacia Mãe d'Água, Viamão, RS.** 2017.
- RIBEIRO, J. F & Walter, B. M. T. **AS PRINCIPAIS FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO.** In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora, v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008. 876 p.
- RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. **Fitofisionomias do bioma Cerrado.** 1998.
- RODRIGUES, Wendel Barbosa; DE MORAIS, Fernando; PASCHOAL, Leticia Giuliana. **Índice de diferença normalizada da água (NDWI) calculado para estações chuvosas e secas na bacia do Córrego Barreiro, Lagoa da Confusão–TO.** Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 12017. 254-263 p.
- ROLLS, R. J.; HEINO, J.; RYDER, D. S.; CHESSMAN, B. C.; GROWNS, I. O.; THOMPSON, R. M.; GIDO, K. B. Biol. **Scaling biodiversity responses to hydrological regimes.** Biological Reviews, v. 93, n. 2, 2018. 971-995 p.
- ROSA, Roberto. **Geotecnologias na geografia aplicada.** Revista do Departamento de Geografia, v. 16, 2005. 81-90 p.
- RSI, Research Systems, Inc. **ENVI 4.7.** Pearl East Circle Boulder, USA, 2004.
- RSI, Research Systems, Inc. **ENVI 5.2.** Pearl East Circle Boulder, USA, 2022.
- SALT. **Plano de Manejo da Área do Parque Distrital Boca da Mata.** 2020.
- SANTOS, Luiz Rafael Pereira dos. **Avaliação da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Jacobina-BA.** 2021.
- SANTOS, Sandra Lima dos. **A Integração entre gestão das águas e uso do solo: o zoneamento ambiental como instrumento de interface no planejamento de**

- bacias hidrográficas. 2021.
- SCHUCH, Camila Santos. **Influências urbana, industrial e climática na superexploração do aquífero cárstico no município de Sete Lagoas (MG).** 2022.
- SERRANO, J; SHAHIDIAN, S; SILVA, J. M. **Evaluation of Normalized Difference Water Index as a Tool for Monitoring Pasture Seasonal and Inter-Annual Variability.** In a Mediterranean Agro-Silvo-Pastoral System. *Water*, v. 11, n. 1, 2019 62-82 p.
- SILVA, Joelmir Marques et al. **Análise da vegetação de um remanescente de Floresta Atlântica: subsídios para o projeto paisagístico.** *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 9, n. 1, 2021.
- SILVA, Lucas CR et al. **Deciphering earth mound origins in central Brazil.** *Plant and Soil*, v. 336, 2010. 3-14 p.
- Sistema Distrital de Unidades de Conservação. **Lei Complementar nº 827 de 22/07/2010.** Diário Oficial do Distrito Federal n. 141, de 23/7/10, 2010. 1-5 p.
- TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo.** 2017.
- TOZATO, Heloisa Camargo. Gestão de áreas protegidas no Brasil: instrumentos de monitoramento da biodiversidade nos sítios Ramsar. **Revista Gestão & Políticas Públicas**, v. 7, n. 2, p. 147-169, 2017.
- VASCONCELOS, M. B. **POÇOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: REVISÃO DE CONCEITOS E PROPOSTA DE NOMENCLATURA.** *Águas Subterrâneas*. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28288>, 2015>. Acesso em: 15 out. 2023.
- WEISSHEIMER, Cristine. **A Degradação ambiental no Arroio Grande**, Nova Hartz, RS. 2007.
- WU, Q.; LANE, C. R. **Delineating wetland catchments and modeling hydrologic connectivity using lidar data and aerial imagery,** *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 2017.
- XIE, Z.; LIU, Z.; JONES, J. W.; HIGERR, A. L.; TELIS, P. A. **Landscape unit based digital elevation model development for the freshwater wetlands within the Arthur C. Marshall Loxahatchee National Wildlife Refuge, Southeastern Florida.** *Applied Geography*, v. 31, 2011. 401-412 p.
- ZAKRZEWSKI, Sônia Balvedi. **Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares.** Erechim, RS: EdiFapes, 2007.