

Condicionantes Naturais da Distribuição Espacial dos Campos de Murundus no Sudoeste do Estado de Goiás

Natural Determinants of the Earth-Mound Fields Distribution in the Southwest of the State of Goiás

Amanda Morais Malheiro¹ 

Veronica Natalia Boeira² 

Guilherme Taitson Bueno³ 

José Roberto Amaro Mantovani⁴ 

Palavras-chave:

Áreas úmidas
NDWI
SMI
Covoais
Cerrado

Resumo

Os campos de murundus, também conhecidos como covoais, são microrrelevos frequentes no Cerrado. Trata-se conjuntos de elevações semicirculares que sobressaem da superfície do terreno, arredondadas ou ovais, com dimensões médias de 70 cm de altura e 6 m de diâmetro. Encontram-se associados a áreas úmidas e vêm sendo impactados pela expansão agropecuária. Os condicionantes de sua distribuição espacial regional são ainda pouco conhecidos. O objetivo deste trabalho foi identificar fatores naturais condicionantes de sua distribuição espacial no SO de Goiás, na Bacia Sedimentar do Paraná. Todas as ocorrências de campos de murundus identificadas pelo projeto Mapeamento dos Remanescentes de Campos de Murundus no Estado de Goiás (SEMAD-GO/LAPIG-UFG) foram comparadas com informações referentes à litologia, à geomorfologia, ao NDWI (Índice de Diferença Normalizada da Água) e ao SMI (Índice de Umidade do Solo). Os índices foram obtidos por imagens orbitais SENTINEL 2-A (MSI) e Landsat 8 (OLI e TIRS). Constatou-se que os campos de murundus ocorrem preferencialmente nas unidades Depósitos Aluvionares, Cachoeirinha, Coberturas Detrito-Lateríticas e Serra Geral. Predominam sob declividades de 0 a 8%, (relevo plano a suave ondulado) e nas áreas de menor densidade de drenagem. O NDWI e o SMI indicaram que os campos de murundus se concentram em superfícies úmidas, ocorrendo com menor frequência em áreas saturadas/muito úmidas e em áreas de umidade moderada, secas e muito secas.

Keywords

Wetlands
NDWI
SMI
Covoais
Cerrado

Abstract

Murundus fields, also known as covoais, are frequent microreliefs in the Cerrado. These are sets of semicircular elevations that protrude from the surface of the land, rounded or oval, with average dimensions of 70 cm in height and 6 m in diameter. They are associated with wetlands and have been impacted by agricultural expansion. The determinants of its regional spatial distribution are still poorly known. This study aimed to identify the natural determinants of its spatial distribution in the Southwest of Goiás, in the Sedimentary Basin of Paraná. All occurrences of *murundus* fields identified by the project Mapping of Remnant *Murundus* Fields in the state of Goiás (SEMAD-GO/LAPIG-UFG) were compared with information referring to lithology, geomorphology, NDWI (Normalized Difference Water Index), and SMI (Soil Moisture Index). The indices were obtained from SENTINEL 2-A (MSI) and Landsat 8 (OLI and TIRS) orbital images. It was found that *murundus* fields preferentially occur in the Alluvial Deposits, Cachoeirinha, Detritic-lateritic Covers, and Serra Geral geological units. *Murundus* fields predominate under slopes of 0 to 8% (flat to gently undulating relief), and in areas with lower drainage density. The NDWI and the SMI indicated that *murundus* fields are concentrated on wet surfaces, occurring less frequently in saturated/very wet areas and in moderate humidity, dry, and very dry surfaces.

¹ Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brasil. amanda.morais@egresso.ufg.br

² Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brasil. nathboeira@egresso.ufg.br

³ Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brasil. gtaitson@ufg.br

⁴ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, São José dos Campos, SP, Brasil. j.mantovani@unesp.br

INTRODUÇÃO

Os campos de murundus, também conhecidos como covoais, constituem microrrelevos peculiares (conjuntos de montes de terra de escala métrica), comumente localizados em áreas de superfícies aplanadas do Cerrado. Trata-se conjuntos de elevações semicirculares que sobressaem da superfície do terreno, arredondadas ou ovais, com dimensões médias de 70 cm de altura e 6 m de diâmetro (Sales *et al.*, 2019). Os murundus apresentam vegetação lenhosa (herbácea, arbustiva e arbórea), enquanto o espaço inter-murundus apresenta comumente vegetação campestre higrófila (Darlington, 1985; Araújo Neto *et al.*, 1986). A maior parte das ocorrências estão associadas a áreas úmidas (*wetlands*) situadas sobre depósitos aluviais, em cabeceiras em forma de anfiteatro e em depressões de topo.

Os murundus ocorrem em paisagens naturais em vários locais do mundo. No Brasil, este tipo de microrrelevo é bastante comum em áreas com predomínio de solos hidromórficos e vem sendo estudado em diversas regiões, como no Pantanal Mato-grossense (Oliveira Filho, 1992), no sudoeste da Amazônia (Silva *et al.*, 2017), no semi-árido nordestino (Oliveira *et al.*, 2014) e, sobretudo, no Cerrado (Araújo Neto *et al.*, 1986; Furley *et al.*, 1986; Schneider; Silva, 1991). Na escala local, os campos de murundus do Cerrado aparecem nas bordas de áreas úmidas isoladas ou ao longo de vales hidromórficos, formando uma faixa de separação entre os solos de boa drenagem (Latosolos, Argissolos, Cambissolos), situados a montante, e os solos hidromórficos (Gleissolos, Organossolos), situados a jusante (Schneider; Silva, 1991).

Como parte das áreas úmidas do Cerrado, os campos de murundus possuem importantes funções ambientais: compõem o sistema de recarga e descarga dos aquíferos, possuindo papel perenizador dos cursos d'água; retêm sedimentos; constituem ecossistemas especiais, com fauna e flora singulares; são fonte de água para a fauna silvestre; funcionam como zonas de estoque de carbono orgânico (Zedler; Kercher, 2005; Rosolen *et al.*, 2015).

Por se encontrarem no entorno das áreas úmidas, situando-se ao longo da faixa de contato com os solos agricultáveis, os campos de murundus do Cerrado são atualmente fortemente ameaçados pela expansão da atividade agropecuária (Rosolen *et al.*, 2015). Duas práticas comuns que permitem a incorporação dos campos de murundus às áreas de plantio são o rebaixamento artificial do nível

freático, por meio da construção de sistemas para a drenagem do solo, e o nivelamento de sua superfície (Gomes Filho *et al.*, 2011; Paulino *et al.*, 2015), eliminando o microrrelevo e sua cobertura vegetal original.

No estado de Goiás houve, recentemente, importante discussão acerca da legislação ambiental sobre os campos de murundus. Uma mudança significativa ocorreu em decorrência da revogação da Lei Nº 18.104, de 18 de julho de 2013 pela Lei Nº 20.694 de 26 de dezembro de 2019, por meio da qual os campos de murundus deixaram de ser explicitamente considerados APPs (Áreas de Preservação Permanente). Entretanto, essa exclusão foi temporária, pois, em 2020, os campos de murundus foram reintroduzidos de forma clara como APPs pela Lei Nº 20.773, de 8 de maio.

Os campos de murundus configuram uma unidade espacial e possuem uma individualidade que os difere da paisagem do seu entorno. Estes ambientes vêm sendo estudados por pesquisadores de diferentes áreas, sobretudo geomorfólogos e biólogos. Sua investigação quase sempre é realizada em escala de detalhe, com foco em um ou mais montes de terra dentro de um mesmo campo de murundus, ou com foco na totalidade de uma única ou de algumas poucas ocorrências destes campos. São raros os trabalhos em escala regional, que investigam um grande número de ocorrências de campos de murundus. Além disso, geralmente os trabalhos têm como foco um aspecto específico dos campos de murundus, como sua fitossociologia (ex: Oliveira Filho, 1992; Resende *et al.*, 2004), a morfometria de seu relevo (ex: Silva *et al.*, 2020; Sales *et al.*, 2021), seus solos (ex: Schneider; Silva, 1991; Martins; Rosolen, 2014).

A ocorrência dos campos de murundus resulta de interações específicas das variáveis do meio natural (substrato geológico, o relevo, solos, vegetação, hidrologia). Embora essas interações sejam já bastante conhecidas em escala local, sobretudo no que diz respeito à relação destas feições com a presença de solos hidromórficos e com os regimes sazonais de flutuação do nível freático (Furley, 1986; Schneider; Silva, 1991; Ponce; Cunha, 1993; Rosolen *et al.*, 2019), estudos em escala espacial mais abrangente e que integrem muitas variáveis naturais, a exemplo do trabalho de Lima e Corrêa (2021) para o Distrito Federal, são ainda pouco comuns.

Nos últimos anos, a necessidade de desenvolvimento de pesquisas e ferramentas computacionais para o controle e planejamento ambiental capazes de atender diferentes critérios simultaneamente

experimentou rápido crescimento, com os avanços de técnicas analíticas de base de dados, *softwares* e *hardware*. Destacam-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o geoprocessamento e os produtos do Sensoriamento Remoto, que permitem integrar técnicas a conceitos e postulados matemáticos, constituindo mecanismos importantes de análises, estudos e planejamento (Mantovani; Lelis, 2023).

Os índices espectrais são resultados de operações matemáticas entre valores numéricos de *pixels* das bandas de uma imagem de satélite. Utilizando-se imagens orbitais de satélite é possível obter índices que permitem uma análise da estrutura e da dinâmica da paisagem em diferentes escalas espaciais e temporais, variando conforme a configuração do sensor (De Albuquerque *et al.*, 2014). Constituem um importante recurso com aplicações em diferentes campos, como produtividade agrícola, reconhecimento de processos de natureza física, queimadas, alterações na cobertura vegetal e uso do solo e alterações em corpos hídricos, entre outros. Ainda são escassas e recentes as pesquisas (ex: Borges; Baptista, 2019; Sales *et al.*, 2023) que fizeram uso de índices espectrais para investigação dos condicionantes naturais da ocorrência dos campos de murundus.

O Índice da Diferença Normalizada de Água (*Normalized Difference Water Index* - NDWI) foi desenvolvido por McFeeters (1996). É um indicador gráfico que pode ser usado para monitorar o conteúdo em água nas folhas e na vegetação. Para quantificar a umidade do solo, tem sido aplicado o Índice de Umidade do Solo SMI (*Soil Moisture Index*), proposto por Zeng *et al.* (2004). O SMI é baseado nos valores de dois índices, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o LST (*Land Surface Temperature*). Quanto maior o contraste entre os dois índices, maior tende a ser a umidade no solo (Zeng *et al.*, 2004). Partindo da premissa de que os campos de murundus ocorrem associados às áreas úmidas (Furley, 1986; Schneider; Silva, 1991; Ponce; Cunha, 1993; Rosolen *et al.*, 2019), neste estudo propôs-se fazer o uso combinado do NDWI e do SMI para analisar a relação entre a distribuição das áreas com murundus e a umidade do solo.

A área de estudos para esta pesquisa foi o sudoeste do Estado de Goiás, compreendido pelas unidades geológicas da Bacia Sedimentar do Paraná. A região apresenta ocorrência

significativa de campos de murundus e é a porção do Estado em que estes ambientes vêm sendo mais afetados e descaracterizados pelas atividades econômicas, destacando-se a agricultura e a pecuária.

O objetivo do presente estudo foi verificar a relação entre a distribuição espacial de componentes do meio natural (unidades geológicas, declividade do relevo, densidade de drenagem e umidade do solo) e a distribuição das ocorrências de campos de murundus na porção sudoeste do Estado de Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

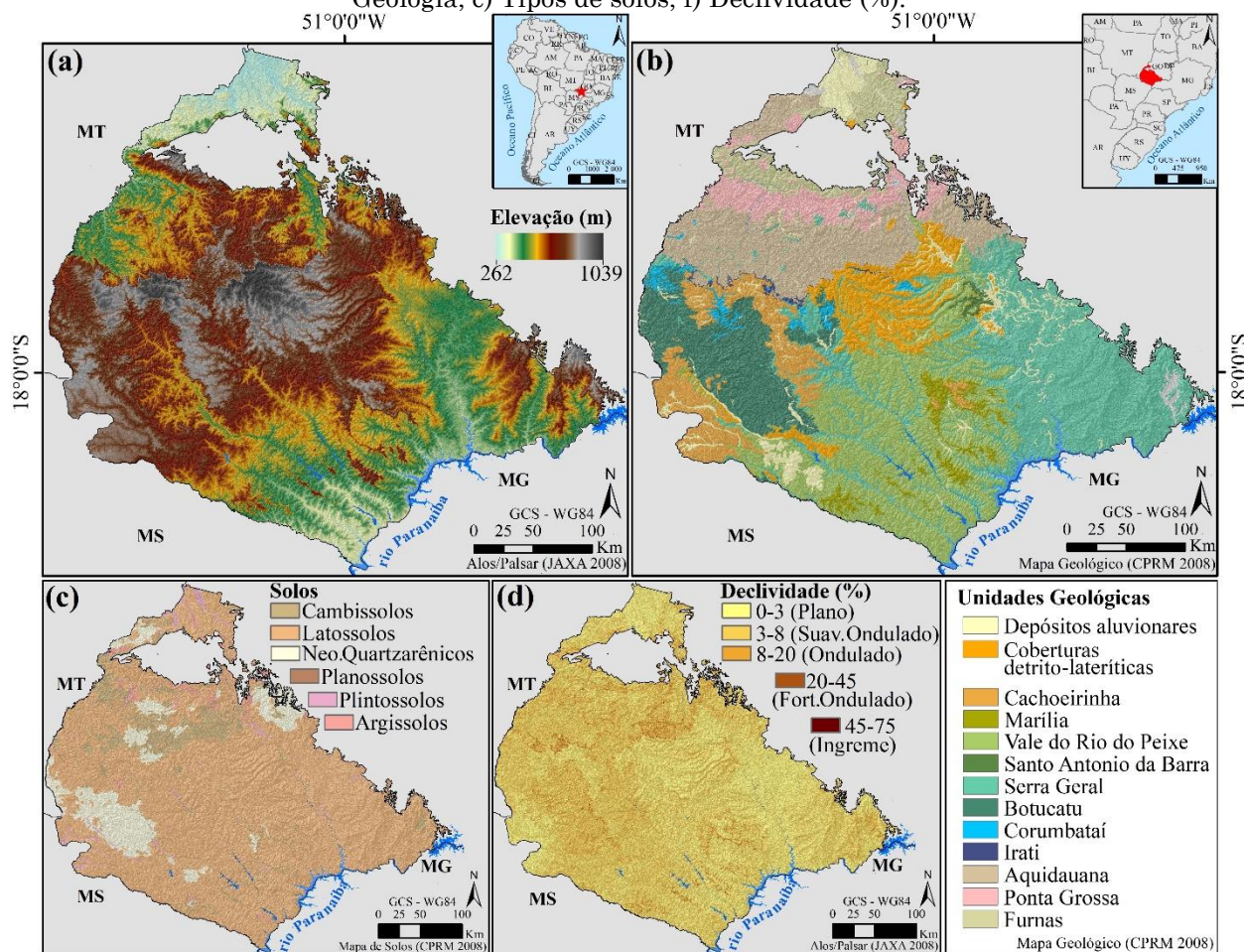
Área de estudo

A área de estudos encontra-se na região sudoeste do estado de Goiás, com aproximadamente 98.158 Km² de superfície (Figura 1 [d]). Escolheu-se como recorte espacial as unidades geológicas da Bacia Sedimentar do Paraná e suas coberturas neogênicas e quaternárias.

As unidades geológicas mais importantes da Bacia Sedimentar do Paraná no sudoeste de Goiás, incluindo as rochas ígneas associadas são, da mais antiga para a mais recente: Furnas, Ponta Grossa, Aquidauana, Irati, Corumbataí, Botucatu, Serra Geral, Santo Antônio da Barra, Vale do Rio do Peixe, Marília, Cachoeirinha, Coberturas detrito-lateríticas e Depósitos Aluvionares (CPRM, 2008). Na área de estudos predominam as unidades geológicas Serra Geral, Vale do Rio do Peixe, Aquidauana e Botucatu que ocupam, respectivamente, 24,17%, 20,93%, 13,60% e 9,36% da superfície (Figura 1 [b]).

A classe de solo dominante é a dos Latossolos (Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo) (Nascimento, 1991), que ocupa 78% da superfície (Figura 1 [e]), seguida pelas classes dos Neossolos Quartzarênicos e Cambissolos, cada uma com 9% da superfície. A área de estudos situa-se no domínio fitogeográfico do Cerrado. Segundo os dados produzidos pelo PRODES Cerrado (INPE, 2018), remanescentes da cobertura vegetal original (cerrado *s.s.*, formações florestais e formações campestres) ocupam cerca de 20% da região; o restante é ocupado por atividade agrícola ou pecuária (76,23%), corpos hídricos e solo exposto.

Figura 1 - Localização da área de estudos e características regionais do meio natural: a) Elevação; b) Geologia; c) Tipos de solos; f) Declividade (%).



Fonte: Os autores (2023).

As unidades geológicas foram obtidas do Mapa de Geologia da coleção do Mapa de Geodiversidade, idem os tipos de solos, para o estado de Goiás (CPRM, 2008), com escala de publicação de 1:800.000 (Figura 1 [b; c]). Também foram utilizados dados das ocorrências dos campos de murundus produzidos pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG/UFG) e Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD-GO), no âmbito do projeto Mapeamento dos Remanescentes de Murundus no Estado de Goiás (Silva *et al.*, 2023), com um total de 2.297 ocorrências. O mapa está disponível no Sistema de Informações Geográficas Ambientais do Estado de Goiás – SIGA.

Os materiais iconográficos consistiram em imagens do modelo digital de elevação do sensor SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), disponíveis no site da ASF (*Alaska Satellite Facility*), reamostradas de 30 m para dimensão de pixel de 12,5 m, com altitude ortométrica

(modelo geóide EGM96) convertida para geométrico e altitude (elipsoidal). Ressalta-se que o DEM oriundo da reamostragem opera na banda L ($\lambda \sim 22$ cm), ao contrário de outros sensores que operam na banda C ($\lambda \sim 7$ cm), é menos sensível à interferência do dossel das árvores, melhorando a visualização das características do terreno (Ponzoni *et al.*, 2012). Como análise complementar, foi extraída a variável geomorfológica declividade (%) do MDE selecionado. Como o número de cenas utilizadas para preencher a área de estudo foi elevado (aproximadamente 220 cenas), elas não foram aqui discriminadas.

Foram utilizadas imagens orbitais dos sensores *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) a bordo do satélite Landsat-8 Nível 2, datadas de maio de 2020, com resolução de 30 m, com total de 11 cenas. Os dados do Nível 2 foram corrigidos atmosféricamente e gerados a partir do LASRC (Código de Refletância de Superfície Landsat-8), que produz refletância de superfície em uma resolução espacial de 30 m, adequada para o estudo proposto (Zanter, 2019). Também foram

utilizadas cenas do sensor MSI (*Multispectral Imager*), a bordo do satélite SENTINEL 2-A, datadas de maio de 2020, com resolução espacial de 10 m, totalizando 15 cenas. As imagens foram adquiridas junto à USGS (*United States Geological Survey*). Acrescidos dos materiais iconográficos, foram utilizados dados secundários de bases cartográficas em formato *shapefile* referentes à rede de drenagem e a outros elementos cartográficos. A rede de drenagem foi utilizada para o cálculo da densidade de drenagem (Dd).

O conjunto de informações e dados utilizados foi organizado em um banco de dados geográficos para tratamento, conversão, processamento e análise dos resultados e implementado em um sistema de informação geográfica (SIG). A escala de publicação dos mapas é de 1:100.000.

Obtenção do Índice da Diferença Normalizada de Água (NDWI)

Para obtenção do NDWI foi utilizada a proposta de Gaos (1996), a partir da reflectância da banda 8, infravermelho próximo (NIR), e da banda 12, infravermelho médio (MIR), do sensor MSI. O índice NDWI foi calculado especificamente para maio de 2020. O índice trabalha com valores (adimensionais) numa escala de -1 a 1, em que valores mais próximos de 1 indicam maior conteúdo em águas superficiais presente nas folhas e na vegetação, e valores próximos de -1 indicam menor presença de água (Shimakuburo *et al.*, 1999; Mantovani *et al.*, 2019). O índice foi calculado de acordo com a equação 1:

$$NDWI = (NIR - MIR) / (NIR + MIR) \quad (1)$$

Onde: NIR = banda 8 e MIR = banda 12.

Após a obtenção do índice, foi realizada uma reclassificação por meio da ferramenta “reclassify”, no software ArcGIS (ESRI, 2019). Foram obtidas 11 classes NDWI, sendo: -1, -0.8, -0.6, -0.4, -0.2, 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.

Obtenção do Índice de Umidade do Solo (SMI)

O Índice de Umidade do Solo (Lambin; Ehrlich, 1996; Zhan *et al.*, 2004) sobre a área selecionada foi utilizado para reconstruir a umidade do solo para o mesmo período do índice NDWI, maio de 2020. De acordo com Lambin e Ehrlich (1996), o gráfico de dispersão de LST vs NDVI resulta em uma forma trapezoidal, e todos os tipos de cobertura da terra caem dentro do trapézio do espaço LST-NDVI. O envelope superior do trapézio (limite superior da temperatura da

superfície para uma determinada cobertura vegetal) representa a condição seca (borda quente), enquanto o limite inferior representa a condição úmida (borda fria) (Parida *et al.*, 2008).

Para obtenção do índice SMI foram utilizados os procedimentos metodológicos descritos por Hassan *et al.*, (2019), por meio de imagens do satélite Landsat-8. As bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo) do sensor OLI (*Operational Land Image*) foram usadas para calcular o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). A banda 10 (infravermelho termal) do sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) foi usada para calcular a Temperatura da Superfície da Terra (LST). O SMI é baseado nos valores de NDVI e LST entre 0 (solo mais seco) e 1 (solo úmido), e é calculado conforme Zhan *et al.* (2004):

$$SMI = \frac{(LST_{max} - LST)}{(LST_{max} - LST_{min})} \quad (2)$$

Onde: LST_{max} e LST_{min} são, respectivamente, os valores máximo e mínimo de LST dentro da imagem para um determinado NDVI. É expresso como:

$$LST_{max} = a_1 \times NDVI + b_1 \quad (3)$$

$$LST_{min} = a_2 \times NDVI + b_2 \quad (4)$$

Onde: a e b são parâmetros empíricos que definem as bordas secas e molhadas, modeladas como um ajuste linear aos dados (Zhan *et al.*, 2004; Parida *et al.*, 2008; Potić *et al.*, 2017).

O índice foi reclassificado por meio da ferramenta “reclassify”, no software ArcGIS (ESRI, 2019). Foram obtidas as seguintes classes para o mapa de SMI: 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1. Posteriormente foi feita uma estratificação para cinco classes: muito úmido, úmido, umidade moderada, seco e muito seco.

Cálculo da densidade de drenagem (Dd)

A distribuição espacial dos valores da densidade de drenagem na área de estudos foi obtida a partir da medição dos comprimentos dos canais em celas quadráticas que recobriram toda área de estudos. Para o cálculo da Dd foi empregada, seguindo a metodologia de Horton (1945), a seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_b}{A} \quad (5)$$

onde: D_d é densidade de drenagem; L_b é o comprimento total dos rios ou canais

existentes na bacia; e, A é a área da bacia, aqui correspondendo à área de estudos.

Dessa forma, buscou-se correlacionar quantitativamente densidade D_d com as áreas cobertas por campos de murundus por unidade geológica., a partir da comparação de mapas temáticos com mapas de isovalores de D_d

Ánalise dos dados

Para análise dos resultados foram elaborados gráficos, por tabulação cruzada, buscando as relações entre a distribuição das ocorrências de campos de murundus e a distribuição dos componentes do meio natural: Geologia, Declividade, Densidade de Drenagem, Índice da Diferença Normalizada D'água (NDWI) e Índice de Umidade do Solo (SMI).

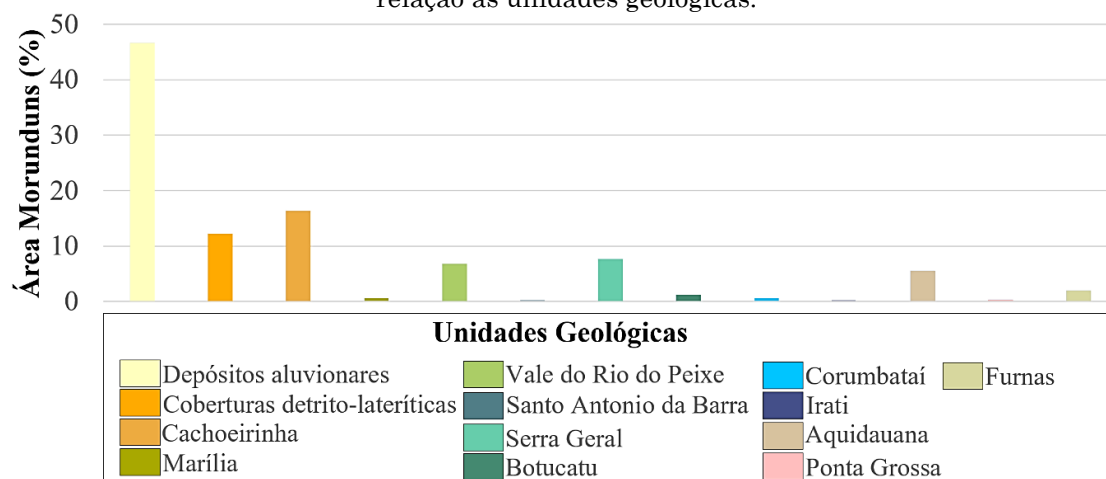
A primeira etapa consistiu na sobreposição das ocorrências de campos de murundus com o mapa de geologia (Figura 1 [b]). Posteriormente foi realizada a sobreposição das ocorrências de campos murundus com o mapa de declividade (Figura 1 [f]). Utilizou-se a classificação proposta pela EMBRAPA (1999), com 5 classes; Plano (0 a 3%), Suavemente Ondulado (3 a 8%), Ondulado (8 a 20%), Fortemente Ondulado (20-45%), Íngreme (45 a 75%); não houve na área de estudos a classe Escarpado (>75%).

Foi ainda feita uma correlação entre o percentual de Relevo Plano a Suave Ondulado (declividade entre 0 e 8%) para cada unidade geológica e o percentual de sua superfície coberto por campos de murundus, somada à relação entre a densidade da rede de drenagem superficial e o percentual da área de cada unidade geológica ocupado por campo de murundus, excetuando-se a unidade de Depósitos Aluvionares. Por fim, foi realizada a intersecção entre as ocorrências dos campos de murundus e os índices NDWI e SMI.

Resultados e interpretações

A Figura 2 mostra que quase a metade da área coberta por campo de murundus sobre as unidades geológicas da Bacia Sedimentar do Paraná no sudoeste de Goiás encontra-se na unidade dos Depósitos Aluvionares (46,60%), o que equivale a 26.000 ha. A Formação Cachoeirinha, que aparece em segundo lugar, concentra 16,31%, (9.378 ha) do total da superfície ocupada por campos de murundus na área estudada, enquanto para as Coberturas Detrito-Lateríticas e para a Formação Serra Geral os valores são, respectivamente, 12,17% (6.998 ha) e 7,65% (4.398 ha). Entretanto, há ocorrências de murundus em todas as unidades geológicas, porém menos representativas.

Figura 2 - Porcentagem da área total coberta por campos de murundus no sudoeste de Goiás em relação às unidades geológicas.

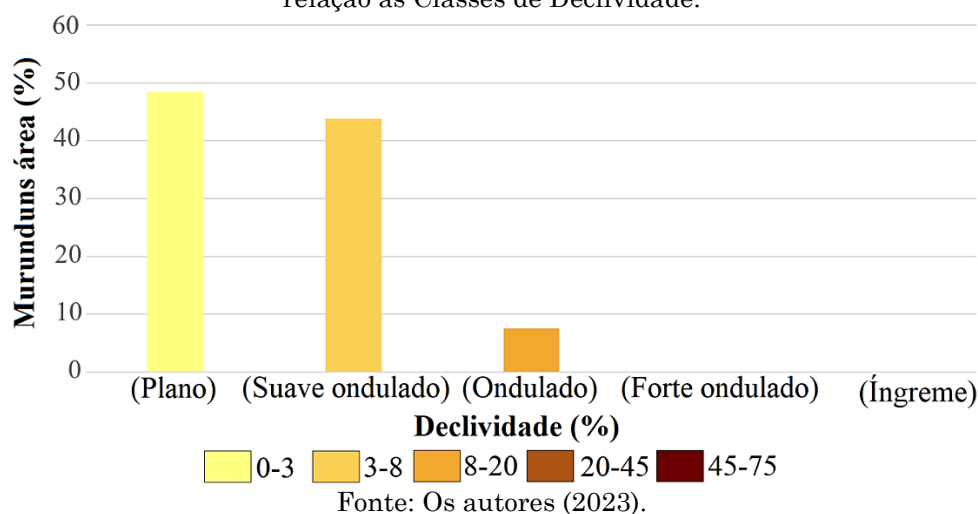


Fonte: Os autores (2023).

Na Figura 3 verifica-se que os campos de murundus são predominantes nas classes de declividade de 0 a 3% e de 3 a 8%. A classe Relevo Plano (0 - 3%) compreende 48,46 % da área de ocorrência de campos de murundus (27.658 ha), seguida da classe Relevo

Suavemente Ondulado (3 - 8%), que representa 43,81% da área (25.100,6 ha). A classe Relevo Ondulado (8 - 20%) aparece em terceiro lugar, com 7,59% (4.351,3 ha) do total da área de campos de murundus na região estudada.

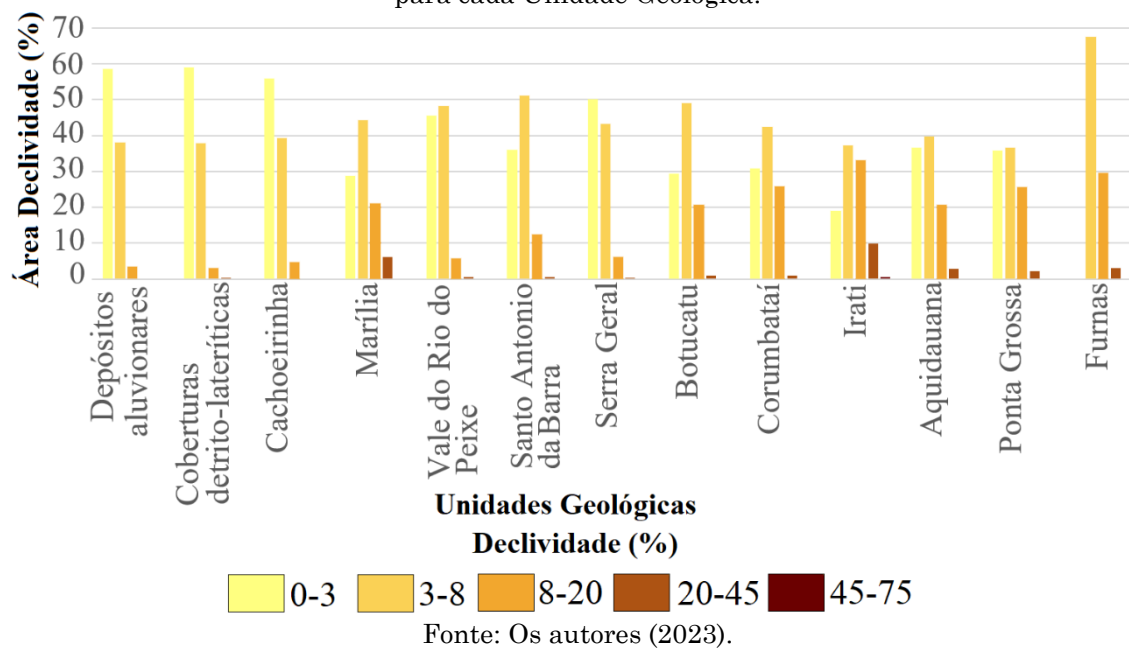
Figura 3 - Porcentagem da área total coberta por campos de murundus no sudoeste de Goiás em relação às Classes de Declividade.



A Figura 4 demonstra que as classes de relevo mais plano (classes Plano e Suave Ondulado) são dominantes nas unidades geológicas dos Depósitos Aluvionares (92,98% de sua área); Cachoeirinha (92,23%); Coberturas Detrito-Lateríticas (92,19%); Vale do Rio do

Peixe (85,42%); Serra Geral (85,32%). Por outro lado, nas unidades geológicas Corumbataí, Marília, Irati e Furnas, as mais declivosas na região, essas classes de declividade representam 55,23%, 54,39% e 38,66%, respectivamente.

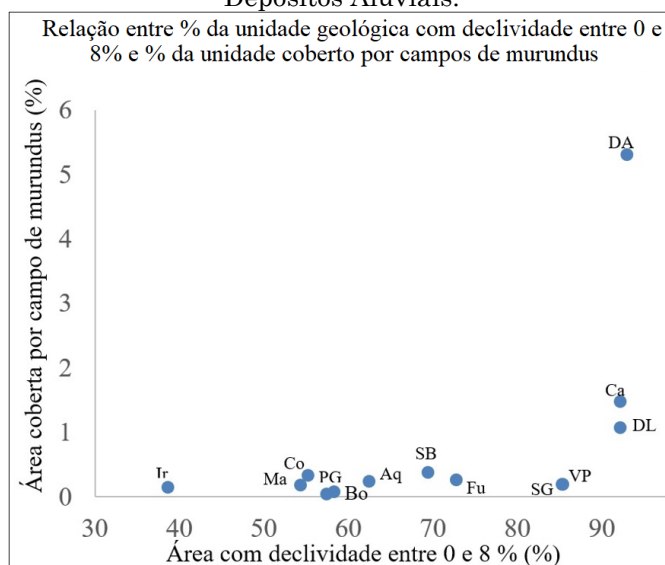
Figura 4 - Gráfico em Porcentagem de Classes de Declividade (ver legenda da Figura 4) por área para cada Unidade Geológica.



Ao se relacionar a declividade com a ocorrência de campos de murundus por unidade geológica, observa-se a tendência de aumento da representatividade das áreas de campos de murundus em função do aumento da representatividade das áreas planas e suave

onduladas (declividade entre 0 e 8%) nas unidades geológicas (Figura 5). Entretanto, observa-se também, pela distribuição dos pontos, que a declividade não é o único fator que explica a ocorrência dos campos de murundus por unidade geológica.

Figura 5 - Relação entre o percentual de relevo Plano e Suave Ondulado (declividade entre 0 e 8%) de cada unidade geológica e o percentual de sua superfície coberto por campos de murundus. Ir: Irati; Ma: Marília; Co: Corumbataí; PG: Ponta Grossa; Bo: Botucatu; Aq: Aquidauana; SB: Santo Antônio da Barra; Fu: Furnas; SG: Serra Geral; VP: Vale do Rio do Peixe; DL: Cob. Detrito Lateríticas; DA: Depósitos Aluviais.

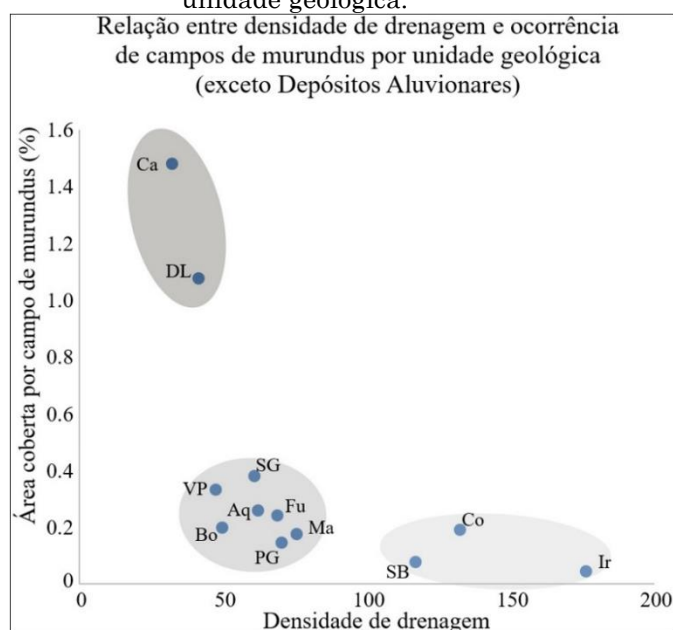


Fonte: Os autores (2023).

Conforme a Figura 6, observa-se que há correlação negativa entre densidade de drenagem e ocorrência de campos de murundus. Verifica-se, ainda, que as unidades geológicas (excetuando-se a unidade de Depósitos Aluvionares) se distribuem em três grupos: Grupo 1 (cinza escuro), compreendendo Formação Cachoeirinha e Coberturas Detrito-Lateríticas, que apresentam baixa densidade de drenagem e o maior percentual da área coberto por campo de murundus; Grupo 2 (cinza médio),

compreendendo as unidades Serra Geral, Vale do Rio do Peixe, Aquidauana, Furnas, Botucatu, Marília e Ponta Grossa, com densidade de drenagem baixa a intermediária e baixos percentuais de sua superfície cobertos por campos de murundus; Grupo 3 (cinza claro), compreendendo as unidades Corumbataí, Santo Antônio da Barra e Irati, com maior densidade de drenagem e menor representatividade dos campos de murundus em suas superfícies (Figura 6).

Figura 6 - Correlação entre a densidade de drenagem e a área coberta por campo de murundus por unidade geológica.



Fonte: Os autores (2023).

A densidade de drenagem em uma região é controlada por diversos fatores (Gao *et al.*, 2022). Ela tem relação direta com a capacidade de infiltração das águas precipitadas, que é, por sua vez, influenciada pelo relevo, pelas propriedades da rocha e pelas características de suas formações superficiais: materiais mais permeáveis favorecem fluxos hídricos subterrâneos, enquanto materiais menos permeáveis favorecem o escoamento superficial e sua organização em redes de drenagem mais densas (Christofoletti, 1981).

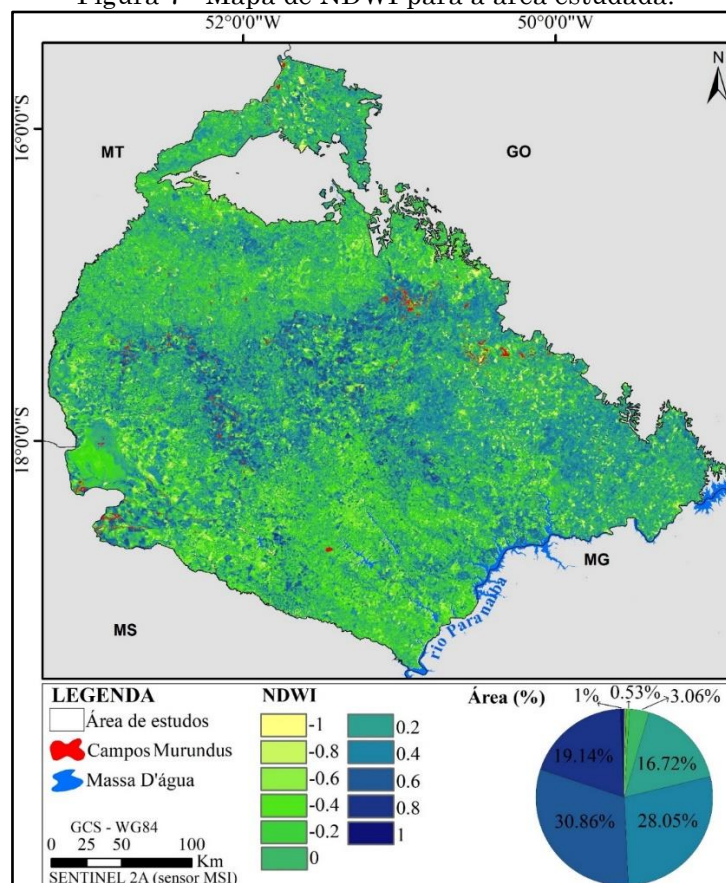
Considerando a configuração do gráfico da Figura 6 e a litologia das unidades geológicas da área estudada, verifica-se que, excetuando-se as unidades geológicas mais recentes, associadas aos relevos mais planos da região (Depósitos Aluvionares, a Formação Cachoeirinha e as Coberturas Detrito-Lateríticas), a densidade de drenagem apresenta relação com a litologia dominante: no Grupo 2 predominam os arenitos (Vale do Rio do Peixe, Aquidauana, Furnas, Botucatu, Marília e Ponta Grossa), enquanto no Grupo 3 predominam rochas pelíticas (Corumbataí, Santo Antônio da Barra e Irati) ou ígneas (Suíte vulcânica Santo Antônio da Barra). A exceção é a Formação Serra Geral, que pertence ao Grupo 2 e é também de natureza ígnea, mas apresenta baixa densidade de

drenagem e o terceiro maior percentual de cobertura por campos de murundus (excetuando-se os Depósitos Aluvionares).

Uma possível explicação para a baixa densidade de drenagem nos domínios da Formação Serra Geral é sua significativa capacidade de infiltração, que é garantida pela densa rede de fraturas e falhas que atravessam os basaltos, pela presença de *intertraps* arenosos (Reis *et al.*, 2014), e pela porosidade e espessura de suas formações superficiais dominantes (Latosolos com estrutura microagregada e teores elevados de hematita e gibbsita) (Ker, 1997).

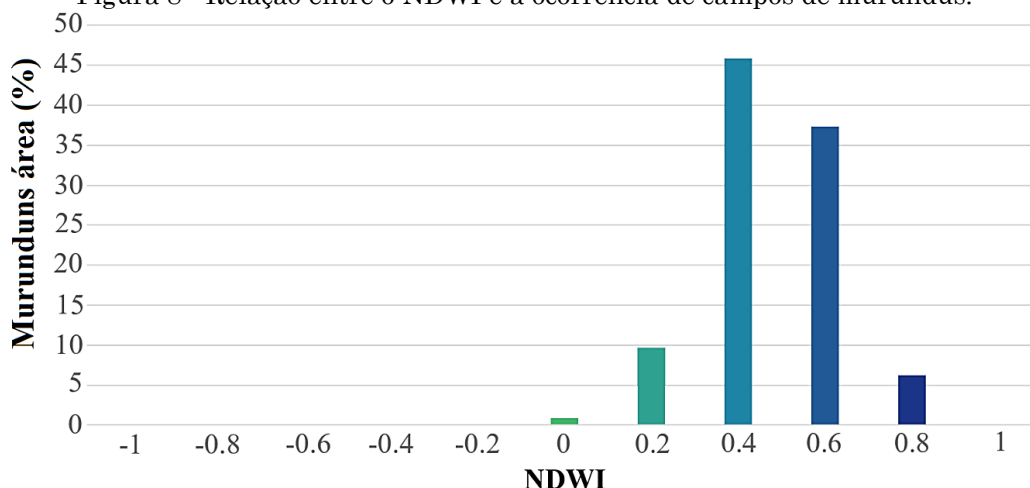
Observa-se nas Figuras 7 e 8 que, embora predominem solos com NDWI inferior a zero no sudoeste goiano (solos bem drenados), as ocorrências de campos de murundus estão majoritariamente associadas a solos com maiores índices de umidade, ou seja, com valores positivos. A Figura 8 demonstra, ainda, que os campos de murundus aparecem preferencialmente nas áreas com índices 0,4 e 0,6, indicando que se trata de zonas de solos imperfeitamente drenados, sujeitas ao afloramento temporário do nível freático, mas não ao alagamento por períodos extensos ou permanente (índices 0,8 e 1,0).

Figura 7 - Mapa de NDWI para a área estudada.



Fonte: Os autores (2023).

Figura 8 - Relação entre o NDWI e a ocorrência de campos de murundus.

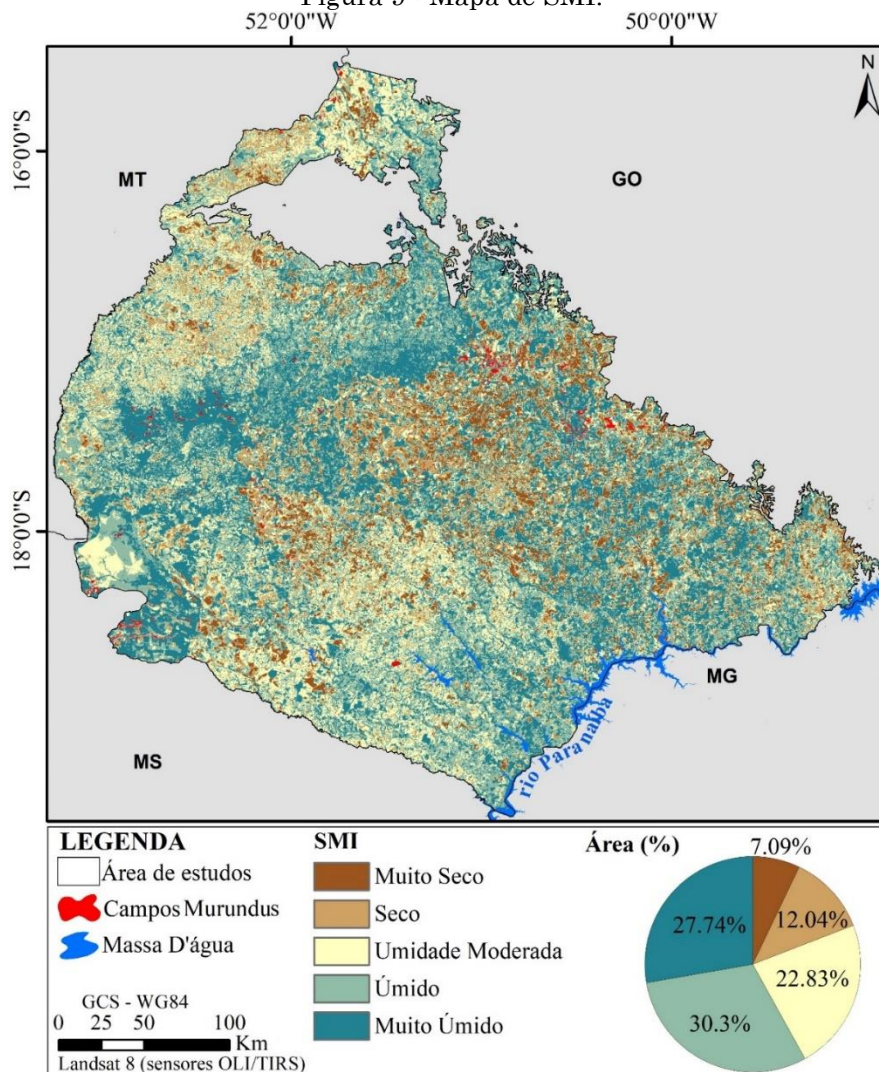


Fonte: Os autores (2023).

As Figuras 9 (mapa de SMI) e 10 (gráfico da porcentagem da área total dos campos de murundus pelas classes de SMI) reforçam as indicações das Figuras 10 e 11, isto é, de que os campos de murundus predominam sobre os solos

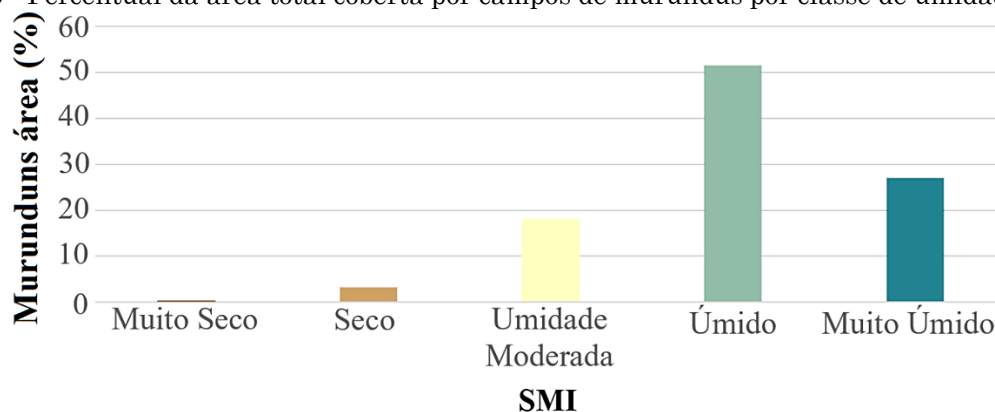
úmidos, decrescendo em frequência de ocorrências à medida que se dirige para ambientes mais secos ou para ambientes muito úmidos.

Figura 9 - Mapa de SMI.



Fonte: Os autores (2023).

Figura 10 - Percentual da área total coberta por campos de murundus por classe de umidade (SMI).



Fonte: Os autores (2023).

DISCUSSÃO

Dentre as unidades geológicas do sudoeste goiano, as áreas de Depósitos Aluvionares (terraços fluviais e várzeas) parecem melhor conjugar os principais condicionantes para ocorrência dos campos de murundus: i) declividade baixa (92,98% de relevo Plano e Suave Ondulado), e ii) solos imperfeitamente drenados (NDWI de 0,4 a 0,6 e classe Úmido para o SMI). Portanto, as áreas de várzeas e terraços são as mais propícias para o desenvolvimento destes microrrelevos na área estudada. Nas demais unidades geológicas, os campos de murundus ocorrem associados a depressões e lagoas de topo, cabeceiras de drenagem e altos cursos de canais hidromórficos, sobretudo veredas. Para sua ocorrência são necessárias, nestes casos, a presença de áreas de relevo plano a suave ondulado, baixa densidade da rede de drenagem superficial, e a possibilidade de acumulação ou exfiltração de água em algumas partes da paisagem.

As unidades Formação Cachoeirinha e Coberturas Detrito-Lateríticas são unidades geológicas recentes (Neógeno), associadas a remanescentes de superfícies de aplanamento ainda pouco dissecados. Por essa razão, apresentam baixa declividade, baixa densidade de drenagem, e formações superficiais geralmente espessas e porosas, sendo, assim, propícias à ocorrência de áreas úmidas e dos campos de murundus a elas associados.

Para as unidades geológicas mais antigas (cretáceas e anteriores), a declividade do relevo e a densidade de drenagem parecem ter relação direta com a litologia dominante: onde predominam arenitos há tendência de relevos mais planos, menor densidade de drenagem,

maior capacidade de infiltração (Christofoletti, 1981) e, conseqüentemente, maior presença de áreas úmidas e campos de murundus. Onde predominam rochas de textura mais fina (pelitos), há tendência de relevos menos planos, maior densidade de drenagem, maior escoamento superficial (Christofoletti, 1981) e, conseqüentemente, menor presença de áreas úmidas e de campos de murundus.

No caso dos basaltos, a maior permeabilidade garantida pela rede de fraturas, pela presença dos *intertraps* arenosos (Reis *et al.*, 2014) e pelas formações superficiais espessas e porosas, em associação com o relevo predominantemente plano, podem explicar a baixa densidade de drenagem e o desenvolvimento das áreas úmidas e dos campos de murundus. A presença de estratos permeáveis sobrepostos a estratos pouco permeáveis, no interior do regolito das unidades geológicas sedimentares, também pode contribuir para o aparecimento de áreas hidromórficas e para o desenvolvimento dos campos de murundus.

Lima e Corrêa (2021), em seu estudo das para o Distrito Federal, constataram que os campos de murundus ocorrem com maior frequência sobre rochas do tipo quartzito, sobre coberturas detrito-lateríticas e sobre depósitos colúvio-aluvionares. Considerando que na Bacia Sedimentar do Paraná não há rochas do tipo quartzito, estes resultados mostram concordância com os resultados do estudo aqui apresentado. Quanto ao fator declividade do relevo, Lima e Corrêa (2021) apontaram a faixa de 2 a 10% como a de maior ocorrência dos campos de murundus, resultado também concordante com aquele aqui apresentado, que apontou a faixa de 0 a 8% como a mais frequente. Estes autores constataram, ainda, que os campos de murundus predominam sobre solos do tipo Plintossolos e solos hidromórficos

indiscriminados e ocupam preferencialmente o pediplano Contagem-Rodeador, situado acerca de 1.200 m de elevação, demonstrando sua associação com as áreas úmidas e com os remanescentes de antigas superfícies de aplanamento, ainda pouco dissecados.

CONCLUSÃO

Os campos de murundus, como componentes especiais das áreas úmidas do Cerrado, possuem importante papel ambiental. Apesar disso, por se situarem preferencialmente na fronteira entre as áreas úmidas e os solos de boa drenagem do Cerrado, vêm sendo fortemente impactados pela expansão da atividade agropecuária. Sua proteção por meio da legislação ambiental e seu melhor conhecimento científico são uma necessidade, sobretudo diante de contextos de crise hídrica na região central do Brasil.

No presente estudo foi possível discutir as relações entre variáveis do meio físico e a ocorrência de campos de murundus. Sobre unidades geológicas da Bacia Sedimentar do Paraná, no sudoeste de Goiás, verificou-se maior predominância de ocorrências de campos de murundus sobre os Depósitos Aluvionares, na Formação Cachoeirinha, nas coberturas Detrito-Lateríticas, nas Formações Serra Geral e Vale do Rio do Peixe e no Grupo Aquidauana. Observou-se que, para as unidades geológicas estudadas, a declividade do relevo, a densidade da rede de drenagem e a presença de litologias de textura predominantemente arenosa (arenitos) ou fraturadas (basaltos), são fatores condicionantes da presença das áreas úmidas e dos campos de murundus.

Em relação ao aspecto do relevo, foi possível identificar que os murundus predominam em áreas com declividades baixas, de 0 a 8% (plano a suavemente ondulado), e de baixa densidade de drenagem ($<62,27 \text{ km/km}^2$). Essas áreas são mais propícias à infiltração das águas precipitadas e ao abastecimento dos aquíferos, cujas águas podem exfiltrar em partes específicas da paisagem, criando ambientes supersaturados, com solos hidromórficos. Unidades geológicas onde predominam rochas de maior granulometria (arenitos, por exemplo) apresentam condições mais favoráveis ao desenvolvimento dos campos de murundus.

Por meio da análise do NWDI e do SMI foi demonstrado que os campos de murundus da área estudada ocorrem em solos úmidos, isto é, em uma faixa de umidade situada entre os ambientes moderadamente úmidos e aqueles

muito úmidos. Isso está de acordo com sua distribuição na paisagem em escala local, onde ocupam preferencialmente a borda das áreas úmidas, situando-se na faixa que separa solos bem drenados dos solos saturados das zonas mais centrais dessas áreas.

Os campos de murundus são ambientes de grande complexidade. Neste trabalho foram apresentadas correlações entre sua ocorrência e algumas características do meio natural, com destaque para os aspectos geológicos e geomorfológicos. Para isso, foram utilizadas bases de dados geológicos e informações extraídas de produtos do sensoriamento remoto, possibilitando análises de resolução regional. Estudos em nível mais detalhado ou com produtos de melhor resolução, e que contemplem outras variáveis naturais, poderão trazer novos elementos para a compreensão da distribuição espacial dos campos de murundus em escala regional.

REFERÊNCIAS

- BORGES B.C; BAPTISTA G.M.M. Avaliação da potencialidade do índice de vegetação SFDVI (Spectral Feature Depth Vegetation Index) para a discretização da cobertura do solo em áreas rurais. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, p. 1931-1938, 2019.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial – São Paulo: Edgard Blucher, 1981, 313 p.
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2008). Mapa Geodiversidade do Brasil: Influência da geologia dos grandes geossistemas no uso e ocupação dos terrenos. Brasília: CPRM, p. 68, 2008. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Gestao-Territorial/Mapas-de-Geodiversidade-Estaduais-1339.html>. Acesso em: 10/12/2022.
- DARLINGTON, J. P. Lenticular soil mounds in the Kenya highlands. **Oecologia**. 66:116-21. Berlim, 1985. <https://doi.org/10.1007/BF00378562>
- DE ALBUQUERQUE, E. M. et al. Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no Município de Sousa-PB. **Revista Estudos Geoambientais**, v. 1, n. 1, 2014.
- DE ARAUJO NETO, M.; FURLEY, P.; HARIDASAN, M.; JOHNSON, C. The murundus of the cerrado region of Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 2, n. 1, p. 17-35, 1986. <https://doi.org/10.1017/S0266467400000559>
- ESRI – Environmental Systems Research Institute Inc. ArcGis versão 10.8. EUA: **Environmental Systems Research Institute, 2019.**

- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de Solos. **Brasília**. Serviço de produção de informação, 1999. 412p.
- FURLEY, P. A. Classification and distribution of murundus in the Cerrado of central Brazil. **Journal of Biogeography**, v.13, n.3, p. 265-268, 1986. <https://doi.org/10.2307/2844925>
- GAO, H.; LIU, F.; YAN, T.; QIN, L.; LI, Z. Drainage Density and Its Controlling Factors on the Eastern Margin of the Qinghai-Tibet Plateau. **Frontiers in Earth Science**, v. 9, 2022, p. 1-15. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.755197>
- GAOS, B. C. NDWI- A Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**. v. 58, n. 3, p. 257-266, 1996. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
- GOMES FILHO, R.R., SILVA, J.H. da, PAULINO, H.B., CARNEIRO, M.A.C., COSTA, C.A.G. Velocidade de infiltração da água num plintossolo háplico de campo de murundu sob uma cronosequência de interferência antrópica. **Revista Brasileira. Agricultura. Irrigada**. 5, 2011, p. 245-253. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v5n300054>
- HASSAN MK, ABBAS BA, GARAS, SN (2019). Readability, Governance, and performance: a test of the obfuscation hypothesis in Qatari listed firms. **Corporate Governance: The International Journal of Business in Society**, 19(2), 270-298. <https://doi.org/10.1108/CG05-2018-0182>
- HORTON, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56. Boulder. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG**. Disponível em: <https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php>. Acesso em: 10/12-2022
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. PRODES – **Incremento anual de área desmatada no Cerrado Brasileiro**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/cerrado>. Acesso em: 25 jul. 2023.
- JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency. **ALOS/PALSAR Level 1.1/1.5 product Format description** <English Version>. NEB-070062A, p.156, 2008.
- KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1997. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v5i1.187>
- KÖPPEN W., 1900: Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. **Geogr. Zeitschrift**, 6, 657-679.
- LAMBIN, E.F. and EHRLICH, D. (1996) The Surface Temperature-Vegetation Index Space for Land Cover and Land-Cover Change Analysis. **International Journal of Remote Sensing**, 17, 463-487. <https://doi.org/10.1080/01431169608949021>.
- LIMA, T. P. M. e CORRÊA, R. S. Ocorrência de campos de murundus na paisagem do cerrado do Distrito Federal. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 9, 2021, p. 536-546. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0041>
- MANTOVANI J. R.; SAKAMOTO A. Y.; GRADELLA F. S.; BRAZ A. M. Análise do comportamento do NDWI sob diferentes intensidades da pluviosidade no Pantanal da Nhecolândia, MS-Brasil. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Anais eletrônicos. Santos, 2017.
- MANTOVANI J. R.; SAKAMOTO. Modelagem Hidrológica na Bacia do Alto Rio Paraguai – BAP. In: **A Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos**. Anais eletrônicos... São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/trabalhos/modelagem-hidrologica-na-bacia-do-alto-rio-paraguai-bap?lang=pt-br>. Acesso em: 26 jul., 2023.
- MANTOVANI, J. R.; LELIS, L. R. M. Algoritmo para mapeamento dos usos do solo e cobertura vegetal a partir do uso do NDVI: um estudo aplicado no nordeste de Mato Grosso Do Sul. **Revista Cerrados, [S. l.]**, v. 21, n. 02, p. 03-34, 2023. <https://doi.org/10.46551/rc24482692202317>
- MAPBIOMAS – Uso e Ocupação do Solo 2021, Coleção 6**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 17 oct., 2022.
- MARTINS, F. P.; ROSOLEN, V. S. Caracterização morfológica de uma catena (Latossolo Gleissolo) no campo de murundu do Córrego da Fortaleza, Chapada Uberlândia-Uberaba, Uberlândia-MG. **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 52, 2014, p. 186-200. <https://doi.org/10.14393/RCG155224618>
- MOREIRA, C. A.; ROSOLEN, V. S.; HANSEN, M. A. F.; MASQUELIN, H.; MOTA, R. Aquifer recharge capacity assessment of an anthropogenically impacted wetland by the DC resistivity geophysical method. **Discover Water**, 3: 7, 2023, p. 1-14. <https://doi.org/10.1007/s43832-023-00031-3>
- MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, v. 17, n. 7, p. 1425-1432. 1996. <http://dx.doi.org/10.1080/01431169608948714>

- NASCIMENTO, M. A. L. Geomorfologia do estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, Universidade Federal de Goiás. v.12. n.1. p. 7-29. Goiás, 1991. <https://doi.org/10.5216/bgg.v12i1.4371>
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. The vegetation of Brazilian 'murundus' - the island-effect on the plant community. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, n. 4, p. 465-486, 1992. <https://doi.org/10.1017/S0266467400006817>
- OLIVEIRA, P.P., FUNCH, R.R. & DOS SANTOS, F. de A.R. First pollen survey of murundus in the Chapada Diamantina region of the state of Bahia, Brazil. **Acta Bot. Brasilica** v. 28, n. 4, p. 638-640, 2014. <https://doi.org/10.1590/0102-33062014abb3562>
- PARIDA, B. R., OINAM, B., PATEL, N. R., SHARMA, N., KANDWAL, R., HAZARIKA, M. K. Land surface temperature variation in relation to vegetation type using MODIS satellite data in Gujarat state of India. **International Journal of Remote Sensing**, 29:14, 2008, p. 4219-4235. <https://doi.org/10.1080/01431160701871096>
- PAULINO, H.B.; ASSIS, P.C.R.; VILELA, L.A.F.; CURI, N.; CARNEIRO, M.A.C. Campos de murundus: gênese, paisagem, importância ambiental e impacto da agricultura nos atributos dos solos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.9, p.75-86, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000400007>
- PONCE, V. M.; CUNHA, C. N. Vegetated Earthmounds in Tropical Savannas of Central Brazil: a synthesis - with special reference to the Pantanal do Mato Grosso. **Journal of Biogeography**, v. 20, n.2, p. 219-225, 1993. <https://doi.org/10.2307/2845673>
- PONZONI, F. J., SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. 2. ed. São José Dos Campos, Saraiva, 2012.
- POTIĆ, I.; BUGARSKI, M.; MATIĆ-VARENICA, J. **Soil Moisture Determination Using Remote Sensing Data for The Property Protection and Increase of Agriculture Production**, 2017.
- REIS, G. S., MIZUSAKI, A. M., ROISENBERG, A., & RUBERT, R. R. Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. **Pesquisa em Geociências**, v. 41, n. 2, p. 155-168, 2014. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.78093>
- RESENDE, I. L. M., ARAÚJO G. M., OLIVEIRA, A. P. A., OLIVEIRA, A.P., ÁVILA JÚNIOR, R.S. A comunidade vegetal e as características abióticas de um campo de murundu em Uberlândia, MG. **Acta Botânica Brasilica**, 18, 2004, p. 9-17. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000100002>
- ROSOLEN, V.; CAMPOS, A. B.; GOVONE, J. S.; ROCHA, C. Contamination of wetland soils and floodplain sediments from agricultural activities in the Cerrado Biome (State of Minas Gerais, Brazil). **Catena**, v.128, n.1, p. 203-210, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.007>
- ROSOLEN V.; BUENO G. T.; MUTEMA M.; MOREIRA C. A.; FARIA I. R.; NOGUEIRA G.; CHAPLOT, V. On the link between soil hydromorphy and geomorphological development in the Cerrado (Brazil) wetlands. **Catena**, n. 176, pp. 197-208, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.022>
- SALES J. C.; FERREIRA M. E.; ROSOLEN V.; BUENO G. T. Delimitação de Microrrelevos de Murundus com Veículos Aéreos não Tripulados. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, 2019.
- SALES, J.C.; BUENO, G.T.; ROSOLEN, V.; FERREIRA, M.E.; FURLAN, L.M. The structure of an earth-mound field of the Brazilian Savanna. **Geomorphology**, 386, 107752, 2021, p. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107752>
- SALES J.C.; LIMA G.S.A.; PASSOS, J.S.; MOREIRA H.G.B.; MACIEL, A.D. Caracterização espectral de um campo de murundus no Planalto dos Guimarães. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 2233-2236, 2023.
- Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável- SEMAD**. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/noticias/1902-governo-de-goi%C3%A1s-far%C3%A1-mapeamento-in%C3%A9dito-de-campos-de-murundus-no-estado.html>. Acesso em: Nov. 07, 2020.
- SCHNEIDER, M. O., SILVA, D. B. Estrutura pedológica e dinâmica hídrica do covoal do Córrego da Fortaleza. **Sociedade & Natureza**, v. 3, n. 5 e 6, p. 75-89, 1991. <https://doi.org/10.14393/SN-v3-1991-60692>
- SHIMABUKURO, Y. E.; IPPOTILI-RAMILO, G. A.; EPIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R. Sensoriamento Remoto Orbital como Meio Auxiliar na Previsão de Safras. **Agricultura em São Paulo, SP**, 46(1), p. 89-101, INPE. São José dos Campos, 1999.

- SILVA, E. B.; RIBEIRO, N. B.; FERREIRA, N. C.; BUENO, G.T.; SANTOS, A. C.; CARDOSO, M. R. D.; DISARZ, R. Mapeamento de campos de murundus no Estado de Goiás. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, 2023, p. 1140-1142.
- SILVA, G.A.; BORGES, M. S.; RODRIGUES, S. C. Avaliação geomorfométrica de campo de murundus no Chapadão do Diamante, Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 30, p. 36-51, 2020. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2020v30nesp1p36-51>
- SILVA, T. L., MARQUES, E. L., GUILHERME, E. Avifauna em quatro fitofisionomias do complexo vegetacional sobre areia branca do sudoeste amazônico. In: BRITO, T. F., SILVA, R. C., OLIVEIRA S. A. V., SILVEIRA, M. **Complexo vegetacional sobre areia branca: campinaranas do sudoeste da Amazônia**. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2017, p 39-48.
- SILVA, F. A. M. da; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M. (ed.); ALMEIDA, S. P. de. (ed.); RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 69-88. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-43/2014>
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. Provisional Landsat 8 Surface Reflectance Code (LaSRC) Product. Versão 3.3. Disponível em from: Acesso em: Oct. 2016.
- USGS. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook. Version 1.0. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 2015.
- ZANTER, K. Landsat 8 Surface Reflectance Code (LASRC) Product Guide. **USGS**: Sioux Falls, SD, USA, p. 39, 2019.
- ZEDLER, J.B.; KERCHER, S. Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. **Annual Review of Environment and Resources**, 15 (30), 2005, p. 39-74. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144248>
- ZENG, Y. FENG, Z. XIANGA, N. (2004). Assessment of soil moisture using Landsat ETM+ temperature/vegetation index in semiarid environment. **IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing**, v. 6, p. 4036-4039, 2004. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2004.1370089>
- ZHAN, Z.; QIN, Q.; WANG, X. The application of LST/NDVI index for monitoring land surface moisture in semiarid area. **IEEE Transactions on geosciences and Remote Sensing**, v. 3, p. 1551-1554, 2004. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2004.1370609>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Amanda Morais Malheiro e Veronica Natalia Boeira participaram, como estagiárias, do mapeamento dos remanescentes de campos de murundus por meio do projeto de cooperação entre a SEMAD (Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Goiás) e o LAPIG (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento) da UFG. As autoras auxiliaram na organização dos bancos de dados, na elaboração dos mapas temáticos dos elementos naturais, na construção dos índices a partir de produtos do sensoriamento remoto e no cruzamento dos dados do meio natural com a ocorrência dos campos de murundus. Auxiliaram, ainda, nas interpretações dos produtos gráficos e cartográficos e na redação do artigo.

O autor Guilherme Taitson Bueno foi consultor técnico do referido projeto de mapeamento dos remanescentes de campos de murundus, desenvolvido em parceria entre SEMAD-GO e LAPIG-UFG e foi orientador da pesquisa das primeiras autoras, ponto de partida para o presente artigo. Auxiliou na concepção geral do artigo (questão científica, hipótese), na proposição do caminho metodológico e conduziu as interpretações das correlações e dos produtos gráficos e cartográficos obtidos, tendo como base o conhecimento teórico sobre as relações entre áreas úmidas, solos, relevo e litologia. Auxiliou na redação geral do artigo.

O autor José Roberto Amaro Mantovani foi co-orientador das primeiras autoras. Foi responsável pela concepção metodológica e técnica da parte de tratamento da informação, sensoriamento remoto e geoprocessamento. Realizou a capacitação e o treinamento técnico das duas primeiras autoras. Auxiliou na interpretação dos produtos gráficos e cartográficos e realizou o refinamento dos produtos conforme a concepção geral da pesquisa. Auxiliou na redação do artigo, especialmente na seção metodológica.

