



**Universidade de Brasília**

**Faculdade UnB Planaltina**

**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

**AVALIAÇÃO DE PROCESSOS DE FORMAÇÃO DE CAMPOS DE MURUNDUS  
NO DISTRITO FEDERAL POR MEIO DA ANÁLISE DE ELEMENTOS DA  
PAISAGEM**

**THYEGO PERY MONTEIRO DE LIMA**

**Planaltina – DF  
Dezembro/2023**

**THYEGO PERY MONTEIRO DE LIMA**

**Tese de Doutorado**

**AVALIAÇÃO DE PROCESSOS DE FORMAÇÃO DE CAMPOS DE MURUNDUS  
NO DISTRITO FEDERAL POR MEIO DA ANÁLISE DE ELEMENTOS DA  
PAISAGEM**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Ambientais.

Linha de Pesquisa: Manejo e Conservação dos Recursos Naturais

Orientador: Prof. Rodrigo Studart Corrêa

**Planaltina – DF  
Dezembro/2023**

## Ficha catalográfica

PL732a

Pery Monteiro de Lima, Thyego

Avaliação de processos de formação de Campos de Murundus no Distrito Federal por meio da análise de elementos da paisagem / Thyego Pery Monteiro de Lima; orientador Rodrigo Studart Corrêa. -- Brasília, 2023. 166 p.

Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) -- Universidade de Brasília, 2023.

1. Murundus. 2. Paisagem. 3. Razão de Frequência. 4. Métricas de Paisagem. 5. LiDAR. I. Studart Corrêa, Rodrigo, orient. II. Título.

**AVALIAÇÃO DE PROCESSOS DE FORMAÇÃO DE CAMPOS DE MURUNDUS  
NO DISTRITO FEDERAL POR MEIO DA ANÁLISE DE ELEMENTOS DA  
PAISAGEM**

**THYEGO PERY MONTEIRO DE LIMA**

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
DOUTOR EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

APROVADA POR:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Rodrigo Studart Corrêa – Ph.D. (PPGCA/UnB)

---

Prof. Guilherme Taitson Bueno - D. Sc. (Universidade Federal de Goiás)

---

Prof. Edilson de Souza Bias - D.Sc. (IG/UnB)

---

Felipe Lima Ramos Barbosa - D.Sc. (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do  
Clima)

## Resumo

O Cerrado, bioma que ocorre no Planalto Central do Brasil, ocupa cerca de 24% do território nacional. Aspectos locais, como a topografia e classes de solo, contribuem para formação de um mosaico de quatorze fitofisionomias, sendo uma delas os Campos de Murundus. As hipóteses de formação dos Campos de Murundus são controversas e alguns estudos associam a sua ocorrência a elementos da paisagem. Porém, essa associação ainda não foi investigada sob uma análise mais ampla da paisagem em que ocorrem. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a formação dos Campos de Murundus por meio de métricas da ecologia de paisagens. Para isso, 197 locais de ocorrência de Campos de Murundus no Distrito Federal (DF) foram identificados e mapeados. A associação entre esses ambientes e ordens de solos, unidades geomorfológicas, geologia, declividade e altimetria foi investigada por meio do cálculo de razão de frequência. Empregou-se a técnica de álgebra de mapas para se obter o mapa de ocorrência potencial de Campos de Murundus no DF. As alterações entre 2009 e 2019 do número de Campos de Murundus, área e configuração foram avaliadas por meio de métricas de análise da paisagem. Adicionalmente, as estruturas de quatro Campos de Murundus foram estimadas considerando dados altimétricos provenientes de perfilamento a laser (LiDAR) realizado por meio de aerolevantamento realizado em 2016 pelo Governo do Distrito Federal. As técnicas utilizadas permitiram avaliar a compatibilidade entre as características estruturais e de configuração de Campos de Murundus e as hipóteses existentes para a sua gênese. Os 197 Campos de Murundus estudados se associaram, majoritariamente, a solos hidromórficos, a terrenos com declividade plana a suavemente ondulada, a áreas de platôs e platôs dissecados e altitudes superiores a 1.200 m. Observou-se que, entre 2009 e 2019, houve redução de 993 hectares nos 197 Campos de Murundus estudados. A degradação de alguns Campos de Murundus estudados expõe esses ambientes a um maior efeito de borda. A configuração e as estruturas dos campos investigados refutam a hipótese da ação de térmitas para a sua origem ao mesmo tempo que corroboraram a hipótese da erosão hídrica diferencial como o provável mecanismo responsável por sua gênese.

**Palavras-chave:** Murundus; Paisagem; Razão de Frequência; Métricas de Paisagem; LiDAR.

## **Abstract**

The Cerrado, a biome located in the Central Plateau of Brazil, covers approximately 24% of the national territory. Local factors, such as topography and soil classes, contribute to the formation of a mosaic of fourteen phytophysionomies, one of which is the Earth Mound Fields. The hypotheses regarding the formation of the Earth Mound Fields are controversial, and some studies associate their occurrence with elements of the landscape. However, this association has not yet been investigated through a broader analysis of the landscape in which they occur. Therefore, this study aimed to evaluate the formation of the Earth Mound Fields using landscape ecology metrics. To achieve this, 197 locations of Earth Mound Fields occurrence in the Federal District (DF) were identified and mapped. The association between these environments and soil orders, geomorphological units, geology, slope, and elevation was investigated through frequency ratio calculation. Map algebra technique was employed to obtain the potential occurrence map of Earth Mound Fields in the DF. Changes between 2009 and 2019 in the number, area, and configuration of Earth Mound Fields were assessed using landscape analysis metrics. Additionally, the structures of four Earth Mound Fields were estimated considering altimetric data from laser profiling (LiDAR) conducted through an aerial survey in 2016 by the Government of the Federal District. The techniques used allowed the evaluation of compatibility between the structural and configurational characteristics of Earth Mound Fields and the existing hypotheses for their genesis. The 197 studied Earth Mound Fields were predominantly associated with hydromorphic soils, flat to gently undulating terrains, plateau areas, dissected plateaus, and altitudes above 1,200 m. It was observed that between 2009 and 2019, there was a reduction of 993 hectares in the 197 studied Murundus Fields. The degradation of some studied Earth Mound Fields exposes these environments to a greater edge effect. The configuration and structures of the investigated fields refute the termite action hypothesis for their origin while supporting the hypothesis of differential water erosion as the probable mechanism responsible for their genesis.

**Keywords:** Earth Mounds; Landscape; Frequency Ratio; Landscape Metrics; LiDAR.

## Sumário

Resumo .....	v
Abstract .....	vi
1. Introdução .....	14
2. Objetivos .....	16
2.1. Objetivo geral.....	16
2.2. Objetivos específicos .....	16
3. Referencial teórico .....	17
3.1. Campos de Murundus.....	17
3.2. Gênese dos Campos de Murundus .....	20
3.2.1. Hipótese biótica.....	20
3.2.2. Hipótese abiótica.....	22
3.3. Campos de Murundus e elementos da paisagem.....	25
3.4. Campos de Murundus e estruturas morfológicamente análogas .....	26
3.5. Campo de Murundus da Fazenda Água Limpa (FAL-UnB) .....	29
3.6. Ecologia e estrutura de paisagens.....	33
3.7. Sistemas LiDAR e levantamento topográfico.....	35
4. Materiais e Métodos .....	37
4.1. Caracterização da área de estudo .....	39
4.2. Mapeamento da ocorrência de Campos de Murundus em 2009 .....	40
4.3. Suficiência amostral de Campos de Murundus.....	41
4.4. Mapeamento da ocorrência de Campos de Murundus em 2019 .....	42
4.5. Sistematização dos atributos ambientais associados à ocorrência de Campos de Murundus .....	42
4.6. Associação entre classes de atributos ambientais e a ocorrência de Campos de Murundus .....	46

4.7. Caracterização da configuração de Campos de Murundus .....	48
4.8. Caracterização da estrutura de Campos de Murundus.....	49
4.9. Análise estatística da configuração e da estrutura de Campos de Murundus .....	52
4.10. Análise da variação altimétrica de murundus e da superfície adjacente...	53
5. Resultados e Discussão .....	54
5.1. Mapeamento de Campos de Murundus e suficiência amostral .....	54
5.2. Ocorrência de Campos de Murundus e atributos ambientais .....	61
5.3. Configuração de Campos de Murundus .....	90
5.4. Estrutura de Campos de Murundus .....	95
5.5. Variação altimétrica de murundus e das superfícies adjacentes .....	107
6. Considerações Finais.....	111
7. Referências .....	112
Apêndice A.....	131



## Lista de Figuras

Figura 3.1 – Imagem aérea de Campo de Murundus fotografado durante a construção de Brasília-DF. Fonte: Arquivo Público do Distrito Federal, sem data. .....	18
Figura 3.2 - Ocorrência de Fairy Circles registrada na Namíbia, costa oeste da África austral. Fonte: N. Juergens em Fernandez-Oto et al. (2014).....	28
Figura 3.3 - Campos de Murundus da FAL-UnB estudados por Araújo Neto (1981). Fonte: adaptado de Araújo Neto (1981).....	29
Figura 4. 1 - Fluxograma de materiais e métodos aplicados para análise dos Campos de Murundus no Distrito Federal sob a perspectiva de métricas da ecologia de paisagens.....	38
Figura 4.2 - Localização da área de estudo .....	39
Figura 5.1 - Campos de Murundus identificados no Distrito Federal (DF) e campos selecionados para caracterização por meio de métricas de paisagem. ....	55
Figura 5.2 - Campo de Murundus localizado no Parque Nacional de Brasília. ....	55
Figura 5.3 - Campo de Murundus localizado no Parque Distrital Boca da Mata, Região Administrativa de Taguatinga, DF.....	56
Figura 5.4 - Campo de Murundus localizado no Campus Gama da Universidade de Brasília, Região Administrativa do Gama, DF. ....	57
Figura 5.5 - Campo de Murundus localizado na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília. ....	57
Figura 5.6 – Classes de solos em Campo de Murundus e curvas de nível do terreno. Fonte: adaptado de Reatto et al. (2004). ....	63
Figura 5.7 - Classes de solos em Campo de Murundus e curvas de nível do terreno. Fonte: adaptado de Reatto et al. (2004). ....	64
Figura 5.8 - Classes de solos em Campo de Murundus e curvas de nível do terreno. Fonte: adaptado de Reatto et al. (2004). ....	65

Figura 5.9 - Classes de solos em Campo de Murundus e curvas de nível do terreno. Fonte: adaptado de Reatto et al. (2004). .....	66
Figura 5.10 - Classes de solos em Campo de Murundus (CM_32) e curvas de nível do terreno. Fonte: Autor.....	71
Figura 5.11 - Classes de solos em Campo de Murundus (CM_37) e curvas de nível do terreno. Fonte: Autor.....	72
Figura 5.12 - Laterito vesicular presente no solo entre murundus do Campo de Murundus CM_81.....	73
Figura 5.13 - Amostras de Latossolo Vermelho Amarelo coletadas da superfície entre murundus (campo CM_37). A) camada 0-20 cm. B) camada 20-40 cm. C) camada 40-60 cm. D) camada 60-80 cm. E) camada 80-100 cm. Lençol freático entre 60 e 80 cm de profundidade em abril de 2023. ....	78
Figura 5.14 - Amostras de Latossolo Vermelho Amarelo coletadas da superfície entre murundus (campo CM_32). A) camada 0-20 cm. B) camada 20-40 cm. C) camada 40-60 cm. D) camada 60-80 cm. E) camada 80-100 cm. F) camada 100-120 cm. ....	79
Figura 5.15 - Superfície entre murundus com ocorrência de Gleissolo.....	80
Figura 5.16 - Ocorrência de Gleissolo no Campo de Murundus CM_32.....	80
Figura 5.17 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a pedologia.....	83
Figura 5.18 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a geomorfologia.....	84
Figura 5.19 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a geologia.....	85
Figura 5.20 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a declividade.....	86
Figura 5.21 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a altimetria.....	87
Figura 5.22 - Mapa de ocorrência potencial de Campos de Murundus no Distrito Federal.....	89

Figura 5.23 - Análise de Componentes Principais (PCA) para os Campos de Murundus (CM) no Distrito Federal (DF) nos anos de 2009 e 2019, considerando a variância das métricas área (AREA), perímetro (PERIMETRO), índice de forma (FORMA), dimensão fractal (FRACTAL), razão perímetro-área (RPA), distância do vizinho mais próximo (DIST) e índice de proximidade em um raio de busca de 100 m (PROX_100).....	91
Figura 5.24 - Murundus delimitados nos campos selecionados (CM_09, CM_15, CM_32, CM_37).....	97
Figura 5.25 - Análise de Componentes Principais (PCA) para os Campos de Murundus CM_09, CM_15, CM_32 e CM_37, considerando a variância das métricas área (AREA), altura (ALTURA), volume (VOLUME), dimensão fractal (FRACTAL) e distância do vizinho mais próximo (DIST).....	100
Figura 5.26 - Índices de Estrutura Simples (SSI) para determinação do número de grupos aplicados ao agrupamento de K-médias. ....	101
Figura 5.27 - Distribuição dos murundus agrupados por K-médias para os Campos de Murundus CM_09, CM_15 e CM_32.....	104
Figura 5.28 - Pontos de amostragem de altitudes nos topos dos murundus e na superfície externa adjacente aos campos .....	108
Figura 5.29 - Distribuições das altitudes (m) medidas nos topos dos murundus e nas superfícies externas adjacentes aos Campos de Murundus. ....	109

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Características fisionômicas dos Campos de Murundus localizados na FAL-UnB (ARAÚJO NETO, 1981).....	32
Tabela 4.1 - Informações geoespaciais ambientais associados à ocorrência de Campos de Murundus no Distrito Federal e suas respectivas classes. ....	44
Tabela 4.2 - Métricas para os Campos de Murundus do DF em 2009 e em 2019, suas respectivas descrições e categorias. ....	48
Tabela 4.3 - Métricas de caracterização dos Campos de Murundus no DF, suas respectivas descrições e categorias, calculadas conforme Lang e Tiede (2003), Mcgarigal e Marks (1995) e Clark e Evans (1954). ....	51
Tabela 5.1 - Cenários de avaliação da representatividade da amostra de Campos de Murundus identificada, considerando diferentes níveis de confiança, erros amostrais e populações estimadas. ....	58
Tabela 5.2 - Área de cobertura natural do Distrito Federal, segundo grupos de formações e fitofisionomias do Cerrado, de acordo com diferentes autores. ....	60
Tabela 5.3 - Razão de frequência normalizada de Campos de Murundus calculada para as classes associadas aos atributos ambientais. ....	61
Tabela 5.4 - Características pedológicas dos Campos de Murundus revisitados, segundo tipo de local amostrado, conforme classificação de Reatto et al. (2004) e classificação realizada <i>in loco</i> . ....	68
Tabela 5.5 - Cor verificada pela carta de Munsell para camadas amostradas, segundo o tipo de local amostrado e Campo de Murundu revisitado. ....	75
Tabela 5.6 - Resultados das métricas de paisagem dos Campos de Murundus (CM) nos anos de 2009 e 2019. ....	90
Tabela 5.7 - Componentes principais, autovalores e percentuais de explicação da variância das PCAs dos Campos de Murundus em 2009 e em 2019. ....	92
Tabela 5.8 - Métricas de entrada da PCA e coeficientes ( <i>loadings</i> ) de construção dos autovetores para o ano de 2009. ....	93

Tabela 5.9 - Métricas de entrada da PCA e coeficientes ( <i>loadings</i> ) de construção dos autovetores para o ano de 2019.....	93
Tabela 5.10 - Métricas descritivas da estrutura dos Campos de Murundus selecionados por campo. ....	96
Tabela 5.11 - Componentes principais, autovalores e percentuais de explicação da variância das métricas de estrutura dos Campos de Murundus selecionados.	99
Tabela 5.12 - Métricas descritivas da estrutura dos Campos de Murundus por agrupamento do K-médias e percentual de murundus nos grupos. ....	102
Tabela A.1 - Atributos ambientais associados por Campo de Murundus identificado . ....	131

## 1. Introdução

O Cerrado, bioma que se expande pelo Planalto Central, é formado por um complexo fitofisionômico que ocupa aproximadamente 24% do território brasileiro (RIBEIRO e WALTER, 2008; SOUZA et al., 2020). Características locais, como relevo e atributos edáficos, resultam na formação de um mosaico de fitofisionomias (HARIDASAN, 1993), conferindo a esse bioma grande diversidade paisagística e alta riqueza de espécies vegetais (MENDONÇA et al., 2008). Sob a influência dos climas Tropical de Savana e Tropical de Altitude, segundo a classificação Koppen-Geiger, Ribeiro e Walter (2008) destacam que o Cerrado brasileiro apresenta formações florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão), formações savânicas (cerrado sentido restrito, vereda, parque de cerrado e palmeiral) e formações campestres (campo sujo, campo limpo e campo rupestre). Oliveira (2014) ressalta que as várias formações no bioma Cerrado, e sua distribuição espacial, estão diretamente associadas aos diferentes tipos de solo, da incidência irregular das queimadas e de outros fatores.

Nesse contexto de diversidade, há ocorrência dos Campos de Murundus, fitofisionomia também conhecida como Parques de Cerrado (RIBEIRO e WALTER, 2008). Essencialmente, os Campos de Murundus são formados por pequenas elevações arredondadas (murundus), medindo de 0,3 a 20 metros de diâmetro e de 0,2 a 2 metros de altura (OLIVEIRA-FILHO, 1992a). Ainda há grande controvérsia sobre o processo de formação dos Campos de Murundus e seus mecanismos associados. Algumas teorias associam a formação dos Campos de Murundus à atividade de térmitas (OLIVEIRA-FILHO, 1992a), ao afloramento e escoamento superficial de água (OLIVEIRA-FILHO e FURLEY, 1990), à erosão diferencial (BAPTISTA, CORREA e SANTOS, 2013; SILVA et al., 2010), bem como à ação combinada desses processos (BAPTISTA, CORREA e SANTOS, 2013).

Apesar de sua importância, a configuração dos Campos de Murundus na paisagem e os elementos associados à sua ocorrência ainda necessitam ser investigados. Alguns autores associam a ocorrência de Campos de Murundus e de outras estruturas morfologicamente análogas a características de atributos da paisagem, tais como geomorfologia, geologia e pedologia (ARAUJO NETO et al.,

1986; CRAMER; MIDGLEY, 2015; OLIVEIRA-FILHO, 1992a, 1992b; PONCE; CUNHA, 1993). A investigação acerca da ocorrência desses campos no contexto paisagístico apresenta o potencial de elucidar questões relacionadas à sua estrutura, seu funcionamento e aos processos associados à sua gênese. A avaliação de Campos de Murundus por meio de técnicas da ecologia da paisagem possibilita a compreensão sistêmica das condições ambientais em que eles são formados. Em face do exposto, este trabalho avaliou os processos de formação dos Campos de Murundus no Distrito Federal por meio de métricas de paisagens.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar processos de formação dos Campos de Murundus no Distrito Federal por meio de métricas de paisagens.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Identificar elementos da paisagem associados a Campos de Murundus no Distrito Federal;
- Avaliar a configuração de Campos de Murundus existentes na paisagem do Distrito Federal;
- Caracterizar a estrutura de Campos de Murundus no Distrito Federal;
- Avaliar os processos de formação biótico e abiótico de Campos de Murundus no Distrito Federal.



### **3. Referencial teórico**

#### **3.1. Campos de Murundus**

O Cerrado possui uma ampla variedade de relevo, geologia, altimetria e pedologia (PEREIRA et al, 2011). Essa diversidade contribui para a formação de um mosaico de fitofisionomias (HARIDASAN, 1993), que confere a esse bioma significativa variedade paisagística e alta riqueza de espécies vegetais (MENDONÇA et al., 2008).

Nesse contexto, surgem pequenos montículos de solo, medindo de 0,3 a 20 metros de diâmetro e de 0,2 a 2 metros de altura, chamados de murundus que, agrupados, formam a fitofisionomia savânica Campos de Murundus ou Parque de Cerrado (Figura 3.1) (OLIVEIRA-FILHO, 1992a). Nos últimos anos, a Lei Distrital nº 6.520/2020 determinou que Campos de Murundus são Áreas de Preservação Permanente (APP) no Distrito Federal, garantindo um regime jurídico territorial especial de preservação dessa fitofisionomia.

Baptista et al. (2013) destacam que a definição do termo murundu é controversa, tendo alguns autores o utilizado para se referirem a ninhos de térmitas, enquanto outros empregam esse termo para caracterizar cocurutos, montículos ou montões de solo. Oliveira-Filho (1992b) afirma que os Campos de Murundus constituem uma paisagem típica do Brasil Central, caracterizada por um campo graminoso, onde se distribuem montículos de terra arredondados, revestidos por vegetação lenhosa de Cerrado. Campos de Murundus são também caracterizados pela presença de árvores agrupadas em elevações do terreno (RIBEIRO e WALTER, 2008).



Figura 3.1 – Imagem aérea de Campo de Murundus fotografado durante a construção de Brasília-DF. Fonte: Arquivo Público do Distrito Federal, sem data.

Por meio de fotografias aéreas, Araujo Neto et al. (1986) constataram a variação de 26 a 61 murundus por hectare, com distribuição uniforme, ocupando de 10% a 50% da área total do estudo. Além disso, também verificaram que, devido ao regime hídrico, os solos dos murundus diferem daqueles presentes nas depressões circunvizinhas, caracterizadas pelo hidromorfismo, principalmente quanto a cor, coesão, saturação de base e valores de pH. Mamede (1996) constatou que, na região Centro-Oeste, Campos de Murundus ocorrem tanto em topos de planaltos quanto em superfícies mais baixas, como planícies, principalmente em interflúvios rebaixados parcialmente inundáveis, recobertos por vegetação da fitofisionomia campo sujo e em áreas de Plintossolo.

Os Campos de Murundus possuem uma dinâmica hídrica particular, que, segundo Castro Júnior (2002), está diretamente relacionada ao regime pluviométrico da área, com presença de solos que permanecem saturados ou supersaturados nos meses chuvosos e que durante os meses de estiagem. Nesse sentido, Castro Júnior (2002) esclarece que esse comportamento da água no solo dos Campos de Murundus resulta na condição de reservatórios naturais, que armazenam a água pluviométrica no solo para fornece-la às nascentes e

cursos d'água nos meses mais secos, perenizando assim a cabeceira da bacia hidrográfica. Ainda em relação ao regime hídrico, Araujo Neto et al. (1986) e Furley (1986) destacam que Campos de Murundus são encontrados principalmente em: (i) áreas afetadas de forma semipermanente pela elevação do nível freático, no qual os murundus formam ilhas que abrigam vegetação lenhosa e são cercados por depressões dominadas por gramíneas; e (ii) áreas afetadas por chuvas sazonais e escoamento superficial, com pouco contato com água subterrânea. Nesse tipo de área, os murundus são menos perceptíveis e possuem uma forma mais linear, em conformidade com o gradiente de declividade.

Dessa forma, Furley (1986) propôs que esses campos fossem categorizados de acordo com as duas situações supracitadas, uma vez que tal classificação foi testada e se mostrou válida na região do Planalto Central Brasileiro. Nesse sentido, a erosão diferencial, associada ao afloramento e escoamento superficial de água (BAPTISTA, CORREA e SANTOS, 2013; OLIVEIRA-FILHO e FURLEY, 1990; SILVA et al., 2010), seria o processo de formação dessa fitofisionomia.

O regime hídrico dos Campos de Murundus resulta em uma dinâmica peculiar da comunidade vegetal em tais áreas. Conforme descrito por Eiten (2001), Campos de Murundus são geralmente compostos por uma área plana, suscetível a inundação no período das chuvas, e por montículos naturais, os murundus, cujo topo nem sempre está sujeito ao excesso de água do campo. Uma vez que o excesso de água do solo exerce papel seletivo na comunidade vegetal, Eiten (2001) descreve que a flora muda gradativamente da superfície do terreno entre murundus, onde faltam arbustos, até o topo dele, onde há presença de arbustos, árvores e outras espécies intolerantes ao excesso de umidade no solo.

Oliveira-Filho (1992a), considerando que essas áreas são frequentemente sujeitas ao excesso hídrico estacional, afirma que os murundus tornam-se verdadeiras ilhas ecológicas capazes de abrigar plantas lenhosas típicas do Cerrado, que normalmente são intolerantes à saturação hídrica. Além disso, o mesmo Oliveira-Filho (1992a) constatou que o tamanho dos murundus exerceu grande influência na distribuição espacial da comunidade vegetal e que as espécies se mostraram organizadas em um número crescente de anéis

topográficos concêntricos correspondentes a um gradiente de profundidade do solo acima do nível das inundações. Além dos fatores ambientais, notadamente o excesso de água no solo, Marimon et al. (2015) constataram que a competição entre espécies vegetais influenciam a dinâmica florística nos murundus, pois os recursos nesses microambientes são limitados. Adicionalmente, Marimon et al. (2015) destacaram que a atividade de térmitas também pode alterar a dinâmica florística dos murundus, uma vez que a ação de determinadas espécies de cupins alteram as características morfológicas desses montículos, modificando a suscetibilidade do murundu ao excesso de água no solo que, por sua vez, molda a comunidade vegetal conforme sua tolerância à saturação hídrica.

## **3.2. Gênese dos Campos de Murundus**

### **3.2.1. Hipótese biótica**

As primeiras investigações sobre Campos de Murundus no Brasil remontam da década de 1960 e 1970 e levantaram prováveis hipóteses sobre sua origem (COLE, 1960; EITEN, 1972; MATHEWS, 1977). Conforme Ponce e Cunha (1993), as hipóteses consideravam fatores bióticos e abióticos para a gênese e evolução desses campos.

A hipótese biótica, conforme descrito por Mathews (1977), sugere que os murundus são formados por um longo processo envolvendo diferentes etapas, cada uma delas correspondendo à ação de uma espécie diferente de térmita. A colonização inicial ocorreria por espécies com maior tolerância à umidade do solo, como a *Armitermes cerradoensis*, durante a estação seca. Na estação chuvosa, outra espécie de térmita, *Anoplotermes sp.*, buscaria refúgio ao redor do ninho de *A. cerradoensis*, adicionando solo ao monte. Após a morte da colônia de *A. cerradoensis*, o ninho sofreria degradação, embora continuasse a ser ampliado por espécimes de *Anoplotermes spp.* durante a estação chuvosa. Em seguida, os montículos maiores seriam colonizados durante períodos mais secos por uma terceira espécie, *Cornitermes snyderi*, caracterizada por ser menos tolerante ao excesso de água no solo e, portanto, ela necessitaria construir grandes ninhos para fornecer uma plataforma mais seca. Na etapa final de formação do murundu, os ninhos de *C. snyderi* seriam sucessivamente atacados e destruídos por

predadores, tais como tamanduá (*Myrmecophaga tridactyla*), para então serem reconstruídos ou reparados pelas mesmas ou por novas colônias, eventualmente levando ao aumento do monte. Ponce e Cunha (1993) afirmam que logo que a superfície do solo é elevada pelos cupins, conservando-se não saturada por água de forma permanente, as espécies da flora do Cerrado invadem os murundus com pleno vigor.

Depreende-se da hipótese preconizada por Mathews (1977) que, na formação do Campo de Murundus, há duas espécies-chave e que conferem características passíveis de mensuração do murundu. A primeira espécie-chave é a *Armitermes cerradoensis*, que seria diretamente responsável pela localização de cada murundu no campo em que está situado. Nesse sentido, Mathews (1977) explica que o espaçamento regular entre murundus varia em função do alcance máximo efetivo de forrageamento de uma colônia madura. Mathews (1977) ainda esclarece que, por esse motivo, há uma tendência hostil entre térmitas de diferentes colônias. Ao investigar distribuição espacial de termiteiros de *Armitermes cerradoensis*, Kreutz et al. (2010) verificaram que esses ninhos apresentaram uma densidade de ocupação de aproximadamente 58 termiteiros.ha<sup>-1</sup> e uma distribuição não aleatória, podendo estar relacionada às características ambientais, como temperatura, umidade, cobertura vegetal e fatores edáficos.

A segunda espécie-chave na formação do Campo de Murundus é *Cornitermes snyderi*, que seria diretamente responsável por conferir ao murundu suas características morfológicas finais. Portanto, variáveis como altura, volume, diâmetro da base, entre outras, seriam decorrentes da ocupação do murundu por colônias de *Cornitermes snyderi*, que adaptaria os montículos previamente construídos às suas necessidades, principalmente no que tange à proteção contra o excesso de umidade existente nessas áreas. Cabe destacar que *Cornitermes snyderi* e *Cornitermes silvestrii* são descritas como sinônimas (CANCELLO, 1989; VALÉRIO, 2006). Valério (2006) descreve que os ninhos originalmente construídos por *Cornitermes silvestrii* apresentam formato achatado, crescendo mais em largura do que em altura, do tipo policálico. Ao investigar a ocorrência de espécies de cupins de montículo em pastagens, Czepak, Araújo e Fernandes (2003) verificaram que, aproximadamente, 60% dos indivíduos observados pertenciam à espécie *Cornitermes snyderi*. Além disso, Czepak, Araújo e

Fernandes (2003) verificaram que os ninhos possuíam diâmetro médio de 83 cm e o maior ninho encontrado apresentava 100 cm de diâmetro.

Apesar de explicar o possível mecanismo envolvido na gênese e distribuição dos murundus, a hipótese biótica se mostra controversa em um ponto: a literatura descreve que duas das espécies de térmitas citadas na hipótese biótica, especificamente a *Armitermes cerradoensis* e a *Cornitermes snyderi*, edificam termiteiros sólidos e cimentados, construídos a partir de partículas minerais do solo (MATHEWS, 1977; ROCHA, CANCELLO e CARRIJO, 2012). Rückamp et al. (2011) complementam que a lignina, macromolécula derivada da madeira, também contribui para essa característica endurecida dos termiteiros. Ao investigarem especificamente a concentração de lignina em termiteiros de *Cornitermes*, Rückamp et al. (2011) constataram elevados teores dessa substância até 60 cm de distância da borda do ninho, bem como até 60 cm de profundidade do solo sob os termiteiros, mostrando que o ninho pode influenciar as características do solo circundante. De maneira oposta ao aspecto endurecido de termiteiros, murundus são descritos como montículos de solo, não apresentando característica morfológica endurecida ou cimentada (ARAÚJO NETO, 1981).

A gênese de Campos de Murundus em outros biomas também foi explicada sob perspectiva biótica. Na região semiárida do Brasil, por meio de uma abordagem baseada no mapeamento e modelagem, Souza e Delabie (2016) testaram a correlação geográfica entre a ocorrência potencial de Campos de Murundus e de espécies de cupins construtores de montículos. Os autores constataram uma forte correlação geográfica entre esses elementos, principalmente em relação às espécies *Cornitermes bequaerti*, *C. silvestrii*, *Syntermes dirus* e *S. wheeleri*. Baseados na associação dessas distribuições e na disponibilidade de nutrientes do solo, Souza e Delabie (2016) concluíram que a formação de murundus no local de estudo pode ser uma resposta adaptativa de térmitas às condições ambientais regionais.

### **3.2.2. Hipótese abiótica**

A hipótese abiótica defende que a gênese e evolução dos Campos de Murundus relacionam-se à dinâmica hídrica superficial e subsuperficial local.

Nesse sentido, o escoamento superficial da água sobre a superfície do solo resultaria em erosão laminar diferencial na área, originando os murundus pelo rebaixamento da superfície laminarmente erodida. Dessa forma, os murundus seriam estruturas residuais que existiriam no perfil do solo antes de o processo de erosão hídrica ocorrer (ARAUJO NETO *et al.*, 1986; ARAÚJO NETO, 1981; FURLEY, 1986). Diante desse contexto, a hipótese abiótica da gênese dos Campos de Murundus considera que as espécies de térmitas simplesmente ocupam esses montículos, onde as condições ambientais secas são mais adequadas a eles.

Furlan *et al.* (2020) verificaram que a dinâmica hídrica em um Campo de Murundus investigado foi caracterizada por significativos fluxos lateral e vertical de água. Essa dinâmica foi influenciada pela presença de uma camada litológica com menor permeabilidade e pelos horizontes do solo (na direção lateral), e pela completa desferruginação do solo no centro do campo, que abriu um ponto de vazamento conectando a água da precipitação ao aquífero por meio de um fluxo vertical direto.

Baptista *et al.* (2013) investigaram um Campo de Murundus no Distrito Federal e constataram a presença intensa de lateritos vesiculares no local de estudo. Baptista *et al.* (2013) detalharam que os lateritos identificados, por serem predominantemente vesiculares, permitiam o acúmulo de sedimentos e sementes em suas vesículas, proporcionando sua colonização por vegetação. Baptista *et al.* (2013) sugerem que a erosão diferencial que origina o Campo de Murundus estudado é explicada pela presença dos lateritos vesiculares colonizados por vegetação, representando pontos de maior resistência ao processo erosivo.

Silva *et al.* (2010) investigaram a composição isotópica do carbono orgânico do solo para determinar a origem de um Campo de Murundus no Distrito Federal e explicaram que o Cerrado é uma área com predomínio de gramíneas (*Poaceae*) de ciclo C<sub>4</sub>. Assim, se os murundus tivessem emergido pela atividade de térmitas sobre cobertura de gramíneas de ciclo C<sub>4</sub>, a matéria orgânica do solo abaixo dele deveria ter a assinatura isotópica de espécies de plantas de ciclo C<sub>4</sub>, o que contrastaria com a assinatura isotópica da vegetação savânica C<sub>3</sub> + C<sub>4</sub>. A assinatura isotópica abaixo dos murundus evidenciou que os sítios foram cobertos por vegetação savânica e não por gramíneas (*Poaceae*) de ciclo C<sub>4</sub>. Dessa forma, Silva *et al.* (2010) concluíram que os resultados da análise isotópica

corroboravam a hipótese de erosão diferencial na gênese dos murundus no campo investigado.

Depreende-se da hipótese abiótica preconizada por Araújo Neto et al. (1986), Araújo Neto (1981) e Furley (1986) que os Campos de Murundus possuem características ambientais que resultam no lento escoamento de água sobre a superfície do solo e, conseqüentemente, na erosão diferencial da área. Atributos passíveis de mensuração no Campo de Murundus relacionados à hipótese abiótica compreendem a declividade da área que, teoricamente, não deve ser plana a ponto de impedir o escoamento superficial da água e tampouco deve ser elevada a ponto de promover a rápida drenagem superficial da área. Além disso, a distância do Campo de Murundus em relação às cabeceiras de bacias hidrográficas e a solos hidromórficos são indicativos da influência da água sobre a formação dessa fitofisionomia, principalmente quanto à saturação sazonal de água no solo. Adicionalmente, a forma do murundu é outro atributo relacionado à hipótese abiótica, uma vez que murundus mais lineares seguem a declividade do terreno (FURLEY, 1986).

Rosolen *et al.* (2019) complementam a hipótese abiótica, apresentando evidências sobre a ligação entre a dinâmica da água, a erosão química e o desenvolvimento topográfico dos Campos de Murundus. Segundo Rosolen *et al.* (2019), a transferência química e o colapso da microestrutura do solo sob condições de hidromorfismo causam subsidência do solo, contribuindo para a formação de caminhos deprimidos ao redor dos murundus. Nesse contexto, Rosolen *et al.* (2019) afirmam que o mecanismo principal para formação dos murundus é a dissolução mineral e o colapso da microestrutura do solo e, seguidos pela exportação de solutos de elementos químicos pela água.

Sales (2021) constatou que a dissolução de minerais em um Campo de Murundus influencia a presença e a distribuição desses montículos. As evidências apresentadas por Sales (2021) mostram que, conforme proposto por Rosolen *et al.* (2019), a erosão diferencial, de natureza geoquímica, evidenciada pelos diversos processos no solo, desempenha um papel crucial na formação da área úmida deprimida e na distribuição dos montículos.



### **3.3. Campos de Murundus e elementos da paisagem**

Conforme Araujo Neto et al. (1986) e Furley (1986), Campos de Murundus são encontrados principalmente em áreas com um regime hídrico caracterizado pelo excesso de água no solo. Considerando as duas classes de Campos de Murundus propostas, aqueles originados pela elevação do lençol freático e aqueles originados por chuvas sazonais e escoamento superficial, Araujo Neto et al. (1986) e Furley (1986) explicam que murundus originados pela elevação do nível freático se desenvolvem principalmente sobre Latossolos. Já os Campos de Murundus que se originam do escoamento superficial de águas pluviais sazonais se desenvolvem sobre Latossolos e Cambissolos. Apesar de Araujo Neto et al. (1986) e Furley (1986) destacarem a ocorrência de murundus em Latossolos, Oliveira, Jacomine e Couto (2017) apontam que esse tipo de solo no Cerrado é bastante intemperizado, bem drenado e profundo. Ainda segundo esses autores, condições como a elevação do nível freático e a proximidade desses campos a nascentes ou corpos hídricos de primeira ordem (cabeceiras) possibilitaria o hidromorfismo pontual nesses solos.

A despeito da localização de Campos de Murundus em Latossolos, estudos apontam grande ocorrência dessa fitofisionomia em Plintossolos e Gleissolos (BAPTISTA et al., 2013; CASTRO JÚNIOR, 2002; PINTO et al., 2014; SILVA et al., 2014; SOUZA et al., 2016, 2019). Segundo Oliveira, Jacomine e Couto (2017), Plintossolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte plíntico, concrecionários ou litoplíntico, dentro de 40 cm da superfície, ou dentro de 200 cm, quando imediatamente abaixo de horizonte glei. Castro Júnior (2002) detalha que a sua ocorrência se restringe a áreas deprimidas sujeitas a inundações e margens de cursos de água, estando relacionados a sedimentos recentes do período Quaternário, bem como ocorre em amplas áreas associadas às nascentes e cursos d'água de 1ª ordem. Castro Júnior (2002) ainda afirma que Plintossolos são solos mal drenados, de baixa permeabilidade e características físicas e químicas muito diversificadas, principalmente devido à natureza do material originário e à dinâmica do regime hídrico onde são formados. Considerando a associação entre Campos de Murundus e solos de origem hidromórfica, a dinâmica hídrica presente em Plintossolos explica a ocorrência de

murundus nos estudos identificados. Por sua vez, Gleissolos são solos muito mal drenados, caracterizados por forte gleização resultante de processos de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica por efeito de flutuação de nível freático, em condições de regime de excesso de umidade permanente ou periódico (CASTRO JÚNIOR, 2002; SANTOS *et al.*, 2018)

Outro elemento da paisagem identificado pela literatura como influenciador da ocorrência de Campos de Murundus é a declividade. Araujo Neto *et al.* (1986) e Furley (1986) descrevem que a declividade é particularmente importante nos casos em que o murundu é originado pelo processo de escoamento superficial de água. Nesses casos, baixos gradientes de declividade provocam a movimentação lenta da água, dando origem aos murundus pela erosão diferencial. Adicionalmente, Araujo Neto *et al.* (1986) e Furley (1986) descrevem que terrenos mais íngremes resultariam em uma maior velocidade de escoamento superficial da água, não resultando na formação de murundus. Sob o ponto de vista hidrológico, Baptista, Corrêa e Santos (2013) esclarecem que há uma queda brusca na taxa de infiltração de água após a saturação da camada superficial do solo, e o volume precipitado passa a escoar superficialmente, apesar de ainda ocorrer infiltração de base. Silva *et al.* (2010) corroboram que a gênese desses campos é circunstancial, dependendo da declividade e da saturação hídrica do solo, uma vez que os murundus são geralmente encontrados em encostas suaves que são inundadas sazonalmente.

Apesar de não detalharem os possíveis mecanismos e processos envolvidos, diferentes estudos associaram a ocorrência de Campos de Murundus e de estruturas morfológicamente análogas a classes de solos, declividade, geomorfologia, geologia e altimetria (ARAUJO NETO *et al.*, 1986; CRAMER e MIDGLEY, 2015; OLIVEIRA-FILHO, 1992a, 1992b; PONCE e CUNHA, 1993).

### **3.4. Campos de Murundus e estruturas morfológicamente análogas**

A ocorrência de Campos de Murundus e de estruturas morfológicamente análogas não está restrita ao bioma Cerrado, podendo ser observada em outras regiões do Brasil e do mundo. Investigações dessa fitofisionomia ocorreram no Pantanal (MARIMON *et al.*, 2012; OLIVEIRA-FILHO, 1992a, b), na Amazônia (MARIMON *et al.*, 2015; SANTOS, Silva *et al.*, 2015; SILVA, *et al.*, 2014) e no

Semiárido brasileiro (SOUZA e DELABIE, 2016). A existência de ecossistemas semelhantes foram também relatados na região boliviana de Surales (ZANGERLÉ et al., 2016), na Namíbia como Fairy Circles (MIDGLEY, 2010), nos EUA como Mima Mounds e na África do Sul como Heuweltjies (CRAMER e BARGER, 2014). Entretanto, diferentes mecanismos são propostos nesses lugares para explicar suas gêneses, podendo-se citar a erosão e deposição por ação eólica, atividade de fauna fossorial, ciclos de congelamento e descongelamento hídrico, erosão diferencial do solo por meio da ação hídrica e processos alternados de umedecimento e secagem de argila do solo (CRAMER e BARGER, 2014; CRAMER e MIDGLEY, 2015; MIDGLEY, 2010; SILVA et al., 2010).

Na região semiárida do Brasil, os Campos de Murundus ocorrem em áreas onde o solo é bem drenado e sofre limitada erosão por escoamento superficial (SOUZA e DELABIE, 2018), dificultando a explicação de sua gênese por meio da hipótese abiótica, que envolve a dinâmica hídrica do solo. Entretanto, estudos apontaram que a hipótese biótica para a gênese de murundus envolvendo espécies de térmitas explicaria melhor a origem dessas formações, uma vez que há concordância geográfica entre a ocorrência potencial de Campos de Murundus e de espécies de cupins construtores de montículos. Além disso, observou-se que o padrão de distribuição espacial de murundus dentro de um campo é consistente com a concorrência por recursos limitados, pois as áreas que apresentam as menores densidades de ocupação por murundus correspondem exatamente às áreas onde os recursos eram escassos e limitados durante o período de formação de murundus (SOUZA e DELABIE, 2018, 2016).

Os *Fairy Circles* na Namíbia (Figura 3.2) são outro exemplo de ecossistema regularmente distribuído na paisagem, cujos mecanismos de gênese não são totalmente compreendidos. Com ocorrência ao longo da borda leste do deserto de Namíbia, em uma matriz árida de pastagens em solos arenosos, os *Fairy Circles* são manchas estéreis circulares desprovidas de vegetação em seu interior, com um anel de vegetação periférica diferenciada em relação à matriz circundante. Assim como os murundus, essas estruturas estão distribuídas na paisagem com espaçamento regular entre si (TSCHINKEL, 2012).



Figura 3.2 - Ocorrência de *Fairy Circles* registrada na Namíbia, costa oeste da África austral. Fonte: N. Juergens em Fernandez-Oto et al. (2014)

Conforme Juergens (2013), as primeiras hipóteses para a gênese dessas estruturas consideravam plantas venenosas, formigas, cupins e substâncias voláteis no solo como fatores causais. Entretanto, ao analisarem seu padrão de distribuição na paisagem por meio de diferentes modelos matemáticos, Getzin et al. (2015) e Zelnik, Meron e Bel (2015) apontaram que *Fairy Circles* são um fenômeno de auto-organização da vegetação impulsionado pela dinâmica da água no solo, excluindo o fator biótico sobre sua origem.

Montes de solo com origem não antropogênicas e regularmente espaçados na paisagem, similares aos murundus, também foram registrados nos Estados Unidos da América do Norte. Conhecidos como *Mima Mounds*, por se localizarem na pradaria Mima, essas estruturas também possuem origem desconhecida (CRAMER e BARGER, 2014). Ao avaliarem os principais mecanismos propostos para a gênese dessas estruturas, Cramer e Barger (2014) sugerem que os *Mima Mounds* são consequência de interações vegetação-erosão, em que fatores bióticos e abióticos contribuem para o resultado final com igual importância. Cramer e Barger (2014) ainda extrapolam tais considerações para os Campos de Murundus no Brasil, sugerindo que a formação dos montículos de solo é um fenômeno que requer padronização espacial da vegetação (fator biótico) e processos causadores de erosão (fator abiótico), pois, segundo a hipótese

proposta, os sistemas radiculares das plantas reduziram erosão do solo em pontos específicos, originando essas estruturas com o passar do tempo.

### 3.5. Campo de Murundus da Fazenda Água Limpa (FAL-UnB)

Para elucidar algumas características ambientais já observadas nos Campos de Murundus, podemos considerar os Campos de Murundus da Fazenda Água Limpa (FAL-UnB), que são os mais estudados do DF. A FAL é propriedade da Universidade de Brasília (UnB) e situa-se na Área de Proteção Ambiental (APA) das bacias do Gama e Cabeça do Veado. Segundo Araújo Neto (1981) e Baptista, Corrêa e Santos (2013), há três Campos de Murundus localizados na FAL (Figura 3.3) que foram objetos de estudos contendo levantamento detalhado sobre pedologia, relevo, vegetação e dinâmica hídrica do solo no intuito de caracterizá-los e de se avaliar suas hipóteses de formação (ARAÚJO NETO, 1981; BAPTISTA; CORRÊA; SANTOS, 2013; SILVA *et al.*, 2010).

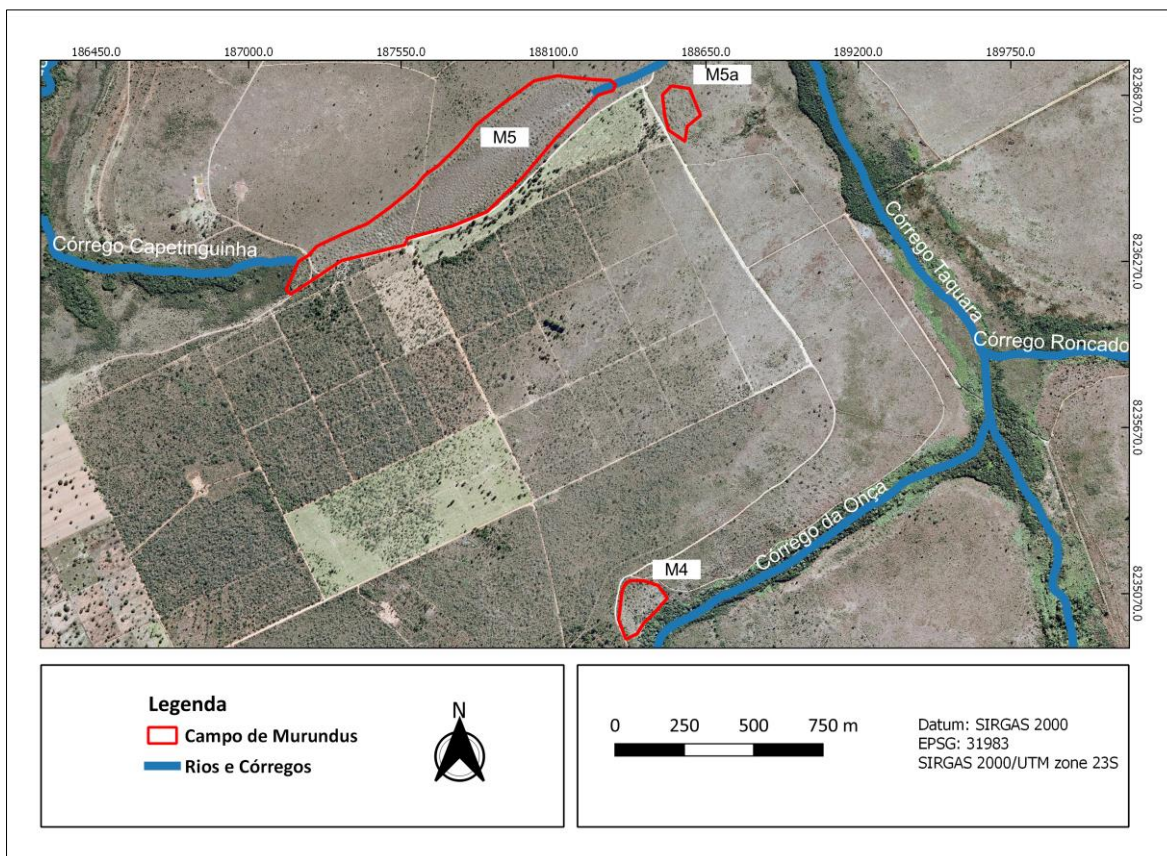


Figura 3.3 - Campos de Murundus da FAL-UnB estudados por Araújo Neto (1981). Fonte: adaptado de Araújo Neto (1981).

Araújo Neto (1981) destacou a diferença pedológica nos murundus e em suas regiões circunvizinhas. As superfícies entre murundus apresentaram Plintossolos, Cambissolos e Gleissolos. Já as superfícies dos murundus apresentaram Latossolos Vermelho Amarelos, Plintossolos e Latossolos Amarelos. Araújo Neto (1981) atribui as diferenças entre os tipos de solos encontrados nos murundus e em suas regiões circunvizinhas aos distintos regimes hídricos que operam em cada situação.

Quanto a declividade dessas áreas estudadas, Araújo Neto (1981) verificou baixo gradiente topográfico, tornando deficiente ou mesmo impedindo a drenagem desses campos. Nesse sentido, Araújo Neto (1981) destaca que a declividade pode estar associada ao padrão de distribuição dos murundus dentro do campo, uma vez que se observou padrão regular nos blocos, onde a declividade era menor, e uma distribuição aleatória dos murundus, onde a declividade era mais pronunciada.

Quanto ao comportamento hídrico das áreas, Araújo Neto (1981) observou que o nível freático nos blocos observados variou sazonalmente e apenas em um único bloco o nível da água permaneceu à superfície do solo durante o ano todo. Esse autor ainda destacou que os blocos que apresentaram variação sazonal possuem nas superfícies entre murundus laterita hidromórficas, calhaus e cascalhos derivados da decomposição de ardósias e quartzitos, enquanto o bloco onde o lençol freático se manteve à superfície permanentemente apresentou solo argiloso sob processo de gleização. As variações do nível hidrostático do lençol freático não acompanharam as variações pluviométricas, pois de uma maneira geral, águas só aparecem à superfície três ou quatro meses após o início das chuvas.

No que concerne à vegetação dessas áreas, Araújo Neto (1981) verificou que as gramíneas (Poaceae) são predominantes, recobrando tanto os murundus como as superfícies entre murundus. Araújo Neto (1981) ainda destaca que murundus de menor volume tendem a não ser colonizados por árvores ou arbustos. Contudo, nem todo murundu de maior volume apresentou cobertura vegetal composta de árvores e arbustos, fato que foi atribuído a uma possível escassez de nutrientes ou mesmo a competição entre espécies vegetais herbáceas e lenhosas nos murundus

As características fisionômicas dos três Campos de Murundus e de seus respectivos blocos de estudos são apresentadas na Tabela 3.1, adaptado de Araújo Neto (1981).

Tabela 3.1 – Características fisionômicas dos Campos de Murundus localizados na FAL-UnB (ARAÚJO NETO, 1981).

<b>Campo de Murundu</b>	<b>Bloco</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Solo dos murundus</b>	<b>Solo entre murundus</b>	<b>Comportamento do lençol freático</b>	<b>Drenagem da área</b>	<b>Padrão de distribuição dos murundus</b>
M-5	1	1,29	Plintossolo	Plintossolo com material extremamente cimentado no horizonte B	Oscilações sazonais. Área inundada no verão e seca no inverno	Imperfeitamente drenado	Regular
	2		Latossolo Vermelho Amarelo	Plintossolo	Oscilações sazonais. Área inundada no verão e seca no inverno	Imperfeitamente drenado	Regular
M-5a	3	6	Cambissolo	Cambissolo	Presente à superfície de janeiro e fevereiro	Moderadamente drenado	Aleatória
M-4	4	1	Latossolo Amarelo	Gleissolo	Presente à superfície o ano todo	Imperfeitamente drenado	Regular



Uma das hipóteses levantadas por Araújo Neto (1981) para explicar a ocorrência de murundus em diferentes tipos de solos é que os murundus estudados seriam derivados de uma única superfície (paleossolo) que foi erodida, restando apenas os murundus que eram núcleos mais resistentes à erosão, evoluindo por processos pedogenéticos distintos dos que ocorrem nas superfícies entre murundus.

O Campo de Murundus denominado M-4 por Araújo Neto (1981) também foi objeto de investigação por outros autores. Silva et al. (2010) observou que esse campo contém murundus com altura média de  $1,1 \pm 0,14$  metros e perímetro médio de  $32 \pm 11$  metros, frequentemente colonizados por cupins da espécie *Armitermes cerradoensis*. Além disso, Silva et al. (2010) verificou que o nível freático desse campo situava-se à uma profundidade de 75 cm.

### **3.6. Ecologia e estrutura de paisagens**

De acordo com Gkyer (2013), paisagens são sistemas dinâmicos e a estrutura da paisagem expressa o padrão espacial de seus elementos e as conexões entre eles. Já para Bias, Cereda Júnior e Ribeiro (2022), paisagem se trata de um recorte no espaço que, para fins de análise, pode ser considerado multidimensional. Nesse sentido, o estudo da paisagem pode trazer significativas contribuições à compreensão de padrões e processos que determinam ou influenciam a ocorrência de Campos de Murundus (SOARES FILHO, 1998; ZANGERLÉ et al., 2016). Portanto, é necessário entender os conceitos relacionados à paisagem, uma vez que eles foram modificados ao longo do tempo e podem conter notáveis diferenças a depender do tema investigado. Nesse sentido, Maximiano (2004) destaca que o conceito de paisagem foi sendo construído e ampliado, sempre com base no conhecimento científico adquirido pela sociedade.

Para Gergel e Turner (2017), o termo paisagem refere-se a uma área heterogênea em pelo menos um aspecto de interesse. Também dando ênfase a heterogeneidade do espaço, Metzger (2001) define paisagem como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo essa heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador em uma determinada escala de observação. No que tange ao campo de conhecimento da

ecologia de paisagens, Soares Filho (1998) define paisagem como uma unidade distinta e mensurável, marcada por seu padrão espacial de agrupamentos de ecossistemas em interação, desenvolvimento geomorfológico, regimes de perturbação e evolução.

Nesse contexto, a ecologia de paisagens é definida como o estudo do relacionamento espacial entre os elementos de paisagem, compreendendo e quantificando o padrão paisagístico sob a óptica de um processo ecológico (CARDILLE e TURNER, 2017; SOARES FILHO, 1998). Cardille e Turner (2017) ressaltam ainda que as aplicações práticas da ecologia de paisagens incluem, dentre outras, descrever como uma paisagem mudou ao longo do tempo, determinar se padrões em duas ou mais paisagens diferem entre si e determinar se um determinado padrão espacial é propício ao movimento por um organismo particular.

Para distinguir os diferentes tipos de paisagens, Soares Filho (1998) e Metzger (2001) utilizam a abordagem do modelo conceitual conhecido como “mancha-corredor-matriz” para identificar seus principais elementos estruturantes. Segundo Soares Filho (1998) e Metzger (2001), mancha é definida como uma área homogênea e não linear que se distingue de seu entorno. A matriz é tida como o elemento que ocupa a maior área ou causa a maior influência nos demais componentes da paisagem. Por fim, corredores são elementos lineares que promovem a conexão entre os demais componentes da paisagem. Metzger (2001) esclarece que o grande desafio é identificar esses padrões e entender as suas implicações em termos de funcionamento da paisagem. Frazier e Kedron (2017) descrevem que métricas de paisagem foram adotadas como forma de elucidar essas relações. Para Cardille e Turner (2017), o cálculo das métricas de paisagem é necessário para descrever rigorosamente os padrões paisagísticos.

A visão de que o funcionamento da paisagem está intimamente associado à sua estrutura foi significativamente influenciada pelas facilidades de análise de imagens de satélite e pelo desenvolvimento de procedimentos e métricas de quantificação da estrutura da paisagem (METZGER, 2001). A caracterização da estrutura da paisagem visa desvendar as origens ou os mecanismos dos padrões identificados e, nesse sentido, foram desenvolvidos diversos métodos e índices para a descrição da configuração espacial da paisagem (SOARES FILHO, 1998). Segundo Soares Filho (1998), os principais índices descritores da estrutura da

paisagem, no âmbito do modelo “mancha-corredor-matriz”, buscam traduzir quantitativamente aspectos como a forma da mancha e seu isolamento, riqueza e diversidade de manchas e suas dimensões fractais.

As métricas de paisagem foram utilizadas como ferramentas para quantificar mudanças espaço-temporais (ASSIS; ESCADA; AMARAL, 2021; MARTINS *et al.*, 2018), quantificar a sua conectividade estrutural e funcional (GRANDE; AGUIAR; MACHADO, 2020; SAITO *et al.*, 2016), avaliar potenciais serviços ecossistêmicos no planejamento territorial (INKOOM *et al.*, 2018), analisar processos de erosão do solo em bacias hidrográficas (MIRGHAED *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2015) e quantificar a pedodiversidade urbana (PINDRAL; KOT; HULISZ, 2020).

As métricas da paisagem ainda não foram utilizadas para descrever e avaliar processos de formação dos Campos de Murundus no Distrito Federal, sendo este o primeiro estudo que avaliará essa fitofisionomia em toda a extensão do território distrital.

### **3.7. Sistemas LiDAR e levantamento topográfico**

Segundo Estornell *et al.* (2011), os sistemas LiDAR são um método ativo de sensoriamento remoto que tem sido amplamente utilizado para medir informações em duas e três dimensões. Estornell *et al.* (2011) explicam que esses sistemas funcionam medindo o atraso de tempo desde a emissão de um pulso de luz laser até o momento em que ele retorna da superfície terrestre e que essa informação pode então ser usada para determinar elevações do terreno, a elevação de objetos acima do nível da superfície terrestre e a altura da copa da vegetação.

Conforme Wulder *et al.* (2008), os sistemas LiDAR podem ser classificados como sistemas de retorno discreto ou sistemas de amostragem de forma de onda completa e podem ser ainda caracterizados quanto à natureza se são sistemas de perfilamento ou sistemas de varredura. Ainda segundo Wulder *et al.* (2008), sistemas LiDAR de retorno discreto geralmente registram de 1 a 5 retornos por pulso de laser e são otimizados para levantamento topográfico do terreno com uma precisão submétrica. Tarolli (2014) afirma que alguns dos principais produtos

obtidos por meio dos sistemas LiDAR são os Modelos Digitais de Elevação (MDE).

Fernandes *et al.* (2017) afirmam que o Modelos Digitais de Elevação (MDE) são a abordagem predominante para representar digitalmente uma superfície, usando um conjunto de pontos tridimensionais. Fernandes *et al.* (2017) explicam que um MDE pode se subdividir em Modelo Digital do Terreno (MDT) ou Modelo Digital de Superfície (MDS). Nesse sentido, o MDT consiste em um modelo no qual as informações de pontos de elevação se restringem a superfície topográfica e o MDS é um modelo que apresenta informações de elevação de pontos na superfície terrestre e de objetos que estão sobre ela.

A precisão de um MDT depende de vários fatores, incluindo erros verticais e horizontais relacionados ao sistema metodologia e algoritmos utilizados, complexidade do alvo e características dos dados (ESTORNELL *et al.*, 2011). Hutson (2015) destaca que o tipo de vegetação pode diminuir a precisão de levantamentos topográficos feitos por meio de sistemas LiDAR. Hutson (2015) explica que coberturas de vegetação do tipo arbustivas resultam em uma diminuição do retorno relacionado ao solo, provavelmente vinculados a confusão intra-dossel típicas desse tipo de vegetação, que apresentam baixa variabilidade altimétrica entre seus indivíduos. Nesse sentido, Barbosa *et al.* (2021) afirmam que a cobertura vegetal é uma questão crítica que deve ser considerada não só nos levantamentos topográficos provenientes de perfilamento à laser, mas em qualquer uso de tecnologia ativa de coleta de dados.

#### **4. Materiais e Métodos**

As principais etapas sobre os materiais e métodos aplicados na investigação são resumidos graficamente na Figura 4.1, abrangendo a etapa de análise de atributos ambientais associados à ocorrência de Campos de Murundus, análise de sua configuração de Campos de Murundus e análise da estrutura dessas formações.

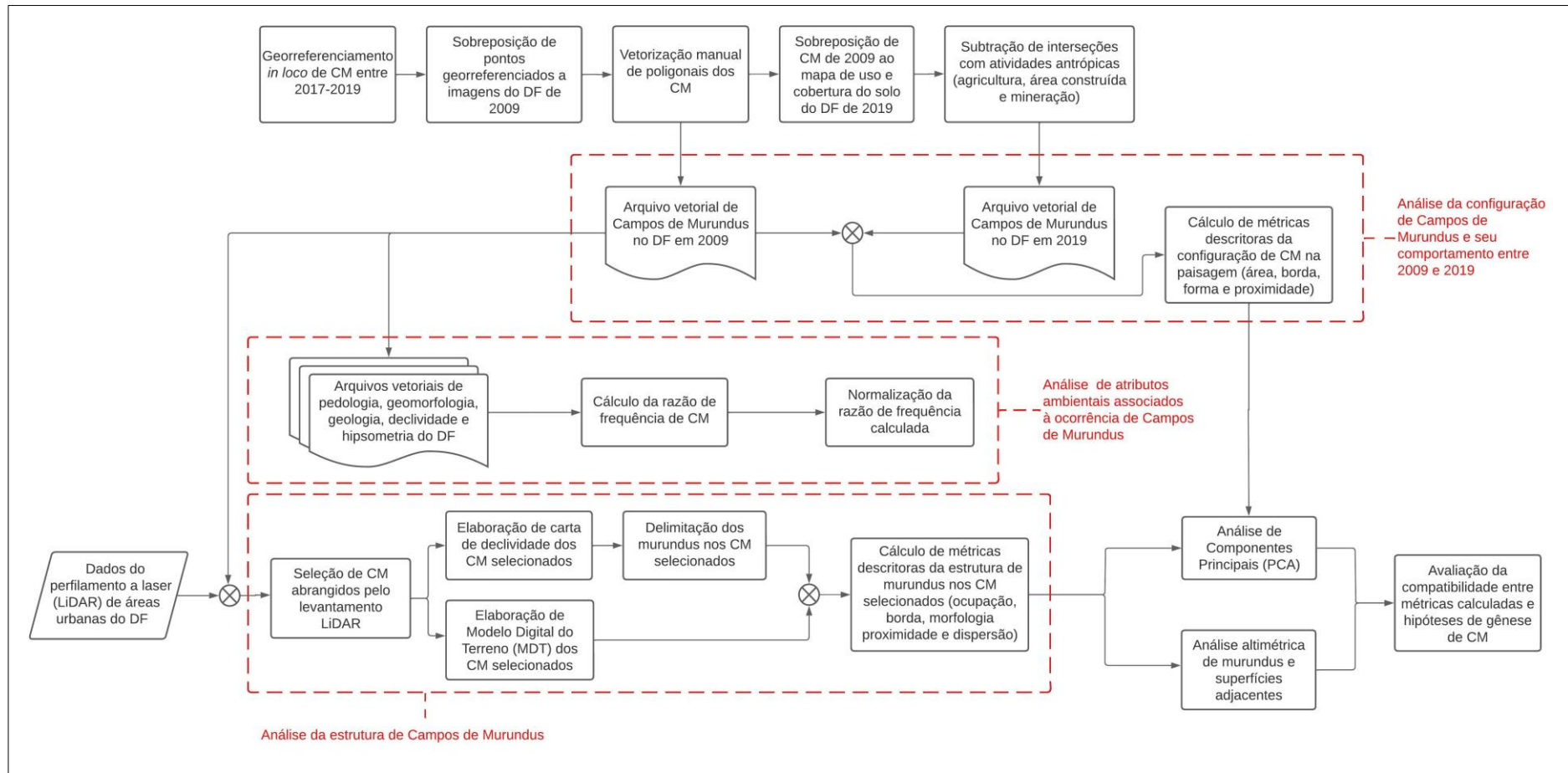


Figura 4. 1 - Fluxograma de materiais e métodos aplicados para análise dos Campos de Murundus no Distrito Federal sob a perspectiva de métricas da ecologia de paisagens

#### 4.1. Caracterização da área de estudo

A área selecionada para este estudo é o território do Distrito Federal (DF), que ocupa 5.814 km<sup>2</sup> do Planalto Central Brasileiro (Figura 4.2), com altitudes que variam de 900 a 1.300 m . A topografia da área de estudo varia de plana a ondulada, a temperatura média anual varia entre 19° C e 23°C e a precipitação média anual é aproximadamente 1.500 mm, com 85% do volume precipitando entre os meses de novembro e abril (INMET, 2022).

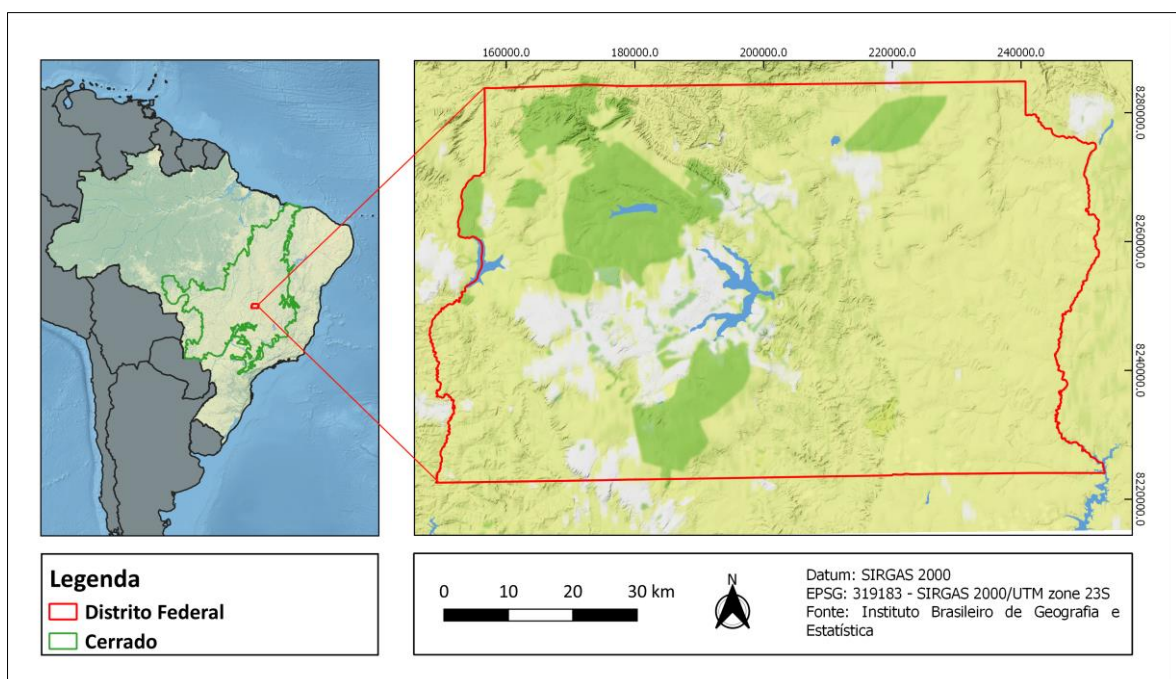


Figura 4.2 - Localização da área de estudo

Todas as fitofisionomias existentes no bioma Cerrado se fazem presentes no DF (RIBEIRO e WALTER, 2008) e elas são representadas por formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), formações savânicas (Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo, Parque de Cerrado ou Campo de Murundus, Palmeiral, Vereda e Cerrado Rupestre) e formações campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre).

Latossolos e Cambissolos se estendem por 86% do território distrital e outras sete ordens de solo cobrem o restante do território - 14% (REATTO et al., 2004). No âmbito geomorfológico, o Distrito Federal está situado em um alto regional do Planalto Central, que corresponde à remanescentes dos

aplainamentos resultantes dos ciclos de erosão sul-americanos desenvolvidos entre o Terciário Inferior e o Terciário Médio e Superior (CODEPLAN, 2020). Soares Neto e Martins (2019) registram ocorrência das seguintes Unidades Básicas de Relevo no DF: colinas, colinas rebaixadas, cômoros, cômoros dissecados, platôs, platôs dissecados, escarpas, morrotes e morros.

Do ponto de vista geológico, o Distrito Federal apresenta-se com rochas metamórficas recobertas com coberturas pedológicas. Essas rochas são associadas aos grupos Canastra e Paranoá (período Meso/Neoproterozóico), Araxá e Bambuí (período Neoproterozóico), e solos e aluviões (período Cenozóico). O Grupo Canastra subdivide-se em Serra do Landim, Paracatu, Serra da Urucânia e Serra da Batalha. Esse grupo é representado por um conjunto de sericita filitos, clorita filitos, quartzosericita-clorita filitos, metarritmitos e filitos carbonosos. Por sua vez, o Grupo Paranoá corresponde a uma sequência psamo-pelito-carbonatada. Já o Grupo Araxá é representado por um conjunto de xistos verdes, micaxistos, gnaisses e migmatitos, além de rochas magmáticas básicas e ácidas que ocorrem de forma localizada. Por fim, o Grupo Bambuí constitui uma unidade litoestratigráfica pelito-carbonatada-arcoseana neoproterozóica distribuída por toda a extensão da Faixa Brasília, ao longo de sua borda externa (SEMARH/GDF, 2012).

Segundo SEMARH/GDF (2012), as rochas atribuídas ao grupo Paranoá abrangem 65% da área do DF, Canastra, Araxá e Bambuí, correspondem à, respectivamente, 15,5% e 15%.

#### **4.2. Mapeamento da ocorrência de Campos de Murundus em 2009**

Nos anos de 2017 a 2022, locais de ocorrência de Campos de Murundus no Distrito Federal foram identificados no campo e georreferenciados por meio de um aparelho GPS Garmin Etrex Camo, Datum WGS 84. Segundo a fabricante, o equipamento utilizado possui acurácia de 15 metros (GARMIN, 2004). Em seguida, as coordenadas obtidas *in situ* foram inseridas no *software* ArcGIS 10.8, reprojetaas para SRC SIRGAS 2000/UTM zona 23S (EPSG: 31983) e sobrepostas a um mosaico de fotografias aéreas do território do DF. Esse mosaico era composto por fotografias aéreas com resolução espacial de 1 m (GSD) e abrangiam todo o território do DF (SEDUH/GDF, 2009). Tais fotografias



aéreas foram obtidas entre 8/7/2009 e 9/8/2009, por meio de câmera fotográfica modelo UltraCam-XP aerotransportadas a uma altura de voo com variação máxima de 5% em relação ao plano médio do terreno (SEDUH/GDF, 2009). A partir de tais fotografias aéreas de SEDUH/GDF (2009), vetorizou-se manualmente as poligonais dos Campos de Murundus, adotando como referência suas bordas, em uma escala de referência visual de 1:2.500. A escolha das ortofotos resultante do aerolevanteamento realizado em 2009 constitui o acervo público mais antigo disponível em resolução espacial adequada a finalidade do estudo.

### 4.3. Suficiência amostral de Campos de Murundus

Após cinco anos de identificação *in situ* e georreferenciamento de Campos de Murundus, a suficiência amostral foi avaliada por meio da Equação 1 (FÁVERO *et al.*, 2009; TRIOLA, 2013), considerando diferentes cenários de níveis de confiança (90% e 95%), erros amostrais (5% e 10%) e populações hipotéticas de Campos de Murundus originalmente existentes no Distrito Federal (400, 500, 1.000 e 10.000 unidades). Os cenários considerados adequados para a representatividade da amostra foram aqueles cujo tamanho amostral calculado foi menor do que a quantidade de Campos de Murundus levantados.

Equação 1:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 (N - 1) + z^2 \cdot p \cdot q}$$

Em que:

$n$ : número de indivíduos da amostra;

$z$ : abcissa da distribuição normal padrão, fixado um nível de confiança;

$p$ : estimativa de proporção. Adotou-se o valor de 0,5 para maximizar o dimensionamento amostral visando maior segurança, conforme Fávero *et al.* (2009).

$q$ : Igual à  $1 - p$ .

$N$ : Tamanho da população

$e$ : erro amostral.

#### **4.4. Mapeamento da ocorrência de Campos de Murundus em 2019**

Para a elaboração do mapeamento dos Campos de Murundus existentes no Distrito Federal em 2019, sobrepostos-se o mapa de uso e cobertura do solo do DF de 2019 (SEDUH/GDF, 2021) ao mapeamento de Campos de Murundus elaborado referente ao ano de 2009. Em seguida, subtraiu-se do arquivo vetorial de Campos de Murundus de 2009 as interseções com as atividades antrópicas incompatíveis com a manutenção da existência dessa fitofisionomia (SEDUH/GDF, 2021), tais como agricultura, área construída, mineração, pivô de irrigação e sistema viário. Vale ressaltar que, segundo SEDUH/GDF (2021), o mapa de uso e cobertura do solo do DF de 2019 foi elaborado a partir de classificação supervisionada, utilizando imagem SENTINEL-2B de janeiro de 2019, com resolução espacial de 10 m, obtida pelo *United States Geological Survey* (USGS).

Assim, obtiveram-se dois arquivos vetoriais que permitiram a caracterização da configuração de Campos de Murundus na área de estudo pelo intervalo de uma década: (1) o arquivo vetorial de Campos de Murundus existentes no DF em 2009 e (2) o arquivo vetorial de Campos de Murundus existentes no DF em 2019.

#### **4.5. Sistematização dos atributos ambientais associados à ocorrência de Campos de Murundus**

Essa etapa compreendeu o levantamento e a sistematização de arquivos vetoriais contendo informações geoespaciais referente à pedologia, geomorfologia, geologia, e altimetria da área de estudo (Tabela 4.1), uma vez que a ocorrência de Campos de Murundus, bem como de outras estruturas morfológicamente análogas, possuem correlação com elementos ambientais e da paisagem (ARAUJO NETO et al., 1986; CRAMER e MIDGLEY, 2015; OLIVEIRA-FILHO, 1992a, 1992b; PONCE; CUNHA, 1993).

Com relação às informações altimétricas da área de estudo, foram utilizadas curvas de níveis na escala de 1:5.000, com equidistância de 5 metros, provenientes do aerolevante realizado em 2009 (SEDUH/GDF, 2020a), para a estimativa do modelo digital de elevação (MDE) e do subsequente cálculo

de declividade. O método de interpolação utilizado foi o da Redes de Triangulação Irregular (TIN), em que a superfície do terreno é modelada por uma malha composta por triângulos adjacentes e não sobrepostos de diferentes tamanhos e orientação, que são computados a partir de pontos irregularmente espaçados e amostrados sobre a superfície que se pretende representar e se constituem nos vértices da triangulação, enquanto as arestas são geradas a partir da conexão entre vértices por meio de segmentos de retas (OLIVEIRA, F. F.; PITERI; MENEGUETTE, 2014).

Tabela 4.1 - Informações geoespaciais ambientais associados à ocorrência de Campos de Murundus no Distrito Federal e suas respectivas classes.

Atributo ambiental	Classes associadas ao atributo ambiental	Fonte	Observações
Pedologia	Argissolo Vermelho Amarelo, Argissolo Vermelho Amarelo, Eutrófico, Cambissolo, Chernossolo, Espodossolo + Plintossolo, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo, Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzânico, Nitossolo, Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados, Gleissolos	Adaptado de Reatto et al. (2004)	Escala 1:100.000.
Geomorfologia	Colinas, Colinas Rebaixadas, Cômoros, Cômoros Dissecados, Platôs, Platôs Dissecados, Escarpas, Morrotes e Morros.	Soares Neto e Martins (2019)	Elaborado à partir do uso de MDE obtido do SRTM ( <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> ), de resolução aproximada de 90m (SOARES NETO e MARTINS, 2019).
Geologia	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso, Grupo Paranoá: Quartzitos Médios, Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso, Grupo Paranoá: Ardósias, Grupo Paranoá: Psamo-Pelito Carbonatada, Grupo Paranoá: Metassiltitos, Grupo Bambuí – Topo, Grupo Canastra: Filitos, Grupo Canastra: Calcifilitos, Grupo Paranoá: Quartzitos Grossos, Grupo Araxá: Xistos e Grupo	SEMARH/GDF (2012)	Escala 1:100.000.

Bambuí - Base			
Declividade	< 2%, 2% a 5%; 5% a 10%, 10% a 20%; > 20%.	Elaboração própria	Curvas de nível de 5 m (SEDUH/GDF, 2020a).
Altimetria	< 900 m, 900 m a 1.000 m, 1.000 m a 1.200 m, > 1.200 m.	Elaboração própria	Curvas de nível de 5 m (SEDUH/GDF, 2020a).

Quanto aos solos das áreas dos Campos de Murundus, procedeu-se a uma nova visita a oito campos onde Latossolos estão presentes. Considerando que Latossolos são profundos ( $\geq 2\text{m}$  de profundidade) e apresentam boa drenagem (SANTOS *et al.*, 2018), fatores que teoricamente dificultariam a ocorrência de Campos de Murundus, o propósito dessas revisitas foi validar as informações existentes na carta de solos utilizada (Reatto *et al.*, 2004). Os sítios nos Campos de Murundus revisitados foram georreferenciados e resultou em um total de vinte e quatro sítios de verificação, distribuídos em oito Campos de Murundus distintos.

Em seis desses sítios, tradaram-se entre 0 cm e 120 cm de profundidade os perfis de murundus e das superfícies entre murundus. Um trado tipo holandês, com uma caçamba de 20 cm, foi utilizada nas tradagens, quando se coletaram amostras de solos. As amostras foram secadas à sombra por duas semanas, conforme recomendado por Donagema (2011), e a cor de cada amostra foi avaliada utilizando-se o aplicativo Munsell Color Chart2 (KSGC, 2023). Este aplicativo utiliza o sistema de cores da Carta de Munsell e possibilita a determinação do matiz, valor e croma. Ao todo, foram analisadas trinta e seis amostras extraídas dos perfis avaliados de três Campos de Murundus revisitados.

#### **4.6. Associação entre classes de atributos ambientais e a ocorrência de Campos de Murundus**

A partir dos dados geoespaciais ambientais e das áreas mapeadas dos Campos de Murundus, calculou-se a razão de frequência de Campo de Murundus para cada classe associada aos atributos ambientais por meio da Equação 2, conforme Chen *et al.* (2016).

Equação 2:

$$RF_{CM} = \frac{ACM_{Classe}}{AT_{Classe}}$$

Em que:

$RF_{CM}$ : razão de frequência de Campos de Murundus.

$ACM_{Classe}$ : área de Campos de Murundus identificados na classe associada ao atributo ambiental ( $\text{m}^2$ ).

$AT_{Classe}$ : área total da classe associada ao atributo ambiental ( $\text{m}^2$ ).

Em seguida, normalizaram-se as razões de frequência calculadas por meio da Equação 3.

Equação 3:

$$RFN_{CM} = \frac{RF_{CM}}{\sum RF_{amb}}$$

Em que:

$RFN_{CM}$ : razão de frequência normalizada de Campos de Murundus, podendo variar de 0 a 1.

$RF_{CM}$ : razão de frequência de Campos de Murundus.

$RF_{amb}$ : razão de frequência de Campos de Murundus das classes pertencentes a um mesmo atributo ambiental.

Esses procedimentos permitiram a identificação das classes dos atributos com as maiores ocorrências de Campos de Murundus no Distrito Federal, ponderando-as pelas suas respectivas áreas. Posteriormente, produziu-se uma carta de ocorrência potencial de Campos de Murundus baseada na razão de frequência normalizada dessa fitofisionomia para cada um dos cinco atributos ambientais estudados. A série ordenada da razão de frequência normalizada em cada carta produzida foi dividida em cinco intervalos, cada um abrangendo 20% de sua amplitude. Essa divisão possibilitou a classificação da razão de frequência em “muito baixa”, “baixa”, “moderada”, “alta” e “muito alta”, facilitando a comparação entre as cartas (CORTE et al., 2015; PEREIRA, 2018; SHAO et al., 2013). Além disso, compararam-se os resultados obtidos com a hidrografia do DF (SEDUH/GDF, 2020b) para verificar a proximidade dos Campos de Murundus com corpos hídricos, além de verificar a sobreposição dessas áreas às atividades antrópicas por meio do mapa de uso e ocupação do solo (SEDUH/GDF, 2019).

Em seguida, utilizou-se o procedimento de álgebra de mapas, equacionado pela média aritmética das razões de frequências normalizadas, considerando as classes dos cinco atributos selecionados (CECONI et al., 2018) para a obtenção da carta final de ocorrência potencial de Campos de Murundus no Distrito Federal.

#### 4.7. Caracterização da configuração de Campos de Murundus

Para a caracterização da configuração dos Campos de Murundus e seu comportamento entre 2009 e 2019, calcularam-se as métricas descritas na Tabela 4.2, conforme Lang e Tiede (2003) e Mcgarigal e Marks (1995).

Tabela 4.2 - Métricas para os Campos de Murundus do DF em 2009 e em 2019, suas respectivas descrições e categorias.

Métrica (unidade)	Categoria	Descrição
Número de Campos de Murundus (unidade)		Quantidade de Campos de Murundus.
Área média (ha)		Média aritmética da área dos Campos de Murundus identificados.
Área total (ha)		Soma da área de todos os Campos de Murundus.
Borda média (km)	Área e borda	Média aritmética do perímetro dos Campos de Murundus identificados.
Total de bordas (km)		Soma do perímetro de todos os Campos de Murundus.
Densidade de borda (m.ha <sup>-1</sup> )		Soma do perímetro de todos os Campos de Murundus dividido pela área total ocupada por eles. Calculado por meio da equação: $\text{Densidade de borda} = \frac{\sum \text{perímetro}}{\text{área total}}$
Índice de forma médio (adimensional)	Forma	Média aritmética do índice de forma dos Campos de Murundus identificados. O índice de forma do campo é calculado por meio da equação: $\text{Índice de forma} = \frac{\text{perímetro}}{2 \sqrt{\pi} \cdot \text{área}}$
Dimensão Fractal média (adimensional)		Média aritmética da dimensão fractal dos Campos de Murundus identificados. A dimensão fractal do campo é calculada



Razão perímetro-área média (adimensional)	<p>por meio da equação:</p> $\text{Dimensão fractal} = \frac{2 \ln \text{perímetro}}{\ln \text{área}}$ <p>Média aritmética da razão perímetro-área dos Campos de Murundus identificados. A razão perímetro-área do campo é calculada por meio da equação:</p> $\text{Razão perímetro-área} = \frac{\text{perímetro}}{\text{área}}$
Distância média do vizinho mais próximo (km)	<p>Média aritmética da distância euclidiana borda-a-borda dos Campos de Murundus identificados em relação ao seu vizinho mais próximo.</p>
Índice de proximidade (adimensional)	<p>Proximidade</p> <p>Índice obtido pela soma da área de cada Campo de Murundus dividido pela respectiva distância euclidiana borda-a-borda ao quadrado, considerando somente os fragmentos dentro do raio de busca de 100 m. Calculado por meio da equação:</p> $\text{Prox.} = \frac{\text{área de campos no raio}}{(\text{distância entre campos no raio})^2}$

#### 4.8. Caracterização da estrutura de Campos de Murundus

Para a caracterização métrica dos Campos de Murundus, selecionaram-se os quatro campos com área superior a 10 ha e que foram abrangidos pelo Mapeamento das Áreas Urbanas e Urbanizáveis do Distrito Federal na escala de 1:1.000 (TERRACAP, 2016). Os supracitados Campos de Murundus foram codificados na presente base de dados como CM\_09, CM\_15, CM\_32 e CM\_37. Conforme Terracap (2016), o perfilamento a laser (LiDAR) do aerolevanteamento possui densidade média de 4 pontos.m<sup>2</sup>, podendo alcançar até 12 pontos.m<sup>2</sup> em algumas áreas, resultando em nuvens de pontos que posteriormente passam por

filtragem automatizada e classificação temática, conforme os elementos identificados (solo, vegetação, edificações e outros).

Atendendo as finalidades da pesquisa, foram utilizados os dados altimétricos da nuvem de pontos amostrais previamente classificados como terreno, cujo intuito foi a posterior elaboração do modelo digital de terreno (MDT) e do subsequente cálculo de declividade. Nessa etapa utilizou-se a função “blast2dem” do plugin LASTools (ISENBURG e OLAYA, 2019), disponível no QGIS 3.4.15. Conforme Isenburg e Olaya (2019), a função “blast2dem” utiliza a interpolação de Redes de Triangulação Irregular (TIN) para criar uma superfície formada por triângulos de pontos vizinhos mais próximos. Adotou-se o valor de 20 cm como resolução espacial do modelo, conforme Hengl (2006) e Barbosa et al. (2021).

A delimitação do microrrelevo de cada murundu nos campos selecionados ocorreu por meio da carta de declividade gerada. A declividade de 20% é a que mais se aproxima da correta cartografização das feições dos murundus (SALES *et al.*, 2019). Assim, utilizou-se a função “Contorno” do QGIS 3.4.15 para identificar e delimitar onde a declividade do terreno atingia 20% dentro do campo. Em seguida, a delimitação dos murundus foi suavizada por meio da função “Limite Mínimo de Geometria”, resultando na exata extração das feições dos murundus dos quatro campos selecionados.

A delimitação da morfologia dos murundus foi realizada por meio da estratificação dos dados de declividade, para o qual foi adotado o limiar de 20%, conforme Sales et al. (2019). Em seguida, a delimitação dos murundus foi suavizada por meio da função “Limite Mínimo de Geometria”, resultando na exata extração das feições dos murundus dos quatro campos selecionados (SALES *et al.*, 2019).

O MDT dos quatro Campos de Murundus e os arquivos vetoriais contendo a delimitação dos murundus possibilitaram o cálculo das métricas descritoras da estrutura desses ambientes, conforme Tabela 4.3. O cálculo dessas métricas foi baseado nas soluções adotadas por Lang e Tiede (2003), Mcgarigal e Marks (1995) e Clark e Evans (1954), por meio da calculadora de campo do QGIS 3.4.15, além dos plugins “Volume Calculation Tool” (REDCATCH GMBH, 2022) e V-LATE (LANG e TIEDE, 2003).

Tabela 4.3 - Métricas de caracterização dos Campos de Murundus no DF, suas respectivas descrições e categorias, calculadas conforme Lang e Tiede (2003), Mcgarigal e Marks (1995) e Clark e Evans (1954).

<b>Métrica (unidade)</b>	<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
Número de murundus (unidade)		Quantidade de murundus no campo selecionado.
Densidade de ocupação (murundus.ha <sup>-1</sup> )		Quantidade de murundus dividido pela área campo selecionado.
Densidade de bordas (m.ha <sup>-1</sup> )	Ocupação e borda	Soma dos perímetros dos murundus identificados no campo selecionado dividido pela área total ocupada por eles. Calculado por meio da equação:  $\text{Densidade de borda} = \frac{\sum \text{perímetro}}{\text{área total}}$
Área média (m <sup>2</sup> )		Média aritmética da área dos murundus identificados.
Altura média (m)		Média aritmética da altura dos murundus identificados.
Volume médio (m <sup>3</sup> )		Média aritmética do volume dos murundus identificados.
Índice de Forma Médio (adimensional)	Morfologia	Média aritmética do índice de forma dos murundus identificados. O índice de forma do murundu é calculado por meio da equação:  $\text{Índice de forma} = \frac{\text{perímetro}}{2 \sqrt{\pi} \cdot \text{área}}$
Dimensão Fractal Média (adimensional)		Média aritmética da dimensão fractal dos murundus identificados. A dimensão fractal do murundu é calculada por meio da equação:  $\text{Dimensão fractal} = \frac{2 \ln \text{perímetro}}{\ln \text{área}}$
Distância média do vizinho mais próximo (m)	Proximidade e dispersão	Média aritmética da distância entre o murundu identificado e seu vizinho

---

Índice de dispersão de Clark e Evans (adimensional)	mais próximo. Medida estatística que avalia a distribuição de elementos, revelando seu respectivo grau de agrupamento ou dispersão espacial
-----------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

#### **4.9. Análise estatística da configuração e da estrutura de Campos de Murundus**

Os resultados das métricas foram submetidos à Análise de Componentes Principais (PCA) no *software* Past 4.03 (HAMMER, HARPER e RYAN, 2001). Para avaliação da configuração de Campos de Murundus nos anos de 2009 e 2019, as variáveis de entrada da PCA foram área (AREA), perímetro (PERIMETRO), índice de forma (FORMA), dimensão fractal (FRACTAL), razão perímetro-área (RPA), distância do vizinho mais próximo (DIST) e índice de proximidade em um raio de busca de 100 m (PROX\_100). Por sua vez, para a análise da estrutura dos Campos de Murundus, as variáveis de entrada da PCA foram área (AREA), altura (ALTURA), volume (VOLUME), dimensão fractal (FRACTAL) e distância do vizinho mais próximo (DIST). Por causa das diferentes amplitudes das variáveis de entrada, os dados foram padronizados conforme Gotelli e Ellison (2011).

Para identificação de murundus que possuíam características semelhantes de suas métricas e sua distribuições nos campos, os escores das duas principais componentes de cada PCA foram submetidos ao método de agrupamento de K-médias, utilizando-se a distância euclidiana como medida de dispersão, conforme Guitet et al., (2013) e Pan et al., (2022). A aplicação dessa técnica de agrupamento exige a definição prévia do número de grupos a serem utilizados. Para isso, calculou-se o Índice de Estrutura Simples (SSI), considerando cenários de 2 a 5 grupos em cada campo investigado. Os cenários com os maiores valores de SSI determinaram os números de grupos utilizados na análise (KANG et al., 2017; SOUZA et al., 2014).

#### **4.10. Análise da variação altimétrica de murundus e da superfície adjacente**

Com base nos MDT dos quatro Campos de Murundus selecionados e utilizando-se método adaptado de Sales (2021) e Sales et al. (2021), analisou-se a cota altimétrica dos topos dos murundus e das superfícies adjacentes aos campos no sentido de verificar a variação altimétrica entre ambos os ambientes. A partir do limite dos Campo de Murundus, determinou-se um *buffer* interno ao campo de 50 metros e, em seguida, contabilizou-se o número de murundus dentro dessa faixa e a altitude máxima de cada montículo selecionado. Posteriormente, delimitou-se um *buffer* externo de 50 metros e, dentro dele, selecionaram-se pontos para a análise da variação altimétrica da superfície adjacente ao Campo de Murundus. Diferentemente de Sales (2021) e Sales et al. (2021), que utilizaram *buffer* de 120 m, definiram-se neste trabalho *buffers* de 50 metros devido à proximidade dos campos investigados com áreas urbanas, o que poderia interferir na altitude mensurada por conta da descaracterização das superfícies naturais pela urbanização. Além disso, cabe destacar que os pontos externos aos Campos de Murundus foram selecionados aleatoriamente e na mesma quantidade de murundus abrangidos pelo *buffer* interno. Esse procedimento foi realizado para os quatro campos selecionados.

Conforme recomendado por Fávero et al. (2009) e Triola (2013), os conjuntos de dados tiveram a normalidade verificada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov a um 1% de significância. Como a distribuição normal foi rejeitada, optou-se pelo teste não-paramétrico de Mann-Whitney a 1% de significância para verificação da existência de diferenças significativas entre as altitudes dos topos dos murundus e das superfícies adjacentes aos campos.

## **5. Resultados e Discussão**

### **5.1. Mapeamento de Campos de Murundus e suficiência amostral**

Foram identificados 197 Campos de Murundus no Distrito Federal (DF) (Figura 5.1), que apresentaram área média de 33,3 hectares (ha)  $\pm$  69,6 hectares (ha) e borda média de 2,7 km  $\pm$  2,9 km (Figuras 5.2 a 5.5). A amostra de 197 campos identificados é representativa para uma população hipotética de até 10.000 Campos de Murundus, com nível de confiança de 95% e 10% de erro amostral (Tabela 5.1).

Os Campos de Murundus identificados somaram uma área total 6.556 ha, correspondendo a 1,2% da área do território distrital. Dessa forma, essa fitofisionomia é a que possui a menor representatividade dentre as quatorze que ocorrem no DF (Tabela 5.2). Verificou-se que aproximadamente 90% dos Campos de Murundus identificados possuíam área menor do que 100 ha e borda inferior a 5 km. Apenas um campo identificado (CM\_153) apresentou área superior a 300 ha e borda superior a 15 km.

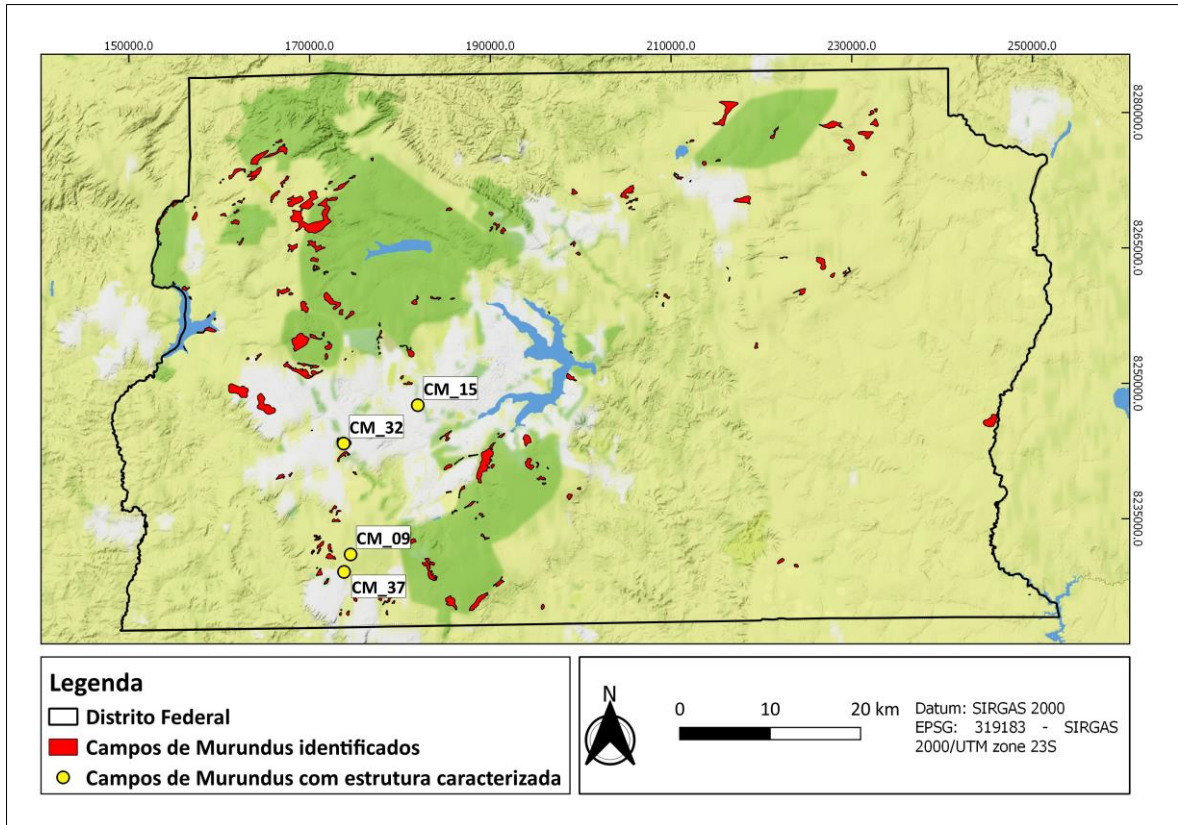


Figura 5.1 - Campos de Murundus identificados no Distrito Federal (DF) e campos selecionados para caracterização por meio de métricas de paisagem.



Figura 5.2 - Campo de Murundus localizado no Parque Nacional de Brasília.



Figura 5.3 - Campo de Murundus localizado no Parque Distrital Boca da Mata, Região Administrativa de Taguatinga, DF.





Figura 5.4 - Campo de Murundus localizado no Campus Gama da Universidade de Brasília, Região Administrativa do Gama, DF.



Figura 5.5 - Campo de Murundus localizado na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília.

Tabela 5.1 - Cenários de avaliação da representatividade da amostra de Campos de Murundus identificada, considerando diferentes níveis de confiança, erros amostrais e populações estimadas.

<b>Tamanho amostral calculado</b>	<b>Nível de confiança (%)</b>	<b>Erro amostral (%)</b>	<b>População hipotética de Campos de Murundus no DF</b>
58	90	10	400
60	90	10	500
64	90	10	1.000
67	90	10	10.000
162	90	5	400
176	90	5	500
213	90	5	1.000
262	90	5	10.000
78	95	10	400
81	95	10	500
88	95	10	1.000
96	95	10	10.000
197	95	5	400
218	95	5	500
278	95	5	1.000
370	95	5	10.000

Diferentes métodos de quantificação da cobertura natural realizados em períodos distintos inevitavelmente conduzem a resultados díspares entre si (ALMEIDA et al., 2017; CHUGHTAI, ABBASI e KARAS, 2021). Ainda assim, um panorama que compila dados levantados por diversos autores sobre a extensão da cobertura natural do Distrito Federal (DF) (Tabela 5.2) evidencia a raridade de Campos de Murundus no DF. Mapeamentos da cobertura vegetal e uso do solo do DF, utilizando imagens do satélite ALOS, encontram 142.993 ha de cobertura vegetal nativa para o ano de 2009 (SFB, 2009; SFB, 2016). Logo, os 6.556 ha de Campos de Murundus referentes ao ano de 2009 representam 4,6% da cobertura

vegetal natural. Considerando os 78.304 ha de cobertura referente à formação savânica de 2009 (SFB, 2016), os Campos de Murundus correspondem a 8,4% dessa extensão.

Tabela 5.2 - Área de cobertura natural do Distrito Federal, segundo grupos de formações e fitofisionomias do Cerrado, de acordo com diferentes autores.

		Área de cobertura natural no DF (ha)							
Formação	Fitofisionomia	UNESCO (2002)	Sano (2007)	França <i>et al.</i> (2008)	SFB (2009)	França e Sano (2011)	Neves <i>et al.</i> (2016)**	SFB (2016)	SEMA/GD F (2020)
Florestal	Mata Ciliar			*	*	*		*	*
	Mata de Galeria	57.605	44.645	16.513	44.454	*	62.795	44.453	*
	Mata Seca			*	11.439	*		11.285	*
	Cerradão			*		*		105	*
Savânica	Vereda				3.255	*			*
	Campo de Murundus			3.013	*	*		3.302	3.417
	Palmeiral	57.050	162.718	*	*	*	97.937		*
	Cerrado sentido restrito			*	75.003	*		75.002	*
Campestre	Campo Sujo			*	*	*		*	*
	Campo Limpo	131.058	6.164	*	*	847	127.894	*	*
	Campo Rupestre			*	*	*		*	*

\* Sem informação.

\*\* Considerando a área total do Distrito Federal de 576.100 ha.

## 5.2. Ocorrência de Campos de Murundus e atributos ambientais

Os atributos pedologia, geomorfologia, geologia, declividade e altimetria de todos os 197 Campos de Murundus identificados são descritos na Tabela A.1 do Apêndice A. De acordo com as razões de frequência normalizadas obtidas (Tabela 5.3), observou-se que a ocorrência de Campos de Murundus está associada a paisagens que apresentam solos hidromórficos, com declividade plana a suavemente ondulada, em áreas de platôs, sobre formações de metarritmito arenoso e quartzitos médio do grupo Paranoá, a altitudes superiores à 1.200 m.

Tabela 5.3 - Razão de frequência normalizada de Campos de Murundus calculada para as classes associadas aos atributos ambientais.

Atributo ambiental	Classe	Razão de frequência normalizada (0 - 1)
Pedologia	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	0,72
	Gleissolo	0,17
	Latossolo Vermelho Amarelo	0,05
	Espodossolo + Plintossolo	0,02
	Demais classes	0,04
Geomorfologia	Platôs Dissecados	0,49
	Platôs	0,26
	Cômoros Dissecados	0,11
	Cômoros	0,10
	Demais classes	0,04
Geologia	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	0,29
	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	0,29
	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	0,13
	Grupo Paranoá: Ardósias	0,13
	Demais classes	0,16

Declividade	2 a 5 %	0,31
	5 a 10 %	0,29
	< 2 %	0,17
	10 a 20 %	0,11
	Demais classes	0,12
Altimetria	> 1.200 m	0,68
	1.000 m a 1.200 m	0,19
	Demais classes	0,13

Dentre os atributos ambientais investigados, pedologia foi o que apresentou a maior diferença da razão de frequência normalizada entre suas respectivas classes, indicando maior capacidade desse atributo ambiental para a predição ou localização de Campos de Murundus na área de estudo. Apesar de Plintossolos e Gleissolos corresponderem a pouco menos de 4% da área do DF (Reatto et al., 2004), eles foram responsáveis por quase 90% da razão de frequência normalizada dos Campos de Murundus identificados, indicando que a ocorrência desses ambientes na paisagem do DF não é aleatória. Por sua vez, Latossolos associaram-se a 5% do mesmo índice calculado e se estendem por 55% do território distrital.

Sales (2021), ao investigar Campo de Murundus em Goiás, identificou uma transição gradual de Latossolo para o Gleissolo dentro da área de pesquisa à medida que se alcançavam as cotas mais baixas do terreno. Esse mesmo padrão de transição pode ser constatado ao analisarmos conjuntamente os Campos de Murundus mapeados e a carta de solos de Reatto (2004) (Figuras 5.6 a 5.9)

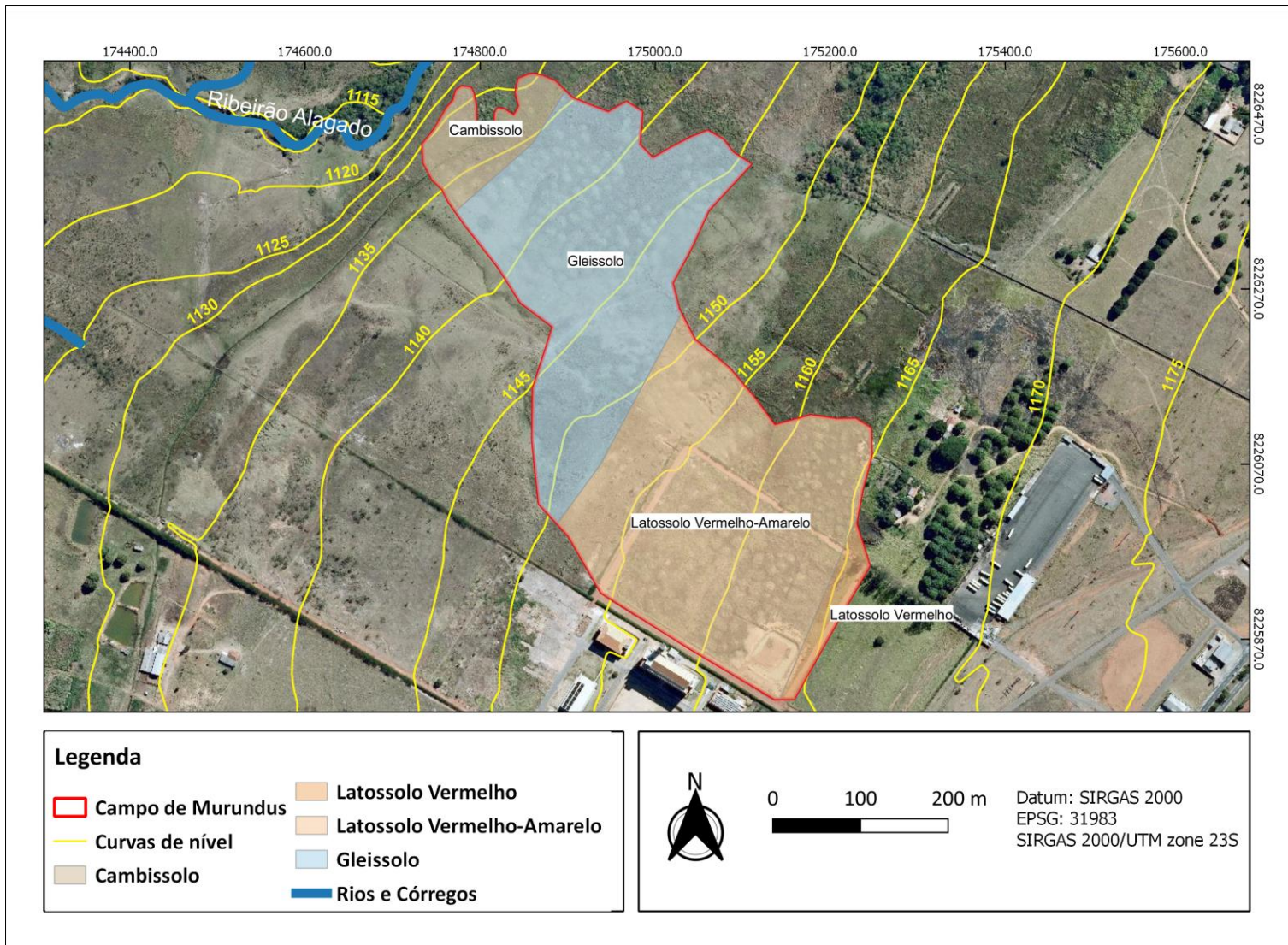


Figura 5.6 – Classes de solos em Campo de Murundus e curvas de nível do terreno. Fonte: adaptado de Reatto et al. (2004).

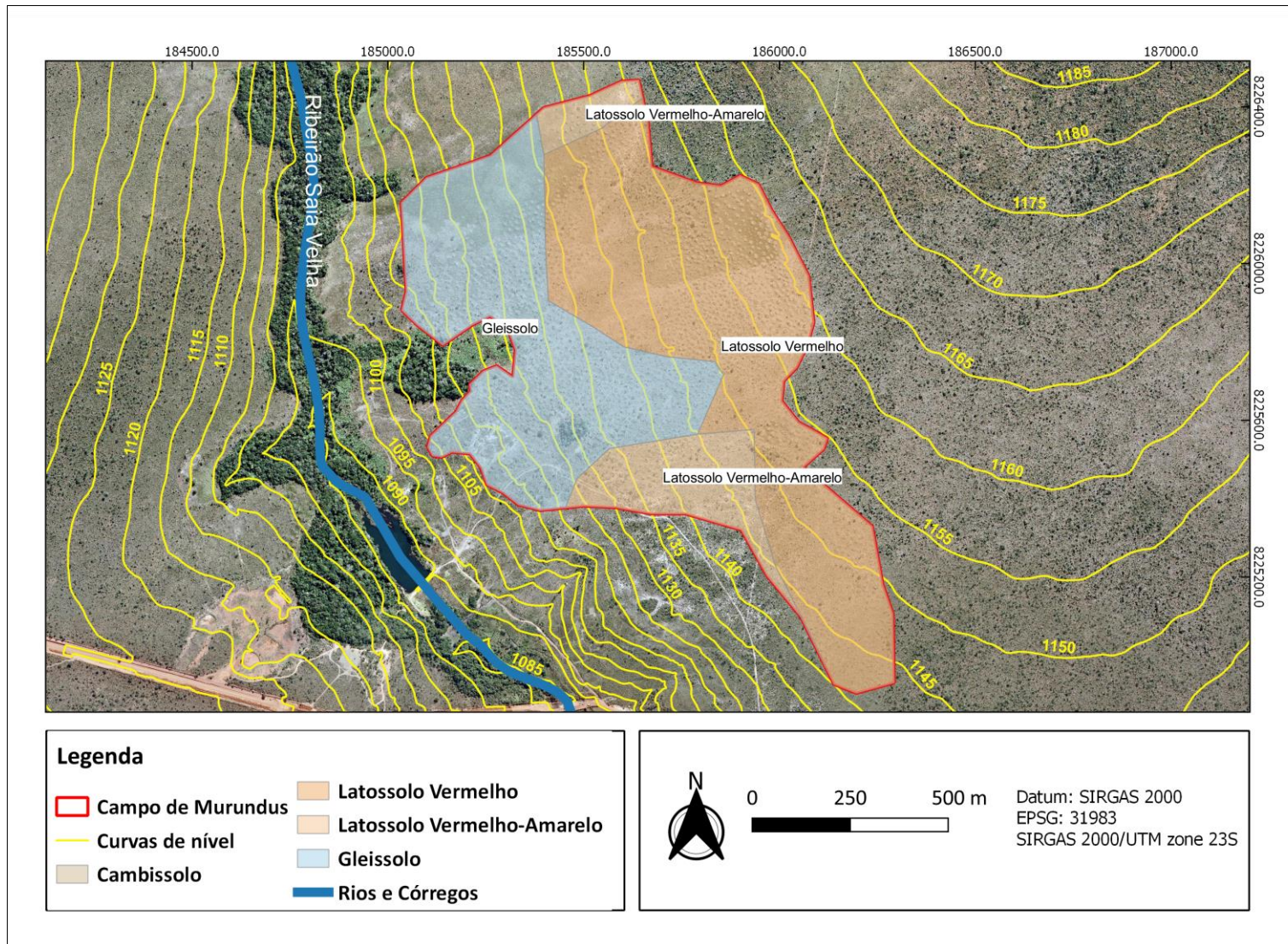


Figura 5.7 - Classes de solos em Campo de Murundus e curvas de nível do terreno. Fonte: adaptado de Reatto et al. (2004).



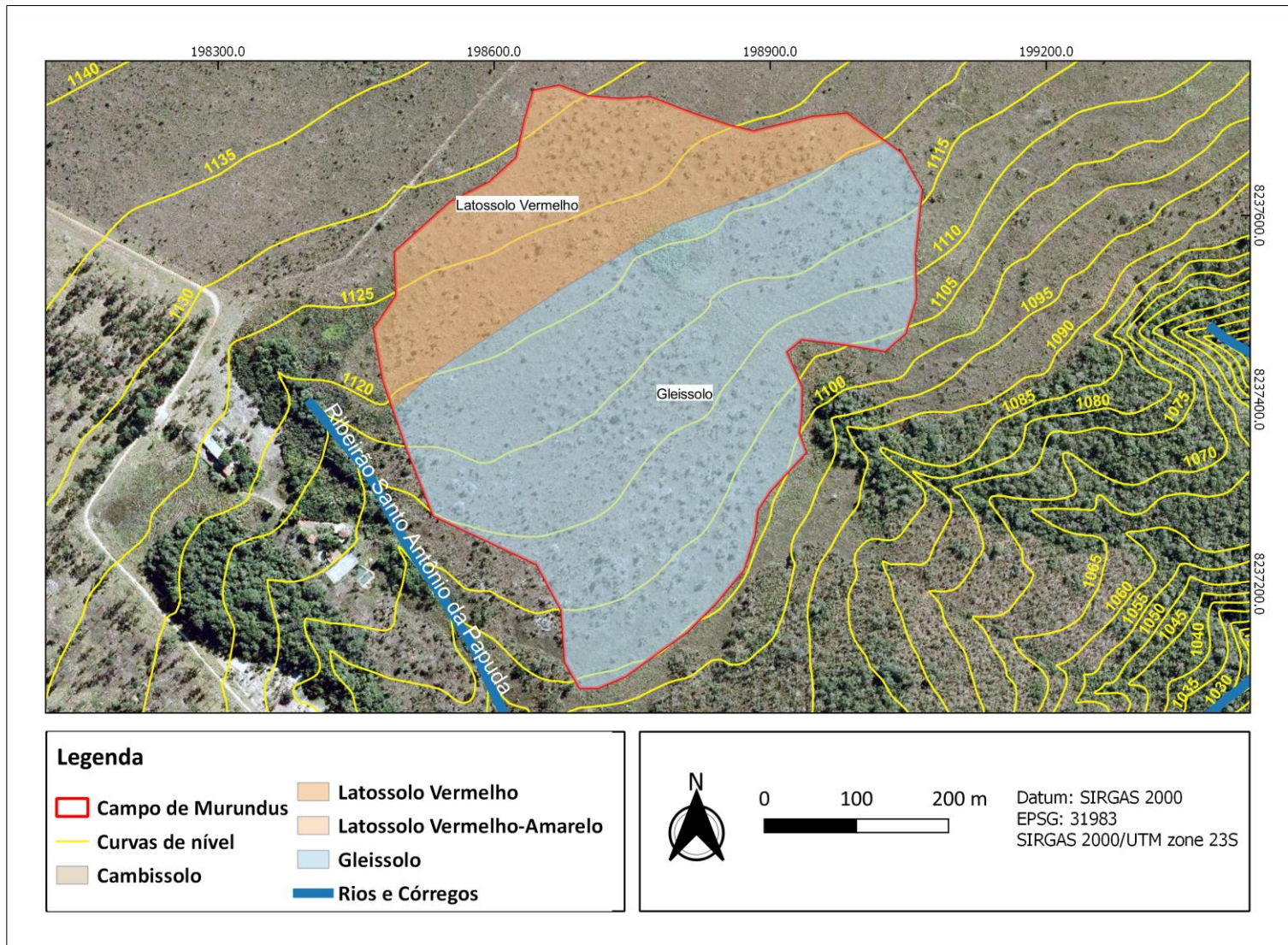


Figura 5.8 - Classes de solos em Campo de Murundus e curvas de nível do terreno. Fonte: adaptado de Reatto et al. (2004).

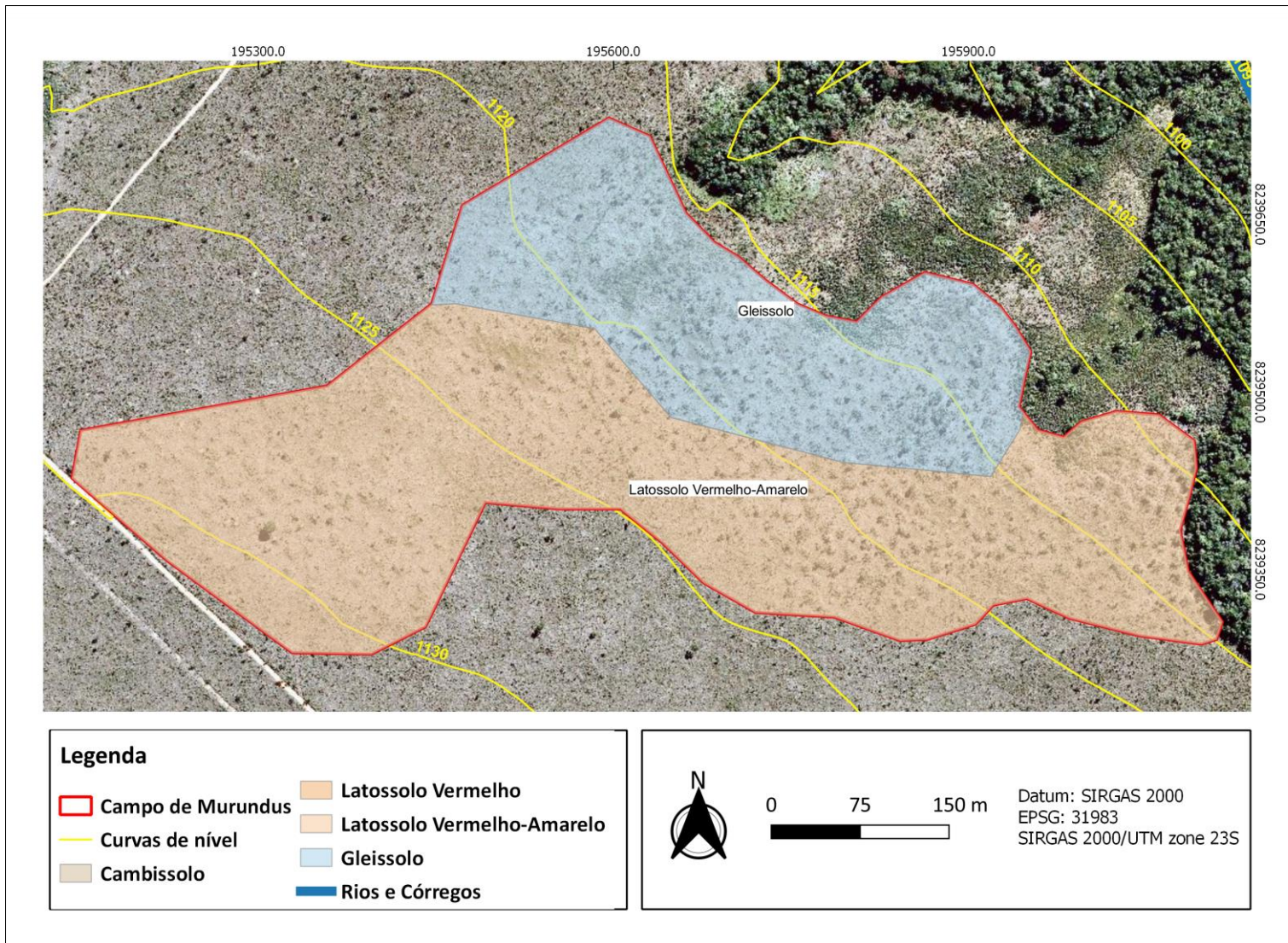


Figura 5.9 - Classes de solos em Campo de Murundus e curvas de nível do terreno. Fonte: adaptado de Reatto et al. (2004).

Em relação aos oito Campos de Murundus que foram revisitados para a determinação das características pedológicas, constatou-se que 75% dos sítios de verificação de solo *in loco* coincidiam com a classificação cartográfica de Reatto *et al.* (2004), considerando as classes pedológicas de 1º nível (Tabela 5.4). Assim como Sales (2021), observou-se também um padrão recorrente nos Campos de Murundus revisitados, que consistia na ocorrência de Latossolo nos montículos, enquanto a superfície rebaixada entre os murundus apresentava transição de Latossolo para o Gleissolo à medida que se alcançavam as cotas mais baixas do terreno (Figuras 5.10 e 5.11). Vale ainda salientar que os Latossolos nos murundus se apresentavam escurecidos pelo acúmulo de matéria orgânica.

Ao investigar a expansão de solos hidromórficos, Rosolen e Herpin (2008) constataram que os processos pedogenéticos podem ser considerados como responsáveis pelo rebaixamento topográfico e mudanças da paisagem natural verificada na área de estudo. Segundo Rosolen e Herpin (2008), essa expansão da área submetida ao hidromorfismo resulta na exportação de matéria fina que modifica a textura, a estrutura e as propriedades geoquímicas do solo. Além disso, a perda de matéria particulada e/ou dissolvida resulta em perda de volume que tenderá progressivamente ao aplainamento da vertente e rebaixamento do interflúvio na paisagem.

Cabe ainda destacar que Baptista, Corrêa e Santos (2013) associaram a gênese dos Campos de Murundus da FAL a presença de lateritos vesiculares colonizados por vegetação, que seriam pontos de maior resistência ao processo erosivo laminar da água. Entretanto, diferentemente do que foi observado por esses autores, apenas um campo revisitado (CM\_81) apresentou a ocorrência de lateritos vesiculares no solo entre murundus (Figura 5.12).

Tabela 5.4 - Características pedológicas dos Campos de Murundus revisitados, segundo tipo de local amostrado, conforme classificação de Reatto et al. (2004) e classificação realizada *in loco*.

Campo de Murundu	Coordenadas do ponto verificado		Classificação <i>in loco</i>	Tipo de local amostrado	Classes de solo cartografadas para a área (REATTO <i>et al.</i> , 2004)
	Latitude	Longitude			
CM_32	-15.873315°	-48.046718°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	Latossolo Vermelho
	-15.873294°	-48.046668°	Latossolo Vermelho Amarelo	Solo entre murundus	Gleissolo
	-15.871310°	-48.044864°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	
	-15.871390°	-48.044955°	Gleissolo	Solo entre murundus	
CM_37	-15.994302°	-48.047332°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	Latossolo Vermelho
	-15.994344°	-48.047269°	Latossolo Vermelho Amarelo	Solo entre murundus	Gleissolo
	-15.994824°	-48.047355°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	
	-15.994865°	-48.047261°	Latossolo Vermelho Amarelo	Solo entre murundus	

	-15.993667°	-48.047866°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	
	-15.993583°	-48.047744°	Gleissolo	Solo entre murundus	
CM_81	-15.928630°	-47.913268°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	Latossolo Vermelho Amarelo
	-15.928426°	-47.913419°	Gleissolo	Solo entre murundus	Latossolo Vermelho
	-15.932198°	-47.918614°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	
	-15.932005°	-47.918845°	Gleissolo	Solo entre murundus	
CM_128	-15.921482°	-47.927389°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	Latossolo Vermelho Amarelo
	-15.921425°	-47.927348°	Gleissolo	Solo entre murundus	
CM_129	-15.945029°	-47.910852°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	Latossolo Vermelho Amarelo
	-15.945096°	-47.910813°	Latossolo Vermelho Amarelo	Solo entre murundus	
CM_130	-15.940377°	-47.906042°	Latossolo Vermelho Amarelo	Murundu	Latossolo Vermelho Amarelo

	-15.940286°	-47.905908°	Latossolo Vermelho Amarelo	Solo entre murundus	
CM_133	-15.936701°	-47.932578°	Gleissolo	Murundu	Latossolo Vermelho Amarelo
	-15.936843°	-47.932629°	Gleissolo	Solo entre murundus	
CM_134	-15.937866°	-47.933691°	Gleissolo	Murundu	Latossolo Vermelho Amarelo
	-15.937890°	-47.933687°	Gleissolo	Solo entre murundus	

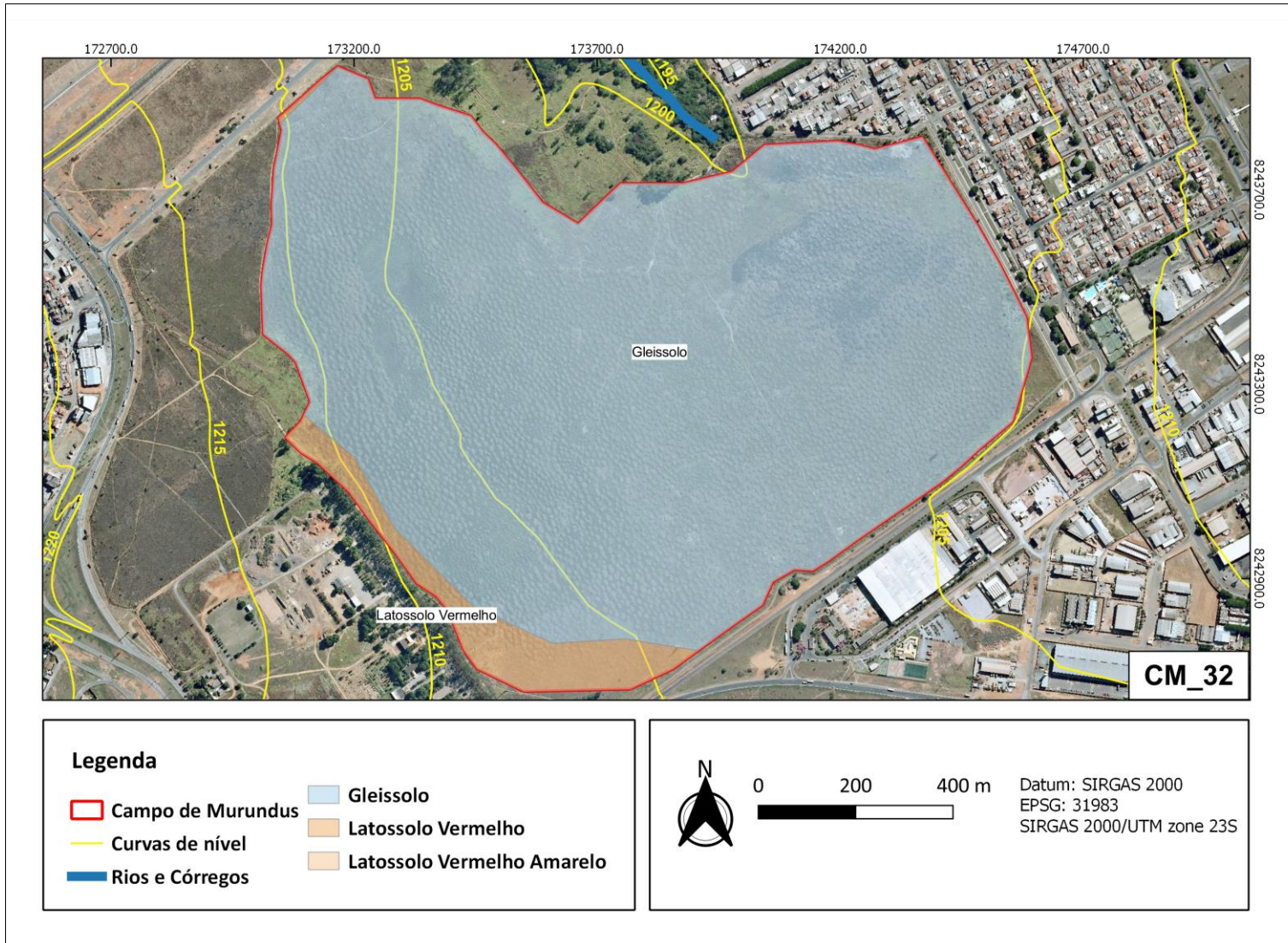


Figura 5.10 - Classes de solos em Campo de Murundus (CM\_32) e curvas de nível do terreno. Fonte: Autor.

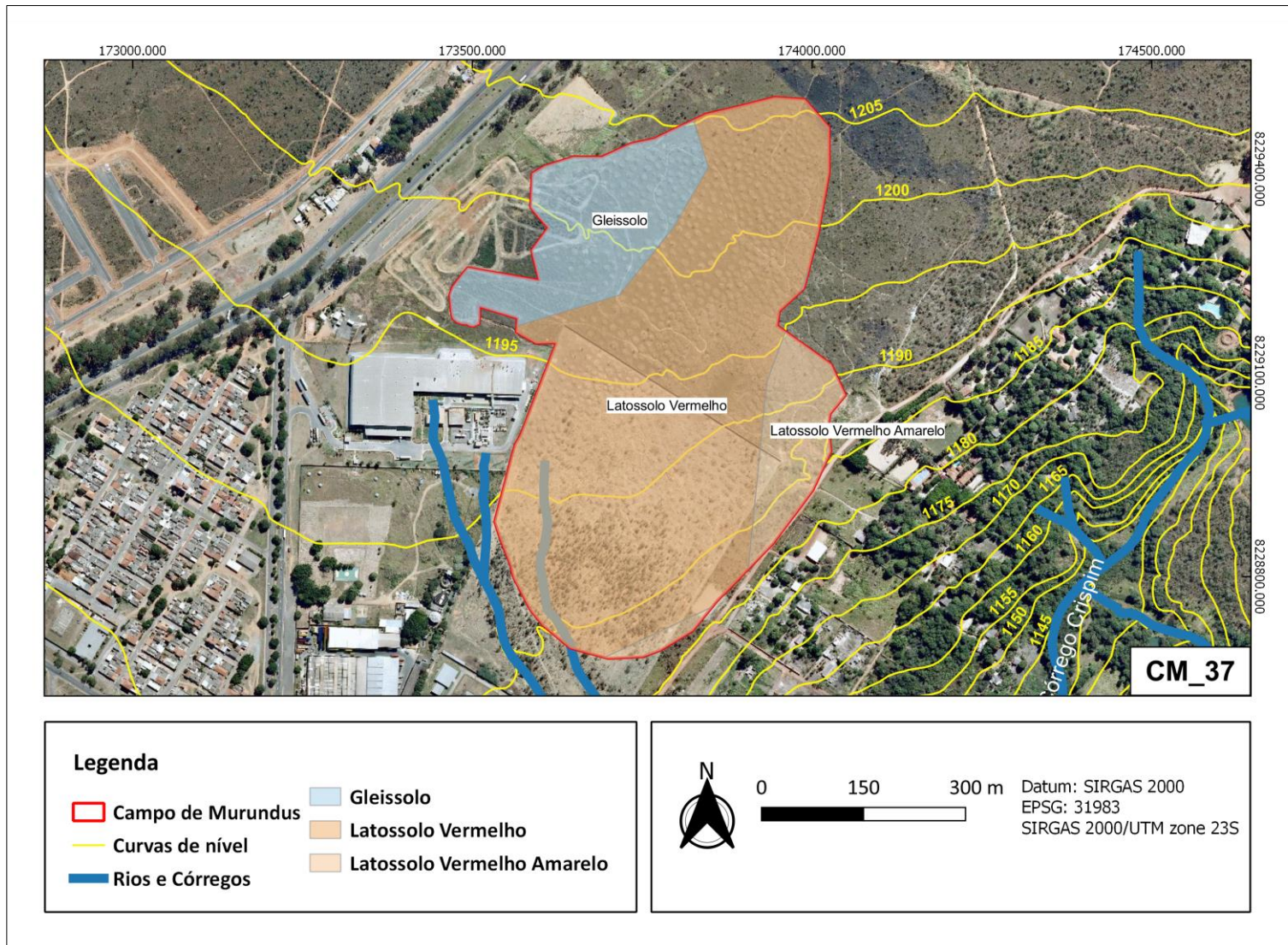


Figura 5.11 - Classes de solos em Campo de Murundus (CM\_37) e curvas de nível do terreno. Fonte: Autor.





Figura 5.12 - Laterito vesicular presente no solo entre murundus do Campo de Murundus CM\_81.

Sobre a determinação das classes de solo no campo, a Tabela 5.5 apresenta a cor verificada por meio da Carta de Munsell para as amostras de solo coletadas nos Campos de Murundus. O sistema de cores de Munsell é composto por três atributos: Matiz, Valor e Croma. O Matiz define a tonalidade única da cor, o Valor determina o nível de luminosidade ou escuridão, enquanto o Croma se relaciona com a intensidade e pureza da cor. Nesse sentido, verificou-se que, mesmo onde o Matiz era semelhante, indicando uma tonalidade similar, o Valor e o Croma das amostras de solo dos murundus foram menores em 72% das comparações com o Valor e o Croma apresentados pelas superfícies entre murundus do mesmo campo. No sistema de cores de Munsell, solos com Valores e Cromas menores exibem coloração mais escura e menos intensa, respectivamente.

Guimarães (2016) explica que os componentes de cor dos solos são influenciados pela mineralogia dos solos, pela umidade, e pelo acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais. O Matiz 10YR foi identificado em 78% das amostras de perfil de murundus e em 61% das amostras de solo entre

os murundus. Campos *et al.* (2003) observaram essa coloração em Gleissolos sob processo de gleização menos intenso e evidente. Ainda segundo Campos *et al.* (2003), isso é reforçado por Valores e Cromas não inferiores a 2, como também foi observado em todas as amostras coletadas. Ao estudar atributos de Gleissolos, Coringa, Couto e Perez (2012) também encontraram Matiz 10YR para esse tipo de solo, porém sob processo de gleização mais evidente, refletindo em Cromas constantes de 1.

Pesquisas adicionais indicam que a presença de Matizes 5YR a 10YR é comum em Latossolos, destacando a diversidade de matizes que essa categoria de solos pode exibir, influenciada por vários fatores ambientais, incluindo o processo pedogenético a que estão sujeitos. (FREITAS *et al.*, 2014; KER, 1994; VALENTE; CAMPOS; WATRIN, 2015).

Tabela 5.5 - Cor verificada pela carta de Munsell para camadas amostradas, segundo o tipo de local amostrado e Campo de Murundu revisitado.

Campo de Murundu	Coordenadas do ponto		Tipo de local amostrado (classe de solo <i>in loco</i> )	Camada (cm)	Cor (Munsell)	Cor referência
	Latitude	Longitude				
CM_32	-15.873315°	-48.046718°	Murundu (Latossolo)	0-20	10YR 4/6	
				20-40	10YR 4/6	
				40-60	10YR 4/6	
				60-80	10YR 4/6	
				80-100	10YR 4/6	
				100-120	10YR 5/8	
	-15.873294°	-48.046668°	Solo entre murundus (Latossolo)	0-20	10YR 5/8	
				20-40	10YR 5/8	
				40-60	10YR 5/8	
				60-80	10YR 5/8	
			80-100	10YR 5/8		
			100-120	7,5YR 6/10		
CM_37	-15.993583°	-48.047744°	Solo entre murundus (Gleissolo)	0-20	7,5YR 3/3	
				20-40	7,5YR 3/3	
				40-60	7,5YR 3/3	
				60-80	7,5YR 3/3	

			80-100	10YR 4/6	
			100-120	10YR 4/6	
			0-20	7,5YR 5/6	
			20-40	7,5YR 6/6	
		Murundu	40-60	7,5YR 6/6	
	-15.993667°	-48.047866°	(Latossolo)	60-80	7,5YR 6/6
			80-100	7,5YR 6/6	
			100-120	7,5YR 6/6	
			0-20	10YR 4/4	
			20-40	10YR 5/6	
		Murundu	40-60	10YR 6/8	
	-15.945029°	-47.910852°	(Latossolo)	60-80	10YR 6/8
			80-100	10YR 6/8	
			100-120	10YR 6/8	
CM_129			0-20	10YR 3/1	
			20-40	10YR 4/2	
		Solo entre murundus	40-60	10YR 5/6	
	-15.945096°	-47.910813°	(Latossolo)	60-80	10YR 5/6
			80-100	10YR 5/6	
			100-120	10YR 5/6	

Ainda que Latossolos sejam profundos e bem drenados (SANTOS et al., 2018), o que afastaria a possibilidade de hidromorfismo nessas áreas, verificou-se por meio da mapa hidrográfico do DF (SEDUH/GDF, 2020b) que 25% dos Campos de Murundus que ocorrem em Latossolos possuem nascentes dentro de suas áreas demarcadas. Os demais 75% dos Campos de Murundus em Latossolos situam-se a uma distância média de 120 metros de nascentes ou corpos hídricos de primeira ordem (cabeceiras). O fato de os Campos de Murundus estarem próximos a nascentes e corpos hídricos explica sua ocorrência em Latossolo, uma vez que a hipótese de erosão diferencial causada pela dinâmica da água é corroborada nessas áreas. Ademais, Damacena et al. (2009) investigaram as áreas saturáveis em uma bacia hidrográfica no DF e constataram que Latossolos não demonstram um padrão definido de saturação, podendo ser saturáveis ou não saturáveis, a depender de suas posições no relevo. Assim, a ocorrência de hidromorfismo em Latossolos é possibilitada pela geomorfologia local. Nesse sentido, características como a presença de depressões ou áreas planas, aliada à baixa capacidade de escoamento de água, são determinantes para o acúmulo de água e a consequente saturação prolongada do solo (VIDAL-TORRADO et al., 1999).

Mafra, Volkoff e Melfi (2002) explicam que os principais processos pedogenéticos que ocorrem em Latossolos sob hidromorfismo são a ferrólise, a acidólise e a argiluviação, que resultam no amarelecimento ou gleização do solo pela redução de óxidos de ferro e manganês e na dissolução e migração de argilas. Essas características foram observadas no campo, onde os Latossolos Vermelho Amarelo eram encontrados na superfície entre os murundus, em cotas mais elevadas do campo, enquanto os Gleissolos predominavam nas cotas mais baixas, onde a suscetibilidade ao acúmulo de água no solo é maior (Figuras 5.13 a 5.16). Conjuntamente, esses processos desestabilizam a estrutura do solo.

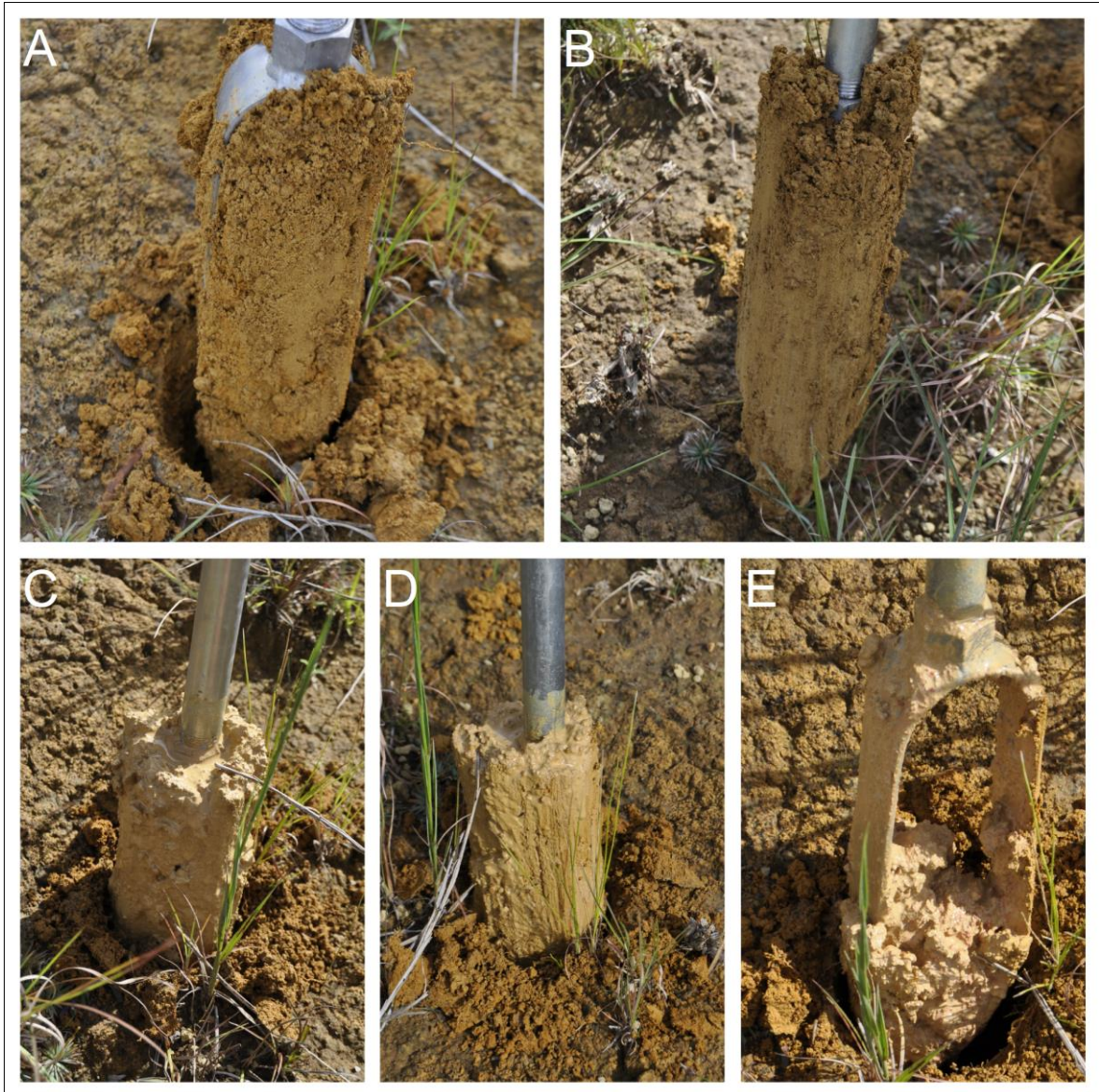


Figura 5.13 - Amostras de Latossolo Vermelho Amarelo coletadas da superfície entre murundus (campo CM\_37). A) camada 0-20 cm. B) camada 20-40 cm. C) camada 40-60 cm. D) camada 60-80 cm. E) camada 80-100 cm. Lençol freático entre 60 e 80 cm de profundidade em abril de 2023.

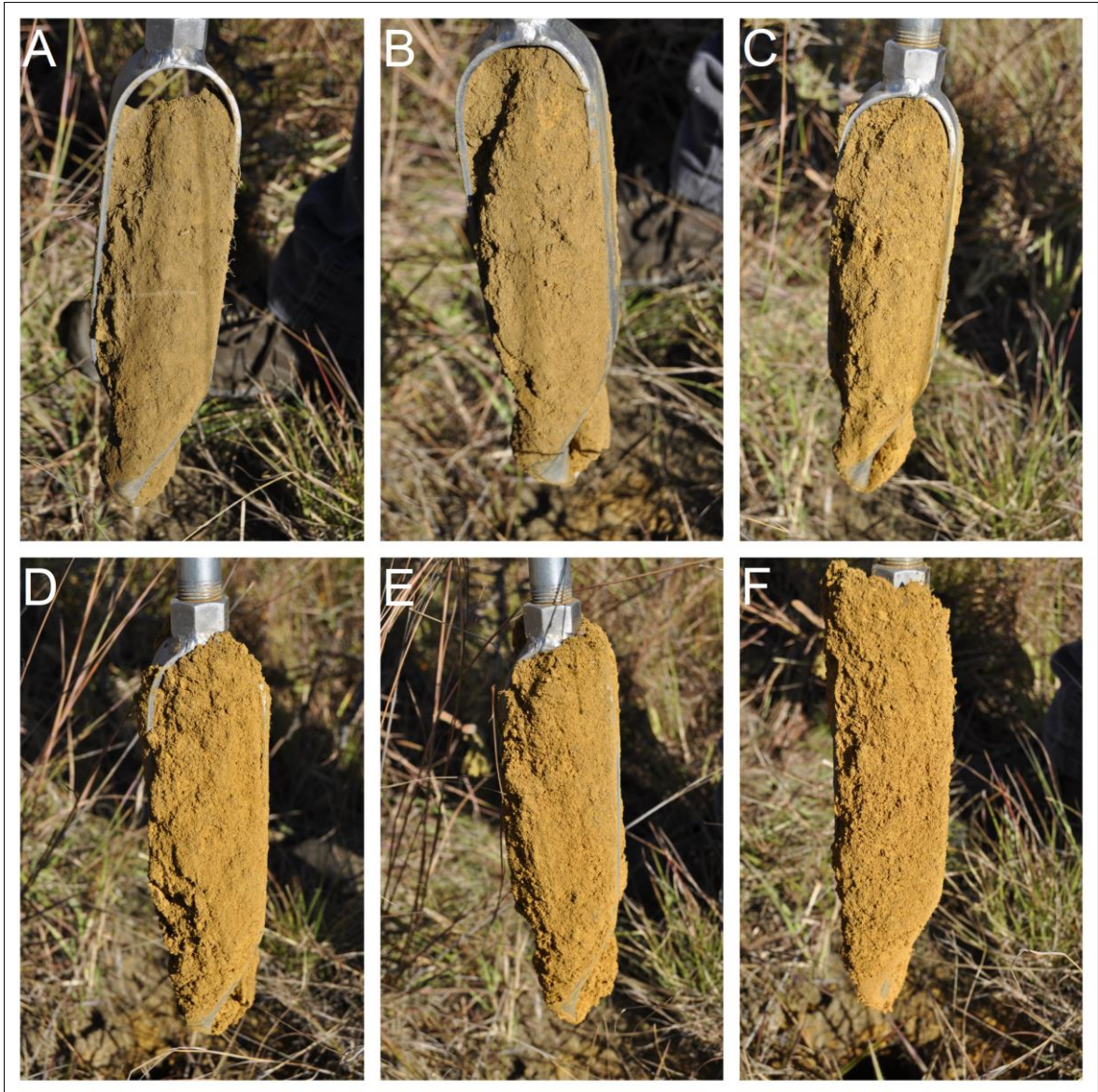


Figura 5.14 - Amostras de Latossolo Vermelho Amarelo coletadas da superfície entre murundus (campo CM\_32). A) camada 0-20 cm. B) camada 20-40 cm. C) camada 40-60 cm. D) camada 60-80 cm. E) camada 80-100 cm. F) camada 100-120 cm.



Figura 5.15 - Superfície entre murundus com ocorrência de Gleissolo.



Figura 5.16 - Ocorrência de Gleissolo no Campo de Murundus CM\_32.



Pesquisadores confirmaram a importância do ferro na estabilidade estrutural e de agregados do solo (LIN *et al.*, 2022; NUNES; CASSOL, 2011; XUE *et al.*, 2019; YAN, Yin *et al.*, 2018; YIN *et al.*, 2016). Lin *et al.* (2022) explicam que os óxidos de ferro formam pontes, atuando como agentes cimentantes entre as partículas de argila e moléculas orgânicas para unir as partículas do solo. Nunes e Cassol (2011) constataram que Latossolos com maiores teores de argila e óxidos de ferro apresentam agregados mais estáveis e resistentes a processos hídricos erosivos. Ao investigar a relação entre o hidromorfismo do solo e o desenvolvimento geomorfológico de um Campo de Murundus no Cerrado, Rosolen *et al.* (2019) identificaram uma transição do Latossolo para o Gleissolo à medida que se deslocavam das cotas mais altas para as mais baixas dentro do campo. Além disso, os autores verificaram que a depleção de ferro no solo nas áreas mais deprimidas do campo, resultado do hidromorfismo, tornava o solo mais suscetível ao colapso estrutural. Rosolen *et al.* (2019) concluíram que o mecanismo inicial da formação dos murundus no campo investigado, antes mesmo da erosão hídrica, é a erosão química do solo, caracterizada pelo colapso da microestrutura e a dissolução mineral, seguida pela exportação de solutos e elementos químicos pela água.

Sob a perspectiva geomorfológica, os Campos de Murundus são mais comuns em duas classes: Platôs Dissecados e Platôs. De acordo com a descrição de Soares Neto e Martins (2019), dentre outras características, Platôs são áreas geomorfológicas com declividade de até 4%, onde predominam formas divergentes côncavas e planares retilíneas. Por outro lado, os Platôs Dissecados são áreas com declividades variando de 4,1% a 26%, e apresentam predominantemente formas divergentes côncavas. Esses dados estão de acordo com a maior incidência de Campos de Murundus em áreas cuja declividade máxima é de 10%. Apesar de os Platôs Dissecados terem uma ampla variação de declividade, de 4,1% a 26%, foi constatado que a ocorrência dos campos estudados é pouco comum em áreas com declividades superiores a 10% e que a alta declividade do terreno é um fator limitante para a ocorrência dos Campos de Murundus. Sob outra abordagem, Lima e Corrêa (2021), utilizando mapa geomorfológico de Codeplan (1987), verificaram uma maior associação entre Campos de Murundus e a área do pediplano Contagem-Rodeador, superfície aplainada mais antiga da região, representada por chapadas, chapadões e

interflúvios tabulares que ocorrem entre as altitudes de 1.200 e 1.400 metros (STEINKE et al., 2007).

O mapeamento da razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no DF, segundo as classes de solo, geomorfologia, geologia, declividade e altimetria (Figuras 5.17 a 5.21), aponta que esses atributos ambientais exercem diferentes níveis de influência na ocorrência dessa fitofisionomia. Isoladamente, os atributos geologia e declividade apresentaram resultados mais generalistas e pouco precisos, classificando extensas áreas no DF como tendo potencialidade muito alta para ocorrência de Campos de Murundus. De maneira oposta, os atributos classe de solo, geomorfologia e altimetria classificaram áreas menores para a potencial ocorrência da fitofisionomia investigada.

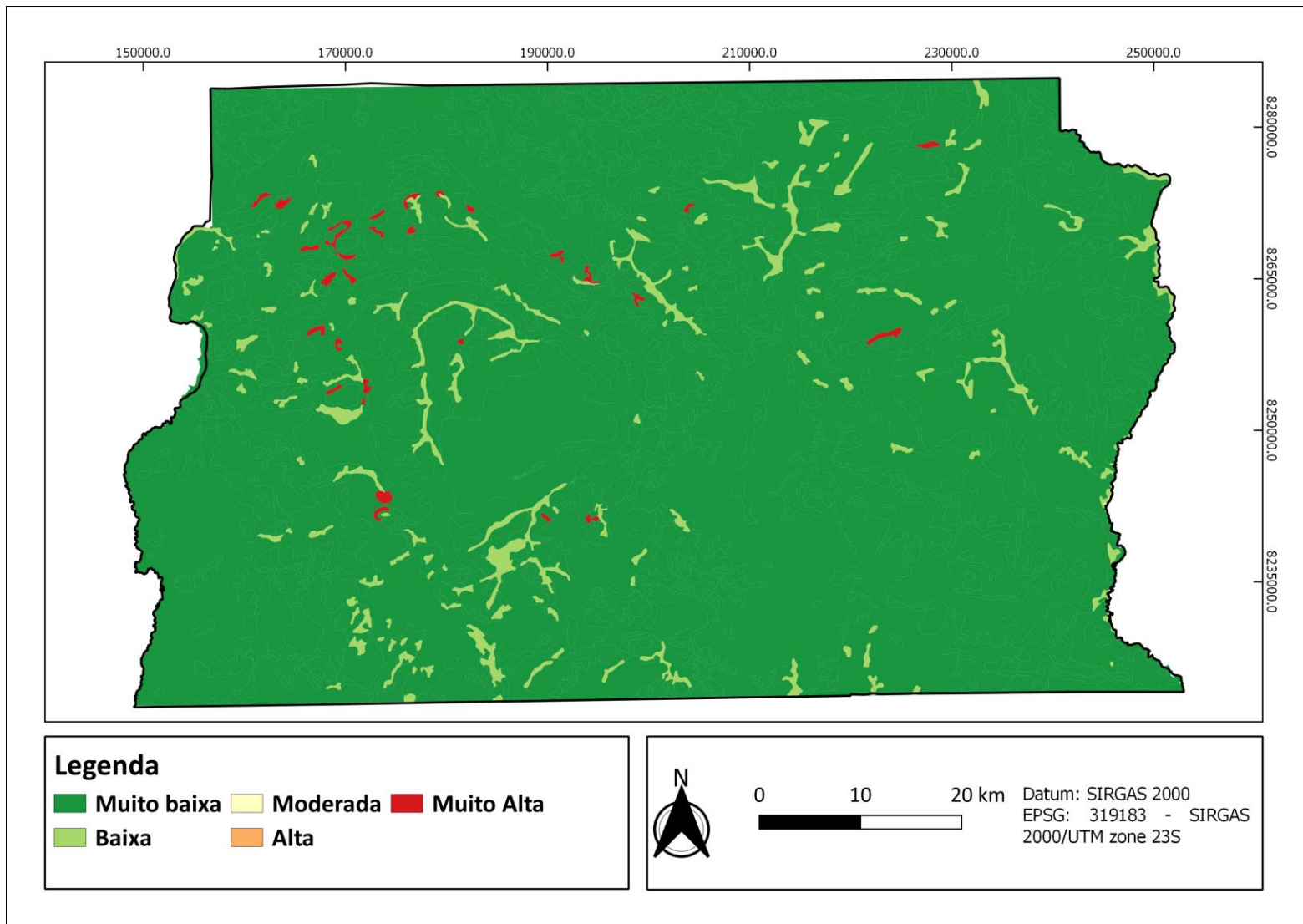


Figura 5.17 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a pedologia.

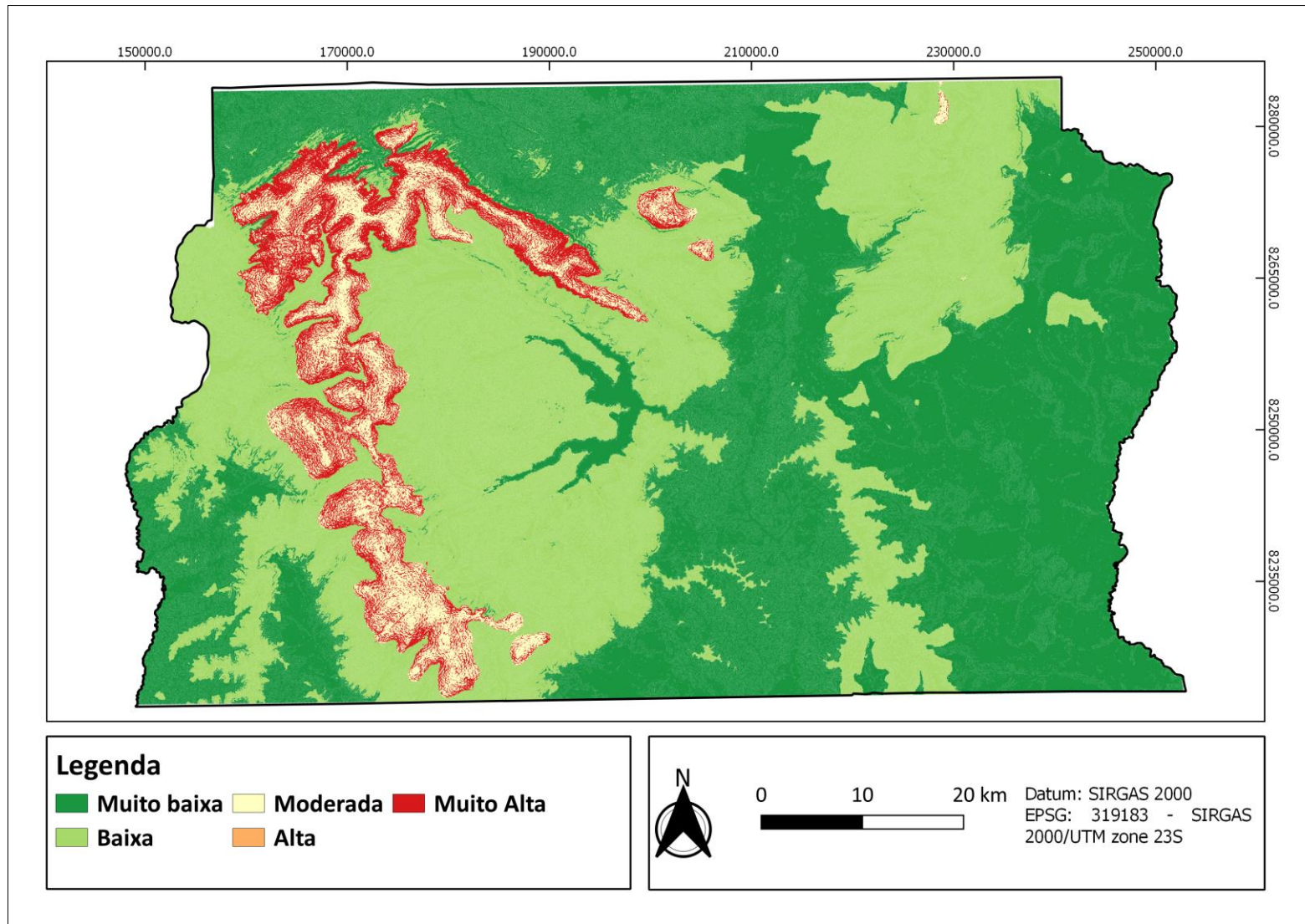


Figura 5.18 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a geomorfologia.

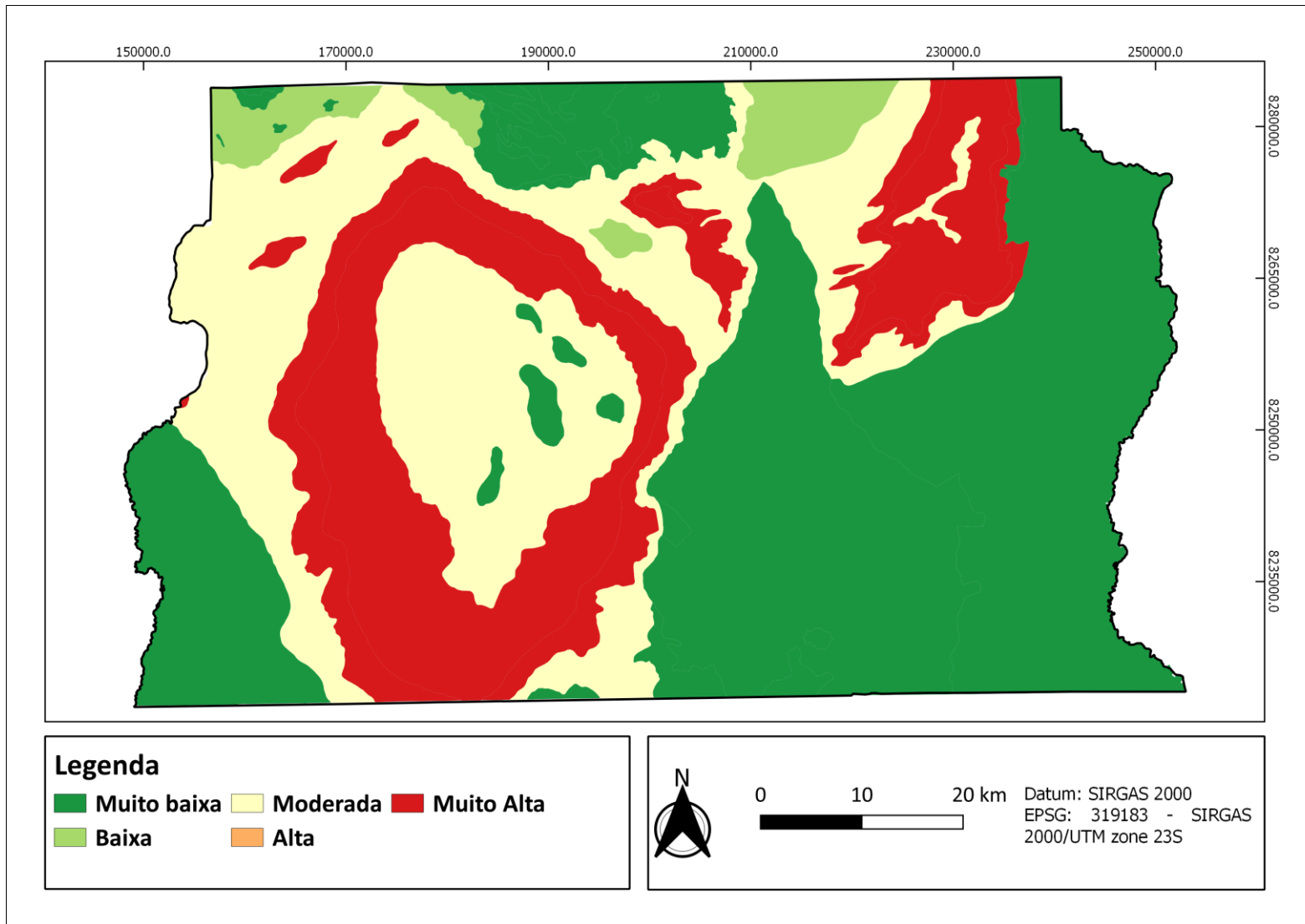


Figura 5.19 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a geologia.

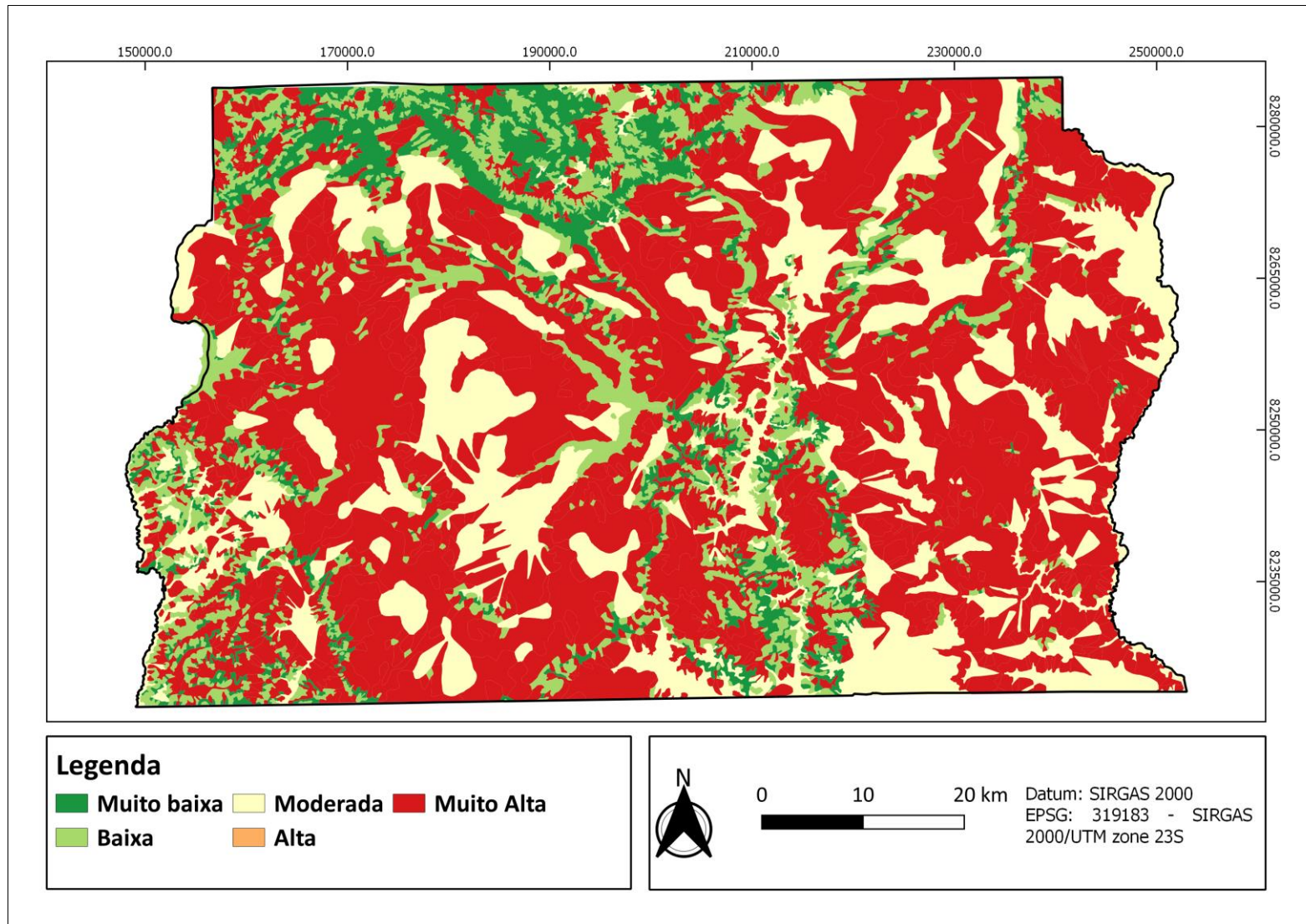


Figura 5.20 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a declividade.

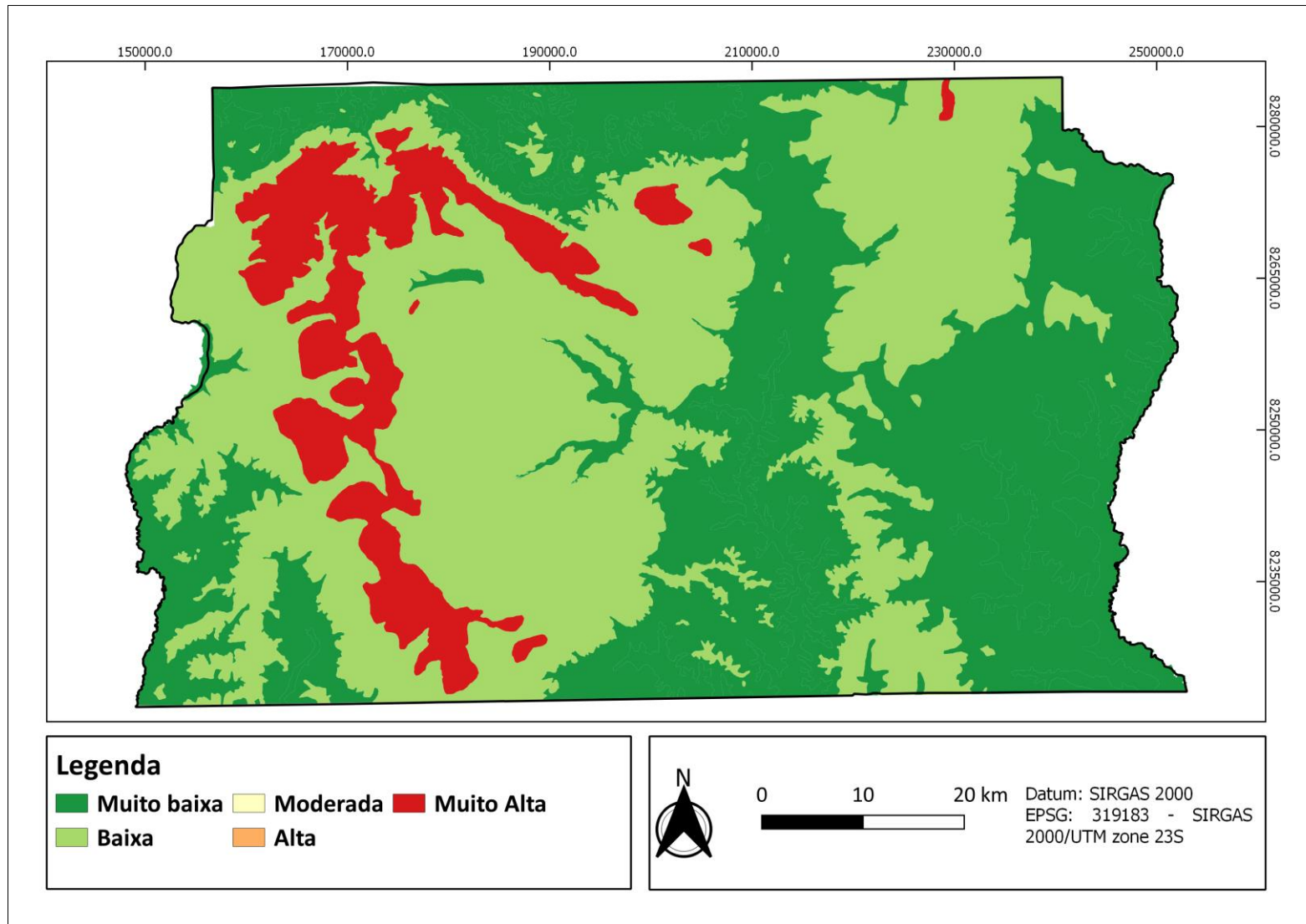


Figura 5.21 - Mapa de razão de frequência normalizada de Campos de Murundus no Distrito Federal, segundo a altimetria.

Silva et al. (2010), por meio da análise de isótopos de carbono dos solos presentes nos murundus e entre murundus, corroboram a hipótese de que processos erosivos diferenciais produzem os Campos de Murundus presentes no Cerrado, principalmente em áreas submetidas a um regime hídrico do solo marcado pela saturação de água e em terrenos com declividade suave. Essas observações de Silva et al. (2010) são confirmadas pela análise da declividade predominante nas áreas de ocorrência dos Campos de Murundus identificados neste trabalho, pois se observou que entre 30% e 29% da razão de frequência normalizada de Campos de Murundus se estendem, respectivamente, por declividades entre 2% a 5% e entre 5% a 10%, situando-se na faixa de declividade plano a suavemente ondulado (Santos et al., 2018).

O mapa final de ocorrência potencial de Campos de Murundus no DF (Figura 5.22), construído a partir da análise conjunta da classe de solos, geomorfologia, geologia, declividade e altimetria apontou que aproximadamente 10% da área do DF apresenta potencial alto ou muito alto para a ocorrência dessa fitofisionomia, apesar de neste trabalho ter-se identificado Campos de Murundus se estendendo por apenas 1,2% da área do território distrital. Ao se sobrepor as áreas com potencial para ocorrência de Campos de Murundus e o mapa de uso e cobertura do solo (SEDUH/GDF, 2019), observa-se que 30% das áreas com os maiores potenciais para ocorrência desses ecossistemas estão ocupados por atividades agrícolas ou pela urbanização.



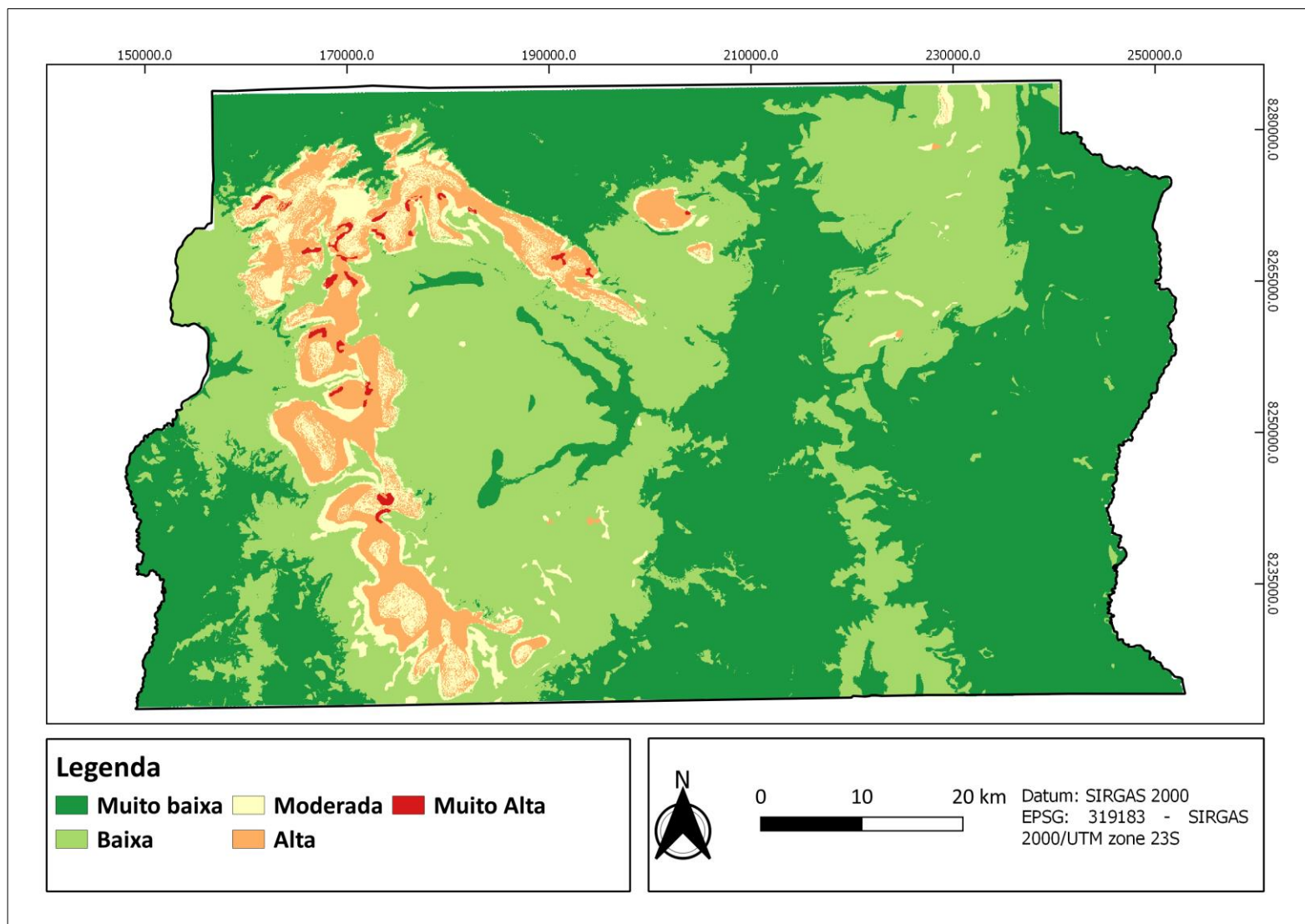


Figura 5.22 - Mapa de ocorrência potencial de Campos de Murundus no Distrito Federal.

### 5.3. Configuração de Campos de Murundus

As métricas de paisagem dos Campos de Murundus presentes na área de estudo em 2009 e em 2019 é apresentada na Tabela 5.6. Verifica-se que, apesar da quantidade de 197 campos ter sido mantida no intervalo de uma década, houve a supressão de 993,2 ha dessa fitofisionomia na paisagem estudada.

Tabela 5.6 - Resultados das métricas de paisagem dos Campos de Murundus (CM) nos anos de 2009 e 2019.

<b>Métrica (unidade)</b>	<b>2009</b>	<b>2019</b>
Número de Campos de Murundus (unidade)	197	197
Área média (ha)	33,3 ± 69,7	28,2 ± 57,7
Área total (ha)	6.556,1	5.562,9
Borda média (km)	2,7 ± 2,9	3,7 ± 5,4
Total de bordas (km)	529,2	721,3
Densidade de borda (m.ha <sup>-1</sup> )	80,7	129,7
Índice de forma médio (adimensional)	1,5 ± 0,4	2,1 ± 1,5
Dimensão fractal média (adimensional)	1,28 ± 0,04	1,33 ± 0,09
Razão perímetro-área média (adimensional)	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,04
Distância média do vizinho mais próximo (km)	0,86 ± 1,58	0,86 ± 1,58
Índice de proximidade médio (adimensional)	36,5 ± 315,7	35,0 ± 308,3

Os resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) apontaram a existência de duas componentes que explicaram 79,7% da variância total das métricas calculadas para os Campos de Murundus em 2009. Para o ano 2019, essa análise resultou em duas componentes principais, explicando 79,8% da variância total dos dados (Figura 5.23 e Tabela 5.7).

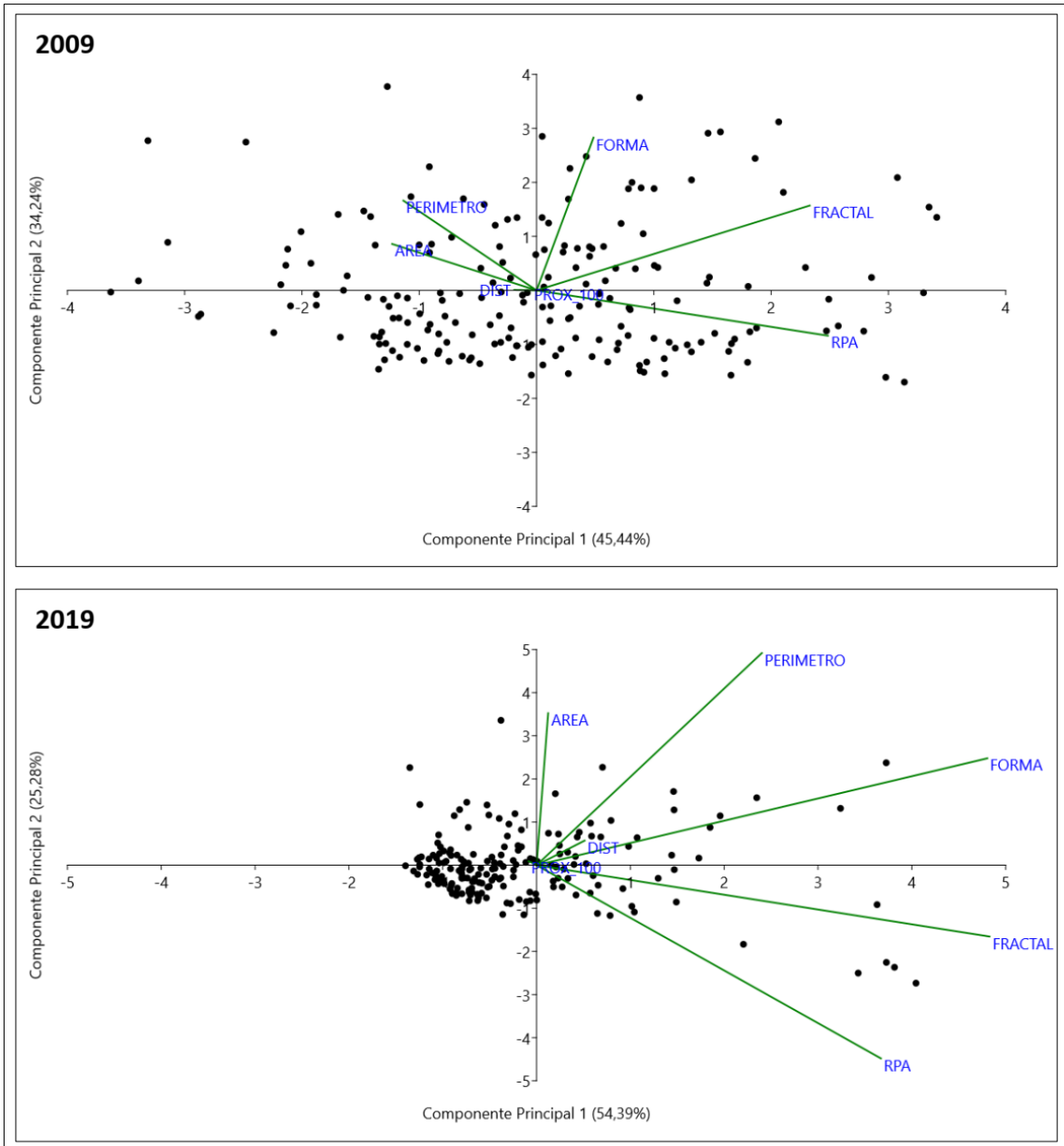


Figura 5.23 - Análise de Componentes Principais (PCA) para os Campos de Murundus (CM) no Distrito Federal (DF) nos anos de 2009 e 2019, considerando a variância das métricas área (AREA), perímetro (PERIMETRO), índice de forma (FORMA), dimensão fractal (FRACTAL), razão perímetro-área (RPA), distância do vizinho mais próximo (DIST) e índice de proximidade em um raio de busca de 100 m (PROX\_100).

Tabela 5.7 - Componentes principais, autovalores e percentuais de explicação da variância das PCAs dos Campos de Murundus em 2009 e em 2019.

Componente Principal	2009		2019	
	Autovalor	% de variância explicada	Autovalor	% de variância explicada
1	1,9	45,4	2,4	54,4
2	1,4	34,2	1,1	25,3
3	0,4	10,3	0,4	9,5
4	0,3	6,9	0,3	6,5
5	0,1	2,6	0,1	2,0
6	0,02	0,4	0,1	1,9
7	0,01	0,1	0,02	0,5

Os coeficientes (*loadings*) das sete variáveis de entrada das análises para os anos de 2009 e 2019 mostraram como cada um deles contribuiu para a explicação das componentes principais (Tabelas 5.8 e 5.9). Para o ano de 2009, observa-se que a razão perímetro-área (RPA) e a dimensão fractal (FRACTAL) foram as métricas com os maiores coeficientes na construção da Componente Principal 1. Além disso, índice de forma (FORMA) e perímetro (PERIMETRO) foram as métricas com os maiores coeficientes na construção da Componente Principal 2 do mesmo ano. Considerando a PCA para as métricas dos Campos de Murundus em 2019, observa-se que FORMA e FRACTAL foram as métricas com os maiores coeficientes na construção da Componente Principal 1 e RPA e PERIMETRO foram as métricas com as maiores contribuições na construção da Componente Principal 2 do mesmo ano.

Tabela 5.8 - Métricas de entrada da PCA e coeficientes (*loadings*) de construção dos autovetores para o ano de 2009.

Métrica	Componente Principal						
	1	2	3	4	5	6	7
AREA	-0,32	0,22	-0,07	0,68	-0,02	-0,57	0,21
PERIMETRO	-0,30	0,43	-0,04	0,36	0,01	0,59	-0,50
RPA	0,65	-0,22	-0,01	0,59	0,02	0,35	0,26
FORMA	0,13	0,74	0,03	-0,23	-0,02	0,17	0,60
FRACTAL	0,61	0,41	0,03	-0,04	0,00	-0,42	-0,53
DIST	-0,05	0,00	0,99	0,08	0,08	0,00	-0,01
PROX_100	-0,01	0,01	-0,08	-0,02	1,00	-0,02	0,02

Tabela 5.9 - Métricas de entrada da PCA e coeficientes (*loadings*) de construção dos autovetores para o ano de 2019.

Métrica	Componente Principal						
	1	2	3	4	5	6	7
AREA	0,02	0,43	-0,25	0,76	-0,30	0,11	-0,26
PERIMETRO	0,30	0,61	-0,04	-0,02	0,22	-0,11	0,70
RPA	0,45	-0,55	-0,12	0,50	0,41	-0,19	0,14
FORMA	0,59	0,31	0,01	-0,28	0,27	-0,12	-0,63
FRACTAL	0,59	-0,20	0,01	-0,14	-0,67	0,32	0,18
DIST	0,06	0,07	0,96	0,27	0,02	0,06	-0,01
PROX_100	-0,01	0,01	-0,07	0,00	0,42	0,91	0,00

Sobre os 197 Campos de Murundus identificados neste trabalho, apesar de ter sido mensurada perda de 993 ha entre 2009 e 2019, observou-se que esse processo ocorreu pela degradação das bordas, não chegando a fragmentar esses ambientes. Todavia, a supressão parcial de Campos de Murundus alterou a densidade de borda desses ambientes de 80,7 para 129,7 m.ha<sup>-1</sup>, um aumento de 61% no período avaliado. O efeito de borda em coberturas naturais do Cerrado modifica a composição e a estrutura da comunidade vegetal dos fragmentos remanescente, aumentando a riqueza e a abundância de espécies alóctones em

detrimento das nativas e, em último caso, podendo levar à extinção de populações locais (SAMPAIO e SCARIOT, 2011; VAN MELIS et al., 2021).

Os Campos de Murundus no DF se associam principalmente a solos de origem hidromórfica, em áreas com declividades de 2 a 5%, que favorecem o escoamento superficial lento de água (LIMA e CORRÊA, 2021), reforçando a hipótese de que sua formação envolve o processo de erosão hídrica diferencial (SILVA *et al.*, 2010). O escoamento superficial de água moldaria a paisagem por meio da erosão, supostamente tornando os Campos de Murundus alongados e o índice de forma médio pode verificar essa característica desses ambientes. Essa métrica quantifica a complexidade do contorno dos fragmentos (LANG e TIEDE, 2003). Fragmentos perfeitamente circulares possuem índice de forma igual a 1 e aumenta à medida que a forma do fragmento se torna mais alongada, irregular e complexa (MCGARIGAL e MARKS, 1995).

Fitofisionomias que acompanham o curso de rios, como Matas de Galeria e Matas Ciliares (RIBEIRO e WALTER, 2008), possuem formas mais alongadas e lineares, resultando em valores de índices de forma superiores a 1. Ao avaliar a fragmentação da cobertura natural do DF, Neves *et al.* (2013) calcularam o índice de forma de 2,6 para as Matas de Galerias. Verificou-se que florestas ripárias com nenhuma ou pouca antropização em outros biomas possuem índice de forma de 2,0 (RIEDLER *et al.*, 2013) a 2,3 (AGUIAR, FERNANDES e FERREIRA, 2011) e rios, que apresentam as ocorrências naturais mais alongadas possíveis, possuem valor aproximado de 4,4 considerando esse índice (VASILICĂ-DĂNUȚ *et al.*, 2019).

Em 2009, os Campos de Murundus estudados apresentaram índice de forma médio de 1,5, situando-se como um meio-termo entre a forma perfeitamente circular e a vegetação ripária. Ao agrupar os campos em quartis, segundo a variação do índice de forma, verificou-se que aqueles pertencentes ao quartil com os maiores índices de forma apresentaram valor médio de 2,1, aproximando-os da forma de ambientes ripários (AGUIAR, FERNANDES e FERREIRA, 2011; NEVES *et al.*, 2013; RIEDLER *et al.*, 2013). Em uma segunda abordagem de agrupamentos em quartis, desta vez segundo a variação de tamanho dos Campos de Murundus, verificou-se que aqueles pertencentes ao quartil com as maiores áreas possuem índice de forma médio de 1,8. Dessa forma, os Campos de Murundus com as maiores áreas tendem a apresentar

formatos mais alongados, fato que sugere que o aumento da área desses ambientes ocorre por meio do seu alongamento linear.

O índice de forma médio dos Campos de Murundus corrobora a hipótese de que a gênese desses ambientes é resultado da dinâmica hídrica, conforme apontado por Silva *et al.* (2010), uma vez que o escoamento superficial é um processo natural capaz de conferir a essas áreas formatos tão alongados quanto os de ambientes ripários. Considerando que a dinâmica hídrica desses campos é caracterizada, dentre outros aspectos, pelo escoamento superficial da água (CASTRO JÚNIOR, 2002) e pelo fluxo lateral subsuperficial de água (FURLAN *et al.*, 2020), tais fatores explicam a forma observada nos Campos de Murundus do DF avaliados neste trabalho.

#### **5.4. Estrutura de Campos de Murundus**

Os campos selecionados para caracterização da estrutura por meio de métricas da ecologia de paisagens somaram área de 193 ha. Além disso, aproximadamente 10,2 mil murundus foram delimitados para cálculo das métricas de estrutura desses ambientes (Tabela 5.10 e Figura 5.24). Apesar de apresentarem variações semelhantes nas métricas calculadas, alguns conjuntos de murundus são discrepantes de seus pares em determinados aspectos estruturais, como o CM\_15, que apresentou densidade de ocupação de murundus 32% menor do que a média dos outros. Além disso, observa-se que o CM\_32 apresentou área quase sete vezes superior à média dos demais murundus de outros campos, apresentando também murundus maiores e mais volumosos. Os Índices de Dispersão de Clark e Evans indicaram que os montículos dos quatro campos selecionados são distribuídos de forma não aleatória e dispersa nesses ambientes.

Tabela 5.10 - Métricas descritivas da estrutura dos Campos de Murundus selecionados por campo.

Métrica	Campo de Murundus			
	CM_09	CM_15	CM_32	CM_37
Área total do campo (ha)	14,00	11,26	133,26	34,45
Número de murundus (unidade)	778	444	7.350	1.620
Densidade de ocupação (murundus.ha <sup>-1</sup> )	56	39	55	47
Total de bordas (m)	20.124	12.232	260.187	44.577
Densidade de bordas (m.ha <sup>-1</sup> )	4.394,6	4.432,6	3.796,1	4.543,0
Área média (m <sup>2</sup> )	58,8 ±	62,0 ±	93,1 ±	60,5 ±
	52,7	50,3	63,5	51,6
Altura média (m)	0,7 ± 0,4	0,9 ± 0,4	1,0 ± 0,4	0,7 ± 0,4
Volume médio (m <sup>3</sup> )	19,4 ±	22,6 ±	39,2 ±	17,7 ±
	24,1	26,5	34,8	21,1
Índice de Forma Médio (adimensional)	1,049 ±	1,063 ±	1,080 ±	1,072 ±
	0,05	0,06	0,09	0,08
Dimensão Fractal Média (adimensional)	1,779 ±	1,746 ±	1,650 ±	1,750 ±
	0,24	0,22	0,16	0,21
Distância média do vizinho mais próximo (m)	1,7 ± 1,3	1,5 ± 2,0	0,8 ± 1,2	1,4 ± 2,4
Índice de dispersão de Clark e Evans (adimensional)	1,4	1,2	1,5	1,2



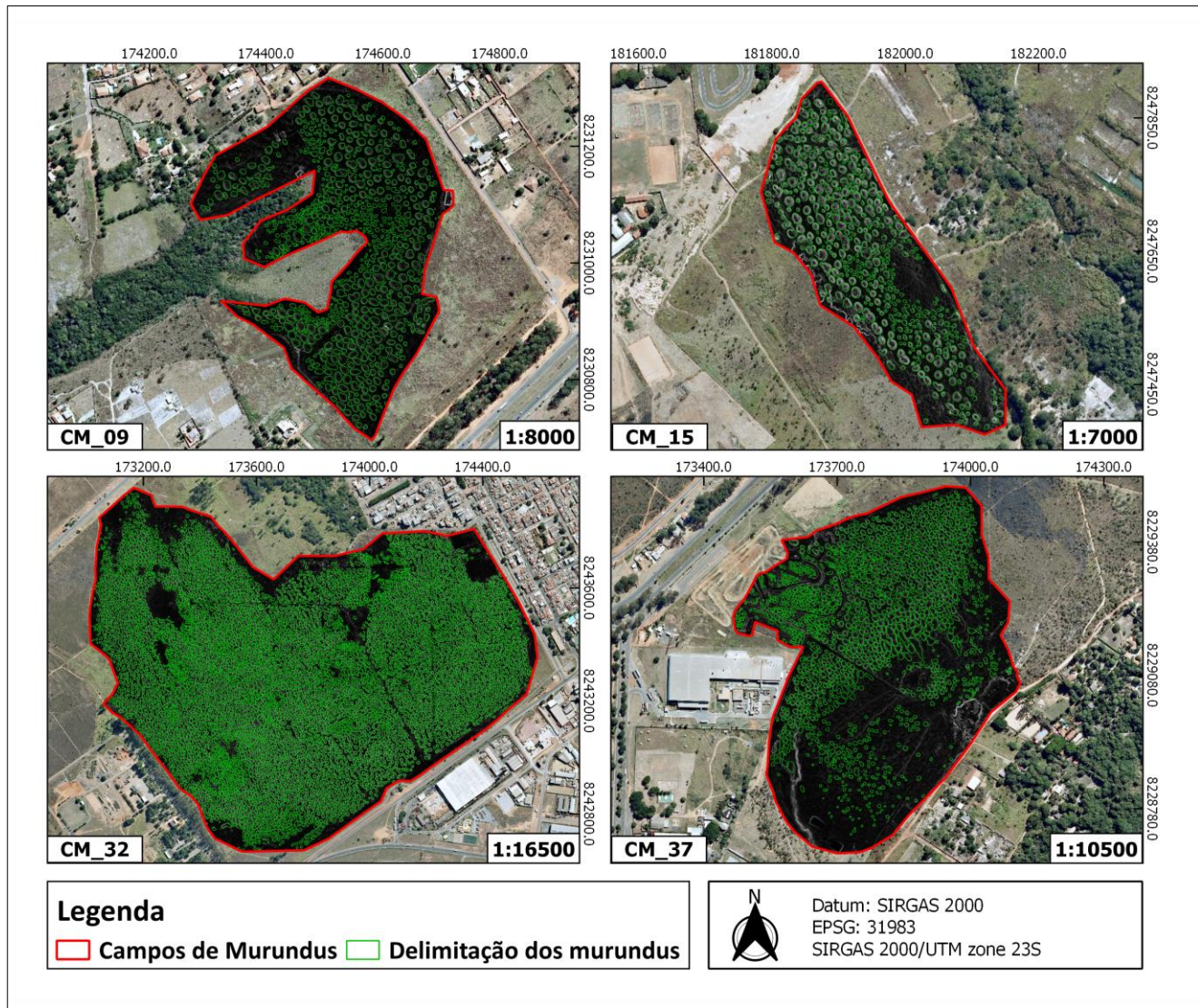


Figura 5.24 - Murundus delimitados nos campos selecionados (CM\_09, CM\_15, CM\_32, CM\_37).

Os resultados das PCA das estruturas dos Campos de Murundus indicaram que as duas primeiras componentes principais de cada análise explicaram mais de 80% da variância total das métricas descritoras da estrutura de cada um deles (Tabela 5.11 e Figura 5.25). As métricas altura (ALTURA), área (AREA), volume (VOLUME) e dimensão fractal (FRACTAL) foram as que mais contribuíram na construção das Componente Principal 1 dos campos CM\_09, CM\_15 e CM\_32. Além disso, a distância do vizinho mais próximo (DIST) foi a métrica que mais se relacionou com a Componente Principal 2 desses campos.

Tabela 5.11 - Componentes principais, autovalores e percentuais de explicação da variância das métricas de estrutura dos Campos de Murundus selecionados.

Componente Principal	CM_09		CM_15		CM_32		CM_37	
	Autovalor	% de variância explicada	Autovalor	% de variância explicada	Autovalor	% de variância explicada	Autovalor	% de variância explicada
1	3,3	70,3	3,3	66,3	3,1	69,0	2,8	49,7
2	0,8	17,3	1,0	20,0	0,6	13,6	2,3	40,5
3	0,4	8,8	0,5	9,0	0,5	11,1	0,4	7,2
4	0,2	3,2	0,2	3,7	0,2	5,2	0,1	2,2
5	0,0	0,4	0,0	0,9	0,0	1,1	0,0	0,4

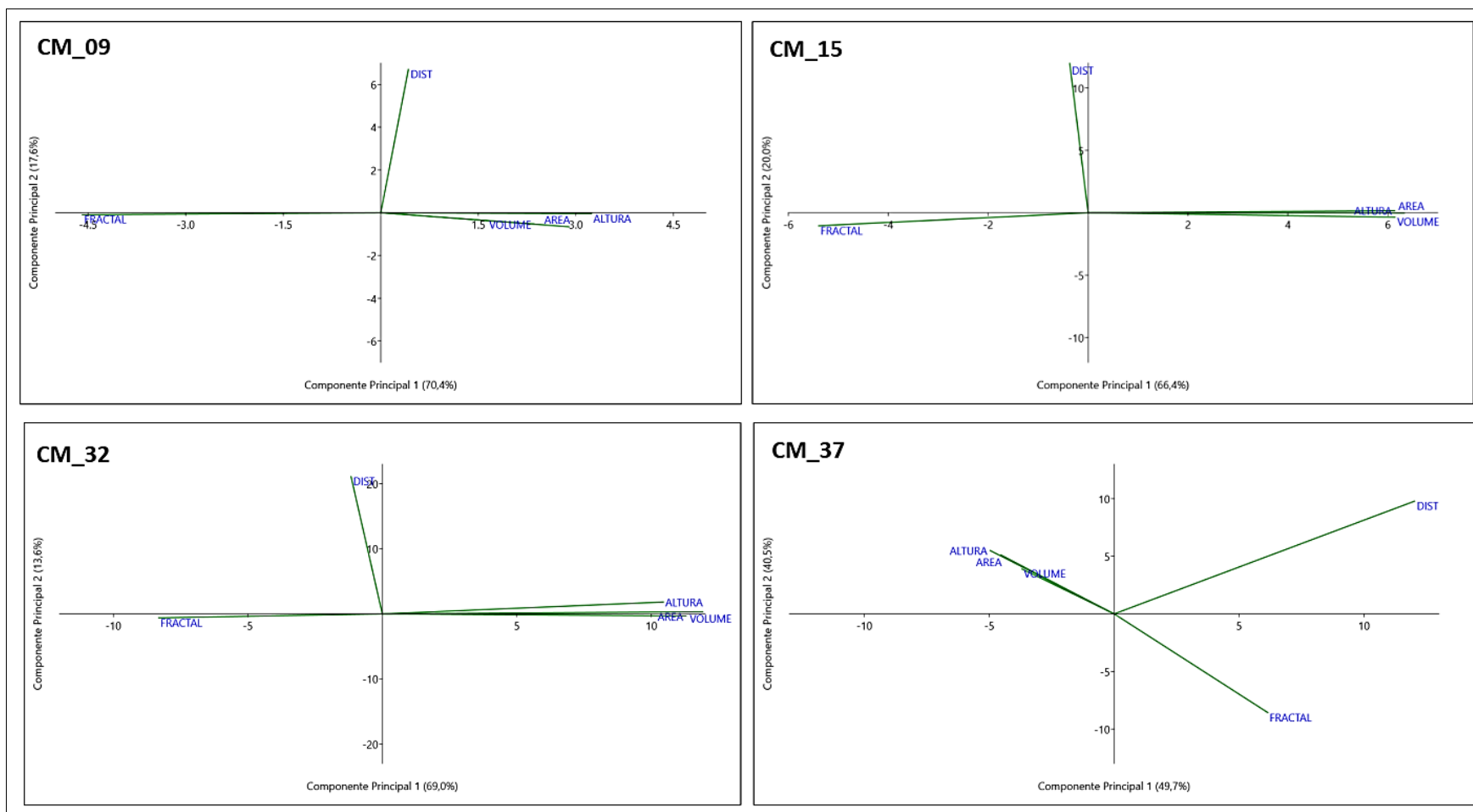


Figura 5.25 - Análise de Componentes Principais (PCA) para os Campos de Murundus CM\_09, CM\_15, CM\_32 e CM\_37, considerando a variância das métricas área (AREA), altura (ALTURA), volume (VOLUME), dimensão fractal (FRACTAL) e distância do vizinho mais próximo (DIST).

Quanto ao agrupamento de murundus, o Índice de Estrutura Simples (SSI) apontou o número ideal de cinco grupos para os campos CM\_09, CM\_15 e CM\_32 e quatro grupos para o campo CM\_37 (Figura 5.26). A distribuição dos murundus agrupados nos campos de acordo com os escores das PCAs e o comportamento morfométrico dos murundus em cada grupo classificado por K-médias é apresentado nas Tabela 5.12 e Figura 5.27.

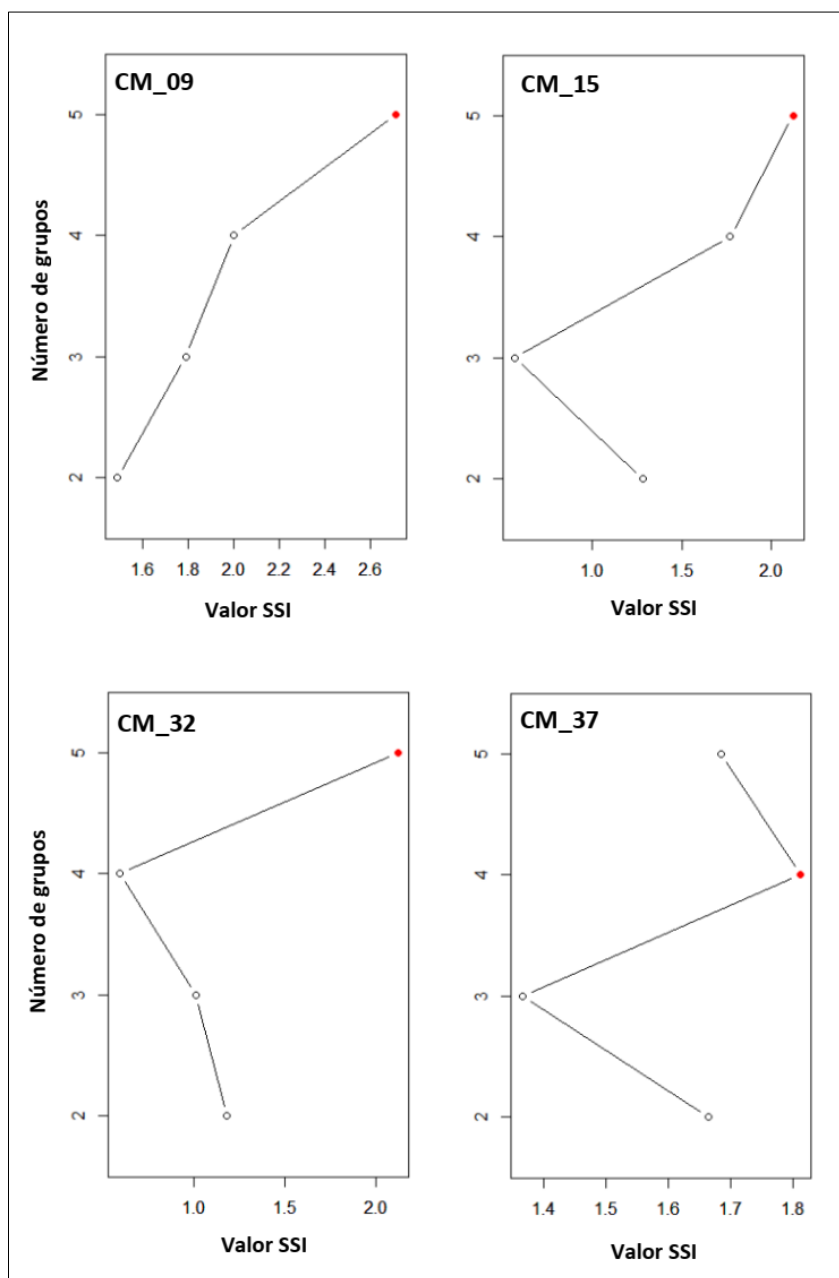


Figura 5.26 - Índices de Estrutura Simples (SSI) para determinação do número de grupos aplicados ao agrupamento de K-médias.

Tabela 5.12 - Métricas descritivas da estrutura dos Campos de Murundus por agrupamento do K-médias e percentual de murundus nos grupos.

Campo	Grupo	Métrica de estrutura (média ± DP)					% de murundus do campo
		Area (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Dimensão Fractal	Dist. vizinho mais próximo (m)	
CM_09	1	38,1 ± 18,6	0,7 ± 0,2	8,2 ± 7,0	1,8 ± 0,1	8,1 ± 2,9	1,5
	2	23,2 ± 8,4	0,4 ± 0,1	3,0 ± 1,9	1,9 ± 0,1	1,5 ± 0,9	35,3
	3	10,1 ± 2,6	0,3 ± 0,1	0,7 ± 0,5	2,0 ± 0,2	1,1 ± 0,8	15,9
	4	71,0 ± 19,7	0,9 ± 0,2	22,0 ± 9,1	1,6 ± 0,0	1,8 ± 1,1	25,9
	5	140,5 ± 40,5	1,2 ± 0,2	57,7 ± 20,3	1,5 ± 0,0	1,6 ± 1,0	21,4
CM_15	1	172,0 ± 44,1	1,6 ± 0,2	84,0 ± 27,2	1,5 ± 0,0	1,1 ± 0,8	9,0
	2	38,0 ± 0,0	0,6 ± 0,0	6,7 ± 0,0	1,7 ± 0,0	32,8 ± 0,0	0,1
	3	17,2 ± 6,6	0,4 ± 0,1	2,1 ± 1,1	2,0 ± 0,2	1,3 ± 0,9	31,8
	4	44,7 ± 13,5	0,8 ± 0,2	10,9 ± 5,4	1,7 ± 0,1	1,7 ± 1,7	30,9
	5	96,6 ± 20,9	1,3 ± 0,2	38,9 ± 11,1	1,6 ± 0,0	1,3 ± 1,2	28,2
CM_32	1	75,1 ± 22,4	1,0 ± 0,2	25,7 ± 9,3	1,6 ± 0,0	0,8 ± 0,8	33,4
	2	28,9 ± 15,5	0,4 ± 0,2	3,8 ± 2,9	1,9 ± 0,2	0,9 ± 1,0	23,9

	3	249,1 ± 75,0	1,4 ± 0,2	125,8 ± 39,3	1,5 ± 0,0	0,6 ± 0,4	6,6
	4	70,8 ± 44,1	0,8 ± 0,3	14,2 ± 8,8	1,7 ± 0,2	29,1 ± 10,4	0,1
	5	123,7 ± 31,1	1,3 ± 0,2	59,3 ± 14,2	1,6 ± 0,0	0,8 ± 0,6	36
	1	111,3 ± 44,8	1,1 ± 0,2	41,5 ± 20,4	1,6 ± 0,0	0,8 ± 0,6	34,0
<b>CM_37</b>	2	43,7 ± 16,6	0,6 ± 0,2	7,8 ± 4,5	1,7 ± 0,1	1,4 ± 1,3	40,8
	3	33,1 ± 18,5	0,6 ± 0,2	5,3 ± 4,1	1,8 ± 0,2	13,7 ± 5,6	2,3
	4	14,6 ± 5,3	0,4 ± 0,1	1,5 ± 0,8	2,0 ± 0,2	1,1 ± 1,2	22,9

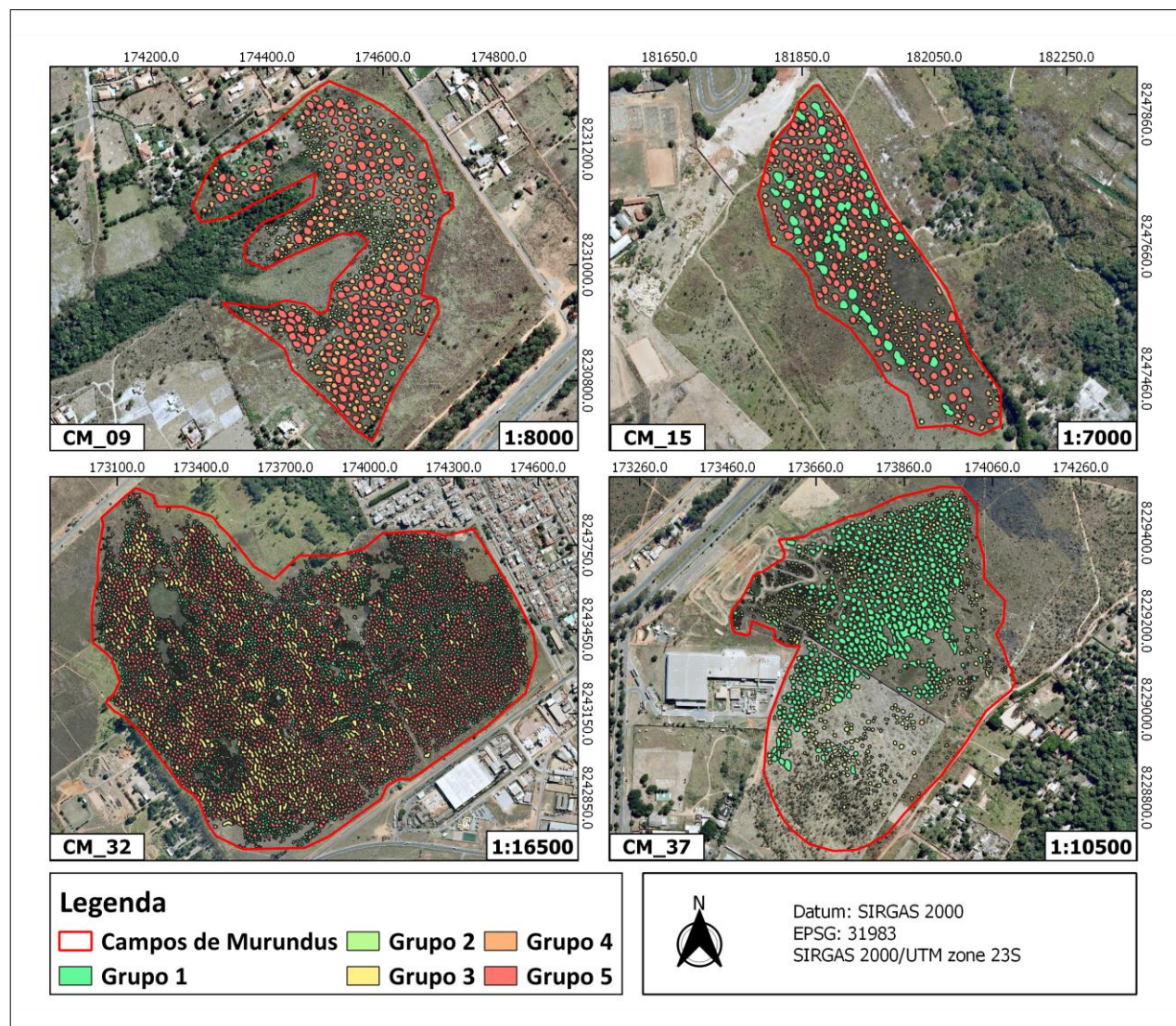


Figura 5.27 - Distribuição dos murundus agrupados por K-médias para os Campos de Murundus CM\_09, CM\_15 e CM\_32.



Os Campos de Murundus CM\_09 e CM\_15 apresentaram maior ocorrência de montículos de menores dimensões, com área basal, altura e volumes reduzidos em relação aos demais. Já os Campos de Murundus CM\_32 e CM\_37, apresentaram predominância de montículos com menores distâncias em relação ao vizinho mais próximo e menores dimensões fractais, resultantes de suas formas mais arredondadas.

As métricas que caracterizam a ocupação, a morfologia e a dispersão dos murundus são compatíveis com outros estudos que investigaram esses ambientes. Nesse sentido, a densidade de ocupação encontrada de 39 - 56 murundus.ha<sup>-1</sup> é compatível com os valores encontrados por Araujo Neto *et al.* (1986) no DF e Sales *et al.* (2021) em Minas Gerais, que relataram 26 - 61 e 36 murundus.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A área média basal dos murundus de 59 - 93 m<sup>2</sup> é próxima das dimensões das áreas médias de 82 - 150 m<sup>2</sup> relatadas por Araújo Neto (1981) no DF, ≤ 10 - 70 m<sup>2</sup> verificados por Silva, Borges e Rodrigues (2020) em Minas Gerais e 103 m<sup>2</sup> apontados por Sales *et al.* (2021). A altura média observada de 0,7 - 1 m dos montículos é também parcialmente compatível com as alturas de 0,05 - 2 m relatadas por Araujo Neto *et al.* (1986), 0,7 m verificada por Silva, Borges e Rodrigues (2020) e de 1,3 m relatada por Sales *et al.* (2021). O volume médio de 18 - 39 m<sup>3</sup> apresentado pelos murundus investigados é compatível com os valores de 0,01 - 141 m<sup>3</sup> descrito por Araujo Neto *et al.* (1986), de 21 m<sup>3</sup> relatado por Silva, Borges e Rodrigues (2020) e de 0,4 - 286 m<sup>3</sup> exposto por Sales *et al.* (2021). Por fim, a distância média do murundu mais próximo de 0,8 - 1,7 m é concordante com a relatada por Sales *et al.* (2021) de 0,2 - 18 m.

Algumas métricas que caracterizam a estrutura dos Campos de Murundus identificados neste trabalho forneceram subsídios para se refutar a hipótese biótica de origem dessa fitofisionomia (RIBEIRO e WALTER, 2008). O Índice de Dispersão de Clark e Evans para os murundus, com valor médio de 1,30, não é compatível com o valor de 0,86 relatado por Kreutz *et al.* (2010) para termiteiros da espécie *Armitermes cerradoensis*, que seria responsável pela localização dos murundus sob a perspectiva da hipótese biótica. Esses resultados indicam que os murundus têm uma distribuição não aleatória e dispersa, enquanto os termiteiros de *Armitermes cerradoensis* apresentam padrão agregado.

Da mesma forma, as espécies *Cornitermes snyderi* e *Cornitermes silvestrii*, descritas como sinônimas por Canello (1989) e Valério (2006), possuem

termiteiros de formato achatado, crescendo mais em largura do que em altura (VALÉRIO, 2006). Ao investigar a ocorrência de espécies de cupins em pastagens, Czepak, Araújo e Fernandes (2003) verificaram maior ocorrência de termiteiros de *Cornitermes snyderi*, com área média de 0,54 m<sup>2</sup> e valor máximo de 0,80 m<sup>2</sup>. Segundo Mathews (1977), termiteiros de *Cornitermes snyderi* podem alcançar área basal e 0,80 m<sup>2</sup>, mas esses valores contrastam com a área basal dos murundus nos campos investigados, cuja área basal média foi mais de setenta vezes superior. Dentre os 10,2 mil murundus mapeados neste trabalho, o menor deles apresentou área de 2,3 m<sup>2</sup>, valor quatro vezes superior à área média de termiteiros de *Cornitermes snyderi* (CZEPAK, ARAÚJO e FERNANDES, 2003).

Ainda no âmbito das características morfológicas desses montículos e sua compatibilidade com a hipótese de origem pela ação de térmitas, verificou-se que o volume dos murundus e de termiteiros de *Cornitermes snyderi* diferem significativamente. Estima-se, pelas dimensões de termiteiros relatadas por Mathews (1977) e Czepak, Araújo e Fernandes (2003), que os ninhos dessa espécie alcance volume máximo de 0,21 m<sup>3</sup>. Todavia, o volume médio dos murundus mapeados é cerca de cem vezes superior a esse valor. Observa-se que apenas 0,6% dos 10,2 mil murundus mapeados apresentaram volume inferior ou igual aqueles relatado por Mathews (1977) e Czepak, Araújo e Fernandes (2003) para termiteiros de *Cornitermes snyderi*.

Sobre as PCAs de métricas estruturais dos campos, observa-se similaridade com os resultados de Sales (2021), pois os *biplots* da PCA relacionados às métricas volume, área e altura apresentaram ângulos agudos (< 90°) entre si, e os *biplots* das métricas dimensão fractal e distância ao vizinho mais próximo apresentaram ângulos obtusos (> 90°) entre si. Yan e Frégeau-Reid (2018) explicam que ângulos agudos, obtusos e retos entre os vetores indicam a existência de correlação positiva, negativa e nula entre as variáveis investigadas, respectivamente. Cabe destacar que a métrica utilizada por Sales (2021) para retratar a forma dos murundus foi o índice de circularidade e não a dimensão fractal, que foi utilizada neste trabalho. Entretanto, essas duas métricas representam o grau de circularidade dos murundus. Considerando que mecanismos diferentes na gênese de murundus resultariam em características estruturais distintas dos montículos, entende-se que a semelhança estrutural com os murundus investigados por Sales (2021) indica que, além da similaridade

morfométrica e funcional, há similaridade na gênese deles. Sales (2021) concluiu que a origem do Campo de Murundus investigado por ele está associada à dinâmica hidrológica local, a qual contribuiu para a ocorrência da erosão diferencial.

### **5.5. Variação altimétrica de murundus e das superfícies adjacentes**

Nos *buffers* internos foram contabilizados 578 montículos no Campo de Murundus CM\_09, 260 montículos em CM\_15, 710 em CM\_32 e 347 em CM\_37. Logo, outros 578, 260, 710 e 347 pontos foram delimitados nas superfícies adjacentes aos respectivos Campos de Murundus (Figura 5.28) para comparação da variação altimétrica desses ambientes. As altitudes medidas nos topos dos murundus e nas superfícies adjacentes aos campos não apresentaram diferenças estatísticas significativas pelo teste de Mann-Whitney (Figura 5.29).

Embora Hutson (2015) saliente que o tipo de vegetação pode influenciar negativamente na precisão dos levantamentos topográficos realizados por meio de sistemas LiDAR, é relevante observar que os topos dos murundus e as áreas circundantes aos campos apresentavam a mesma cobertura vegetal. Dessa forma, ambos os ambientes estavam sujeitos à mesma possibilidade de imprecisão inerente ao método empregado.

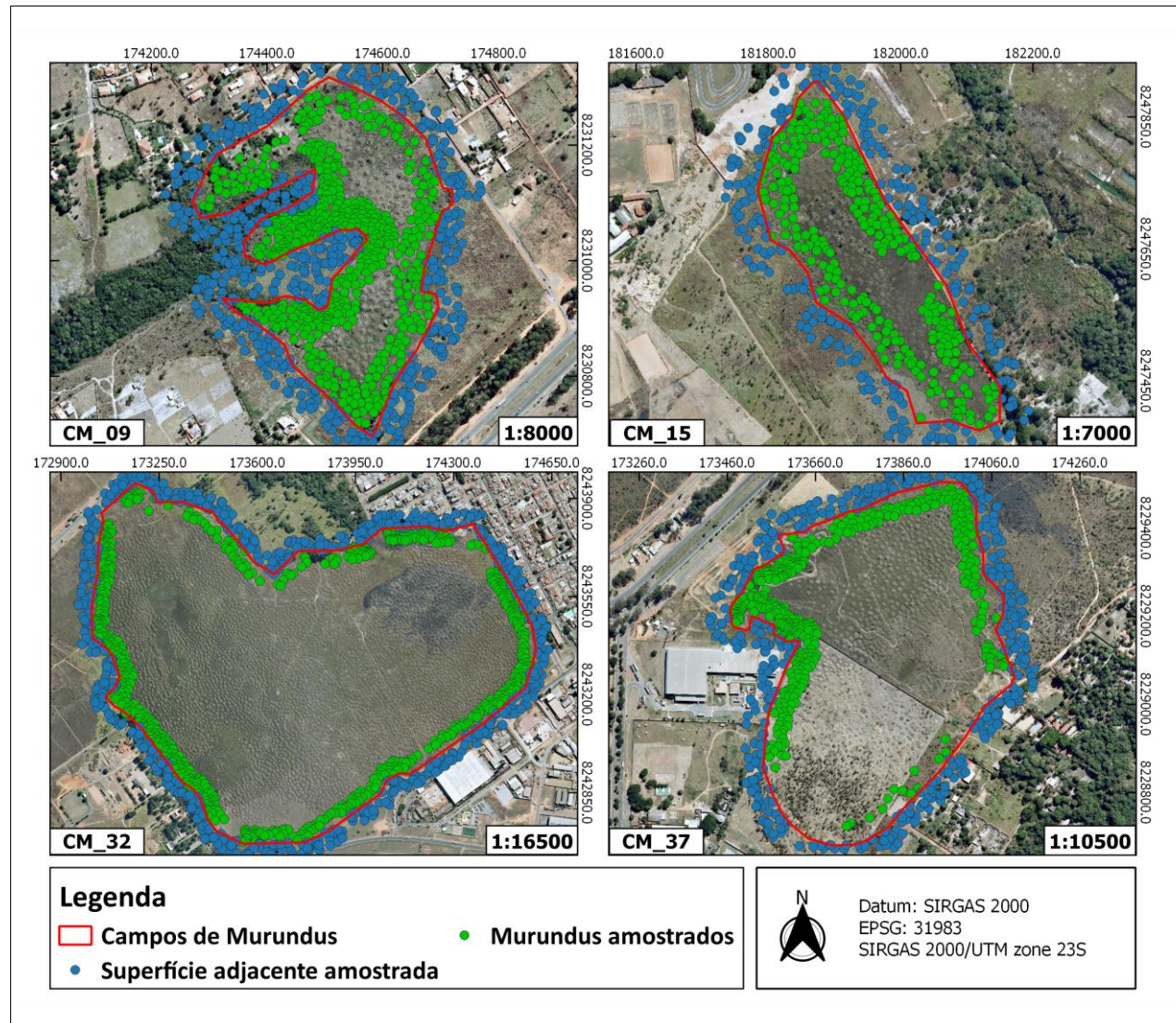


Figura 5.28 - Pontos de amostragem de altitudes nos topos dos murundus e na superfície externa adjacente aos campos

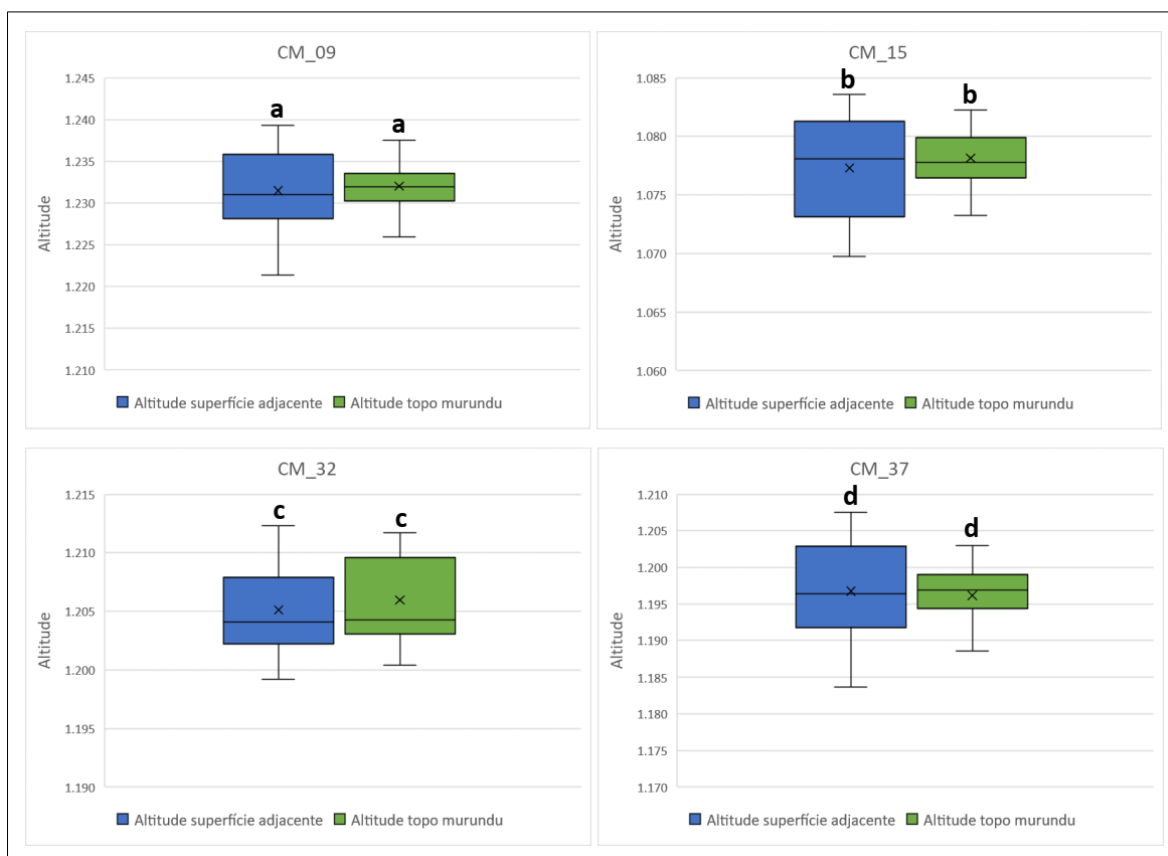


Figura 5.29 - Distribuições das altitudes (m) medidas nos topos dos murundus e nas superfícies externas adjacentes aos Campos de Murundus (diagramas acompanhados pelas mesmas letras não possuem medianas significativamente diferentes pelo teste de Mann-Whitney).

A hipótese abiótica para a gênese dos Campos de Murundus analisados no DF é corroborada pela análise altimétrica desses ambientes. Nesse sentido, constatou-se que há continuidade altimétrica entre as superfícies externas adjacentes aos campos e os topos dos murundus localizados nas bordas dos campos, uma vez que não apresentaram diferenças estatísticas significativas. O alinhamento entre os topos dos murundus e a superfície dos terrenos adjacentes indica que o terreno no entorno dos montículos foi rebaixado, e que murundus são estruturas remanescentes de erosão diferencial (ARAUJO NETO *et al.*, 1986; FURLEY, 1986; SILVA *et al.*, 2010). Sales *et al.* (2021) também constataram que os topos dos murundus se alinhavam com o planalto circundante ao campo por eles analisado. Sob a perspectiva da hipótese biótica, a elevação dos montículos por térmitas deveria ter ascendido o topo dos murundus investigados acima da superfície do terreno adjacente, conforme explicado por Ponce e Cunha (1993).

Todavia, essa elevação altimétrica não ocorreu nos montículos analisados neste trabalho e no trabalho de Sales *et al.* (2021).

## 6. Considerações Finais

Pela pouca área relativa que ocupam na paisagem do Distrito Federal (DF), os Campos de Murundus se apresentaram como a fitofisionomia mais rara dentre as quatorze existentes no DF, representando 4,6% da cobertura vegetal natural existente no DF em 2009. A supressão de parte dos Campos de Murundus entre 2009 e 2019, refletida pelas métricas índice de forma, dimensão fractal e razão perímetro-área, resultou na alteração da configuração deles, aumentando a exposição dessa fitofisionomia ao efeito de borda.

As paisagens onde há ocorrência de Campos de Murundus no Distrito Federal (DF) estão majoritariamente associadas a solos hidromórficos, em terrenos com declividades variando de plana a suavemente ondulada e altitudes superiores a 1.200 m.

A ocorrência de Campos de Murundus em solos caracterizados formados sob condição de saturação prolongada de água e em áreas com declividades que favorecem o escoamento superficial lento de água corrobora a hipótese abiótica de que a gênese dessa fitofisionomia envolve o processo de erosão hídrica diferencial. Além disso, o atributo “classe de solo”, que apresentou a maior razão de frequência normalizada para ocorrência de Campos de Murundus, indica haver uma associação entre o caráter hidromórfico de solos e a ocorrência de Campos de Murundus.

A hipótese abiótica de gênese dessa fitofisionomia, como resultado da erosão hídrica, foi corroborada pelos resultados encontrados neste trabalho, pois se constataram nos Campos de Murundus estudados configurações condizentes com o escoamento superficial de água e similaridades compatíveis com as formas alongadas de ambientes ripários. Da mesma forma, os resultados aqui encontrados não corroboram a hipótese de que Campos de Murundus sejam construídos pela ação sucessiva de diferentes espécies de térmitas. As métricas relacionadas à dispersão dos murundus no campo, o volume e a área basal deles não são compatíveis com as características dos termiteiros das espécies relatadas como construtoras dos murundus. Além disso, a continuidade altimétrica entre topos dos murundus e as superfícies externas adjacentes aos campos refuta a hipótese biótica e reforça a hipótese abiótica de formação dos murundus nessa fitofisionomia.

## 7. Referências

AGUIAR, Francisca Constança; FERNANDES, Maria Rosário; FERREIRA, Teresa M. Riparian vegetation metrics as tools for guiding ecological restoration in riverscapes. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, vol. 402, n. 21, p. 1–12, 2011. <https://doi.org/10.1051/kmae/2011074>.

ALMEIDA, Rherison Tyrone Silva; MOREIRA, Alisson Neves Harmyans; GRIEBELER, Nori Paulo; SOUSA, Sílvio Braz de. Influência de Dados e Métodos no Mapeamento do Uso e da Cobertura da Terra. *RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise*, vol. 43, p. 07–22, 2017. <https://doi.org/10.5380/raega>.

ARAUJO NETO, M. Diniz de; FURLEY, P. A.; HARIDASAN, Mundayatan; JOHNSON, C. E. The murundus of the Cerrado region of Central Brazil. 1986. 17–35 f. 1986. <https://doi.org/10.1017/S0266467400000559>.

ARAÚJO NETO, Mário Diniz de. Solos, água e relevo dos campos de murundus na fazenda água limpa, Distrito Federal. 1981a. 112 f. Universidade de Brasília, 1981.

ARAÚJO NETO, Mário Diniz de. Solos, água e relevo dos Campos de Murundus na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal. 1981b. 112 f. Universidade de Brasília, 1981.

ASSIS, Tainá Oliveira; ESCADA, Maria Isabel Sobral; AMARAL, Silvana. Effects of deforestation over the cerrado landscape: A study in the bahia frontier. *Land*, vol. 10, no. 4, p. 1–15, 2021. <https://doi.org/10.3390/land10040352>.

BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello; CORRÊA, Rodrigo Studart; SANTOS, Perseu Fernando dos. Campos de Murundus da Fazenda Água Limpa da UnB: hipóteses de origem. *Revista do CEAM*, vol. 2, no. 1, p. 47–60, 2013.

BARBOSA, Felipe Lima Ramos; GUIMARÃES, Renato Fontes; CARVALHO JÚNIOR, Osmar Abílio; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso; LIMA, Erondina Azevedo de. Potencialidades e Limitações do Uso de Informações Altimétricas Provenientes de Perfilamento à Laser em Ambiente Urbano. *Caminhos de Geografia*, vol. 22, n. 84, p. 301–322, 2021. <https://doi.org/10.14393/rcg228457243>.



BIAS, Edilson de Souza; CEREDA JÚNIOR, Abimael; RIBEIRO, Rômulo José da Costa. ESTUDOS DE PAISAGEM E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS: Para Além da Representação Cartográfica. In: STEINKE, Valdir Adilson; SILVA, Charlei Aparecido da; FIALHO, Edson Soares (eds.). Geografia da Paisagem: múltiplas abordagens. 1a ed. Brasília-DF: Calíandra, 2022. p. 233–261.

CAMPOS, C. E. B.; LANI, João Luis; RESENDE, Mauro; REZENDE, Sérvulo Batista de. Indicadores de campo para solos hidromórficos na região de Viçosa (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 27, p. 1057–1066, 2003.

CANCELLO, Eliana Marques. Revisão de *Cornitermes wasmann* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). 1989. 151 f. USP, 1989.

CARDILLE, Jeffrey A.; TURNER, Monica G. Understanding Landscape Metrics. In: GERGEL, Sarah E.; TURNER, Monica G. (eds.). *Learning Landscape Ecology - A Practical Guide to Concepts and Techniques*. 2a ed. New York: Springer, 2017.

CASTRO JÚNIOR, Prudêncio Rodrigues de. *Dinâmica da Água em Campos de Murundus do Planalto dos Parecis*. 2002. 193 f. Universidade de São Paulo, 2002.

CECONI, Denise Ester; PICCILLI, Daniel Gustavo Allasia; BERNARDI, Felipe; FENSTERSEIFER, Paula. Análise de vulnerabilidade visando o planejamento ambiental em bacia de captação para abastecimento público. *Ambiente & Sociedade*, vol. 21, p. 22, 2018.

CHEN, Wei; CHAI, Huichan; SUN, Xueyang; WANG, Qiqing; DING, Xiao; HONG, Haoyuan. A GIS-based comparative study of frequency ratio, statistical index and weights-of-evidence models in landslide susceptibility mapping. *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 9, no. 204, p. 3–16, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2150-7>.

CHUGHTAI, Ali Hassan; ABBASI, Habibullah; KARAS, Ismail Rakip. A review on change detection method and accuracy assessment for land use land cover. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 22, no. February, p. 100482, 2021. DOI 10.1016/j.rsase.2021.100482. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100482>.

CLARK, Philip J.; EVANS, Francis C. Distance to Nearest Neighbor as a Measure of Spatial Relationships in Populations. *Ecology*, vol. 35, no. 4, p. 445–453, 1954. <https://doi.org/10.1007/BF02315373>.

CODEPLAN. Atlas do Distrito Federal 1984. Brasília-DF: Codeplan, 1987.

CODEPLAN. Atlas do Distrito Federal 2020. Brasília-DF: Codeplan, 2020.

COLE, M. M. Cerrado, Caatinga and Pantanal: the distribution and origin of savanna vegetation of Brazil. *Geographical Journal*, vol. 126, p. 168–179, 1960.

CORINGA, Elaine de Arruda Oliveira; COUTO, Eduardo Guimarães; PEREZ, Xosé Luis Otero. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. *Acta Amazonica*, vol. 42, no. 1, p. 19–28, 2012.

CORTE, Ana Paula Dalla; HENTZ, Ângela Maria Klein; DOUBRAWA, Betina; SANQUETTA, Carlos Roberto. Environmental fragility of Iguaçu river watershed, Paraná, Brazil. *Bosque*, vol. 36, no. 2, p. 287–297, 2015. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000200014>.

CRAMER, Michael D.; BARGER, Nichole N. Are mima-like mounds the consequence of long-term stability of vegetation spatial patterning? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 409, p. 72–83, 2014. DOI 10.1016/j.palaeo.2014.04.026. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.04.026>.

CRAMER, Michael D.; MIDGLEY, Jeremy J. The distribution and spatial patterning of mima-like mounds in South Africa suggests genesis through vegetation induced aeolian sediment deposition. *Journal of Arid Environments*, vol. 119, p. 16–26, 2015. DOI 10.1016/j.jaridenv.2015.03.011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.03.011>.

CZEPAK, Cecília; ARAÚJO, Edinon Aguiar de; FERNANDES, Paulo Marçal. Ocorrência de espécies de cupins de montículo em pastagens no estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 33, no. 1, p. 35–38, 2003.

DAMACENA, Fernando Arruda; GUIMARÃES, Renato Fontes; CATÃO, Rafael de Castro; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso; BARBOSA, Felipe Lima Ramos; CARVALHO, Osmar Abílio Júnior; MARTINS, Éder de Souza. Identificação de zonas de saturação na paisagem a partir de dados de

transmissividade obtidos em campo na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim (DF). *Espaço & Geografia*, vol. 12, no. 1, p. 105–123, 2009. Disponível em: [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10676/1/ARTIGO\\_IdentificacaoZonasSaturacao.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10676/1/ARTIGO_IdentificacaoZonasSaturacao.pdf).

DONAGEMA, Guilherme Kangussú. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 2a ed. Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos, 2011. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes>.

EITEN, George. The Cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, vol. 38, p. 201–341, 1972.

EITEN, George. *Vegetação Natural do Distrito Federal*. 1a ed. Brasília-DF: Sebrae-DF, 2001.

ESTORNELL, J.; RUIZ, L. A.; VELÁZQUEZ-MARTÍ, B.; HERMOSILLA, T. Analysis of the factors affecting lidar dtm accuracy in a steep shrub area. *International Journal of Digital Earth*, vol. 4, no. 6, p. 521–538, 2011. <https://doi.org/10.1080/17538947.2010.533201>.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia; SILVA, Fabiana Lopes da; CHAN, Betty Lilian. *Análise de dados - Modelagem Multivariada para tomada de decisões*. 1a ed. Rio de Janeiro-RJ: Elsevier, 2009.

FERNANDES, Vanessa Jordão Marcato; MARTINS, Érico de Oliveira Fernando; POZ, Aluir Porfírio Dal; IMAI, Nilton Nobuhiro. Filtragem de nuvem laser para geração de MDT por krigagem. *Boletim de Ciências Geodesicas*, vol. 23, no. 1, p. 196–212, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702017000100013>.

FERNANDEZ-OTO, C.; TLIDI, M.; ESCAFF, D.; CLERC, M. G. Strong interaction between plants induces circular barren patches: fairy circles Subject Areas: *Philosophical Transactions of The Royal Society*372, vol. 372, no. 20140009, 2014. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0009>.

FRANÇA, Andreia Maria da Silva; SANO, Edson Eyji. Mapeamento de áreas de campo limpo úmido no Distrito Federal a partir de fusão de imagens multiespectrais. *Sociedade & Natureza*, vol. 23, no. 2, p. 197–209, 2011. <https://doi.org/10.1590/s1982-45132011000200004>.

FRANÇA, Andreia Maria da Silva; SANO, Edson Eyji; SOUSA, Allana de Oliveira; FONSECA, Rômulo Almeida. Sensoriamento Remoto na Identificação e Quantificação de Áreas Úmidas no Distrito Federal. Anais do II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008. <https://doi.org/10.6009/jjrt.KJ00003532321>.

FRAZIER, Amy E; KEDRON, Peter. Landscape Metrics : Past Progress and Future Directions. Current Landscape Ecology Reports, vol. 2, p. 63–72, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40823-017-0026-0>.

FREITAS, Pedro Luiz De; POLIDORO, José Carlos; SANTOS, Humberto Gonçalves; CARLOS, Alberto; BERNARDI, De Campos. Identificação e Caracterização Físico-Química de Latossolos de Textura Arenosa e Média da Região Oeste da Bahia. Cadernos de Geociências, vol. 11, p. 83–93, 2014.

FURLAN, Lucas Moreira; ROSOLEN, Vania; SALLES, Jepherson; MOREIRA, César Augusto; FERREIRA, Manuel Eduardo; BUENO, Guilherme Taitson; DE SOUSA COELHO, Carla Vanessa; MOUNIER, Stéphane. Natural superficial water storage and aquifer recharge assessment in Brazilian savanna wetland using unmanned aerial vehicle and geophysical survey. Journal of Unmanned Vehicle Systems, vol. 8, no. 3, p. 224–244, 2020. <https://doi.org/10.1139/juvs-2020-0004>.

FURLEY, P. A. Classification and distribution of murundus in the Cerrado of central Brazil. Journal of Biogeography, vol. 13, no. 3, p. 265–268, 1986. <https://doi.org/10.2307/2844925>.

GARMIN. eTrex® / eTrex Camo® Owner's Manual. 2004.

GERGEL, Sarah E.; TURNER, Monica G. Learning Landscape Ecology - A Practical Guide to Concepts and Techniques. 2a ed. New York: Springer, 2017. [https://doi.org/10.1007/0-387-21613-8\\_8](https://doi.org/10.1007/0-387-21613-8_8).

GETZIN, Stephan; WIEGAND, Kerstin; WIEGAND, Thorsten; YIZHAQ, Hezi; HARDENBERG, Jost Von; MERON, Ehud. Adopting a spatially explicit perspective to study the mysterious fairy circles of Namibia. Ecography, vol. 38, no. 1, p. 1–11, 2015. <https://doi.org/10.1111/ecog.00911>.

GKYER, Ercan. Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics. In: ÖZYAVUZ, Murat (ed.). *Advances in Landscape Architecture*. London: IntechOpen, 2013. DOI 10.5772/55758. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/45411>.

GOTELLI, Nicholas J.; ELLISON, Aaron M. *Princípios de estatística em ecologia*. 1a ed. Porto Alegre-RS: Artmed, 2011.

GRANDE, Thallita O.; AGUIAR, Ludmilla M.S.; MACHADO, Ricardo B. Heating a biodiversity hotspot: connectivity is more important than remaining habitat. *Landscape Ecology*, vol. 35, no. 3, p. 639–657, 2020. DOI 10.1007/s10980-020-00968-z. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00968-z>.

GUIMARÃES, Thalita Luzia Barros. *Determinação da cor do solo pela Carta de Munsell e por colorimetria*. 2016. 57 f. Universidade de Brasília, 2016. Disponível em: [http://bdm.unb.br/bitstream/10483/16494/1/2016\\_ThalitaLuziaGuimaraes\\_tcc.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/16494/1/2016_ThalitaLuziaGuimaraes_tcc.pdf).

GUITET, Stéphane; CORNU, Jean François; BRUNAUX, Olivier; BETBEDER, Julie; CAROZZA, Jean Michel; RICHARD-HANSEN, Cécile. Landform and landscape mapping, French Guiana (South America). *Journal of Maps*, vol. 9, no. 3, p. 325–335, 2013. <https://doi.org/10.1080/17445647.2013.785371>.

HAMMER, Øyvind; HARPER, David A.T.; RYAN, Paul D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, no. 1, p. 9, 2001. Disponível em: [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf).

HARIDASAN, Mundayatan. Solos. In: PINTO, Maria Novais (ed.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. Brasília-DF: Editora Universidade de Brasília, 1993. p. 681.

HENGL, Tomislav. Finding the right pixel size. *Computers and Geosciences*, vol. 32, no. 9, p. 1283–1298, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.11.008>.

HUTSON, Scott R. Adapting LiDAR data for regional variation in the tropics: A case study from the Northern Maya Lowlands. *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol. 4, p. 252–263, 2015. DOI 10.1016/j.jasrep.2015.09.012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.09.012>.

INKOOM, Justice Nana; FRANK, Susanne; GREVE, Klaus; WALZ, Ulrich; FÜRST, Christine. Suitability of different landscape metrics for the assessments of patchy landscapes in West Africa. *Ecological Indicators*, vol. 85, no. October 2017, p. 117–127, 2018. DOI 10.1016/j.ecolind.2017.10.031. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.031>.

INMET. Normais Climatológicas 1991-2020. Brasília-DF: [s. n.], 2022. Disponível em: [https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/precipitacao\\_acumulada\\_mensal\\_anual](https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990/precipitacao_acumulada_mensal_anual).

ISENBURG, Martin; OLAYA, Victor. LASTools - tools for processing point clouds in LAS, LAZ, and ASCII formats. 2019. Disponível em: <http://rapidlasso.com/LAStools/>.

JUERGENS, Norbert. *Science*. *Science*, vol. 339, no. 6127, p. 1618–1622, 2013. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1222999>.

KANG, Xiaojun; ZHAO, Xuguang; GUO, Caixia; DING, Junhua. An approach for detecting groundwater runoff connectivity using cluster analysis. *International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2017*, vol. 2017-Janua, no. October, p. 2402–2407, 2017. <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8122982>.

KER, João Carlos. Latossolos do Brasil: Uma Revisão. *Geonomos*, vol. 5, no. 1, p. 17–40, 1994.

KREUTZ, Carlos; SÁ, Dannyel; RAMON, Dhego; FENKER, Jéssica; BARTASSON, Lorrainy; CONSTANTINO, Reginaldo. *Armitermes cerradoensis e Cornitermes silvestrii (TERMITIDAE)*, em uma área de Cerrado , Nova Xavantina , MT . Mato Grosso - MT: [s. n.], 2010. Disponível em: <http://portal.unemat.br/?pg=site&i=ppgec&m=eventos-e-cursos-de-extensao&c=mestrado-2010>.

KSGC. Munsell Color Chart2. 2023.

LANG, Stefan; TIEDE, Dirk. vLATE Extension für ArcGIS – vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse. ESRI European User Conference 2003 Innsbruck, 2003. Disponível em: <http://downloads2.esri.com/campus/uploads/library/pdfs/68464.pdf>.

LIMA, Thyego Pery Monteiro de; CORRÊA, Rodrigo Studart. Ocorrência de campos de murundus na paisagem do cerrado do Distrito Federal. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, vol. 12, no. 9, p. 536–546, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0041>.

LIN, Zhe; HUANG, Zhi gang; LIAO, Da lan; HUANG, Wan xia; HUANG, Juan; DENG, Yu song. Effects of soil organic matter components and iron aluminum oxides on aggregate stability during vegetation succession in granite red soil eroded areas. *Journal of Mountain Science*, vol. 19, no. 9, p. 2634–2650, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11629-021-7185-5>.

MAFRA, A. L.; VOLKOFF, B.; MELFI, A. J. Pedogênese numa seqüência Latossolo-Espodosolo na Região do Alto Rio Negro, Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Soloncia do Solo*, vol. 26, p. 381–394, 2002.

MAMEDE, Lindinalva. O significado das coberturas terciárias nas chapadas da região do Centro-Oeste. *Anais do I Simpósio Nacional de Geomorfologia*, , p. 26–30, 1996.

MARIMON, Beatriz Schwantes; COLLI, Guarino R.; MARIMON-JUNIOR, Ben Hur; MEWS, Henrique A.; EISENLOHR, Pedro V.; FELDPAUSCH, Ted R.; PHILLIPS, Oliver L. Ecology of floodplain campos de murundus savanna in southern Amazonia. *International Journal of Plant Sciences*, vol. 176, no. 7, 2015. <https://doi.org/10.1086/682079>.

MARIMON, Beatriz Schwantes; MARIMON-JUNIOR, Ben Hur; MEWS, Henrique Augusto; JANCOSKI, Halina Soares; FRAN CZAK, Daniel David; LIMA, Herson Souza; LENZA, Eddie; ROSSETE, Amintas Nazareth; MORESCO, Micheli Cristina. Florística dos campos de murundus do pantanal do araguaia, Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, vol. 26, no. 1, p. 181–196, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000100018>.

MARTINS, Rodrigo Nogueira; ABRAHÃO, Selma Alves; RIBEIRO, Danilo Pereira; COLARES, Ana Paula Ferreira; ZANELLA, Marco Antonio. Spatio-

temporal analysis of landscape Patterns in the Catolé Watershed, Northern Minas Gerais. *Revista Árvore*, vol. 42, no. 4, 2018.

MATHEWS, A. G. A. *Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil*. Rio de Janeiro-RJ: Academia Brasileira de Ciência, 1977.

MAXIMIANO, Liz Abad. Considerações sobre o conceito de paisagem. *RA'E GA - O Espaço Geografico em Analise*, vol. 8, no. 8, p. 83–91, 2004. <https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3391>.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report - US Department of Agriculture, Forest Service, no. PNW-GTR-351, 1995. <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-351>.

MENDONÇA, Roberta Cunha de; FELFILI, Jeanine Maria; WALTER, Bruno Machado Teles; SILVA JÚNIOR, Manoel Cláudio; REZENDE, Alba Valéria; FILGUEIRAS, Tarciso de Sousa; NOGUEIRA, Paulo Ernane; FAGG, Christopher William. Flora Vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécie. In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe (eds.). *Cerrado: ecologia e flora*. 1a ed. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 421–442.

METZGER, Jean Paul. O que é Ecologia de Paisagens? *Biota Neotrópica*, vol. 1, p. 1–9, 2001.

MIDGLEY, Jeremy J. More mysterious mounds: Origins of the Brazilian campos de murundus. *Plant and Soil*, vol. 336, no. 1, p. 1–2, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0355-9>.

MIRGHAED, Fazlolah Ahmadi; SOURI, Bubak; MOHAMMADZADEH, Marjan; SALMANMAHINY, Abdolrassoul; MIRKARIMI, Seyed Hamed. Evaluation of the relationship between soil erosion and landscape metrics across Gorgan Watershed in northern. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 190, no. 643, 2018.

NEVES, Glauber das; CARVALHO, Diego Moreira; VASCONCELOS, Vinicius; MARTINS, Eder de Souza; COUTO JUNIOR, Antonio Felipe. Padrões



das mudanças da cobertura da terra no contexto das grandes bacias hidrográficas do Distrito Federal. Texto para Discussão, Brasília-DF, no. 19, 2016.

NEVES, Glauber das; COUTO JUNIOR, Antonio Felipe; ASSIS, Tamiris de; REATTO, Adriana; MARTINS, Éder de Souza; GOMES, Marisa Prado; SENA-SOUZA, João Paulo. Avaliação da fragmentação da cobertura natural em uma bacia experimental no Cerrado. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, , p. 3062–3067, 2013. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0434.pdf>.

NUNES, Maria C.M.; CASSOL, Elemar A. Interrill soil erosion sediment yield on three oxisols from Rio Grande do Sul state, Brazil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 15, no. 6, p. 541–547, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000600001>.

OLIVEIRA-FILHO, Ary Teixeira de. Floodplain ‘Murundus’ of Central Brazil: Evidence For The Termite-Origin Hypothesis. Journal of Tropical Ecology, vol. 8, no. 1, p. 1–19, 1992a. <https://doi.org/10.1017/S0266467400006027>.

OLIVEIRA-FILHO, Ary Teixeira de. The vegetation of Brazilian “murundus” - the island-effect on the plant community. Journal of Tropical Ecology, vol. 8, no. 4, p. 465–486, 1992b.

OLIVEIRA-FILHO, Ary Teixeira de; FURLEY, P. A. Monchão, cocuruto, murundu. Ciência Hoje, vol. 11, p. 30–37, 1990.

OLIVEIRA, Ivanilton José de. Chapadões Descerrados: Relações Entre Vegetação, Relevo E Uso Das Terras Em Goiás. Boletim Goiano de Geografia, vol. 34, no. 2, p. 311–336, 2014. <https://doi.org/10.5216/bgg.v34i2.31734>.

OLIVEIRA, Virlei Álvaro de; JACOMINE, Paulo Klinger Tito; COUTO, Eduardo Guimarães. Solos do Bioma Cerrado. In: CURI, Nilton; KER, João Carlos; NOVAIS, Roberto Ferreira; VIDAL-TORRADO, Pablo; SCHAEFER, Carlos Ernesto G. R. (eds.). Pedologia - Solos dos Biomas Brasileiros. 1a ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. p. 597.

OLIVEIRA, F. F.; PITERI, M. A.; MENEGUETTE, M. Desenvolvimento de uma plataforma de software para a modelagem digital de terrenos baseada em

TIN. Boletim de Ciências Geodésicas, vol. 20, no. 1, p. 117–131, 2014. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702014000100008>.

PAN, Yulian; WU, Yunong; XU, Xi; ZHANG, Bin; LI, Weifu. Identifying Terrestrial Landscape Character Types in China. *Land*, vol. 11, no. 7, 2022. <https://doi.org/10.3390/land11071014>.

PEREIRA, Benedito Alísio da Silva; VENTUROLI, Fábio; CARVALHO, Fabrício Alvim. Florestas Estacionais No Cerrado: Uma Visão Geral. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 41, no. 3, p. 446–455, 2011. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i3.12666>.

PEREIRA, Diego Henrique Costa. Mapeamento de Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Acidentes para a Gestão do Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos: Estudo de Caso na BR 381 no estado de Minas Gerais. 2018. 94 f. Universidade de Brasília, 2018.

PINDRAL, Sylwia; KOT, Rafa; HULISZ, Piotr. Landscape metrics as a tool for analysis of urban pedodiversity. *Land Degradation & Development*, vol. 31, no. 16, p. 1–14, 2020. <https://doi.org/10.1002/ldr.3601>.

PINTO, José Roberto Rodrigues; MEWS, Henrique Augusto; JANCOSKI, Halina Soares; MARIMON, Beatriz Schwantes; BOMFIM, Bárbara de Oliveira. Woody vegetation dynamics in a floodplain campo de murundus in central Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, vol. 28, no. 4, p. 519–526, 2014. <https://doi.org/10.1590/0102-33062014abb2993>.

PONCE, Victor M.; CUNHA, Catia N. da. Vegetated Earthmounds in Tropical Savannas of Central Brazil: A Synthesis : With Special Reference to the Pantanal do Mato Grosso Author ( s ): Victor M . Ponce and Catia N . da Cunha Published by : Blackwell Publishing Stable URL : <http://www.jstor.org/>. *Journal of Biogeography*, vol. 20, no. 2, p. 219–225, 1993.

REATTO, Adriana; MARTINS, Éder de Souza; FARIAS, Marcus Fábio Ribeiro; SILVA, Ângelo Valverde da; CARVALHO JÚNIOR, Osmar Abílio de. Mapa Pedológico Digital - SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo. 1a ed. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2004.

REDCATCH GMBH. Volume Calculation Tool. 2022. Disponível em: [https://plugins.qgis.org/plugins/volume\\_calculation\\_tool/](https://plugins.qgis.org/plugins/volume_calculation_tool/).

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe (eds.). Cerrado: Ecologia e flora. 1a ed. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 151–212.

RIEDLER, Barbara; STRASSER, Thomas; PERNKOPF, Lena; TIEDE, Dirk; LANG, Stefan. Habitat Quality Analysis of Natura 2000 Riparian Forests. In: JEKEL, Thomas; CAR, Adrijana; STROBL, Josef; GRIESEBNER, Gerald (eds.). GI\_Forum 2013 - Creating the GISociety. Berlim-Alemanha: Wichmann Verlag, 2013. vol. 1, p. 540–543. <https://doi.org/10.1553/giscience2013s540>.

ROCHA, Mauricio Martins; CANCELLO, Eliana Marques; CARRIJO, Tiago Fernandes. Neotropical termites: revision of *Armitermes* Wasmann (Isoptera, Termitidae, Syntermitinae) and phylogeny of the Syntermitinae. *Systematic Entomology*, vol. 37, no. 4, p. 793–827, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2012.00645.x>.

ROSOLEN, Vania; BUENO, Guilherme Taitson; MUTEMA, Macdex; MOREIRA, Cesar Augusto; JUNIOR, Ilio Rodarte Faria; NOGUEIRA, Grazielle; CHAPLOT, Vincent. On the link between soil hydromorphy and geomorphological development in the Cerrado (Brazil) wetlands. *Catena*, vol. 176, no. March 2018, p. 197–208, 2019. DOI 10.1016/j.catena.2019.01.022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.022>.

ROSOLEN, Vania; HERPIN, Uwe. Expansão dos solos hidromórficos e mudanças na paisagem: Um estudo de caso na região Sudeste da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, vol. 38, no. 3, p. 483–490, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000300013>.

RÜCKAMP, Daniel; MARTIUS, Christopher; BRAGANÇA, Marcos A.L.; AMELUNG, Wulf. Lignin patterns in soil and termite nests of the Brazilian Cerrado. *Applied Soil Ecology*, vol. 48, no. 1, p. 45–52, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.02.003>.

SAITO, Nathalia Suemi; MOREIRA, Maurício Alves; ROSA, Alexandre dos Santos; EUGENIO, Fernando Coelho; FIGUEIREDO, Álvaro Costa.

Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. *Floresta e Ambiente*, vol. 23, no. 2, p. 201–210, 2016.

SALES, Jepherson Correia. *Estrutura e funcionamento de um campo de murundus da Savana Brasileira*. 2021. 138 f. Universidade Federal de Goiás, 2021.

SALES, Jepherson Correia; BUENO, Guilherme Taitson; ROSOLEN, Vânia; FERREIRA, Manuel Eduardo; FURLAN, Lucas Moreira. The structure of an earth-mound field of the Brazilian Savanna. *Geomorphology*, vol. 386, p. 107752, 2021. DOI 10.1016/j.geomorph.2021.107752. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107752>.

SALES, Jepherson Correia; FERREIRA, Manuel Eduardo; BUENO, Guilherme Taitson; ROSOLEN, Vânia. Delimitação de Microrrelevos de Murundus com Veículos Aéreos Não Tripulados. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, , p. 2646–2649, 2019.

SAMPAIO, Alexandre Bonesso; SCARIOT, Aldicir. Edge effect on tree diversity, composition and structure in a deciduous dry forest in central Brazil | Efeito De Borda Na Diversidade, Composição E Estrutura Da Comunidade Arbórea Em Uma Floresta Estacional Decidual No Brasil Central. *Revista Arvore*, vol. 35, no. 5, p. 1121–1134, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000600018>.

SANO, Edson Eyji; ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luís Silva; FERREIRA, Laerte Guimarães. *Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados*. 1a ed. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2007. Disponível em: <http://www.mendeley.com/research/mapeamento-cobertura-vegetal-bioma-cerrado-estratgias-e-resultados/>.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; JACOMINE, Paulo Klinger Tito; ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos; OLIVEIRA, Virlei Álvaro de; LUMBRERAS, José Francisco; COELHO, Maurício Rizzato; ALMEIDA, Jaime Antonio de; ARAÚJO FILHO, José Coelho de; OLIVEIRA, João Bertoldo de; CUNHA, Tony Jarbas Ferreira. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5th ed. Brasília-DF: Embrapa Solos, 2018.

SANTOS, Fernando André Silva; PIERANGELI, Maria Aparecida Pereira; SILVA, Fernando Luiz; SERAFIM, Milson Evaldo; SOUZA, Célia Alves de. Atributos químicos, físicos e estoque de cálcio, magnésio, potássio e fósforo em solos de campos de murundus no Brasil. *Acta Amazonica*, vol. 45, no. 2, p. 101–110, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201402954>.

SEDUH/GDF. Mapa de cobertura da terra utilizando imagem Sentinel-2B. Brasília-DF, 2019. Disponível em: <https://www.metadados.seduh.df.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/search?any=cobertura>.

SEDUH/GDF. Mapa de curvas de nível de 5m de 2009 do Distrito Federal. Brasília-DF, 2020a. Disponível em: <https://www.metadados.seduh.df.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search;jsessionid=985D18923E4C67AE7AC0806B8808A569#/metadata/38baaaa8-a3c8-4c06-81dc-89ac03d6b412>.

SEDUH/GDF. Mapa de hidrografia geral do Distrito Federal. Brasília-DF, 2020b. Disponível em: [https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/static/shapes\\_download/HidrografiaGeral.zip](https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/static/shapes_download/HidrografiaGeral.zip).

SEDUH/GDF. Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Distrito Federal (DF) para o ano de 2009. Brasília-DF, 2009a. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>.

SEDUH/GDF. Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Distrito Federal (DF) para o ano de 2019. Brasília-DF, 2021. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>.

SEDUH/GDF. Ortofoto do DF de 2009. Brasília-DF, 2009b. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/#>.

SEMA/GDF. Mapa de campos de murundus. Brasília-DF, 2020. Disponível em: [https://sisdia.df.gov.br/server/rest/services/02\\_CHARACTERIZACAO/Campo\\_de\\_Murundum/MapServer](https://sisdia.df.gov.br/server/rest/services/02_CHARACTERIZACAO/Campo_de_Murundum/MapServer).

SEMARH/GDF. ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico do DF. Subproduto 3.1 – Relatório do Meio Físico e Biótico. Brasília-DF: [s. n.], 2012.

SFB. Inventário Florestal Nacional: Principais resultados - Distrito Federal. Brasília-DF, , p. 60, 2009.

SFB. Inventário Florestal Nacional: Principais resultados - Distrito Federal. Brasília-DF, , p. 66, 2016.

SHAO, Chaofeng; YANG, Juan; TIAN, Xiaogang; MEITING, Ju; HUANG, Lei. Integrated environmental risk assessment and whole-process management system in chemical industry parks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 10, p. 1609–1630, 2013. <https://doi.org/10.3390/ijerph10041609>.

SILVA, Alexandre Marco da; HUANG, Chi Hua; FRANCESCONI, Wendy; SAINTIL, Thalika; VILLEGAS, Jazmin. Using landscape metrics to analyze micro-scale soil erosion processes. *Ecological Indicators*, vol. 56, p. 184–193, 2015. DOI 10.1016/j.ecolind.2015.04.004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.04.004>.

SILVA, Giliander Allan da; BORGES, Matheus dos Santos; RODRIGUES, Silvio Carlos. Avaliação geomorfométrica de campo de murundus no Chapadão do Diamante, Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. *Caderno de Geografia*, vol. 30, no. 1, p. 36–51, 2020. <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2020v30nesp1p36-51>.

SILVA, F. L.; PIERANGELI, M. A.; SANTOS, F. A. S.; SOUSA, J. B.; SERAINM, M. E.; SOUSA, C. A. Caracterização Pedológica de Campos de Murundus da Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé no Estado de Mato Grosso. *Revista Geonorte*, vol. 10, no. 1, p. 51–58, 2014. <https://doi.org/10.4324/9781315853178>.

SILVA, Lucas C. R.; VALE, Gabriel D.; HAIDAR, Ricardo F.; STERNBERG, Leonel da S. L. Deciphering earth mound origins in central Brazil. *Plant and Soil*, vol. 336, p. 3–14, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0329-y>.

SOARES FILHO, Britaldo Silveira. Análise de paisagem: fragmentação e mudanças. 1a ed. Belo Horizonte - MG: [s. n.], 1998.

SOARES NETO, Gervásio Barbosa; MARTINS, Éder de Souza. Método Semiautomático de Delimitação das Unidades Básicas de Relevô. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, vol. 20, no. 2, 2019. <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i2.1403>.

SOUZA, Alexandre F.; FORGIARINI, Cristiane; LONGHI, Solon J.; OLIVEIRA, Juliano M. Detecting ecological groups from traits: a classification of subtropical tree species based on ecological strategies. *Revista Brasileira de Botânica*, vol. 37, no. 4, p. 441–452, 2014. <https://doi.org/10.1007/s40415-014-0084-z>.

SOUZA, Carlos M.; SHIMBO, Julia Z.; ROSA, Marcos R.; PARENTE, Leandro L.; ALENCAR, Ane A.; RUDORFF, Bernardo F.T.; HASENACK, Heinrich; MATSUMOTO, Marcelo; FERREIRA, Laerte G.; SOUZA-FILHO, Pedro W.M.; DE OLIVEIRA, Sergio W.; ROCHA, Washington F.; FONSECA, Antônio V.; MARQUES, Camila B.; DINIZ, Cesar G.; COSTA, Diego; MONTEIRO, Dyeden; ROSA, Eduardo R.; VÉLEZ-MARTIN, Eduardo; ... AZEVEDO, Tasso. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. *Remote Sensing*, vol. 12, no. 17, 2020. <https://doi.org/10.3390/RS12172735>.

SOUZA, Edicarlos Damacena de; CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone; PAULINO, Helder Barbosa; RIBEIRO, Diego Oliveira; BAYER, Cimélio; ROTTA, Leonardo André. Matéria orgânica e agregação do solo após conversão de “campos de murundus” em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 51, no. 9, p. 1194–1202, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900019>.

SOUZA, Edicarlos Damacena de; SILVA, Camila Rodrigues da Menezes; PINTO, Flávio Araújo; CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone; PAULINO, Helder Barbosa; PACHECO, Leandro Pereira; TERRA, Flávia Dias; LAROCCA, Jackeline Vieira dos Santos. Soil quality indicators after conversion of “murundu” fields into no-tillage cropping in the Brazilian Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 54, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.00374>.

SOUZA, Henrique Jesus de; DELABIE, Jacques Hubert Charles. Fine-scale spatial distribution of murundus structures in the semi-arid region of Brazil. *Austral Ecology*, vol. 43, p. 268–279, 2018. <https://doi.org/10.1111/aec.12562>.

SOUZA, Henrique Jesus de; DELABIE, Jacques Hubert Charles. 'Murundus' structures in the semi-arid region of Brazil: testing their geographical congruence with mound-building termites (Blattodea: Termitoidea: Termitidae). *Annales de la Societe Entomologique de France*, vol. 52, no. 6, p. 369–385, 2016. DOI 10.1080/00379271.2017.1281090. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00379271.2017.1281090>.

STEINKE, Valdir Adilson; SANO, Edson Eyji; STEINKE, Ercília Torres; NASCIMENTO, Roselir de Oliveira. O Desenvolvimento Dos Estudos Geomorfológicos No Distrito Federal. *Geografia*, vol. 32, no. 1, p. 107–120, 2007.

TAROLLI, Paolo. High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges. *Geomorphology*, vol. 216, p. 295–312, 2014. DOI 10.1016/j.geomorph.2014.03.008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.03.008>.

TERRACAP. Mapeamento Aerofotogramétrico das áreas urbanas do Distrito Federal – Relatório Técnico do Produto 2. Brasília-DF: [s. n.], 2016.

TRIOLA, Mário F. Introdução à estatística: atualização da tecnologia. 11th ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2013.

TSCHINKEL, Walter R. The Life Cycle and Life Span of Namibian Fairy Circles. *Plos One*, vol. 7, no. 6, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038056>.

UNESCO. Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço. 2a ed. Brasília-DF: UNESCO, 2002.

VALENTE, Moacir Azevedo; CAMPOS, Antonio Guilherme Soares; WATRIN, Orlando dos Santos. Mapeamento dos solos do Bioma Cerrado do Estado do Amapá. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p. 3557–3564, 2015.

VALÉRIO, José Raul. Cupins-de-montículo em Pastagens. Campo Grande - MS: [s. n.], 2006.



VAN MELIS, Juliano; CAMARGO, Maria Gabriela Gutierrez; CARVALHO, Paula Guimarães; MORELLATO, Leonor Patricia Cerdeira; GROMBONE-GUARATINI, Maria Tereza. Contrasting edge effect on lianas and trees in a cerrado savanna remnant. *Austral Ecology*, vol. 46, no. 2, p. 192–203, 2021. <https://doi.org/10.1111/aec.12968>.

VASILICĂ-DĂNUȚ, Horodnic; PETRUȚ-IONEL, Bistricean; DUMITRU, Mihăilă; VASILE, Efros. Application of Landscape Metrics and Gis Techniques for Assessment of Land Use and Land Cover Changes in the Suceava River Basin, Romania. *annals of the International Scientific Conference GEOBALCANICA 2019*, , p. 597–615, 2019. <https://doi.org/10.18509/gbp.2019.70>.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S.; COOPER, M. Pedogênese em uma seqüência Latossolo-Podzólico na borda de um platô na depressão periférica paulista. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 23, no. 4, p. 909–921, 1999. <https://doi.org/10.1590/s0100-06831999000400018>.

WULDER, Michael A.; BATER, Christopher W.; COOPS, Nicholas C.; HILKER, Thomas; WHITE, Joanne C. The role of LiDAR in sustainable forest management. *Forestry Chronicle*, vol. 84, no. 6, p. 807–826, 2008. <https://doi.org/10.5558/tfc84807-6>.

XUE, Bin; HUANG, Li; HUANG, Yanan; YIN, Zhiyao; LI, Xiaokun; LU, Jianwei. Effects of organic carbon and iron oxides on soil aggregate stability under different tillage systems in a rice–rape cropping system. *Catena*, vol. 177, no. December 2018, p. 1–12, 2019. DOI 10.1016/j.catena.2019.01.035. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.035>.

YAN, Weikai; FRÉGEAU-REID, Judith. Genotype by Yield\*Trait (GYT) Biplot: A Novel Approach for Genotype Selection based on Multiple Traits. *Scientific Reports*, vol. 8, no. 1, p. 1–10, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26688-8>.

YAN, Yin; ZHONG-JIAN, Pei; FENG-MING, Xi; CHENG-HUA, Liang; JIAO-YUE, Wang; LONG-FEI, Bing. Changes in water stability of soil aggregates in a solar greenhouse in different planted years and their relationship to iron oxide. *Current Science*, vol. 115, no. 3, p. 523–528, 2018. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i3/523-528>.

YIN, Yan; WANG, Li; LIANG, Chenghua; XI, Fengming; PEI, Zhongjian; DU, Liyu. Soil Aggregate Stability and Iron and Aluminium Oxide Contents Under Different Fertiliser Treatments in a Long-Term Solar Greenhouse Experiment. *Pedosphere*, vol. 26, no. 5, p. 760–767, 2016. DOI 10.1016/S1002-0160(15)60086-8. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60086-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60086-8).

ZANGERLÉ, Anne; RENARD, Delphine; IRIARTE, José; JIMENEZ, Luz Elena Suarez; MONTOYA, Kisay Lorena Adame; JUILLERET, Jérôme; MCKEY, Doyle. The Surales, self-organized earth-mound landscapes made by earthworms in a seasonal tropical wetland. *Plos One*, vol. 11, no. 5, p. 1–33, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154269>.

ZELNIK, Yuval R.; MERON, Ehud; BEL, Golan. Gradual regime shifts in fairy circles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, no. 40, p. 12327–12331, 2015. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504289112>.

## Apêndice A

Tabela A.1 - Atributos ambientais associados por Campo de Murundus identificado (as classes de cada atributo ambiental estão dispostas de forma decrescente em termos de área de ocorrência dentro de um mesmo Campo de Murundus).

CM	Pedologia	Geomorfologia	Geologia	Declividade	Altimetria
1	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	< 2%	> 1.200 m
	Cambissolo	Cômoros Dissecados		5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Platôs Cômoros		2% a 5%	
2	Gleissolo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
3	Gleissolo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
4	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	> 1.200 m
	Cambissolo	Platôs	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo Latossolo Vermelho			10% a 20%	

5	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m	
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros		5% a 10%		
6	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m	
	Gleissolo	Cômoros Dissecados		2% a 5%		> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Cômoros		< 2%		
7	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	1.000 m a 1.200 m	
	Latossolo Vermelho	Cômoros				
8	Cambissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	> 1.200 m	
	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs		2% a 5%		
				10% a 20% > 20%		
9	Latossolo Vermelho	Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m	
	Gleissolo	Platôs Dissecados				

10	Gleissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Platôs		2% a 5%	> 1.200 m
11	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados		2% a 5%	
	Latossolo Vermelho Amarelo				
12	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	
	Latossolo Vermelho				
13	Gleissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m
		Platôs		5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
14	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros		2% a 5%	
	Cambissolo Latossolo Vermelho				
15	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m

Cômoros					
16	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	
17	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados			
	Latossolo Vermelho				
18	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios		
19	Latossolo Vermelho Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
20	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros			
21	Cambissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	> 1.200 m

	Latossolo Vermelho Amarelo Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs		10% a 20%	
				5% a 10%	
22	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	> 1.200 m
23	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
24	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	> 1.200 m
				2% a 5%	
	Latossolo Vermelho Amarelo Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
25	Gleissolo Latossolo Vermelho Cambissolo	Escarpas	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	
				2% a 5%	
26	Gleissolo Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m

27	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
28	Gleissolo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5% 5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
29	Gleissolo Latossolo Vermelho Amarelo Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados Platôs Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5% 5% a 10% < 2%	1.000 m a 1.200 m > 1.200 m
30	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
31	Gleissolo Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10% 10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
32	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados Latossolo Vermelho	Platôs Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	< 2% 2% a 5%	> 1.200 m 1.000 m a 1.200 m



34	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Platôs		2% a 5%	> 1.200 m
35	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados		10% a 20%	> 1.200 m
		Platôs Cômoros			
36	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros			
37	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Platôs		5% a 10%	
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros			
38	Latossolo Vermelho	Colinas	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	900 m a 1.000 m
	Gleissolo	Morrotes			

	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
39	Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico	Platôs  Cômoros Dissecados Cômoros		2% a 5%	> 1.200 m
40	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros		2% a 5%	
41	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Gleissolo Cambissolo	Platôs Dissecados Platôs Cômoros		5% a 10% 2% a 5%	> 1.200 m
42	Gleissolo	Colinas	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	900 m a 1.000 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Morrotos			
43	Gleissolo	Cômoros  Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5% 5% a 10%	1.000 m a 1.200 m

	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
44	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados Cômoros Platôs			> 1.200 m
45	Latossolo Vermelho	Colinas	Grupo Canastra: Filitos	< 2%	900 m a 1.000 m
	Cambissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Platôs Dissecados		5% a 10%	> 1.200 m
46	Latossolo Vermelho Amarelo Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados Latossolo Vermelho	Platôs Cômoros			
47	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m
48	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m

	Gleissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m
49	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Cômoros Dissecados Cômoros Colinas Dissecadas		5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
50	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	> 1.200 m
	Gleissolo	Platôs		2% a 5%	
51	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	> 1.200 m
	Gleissolo	Platôs		5% a 10%	
	Latossolo Vermelho				
52	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados			
53	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	> 1.200 m
	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs		< 2%	1.000 m a 1.200 m

	Latossolo Vermelho			10% a 20%	
				2% a 5%	
54	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros Dissecados Escarpas			
55	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados			
56	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados		10% a 20%	
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	< 2%	> 1.200 m
57	Cambissolo	Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	10% a 20%	
	Latossolo Vermelho Gleissolo			5% a 10%	
58	Cambissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	> 1.200 m

	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	
	Latossolo Vermelho				
	Gleissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m
59	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados Platôs Cômoros			1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
60	Latossolo Vermelho Amarelo Latossolo Vermelho	Cômoros Platôs Dissecados Platôs			
	Gleissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m
61	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Platôs Cômoros			1.000 m a 1.200 m
62	Latossolo Vermelho Amarelo Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5% 5% a 10%	> 1.200 m

	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m
63	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados Platôs Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	5% a 10% 10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
64	Gleissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs		5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
65	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados Gleissolo Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados		2% a 5%	
66	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios		
67	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros	Grupo Paranoá: Metassiltitos		

		Colinas Morrotes			
68	Gleissolo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
69	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados Latosolo Vermelho Amarelo Latosolo Vermelho	Platôs Dissecados Platôs Colinas Dissecadas	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m
70	Gleissolo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	5% a 10% 2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
71	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados Latosolo Vermelho Latosolo Vermelho Amarelo	Platôs Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	> 1.200 m
72	Gleissolo Latosolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5% < 2%	> 1.200 m
73	Cambissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	> 20%	> 1.200 m



		Platôs		5% a 10%	
74	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	> 1.200 m
		Platôs Colinas Dissecadas		10% a 20% > 20%	
75	Latossolo Vermelho Cambissolo	Platôs Dissecados Platôs Colinas Dissecadas Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	10% a 20% 5% a 10% 2% a 5%	> 1.200 m
76	Gleissolo Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
77	Latossolo Vermelho Amarelo Gleissolo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
78	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m

	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Cômoros		2% a 5%	
79	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo Cambissolo	Cômoros			
80	Cambissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Gleissolo	Platôs Cômoros Dissecados		2% a 5% 10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros			
81	Latossolo Vermelho	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados		2% a 5%	
82	Latossolo Vermelho Amarelo	Colinas	Grupo Paranoá: Psamo- Pelito Carbonatada	< 2%	900 m a 1.000 m
				2% a 5%	
83	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados			

84	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	
	Latossolo Vermelho Amarelo				
85	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	5% a 10%	
86	Gleissolo	Colinas	Grupo Canastra: Filitos	5% a 10%	900 m a 1.000 m
	Latossolo Vermelho	Morrotes	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	
	Cambissolo			< 2%	
87	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros			
88	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros		5% a 10%	
89	Latossolo Vermelho	Colinas	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	900 m a 1.000 m
	Gleissolo				

90	Latossolo Vermelho Amarelo	Colinas	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2% 2% a 5%	900 m a 1.000 m
91	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	
92	Latossolo Vermelho Amarelo				
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Platôs		5% a 10%	> 1.200 m
		Cômoros Cômoros Dissecados			
93	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros Dissecados			
94	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros			
	Cambissolo	Colinas			
95	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados		2% a 5%	

96	Gleissolo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
97	Latossolo Vermelho Latossolo Vermelho Amarelo Cambissolo	Cômoros		5% a 10%	
	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
98	Cambissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	10% a 20%	
	Latossolo Vermelho	Escarpas		2% a 5%	
99	Gleissolo	Cômoros	Grupo Canastra: Filitos	< 2%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados		2% a 5%	
100	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Canastra: Filitos	< 2%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Colinas	Grupo Bambuí – Topo	2% a 5%	900 m a 1.000 m
101	Gleissolo	Morrotes	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	1.000 m a 1.200 m

	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
102	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	
				10% a 20%	
	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
103	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	< 2%	
	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
104	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso		
	Latossolo Vermelho				
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
105	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Platôs Cômoros		5% a 10%	

106	Espodossolo + Plintossolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	< 2%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs			
107	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	
				< 2%	
108	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	< 2%	
				10% a 20%	
109	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	< 2%	> 1.200 m
	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	
	Latossolo Vermelho Amarelo				
110	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m

	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%  < 2%	
111	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Cômoros			
112	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios		
113	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros Dissecados			
114	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros Dissecados			
115	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros			
116	Gleissolo	Colinas	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m



	Cambissolo	Cômoros Dissecados			
		Cômoros			
		Morrotes			
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
117	Gleissolo	Cômoros		10% a 20%	
	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados			
		Platôs			
	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
118		Cômoros	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios		
	Latossolo Vermelho	Colinas	Grupo Canastra: Filitos	< 2%	900 m a 1.000 m
119	Latossolo Vermelho Amarelo	Morrotes		2% a 5%	
120	Latossolo Vermelho	Colinas	Grupo Canastra: Filitos	< 2%	900 m a 1.000 m
121	Gleissolo	Colinas	Grupo Bambuí – Topo	< 2%	< 900 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
122	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados			> 1.200 m
		Cômoros			

Platôs					
	Gleissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
123	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Platôs Cômoros			
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	< 2%	> 1.200 m
124	Cambissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	10% a 20%	
	Latossolo Vermelho			2% a 5%	
125	Cambissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	10% a 20%	> 1.200 m
	Gleissolo			5% a 10%	
126	Cambissolo	Colinas	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	900 m a 1.000 m
		Morrotes		> 20%	

127	Latossolo Vermelho Amarelo Gleissolo	Platôs Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
128	Gleissolo Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
129	Cambissolo Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
130	Latossolo Vermelho Amarelo Cambissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
131	Cambissolo	Platôs Dissecados Platô	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
132	Gleissolo Latossolo Vermelho Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados Cômoros Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10% < 2% 2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
133	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m

134	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5% < 2%	1.000 m a 1.200 m
135	Latossolo Vermelho	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
136	Latossolo Vermelho Amarelo Latossolo Vermelho	Platôs Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	< 2%	> 1.200 m
137	Latossolo Vermelho Amarelo Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	> 1.200 m
138	Latossolo Vermelho Amarelo Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados Cambissolo	Platôs Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	< 2% 5% a 10%	> 1.200 m
139	Cambissolo	Platôs Dissecados Colinas Dissecadas Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2% 10% a 20%	> 1.200 m

140	Cambissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho	Platôs	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios		
141	Gleissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs			
142	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	> 1.200 m
		Platôs			
143	Cambissolo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs			
144	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	> 1.200 m
		Platôs			
145	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	10% a 20%	> 1.200 m
	Cambissolo	Platôs		5% a 10% > 20%	

146	Latossolo Vermelho		Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2% 10% a 20%	> 1.200 m
	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	> 1.200 m
147	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
	Cambissolo	Platôs Cômoros		2% a 5%	
	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
148	Latossolo Vermelho Amarelo Cambissolo Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados	Cômoros		2% a 5%	
	Cambissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
149	Latossolo Vermelho Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados			
150	Gleissolo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m

151	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
152	Latossolo Vermelho Amarelo Gleissolo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
153	Gleissolo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
154	Gleissolo Latossolo Vermelho	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
155	Gleissolo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	10% a 20% 5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
156	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
157	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	> 20%	1.000 m a 1.200 m

	Latossolo Vermelho	Cômoros			
158	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
		Cômoros			
159	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
	Cambissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
160	Latossolo Vermelho	Cômoros Escarpas	Grupo Paranoá: Ardósias		
161	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros			
162	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo				
163	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros		2% a 5%	



164	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
165	Latossolo Vermelho	Platôs Dissecados		5% a 10%	> 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs		10% a 20%	
		Cômoros		2% a 5%	
	Cambissolo	Colinas	Grupo Canastra: Filitos	< 2%	900 m a 1.000 m
166	Latossolo Vermelho Amarelo	Morrotes		2% a 5%	
	Latossolo Vermelho				
167	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros		5% a 10%	
168	Gleissolo	Colinas	Grupo Canastra: Filitos	< 2%	900 m a 1.000 m
	Cambissolo				
169	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
			Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso		
170	Latossolo Vermelho	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m

	Gleissolo	Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	5% a 10%	
171	Cambissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	5% a 10%	
172	Cambissolo	Colinas Cômoros Dissecados Morrotes	Grupo Paranoá: Ardósias	10% a 20%	1.000 m a 1.200 m
173	Latossolo Vermelho	Colinas	Grupo Paranoá: Psamo- Pelito Carbonatada	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
	Gleissolo	Cômoros		< 2%	900 m a 1.000 m
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Morrotes			
174	Gleissolo	Colinas	Grupo Bambuí – Topo	2% a 5%	< 900 m
	Cambissolo	Morrotes		< 2%	
	Latossolo Vermelho				
	Latossolo Vermelho Amarelo				
175	Cambissolo	Morrotes	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso		900 m a 1.000 m
		Colinas			
		Morros			

	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
176	Cambissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10%	> 1.200 m
	Gleissolo	Platôs Cômoros			
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
177		Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	10% a 20%	
		Platôs Dissecados Platôs			
178	Latossolo Vermelho Amarelo	Colinas	Grupo Paranoá: Psamo- Pelito Carbonatada	2% a 5%	900 m a 1.000 m
	Latossolo Vermelho			< 2%	
	Cambissolo	Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
180	Gleissolo	Colinas	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5%	
	Latossolo Vermelho Amarelo	Cômoros Morrotes			

Escarpas					
181	Gleissolo Latosolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
182	Cambissolo Latosolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10% 2% a 5%	1.000 m a 1.200 m
183	Latosolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
184	Latosolo Vermelho Amarelo Gleissolo	Cômoros Dissecados Escarpas Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
185	Gleissolo Latosolo Vermelho Amarelo Gleissolo	Cômoros Dissecados Cômoros Escarpas	Grupo Paranoá: Ardósias	2% a 5% < 2%	1.000 m a 1.200 m
186	Gleissolo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
187	Latosolo Vermelho Amarelo Latosolo Vermelho	Platôs Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	5% a 10% < 2%	> 1.200 m

				2% a 5%	
188	Gleissolo Latosolo Vermelho Amarelo Latosolo Vermelho	Cômoros Dissecados Cômoros Escarpas	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2% 5% a 10%	1.000 m a 1.200 m
189	Gleissolo Latosolo Vermelho Amarelo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
190	Latosolo Vermelho	Colinas	Grupo Bambuí – Topo	2% a 5%	< 900 m
191	Gleissolo Cambissolo Latosolo Vermelho	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
192	Gleissolo	Cômoros Dissecados Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	< 2%	1.000 m a 1.200 m
193	Latosolo Vermelho Latosolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados Cômoros Dissecados Platôs Cômoros	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	5% a 10% 10% a 20%	1.000 m a 1.200 m > 1.200 m
194	Cambissolo	Cômoros Dissecados Colinas Cômoros	Grupo Paranoá: Ardósias	10% a 20%	1.000 m a 1.200 m

195	Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados Platôs	Grupo Paranoá: Metarritmito Arenoso	2% a 5%	> 1.200 m
196	Gleissolo	Cômoros Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Metarritmito Argiloso	< 2%	1.000 m a 1.200 m
197	Plintossolo Distrófico + Solos Hidromórficos Indiscriminados Latossolo Vermelho Amarelo	Platôs Dissecados Platôs Cômoros Dissecados	Grupo Paranoá: Quartzitos Médios	2% a 5% 5% a 10% 10% a 20%	> 1.200 m 1.000 m a 1.200 m