

ATRIBUTOS DE FERTILIDADE DO SOLO EM ILHAS ALUVIAIS DO RIO PARAGUAI, PANTANAL MATO-GROSSENSE

Ana Caroline Amorim de **OLIVEIRA**
Mestra em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
E-mail: anacaroline.amorim29@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-8054-2410>

Maria Aparecida Pereira **PIERANGELI**
Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA/UNEMAT
Email: mapp@unemat.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6453-080X>

Carolina Joana da **SILVA**
Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA/UNEMAT
Email: carolina.silva@unemat.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3875-7319>

Recebido
Junho de 2023

Aceito
Março de 2024

Publicado
Abril de 2024

Resumo: Como resultado de sua geodiversidade, da influência do pulso de inundação e da dinâmica fluvial, o Pantanal é formado por uma variedade de paisagens, entre as quais se destacam diversas ilhas que servem de *habitat* para a fauna e flora pantaneira. Fundamental para a manutenção da biodiversidade, a fertilidade química dos solos nessas áreas ainda é pouco estudadas. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a fertilidade do solo em ilhas do rio Paraguai, no Pantanal Mato-grossense, de Cáceres até as proximidades da Estação Ecológica de Taiamã. Para isso, foram selecionadas seis ilhas, nas quais foram demarcadas uma área de 1 hectare onde foram coletadas amostras compostas de solo nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, totalizando 60 amostras. Nessas amostras foram realizadas análises granulométricas e a determinação dos teores disponíveis de potássio (K^+), fósforo (P), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}), pH_{H_2O} , acidez potencial e matéria orgânica. Foram calculados a capacidade de troca de cátions (CTC), porcentagem de saturação por bases (V) e por Al (m).

Não houve diferenças nos atributos de fertilidade do solo, entre as ilhas. Os solos das ilhas apresentaram acidez média, com valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ variando de 4,8-5,7; altos teores de Al^{3+} , alta CTC e V média. Verificou-se que, diferentemente do que é relatado para solos de outros biomas, a ocorrência de altos teores de Al^{3+} concomitantemente com altos teores de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Destaca-se o fato de que os solos dessas ilhas apresentaram altos teores de matéria orgânica, mostrando a importância de sua conservação e preservação quando se pensa no sequestro do CO_2 e armazenamento do carbono orgânico no solo.

Palavras-chave: Projeto ecológico de longa duração (PELD Pantanal DARP); CTC; acidez do solo; carbono orgânico.

SOIL FERTILITY ATTRIBUTES IN ALLUVIAL ISLANDS OF THE PARAGUAY RIVER, PANTANAL MATO-GROSSENSE

Abstract: As a result of its geodiversity, the influence of the flood pulse and river dynamics, the Pantanal is formed by a variety of landscapes, among which several islands stand out that serve as habitats for the Pantanal fauna and flora. Fundamental for maintaining biodiversity, the chemical fertility of soils in these areas is still little studied. Thus, the objective of this study was to evaluate soil fertility in islands of the Paraguay River, in the Pantanal of Mato Grosso, from Cáceres to the vicinity of the Taiamã Ecological Station. For this, six islands were selected, in which an area of um hectare was demarcated, and composite soil samples were collected at depths of 0-0.20 and 0.20-0.40 m, totaling 60 samples. In these samples, granulometric analyzes were carried out, and the determination of the available levels of potassium (K^+), phosphorus (P), magnesium (Mg^{2+}), aluminum (Al^{3+}), calcium (Ca^{2+}), $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, potential acidity, and organic matter. The cation exchange capacity (CEC), percentage of saturation by bases (V) and by Al^{3+} (m) were calculated. There were no differences in soil fertility attributes between islands. The soils on the islands showed medium acidity, with $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ values ranging from 4.8-5.7; high levels of Al^{3+} , high CEC, and average V. It was found that, unlike what is reported for soils from other biomes, the occurrence of high levels of Al^{3+} concurrently with high levels of K^+ , Ca^{2+} , and Mg^{2+} . It is worth highlighting the fact that the soils of these islands had high levels of organic matter, showing the importance of their preservation and conservation when thinking about the sequestration of CO_2 and storage of organic carbon in the soil.

Keywords: Long-Term Ecological Project (PELD Pantanal DARP); CTC; soil acidity; organic carbon.

ATRIBUTOS DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LAS ISLAS ALUVIALES DEL RÍO PARAGUAY, PANTANAL MATO-GROSSENSE

Resumen: Como resultado de su geodiversidad, la influencia del pulso de inundaciones y la dinámica de los ríos, el Pantanal está formado por una variedad de paisajes, entre los que se destacan varias islas que sirven de hábitat para la fauna y la flora del Pantanal. Fundamental para el mantenimiento de la biodiversidad, la fertilidad química de los suelos de estas zonas aún está poco estudiada. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar la fertilidad del suelo en islas del río Paraguay, en el Pantanal de Mato Grosso, desde Cáceres hasta las inmediaciones de la Estación Ecológica Taiamã. Para ello se seleccionaron seis islas, en las cuales se delimitó un área de una hectárea, y se tomaron muestras compuestas de suelo a profundidades de 0-0,20 m

y 0,20-0,40 m, totalizando 60 muestras. En estas muestras se realizaron análisis granulométricos y la determinación de los niveles disponibles de potasio (K^+), fósforo (P), magnesio (Mg^{2+}), aluminio (Al^{3+}), calcio (Ca^{2+}), pH_{H_2O} , acidez potencial y materia orgánica. Se calcularon la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el porcentaje de saturación por bases (V) y por Al^{3+} (m). No hubo diferencias en los atributos de fertilidad del suelo entre islas. Los suelos de las islas mostraron acidez media, con valores de pH_{H_2O} que oscilaron entre 4,8-5,7; altos niveles de Al^{3+} , alta CIC y V media. Se encontró que, a diferencia de lo reportado para suelos de otros biomas, hubo la ocurrencia de altos niveles de Al^{3+} concurrentemente con altos niveles de K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} . Se destaca el hecho de que los suelos de estas islas tuvieran altos niveles de materia orgánica, mostrando la importancia de su conservación y preservación al pensar en el secuestro de CO_2 y en el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo.

Palabras clave: Proyecto Ecológico de Largo Plazo (PELD Pantanal DARP); CTC; acidez del suelo; carbón orgánico.

INTRODUÇÃO

O Pantanal é a maior planície alagável do mundo com uma área de 138.183km² e tem sua dinâmica hidrológica afetada pela quantidade sazonal de chuvas e relevo plano, fatores que proporcionam o fenômeno conhecido como pulso de inundação, característica particular desse bioma (Silva; Abdon, 1998; Junk; Silva, 1999). O pulso de inundação exerce influência marcante no ambiente pantaneiro, refletindo em atributos pedológicos (Couto *et al.*, 2017; Couto *et al.*, 2023) com capacidades distintas de retenção de água, resultando num mosaico de paisagens com características peculiares. Essa diversidade de ambientes proporciona uma grande biodiversidade de fauna e flora no Pantanal, a qual contempla as mais variadas espécies aquáticas, terrestres e aéreas (Junk *et al.*, 2006; Pott *et al.*, 2011; Ikeda-Castrillon *et al.*, 2011a, 2011b).

Conforme relatado por Couto *et al.* (2023), nessa região, pequenos gradientes topográficos, aliados à dinâmica das águas, propiciam a ocorrência de diversas paisagens, típicas da planície pantaneira, tais como as baías (depressões usualmente circulares de variados tamanhos), cordilheiras (áreas com elevações de 1 a 3 m em relação ao relevo local, entre as baías), corixos (pequenos lagos que se conectam às baías). Nesse sentido, a vegetação desse bioma é muito diversificada, constituída por campo, florestas e savanas devido a tendência a inundações sazonais e secas prolongadas a que a paisagem está submetida (Frota *et al.*, 2017).

Nessa região os solos apresentam características hidromórficas (Amaral Filho, 1986), sendo que esse hidromorfismo se manifesta em diversas intensidades em função das pequenas alterações no relevo e capacidade de infiltração da água no solo (Couto *et al.*, 2017; Couto *et al.*, 2023). O pulso de inundação, aliado à baixa declividade da planície pantaneira, proporciona a saturação dos solos com água, afetando seu potencial de oxiredução, fato desencadeia várias reações termodinâmicas em função do déficit de O_2 (Sparks, 2003). Essas reações, todas elas

mediadas por microorganismos, alteram várias características e propriedades dos solos: sua cor fica mais acinzentada ou pálida devido à redução de ferro e manganês; a fertilidade se altera pois nessas condições o baixo potencial redox propicia a dissolução de vários compostos de N, Fe, Mn ou S aumentando sua mobilidade (Spark; 2004; Coringa *et al.*, 2012).

O Pantanal, assim como todos os biomas, depende da disponibilidade de nutrientes e do equilíbrio da acidez no solo para sustentar sua diversidade biológica (CUNHA,1985). A manutenção desses nutrientes e o tamponamento da acidez ocorre tanto por meio dos processos naturais de ciclagem quanto pela contribuição do pulso de inundação, que transporta e deposita uma variedade de sedimentos na região (Coringa; Couto; Torrado, 2014). Nesse sentido, o conhecimento da fertilidade natural do solo é importante tanto do ponto de vista agrônomo quanto ambiental, principalmente quando as atividades antrópicas avançam em praticamente todos os ecossistemas. Responder a questões tais “como era”? “como está agora”? “qual é o cenário futuro”? é possível quando se tem informações a esse respeito.

Doran e Parkin (1994) definem qualidade do solo como “A capacidade de um solo funcionar como ecossistema limite para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade do meio ambiente e promover a saúde das plantas e animais”. Nesse sentido, vários atributos do solo podem ser utilizados para se avaliar a sua qualidade, entre eles o pH, teor de nutrientes disponível e de carbono orgânico, bem como a capacidade que o solo tem em armazenar nutrientes e reter poluentes.

Em relação ao Pantanal, nos ambientes não antropizados, as principais fontes de variação de nutrientes nos solos são as variações climáticas, umidade, aporte de matéria orgânica e a deposição de sedimentos, bem como os processos pedogenéticos atuantes (Couto *et al.*, 2023). Esses fatores também afetam a população de microorganismos, os quais compõem a matéria orgânica, o que pode constituir a principal causa de alternância dos valores de nutrientes no solo (Cunha, 1985).

Outro fator que pode influenciar a presença de teores de nutrientes do solo é a incidência de fogo, que tem afetado grandes extensões da planície pantaneira nos últimos anos (Tomas *et al.*, 2021). As mudanças causadas no meio ambiente pelos incêndios afetam as mais diferentes formas de vida bem como o ambiente propriamente dito, alterando a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos prestados por eles, como por exemplo a ciclagem de nutrientes, além de prejudicar a qualidade da água, solo e ar (Kolanek; Szymanowski; Raczyk, 2021).

Dessa forma, tanto a dinâmica das águas quanto as queimadas podem interferir na presença e dinâmica dos teores de nutrientes nos solos do Pantanal. Dessa forma, acredita-se que os teores de nutrientes sejam maiores em algumas ilhas, as quais podem permanecer

inundadas por um maior período de tempo, além de estarem sujeitas a receber maior ou menor aporte de sedimentos em decorrência do pulso de inundação e de sua posição nas margens do rio (convexa ou côncava). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar atributos de fertilidade do solo em seis ilhas aluviais no rio Paraguai, no Pantanal Mato-grossense, em Cáceres.

REFERENCIAL TEÓRICO

Aspectos geopedológicos do Pantanal

De acordo com Couto *et al.* (2017) o Pantanal é uma bacia sedimentar onde espessas camadas de sedimentos do Quaternário foram depositadas, como resultado de mudanças paleoclimáticas e paleogeográficas que ocorreram no final do Pleistoceno. Segundo o RADAMBRASIL (1982) a planície pantaneira é constituída de sedimentos aluviais de granulometria diversa, inconsolidados ou semiconsolidados denominados de Formação Pantanal. A Formação Pantanal (depósitos aluvionares) presente nessa região, apresenta os materiais mais superficiais compostos por argila, areia e silte, havendo predomínio de sedimentos arenosos intercalados com camadas argilosas (CPRM, 2010).

Os processos pedogenéticos que atuam na formação dos solos incluem, adições, perdas translocações e transformações dos materiais no perfil do solo (Santos *et al.*, 2018), o que aliado a outros processos pedogenéticos específicos tais como lessivagem, plintização, ferralitização, podzolização e etc, resultam em solos com variadas características morfológicas, químicas e físicas, tais como cor, profundidade, textura e fertilidade (Batista; Paiva; Marcolino, 2018; Couto *et al.*, 2023). Os solos do Pantanal são predominantemente hidromórficos, caracterizados morfologicamente por predomínio de cores acinzentadas e pela presença de mosqueados de coloração vermelha, amarela, brunas e, ou, pretas (Souza, 2004; Beirigo, 2013; Couto *et al.*, 2017).

No Pantanal, há também a ocorrência de solos com altos teores de sódio (Oliveira Junior, 2017). Esse processo corresponde ao halomorfismo, que é o processo pedogenético específico resultando em solos que apresentam acumulação de sais no perfil. Outro processo específico de formação do solo no pantanal é a gleização. Em solos que permanecem saturados com água ocorre a redução e solubilização do ferro ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$) no solo, resultando em uma coloração acinzentada, azulada ou esverdeada. Em decorrência desse processo, também pode ocorrer a precipitação de compostos ferrosos, que podem contribuir para a coloração do solo (Santos, 2018; Couto *et al.*, 2017). Como resultado do pulso de inundação os solos pantaneiros apresentam fortes características de plintização e gleização (Coringa, 2012; Couto *et al.*, 2017).

Os solos do Pantanal Mato-grossense nos compartimentos denominados de Corixo Grande-Jauru-Paraguai, Pantanal do Cuiabá-Bento Gomes-Paraguaizinho, Pantanal do Itiquira São-Lourenço e Pantanal dos Paiaguás são predominantemente Plintossolos, enquanto na planície de inundação, contemplada pelos compartimentos Cuiabá, Paraguai e São Lourenço, os solos predominantes são do tipo Planossolos, Vertissolos Hidromórficos, Neossolos e Cambissolos Flúvicos (Couto *et al.*, 2017). De acordo com os autores, as áreas com predomínio de Plintossolos tem material de origem leves e são mais antigos, o que condiciona solos com médios a baixos teores de nutrientes e textura média/argilosa ou arenosa argilosa.

A plintização, processo influenciado por condições de ambientes mal drenados e flutuação do lençol freático, envolve a remobilização do ferro e ou manganês (COUTO *et al.*, 2017; COUTO *et al.*, 2023) e leva à formação de plintitas no solo, as quais são constituídas por um amálgama de argila com baixo teor de carbono orgânico e alto teor de ferro ou ferro e alumínio, além de grãos de quartzo e outros minerais.

Fertilidade do solo

A fertilidade do solo é a capacidade que o solo tem de fornecer condições necessárias e nutrientes essenciais para as plantas, determinada pela presença e disponibilidade de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio. Conhecer os atributos de fertilidade do solo é importante para se avaliar a qualidade do solo (Lopes, 1998), tanto do ponto de vista agrônomo quanto ambiental. No entanto, a avaliação da fertilidade do solo é bastante complexa, pois é necessário levar em consideração os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, pois a qualidade do solo reflete a interação entre esses fatores (Cardoso *et al.*, 2013; Bunemann *et al.*, 2018).

Acidez do solo adequada, ausência de elementos tóxicos, tais como o Al^{3+} e a disponibilidade de nutrientes no solo é crucial para a produção agrícola (Lopes; Guilherme, 2007) e para a manutenção dos serviços ecossistêmicos do solo (Kabindra *et al.*, 2016), tais como a ciclagem de nutrientes.

Entre os atributos da fertilidade do solo estão os teores de nutrientes que são fundamentais para a manutenção do ciclo de vida das plantas, tais como o nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) (Batista; Paiva; Marcolino, 2018). Em ambientes naturais esses nutrientes estão presentes no solo principalmente devido ao intemperismo das rochas e minerais, à matéria orgânica do solo e condições climáticas. De acordo com Cardoso *et al.* (2017), o carbono e o nitrogênio são os principais constituintes da matéria orgânica do solo.

Cardoso *et al.* (2017), em um estudo sobre o estoque de CeN no solo sob pastagens nativas em áreas úmidas no Pantanal, em diferentes estados de conservação, estimaram a quantidade desses elementos nas áreas, superiores a 1,0 Mg ha⁻¹. Os autores constataram que o aporte de C e N nos solos das áreas de pastagem sujeitas a inundação são maiores que as que não são inundadas, e a diminuição do estado de conservação desses ambientes pode diminuir a capacidade de armazenamento de C e N no solo.

O CO é utilizado como um indicativo de qualidade do solo (Souza *et al.*, 2015), sendo utilizado como critério para avaliação da sustentabilidade de alguns sistemas de produção agrícola. Sousa *et al.* (2011) em um estudo sobre a matéria orgânica e textura do solo em veredas conservadas e antropizadas no bioma cerrado observaram que os ambientes de áreas úmidas com uso antrópico reduzem os teores de carbono orgânico (CO) mesmo em período curto de utilização. Santos *et al.* (2017) observaram maiores teores de CO na profundidade de 0,0 – 0,20 cm que são resultantes de maior aporte de resíduos orgânicos na camada superficial do solo devido à presença de gramíneas nos ambientes estudados, os quais incorporaram mais matéria orgânica ao solo quando comparados a outros tipos de cobertura vegetal.

Dick *et al.* (2008) analisaram os impactos da queima nos atributos químicos e da composição da matéria orgânica em solos em uma área sob pastagem após oito anos de suspensão das queimadas, e ao comparar com uma área de mata nativa constataram que a saturação de alumínio é mais elevada no solo de pastagem, enquanto a mata nativa apresentou maiores teores de carbono e nitrogênio.

Dentre os atributos de qualidade do solo, a acidez, definida pelo pH (acidez ativa) e teores de Al³⁺ (acidez trocável) e H (acidez não trocável), é uma das variáveis mais importantes, pois afeta diretamente a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas. A acidez do solo é afetada por vários fatores, tais como a lixiviação e remoção de bases (Ca, K, Mg e Si) do solo, a própria decomposição da matéria orgânica, entre outros fatores (Souza; Lobato, 2004). No Brasil, devido às condições climáticas o intemperismo é intenso, resultando na maioria das vezes em solos ácidos (Lopes, 1998).

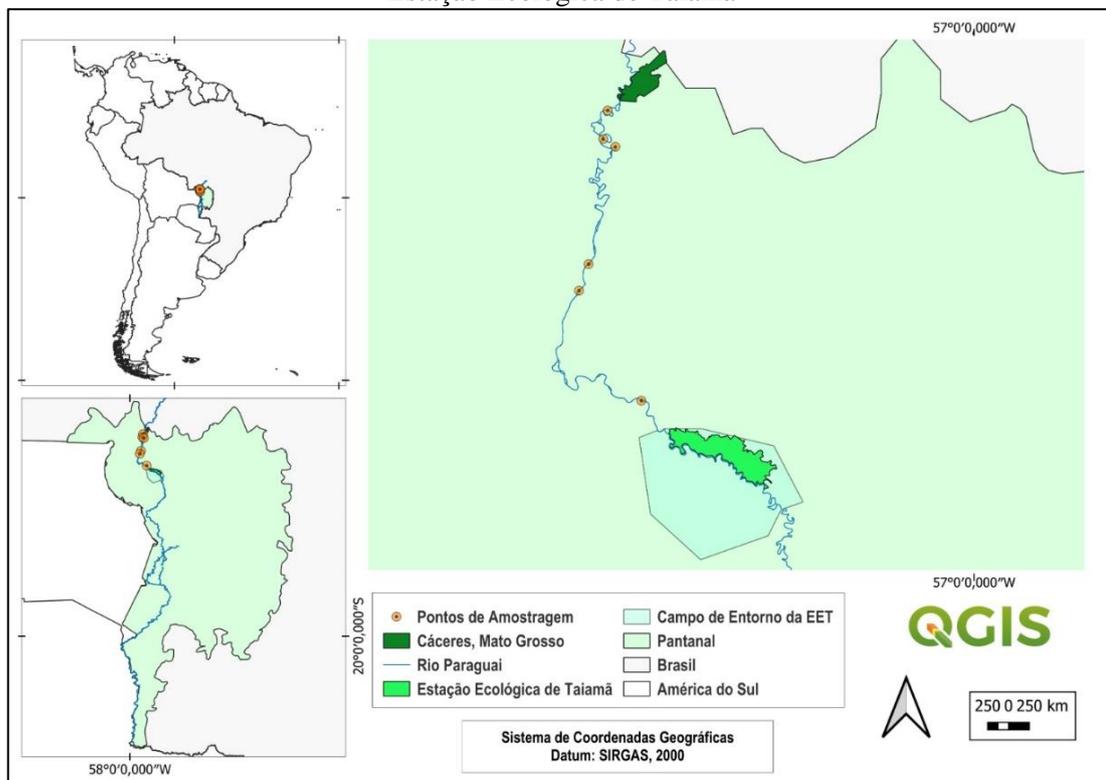
Cardoso *et al.* (2016) constataram que solos do Pantanal da Nhecolândia, no Mato Grosso do Sul, são naturalmente arenosos, ácidos e com baixo teores de nutrientes. Segundo esses autores, as áreas de fertilidade mais elevadas estão relacionadas aos maiores teores de matéria orgânica do solo. Já no Pantanal mato-grossense, Mello *et al.* (2015) constatararam que tanto a fertilidade do solo quanto o estoque de carbono foram dependentes do pulso de inundação e da fitofisionomia.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área estudada

Esse estudo foi realizado em seis ilhas (Figura 1) na planície pantaneira, ao longo do rio Paraguai, de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã. Essas ilhas foram formadas em função da dinâmica fluvial, as quais são profundamente influenciadas pelas chuvas que caem no planalto que circunda o Pantanal. Em estudo na planície de inundação do alto curso do rio Paraguai, Souza e Cunha (2007) observaram mudanças no corredor fluvial em três compartimentos no trecho entre Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã. Segundo esses autores, no primeiro compartimento o rio possui padrão meandrante com ilhas que se originaram pelo rompimento do colo do meandro. Já no segundo compartimento o canal torna-se menos sinuoso, enquanto o terceiro compartimento segue com o padrão sinuoso com a presença de ilhas, originadas por processos de sedimentação. A Tabela 1 mostra as coordenadas e a descrição das seis ilhas estudadas.

Figura 1 - Localização das seis ilhas no rio Paraguai, no Pantanal Mato-grossense, de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã



Fonte: Os autores.

O clima da região é tropical quente e úmido, segundo classificação de Köppen, atingindo temperatura média mensal mais alta no mês de outubro (28,01° C) e as temperaturas médias

mensais mais baixas nos meses de junho (23,39° C) e julho (23,36° C), com duas estações definidas pela distribuição espacial e temporal das chuvas (Neves; Nunes; Neves, 2011).

A vegetação (Figura 2) predominante nas ilhas (Ikeda-Castrillon *et al.*, 2011a) é a Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial, a qual é comum ao longo dos rios da bacia hidrográfica do rio Paraguai, na planície pantaneira. Essa formação é conhecida regionalmente como mata de galeria, mata ciliar, ripária e florestas inundáveis, devido à sua localização às margens dos rios. As ilhas mais próximas ao perímetro urbano do município de Cáceres estão sujeitas a menor período de inundação, apresentando maior número de indivíduos e riqueza de espécies (Ikeda-Castrillon *et al.*, 2011b; Silva; Ikeda-Castrillon *et al.*, 2020).

Tabela 1- Coordenadas geográficas e características gerais das ilhas estudadas do rio Paraguai, no pantanal Mato-grossense, de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã

Ilhas/Coordenadas Geográficas	Descrição	Sector do rio Paraguai
1 - 16° 27' 56,743" S; 57° 47' 34,984" W	Parcialmente vegetada, com vestígios das queimadas do ano de 2020 ¹	Compartimento meandro Plano com canal sinuoso
2 - 16° 31' 15,290" S; 57° 48' 45,716" W	Ilha arborizada com vegetação típica do pantanal, área parcialmente alagada	Compartimento meandro Plano com canal sinuoso
3 - 16° 44' 53,063" S; 57° 41' 3,800" W	Predomínio de árvores lenhosas, ilha com vegetação recuperada, atingida por queimadas de 2017.	Compartimento meandro Plano com canal sinuoso
4 - 16° 8' 50,860" S; 57° 45' 14,040" W	Floresta com predomínio de espécies lenhosas	Planície do meandro com canal reto
5 - 16° 12' 22,838" S; 57° 45' 46,012" W	Floresta fechada com predomínio de espécies lenhosas	Planície do meandro com canal reto
6 - 16° 13' 21,371" S; 57° 44' 16,256" W	Vegetação recém recuperada das queimadas de 2020, sem presença de arbustos ou espécies lenhosas	Planície deposicional do rio Paraguai

¹ Dados da vegetação obtidos de Ikeda-Castrillon *et al.* (2011a); de queimadas de Libonati *et al.* (2022) e do setor do rio Paraguai de Wantzen e Silva (2005).

Figura 2 - Imagens da ilha 1 cuja vegetação foi atingida pelas queimadas de 2020, registros realizados no ano de 2021



Fonte: Os autores.

Coletas das amostras para caracterização granulométrica e atributos de fertilidade do solo

Em cada ilha (Tabela 1) foi demarcada uma parcela de 1 hectare (Figura 3), a qual foi dividida em cinco subparcelas. Em cada subparcela foram coletadas amostras de solo, em zig-zag, com trado holandês nas profundidades de 0-0,2 e de 0,2 a 0,4 m. Essas amostras foram misturadas e homogeneizadas para formar uma amostra composta por subparcela, obtendo-se 10 amostras das cinco subparcelas de cada ilha, totalizando 60 amostras de solo.

Figura 3 - Imagem de uma das ilhas ilustrando como foi o esquema para a coleta das amostras de solo



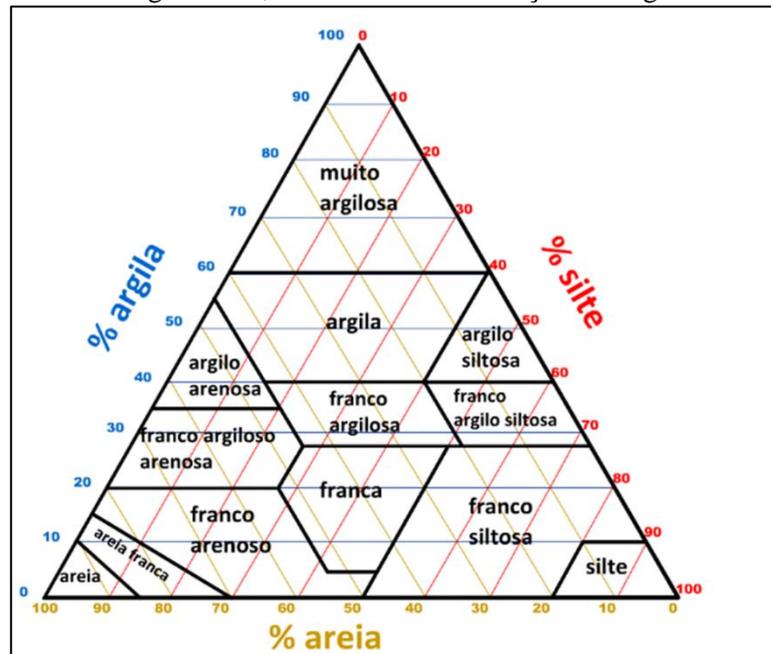
Fonte: Google Earth, [S. d.].

Para avaliação da fertilidade do solo, nas amostras de solo foram determinados os teores disponíveis de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} ; P ; acidez potencial ($H+Al$); pH em água e carbono orgânico (CO), de acordo com metodologias da Embrapa (2017): OCO foi determinado por oxidação úmida com solução de dicromato de potássio em meio ácido; P foi determinado por colorimetria após extração com solução de Mehlich 1; K^+ por espectrofotometria de chama após extração com solução de Mehlich 1; Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} por titulometria, após extração com solução de KCl $1\ molL^{-1}$. Para obtenção dos teores de matéria orgânica do solo, multiplicou-se o teor de CO por 1,724 (EMBRAPA, 2017).

Para determinação dos teores de areia, silte e argila foi determinada a granulometria do solo seguindo a metodologia da pipeta, descrita em EMBRAPA (2017). A partir da análise granulométrica foi feito o enquadramento das amostras de solo nas classes texturais (Figura 4), usando-se o aplicativo gerador de triângulo textural (<http://www.quoos.com.br/index.php/geografia/solos/4-triangulo-textural-solos-argila-areia-silte>).

As análises estatísticas foram realizadas pelo software SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2008), comparando-se as variáveis de fertilidade do solo entre as ilhas e entre as profundidades. Como não existem tabelas de interpretação da fertilidade do solo para o Bioma Pantanal, foi usado as tabelas de interpretação da fertilidade do solo para plantas, a qual considera as condições ideais para as plantas cultivadas de Ribeiro *et al.* (1999).

Figura 4 - Triângulo textural usado para classificação da textura do solo de ilhas do rio Paraguai, no Pantanal Mato-grossense, de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã



Fonte: www.quoos.com.br

RESULTADOS EDISCUSSÕES

Conforme a Tabela 2, verifica-se que os solos das ilhas estudadas, em sua maioria, apresentam maiores teores de silte e argila em relação à areia. A argila confere aos solos alta plasticidade e aderência quando estão úmidos, tornando-se extremamente duros quando secos (Souza; Cunha, 2007). Em ambientes com inundação sazonal, normalmente a areia, sendo material mais pesado tende a ficar depositado no fundo do canal.

Segundo Coringa *et al.* (2012), em seus estudos no Pantanal foi constatado que os solos do tipo Gleissolos e Plintossolos apresentam um elevado teor de argila de baixa atividade. De acordo com Couto *et al.* (2017) a natureza física dos solos do Pantanal resulta, principalmente, da natureza dos sedimentos depositados. Ainda segundo esses autores, locais com menores cotas altimétricas, onde as inundações são mais frequentes e prolongadas, normalmente apresentam solos com maiores teores de argila e silte.

Tabela 2 - Granulometria e determinação da classe de textura dos solos de ilhas do rio Paraguai, no Pantanal Mato-grossense, de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã

Ilhas	Profundidade (cm)	Argila	Silte	Areia	Classe de textura
	-----gkg ⁻¹ -----				
1	0 – 20	320	490	190	Franco argilo siltosa
	20 – 40	410	450	140	Argilo siltosa
2	0 – 20	390	570	40	Franco argilo siltosa
	20 – 40	390	580	30	Franco argilo siltosa
3	0 – 20	290	350	360	Franco argilosa
	20 – 40	260	250	490	Franco argilo arenosa
4	0 – 20	310	490	200	Franco argilo siltosa
	20 – 40	390	470	140	Franco argilo siltosa
5	0 – 20	420	360	220	Argila
	20 – 40	390	360	250	Franco argilosa
6	0 – 20	540	430	30	Argilo siltosa
	20 – 40	580	390	30	Argila

Fonte: Os autores.

De acordo com Leandro e Souza (2012), em sua pesquisa sobre a composição dos sedimentos presentes no leito do rio Paraguai em Cáceres, foi observado que os solos presentes na área de estudo possuem uma textura predominantemente argilosa, juntamente com a presença de texturas mais grosseiras, características típicas dos solos cujos material de origem pertencem à formação Pantanal (Souza *et al.*, 2017). Além disso, os autores constataram que o período de cheia é responsável pela remobilização de sedimentos, causando grande variabilidade espacial e temporal nos atributos do solo, tais como a sua composição granulométrica e teores de nutrientes. Do ponto de vista da fertilidade do solo, a argila é importante principalmente pelo desenvolvimento de cargas superficiais, responsáveis pela retenção de nutrientes. Já o silte, eventualmente pode ser rico em minerais primários facilmente intemperizáveis, com potenciais de fornecer nutrientes para as plantas.

De acordo com as análises estatísticas, ao se comparar os atributos de fertilidade do solo (Tabela 3 e Tabela 4) não houve diferenças significativas nos atributos de fertilidade do solo entre as ilhas e nem entre as profundidades, exceto o CO cujos teores foram menores na profundidade de 0,20-0,40m.

Tabela 3 - Atributos de fertilidade do solo de ilhas do rio Paraguai, no Pantanal Mato-grossense, de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã

Ilha	Profundidade	pH _{H2O}	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
		-----cmol _c dm ⁻³ -----					
1	0 – 20	5,26	2,88	6,36	5,02	4,23	0,57
	20 – 40	4,95	3,44	6,86	4,26	3,96	0,30
2	0 – 20	4,94	5,30	8,95	5,27	5,00	0,18
	20 – 40	5,33	2,95	9,25	4,97	5,55	0,31
3	0 – 20	5,00	3,54	8,50	3,64	3,68	0,40
	20 – 40	5,15	2,48	6,96	2,52	3,18	0,17
4	0 – 20	4,71	4,33	10,93	3,66	3,00	0,17
	20 – 40	5,36	4,80	9,30	3,80	3,58	0,18
5	0 – 20	5,70	2,17	8,65	5,15	4,20	0,22
	20 – 40	4,95	2,82	7,10	4,62	4,50	0,2
6	0 – 20	4,84	5,35	11,47	5,45	3,77	0,43
	20 – 40	5,25	4,17	10,87	5,17	4,32	0,35
Média		5,07	3,49	8,8	4,79	4,08	0,26

Valores médios (n = 30)

Fonte: Os autores.

Tabela 4 - Atributos de fertilidade em solos de ilhas do rio Paraguai, no Pantanal Mato-grossense de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã

a	Profundidade	P	CO	CTCefe	CTC pH7	V	m
		mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	----cmol _c dm ⁻³ ---		-----%-----	
	0 – 20	18,21	29,59	12,70	16,18	61	23
	20 – 40	15,45	27,53	11,96	15,38	55	29
	0 – 20	3,02	31,73	15,75	19,41	54	34
	20 – 40	2,89	30,27	13,78	20,09	54	21
	0 – 20	2,75	31,75	11,26	16,30	48	31
	20 – 40	3,82	29,41	8,35	12,83	46	30
	0 – 20	4,56	31,61	11,16	17,77	38	39
	20 – 40	3,09	29,12	12,36	16,86	45	39
	0 – 20	2,87	29,72	11,74	18,22	53	18
	20 – 40	2,24	25,82	12,14	16,43	57	23
	0 – 20	3,77	33,06	15,00	21,13	46	36
	20 – 40	8,46	29,69	14,01	20,73	48	30
ia		3,43	29,70	12,25	17,31	50,0	30

Valores médios (n = 30)

Fonte: Os autores.

Os resultados indicam que os solos das ilhas analisadas apresentam acidez ativa (pH_{H2O}) média (Tabela 5) e alta acidez trocável (Al³⁺). Coringa *et al.* (2012) também constataram altos teores de Al³⁺ em solos do Pantanal. Rocha *et al.* (2018), em estudo sobre atributos de fertilidade dos solos às margens do rio Paraguai, verificaram na maioria dos solos das áreas em estudo

valores de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, na faixa de 4,6-5,5. Cardoso *et al.* (2016) verificaram que a acidez ativa de solos no Pantanal do Mato Grosso do Sul, variou bastante entre as profundidades amostradas, com valores de 6,2 a 6,6. Segundo esses autores, nas áreas estudadas por eles, sob essas condições ácidas os atributos dos solos refletiram a textura arenosa e o baixo teor de matéria orgânica. Ikeda-Castrilon *et al.* (2011b) observaram que nas ilhas por eles estudadas, de maneira geral, os solos apresentavam uma acidez elevada, variando entre 4,2 e 4,6. Além disso, também encontraram altos teores de Al^{3+} trocável, corroborando com o observado no presente estudo.

Tabela 5 - Interpretação dos valores de atributos de fertilidade do solo de ilhas do rio Paraguai, no Pantanal Mato-grossense, de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã

Variável	Teores médios encontrados	Interpretação ((Ribeiro <i>et al.</i> , 1999)
pH	4,8- 5,7	Baixo
P	0,0 – 1,47	Baixo
Ca^{2+}	3-5,3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Bom a muito bom
Mg^{2+}	3,3-5,3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Muito bom
Al^{3+}	2,5-4,7 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Muito alto
K^+	0,18 – 0,44 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Bom a muito bom
MO^1	4,8-5,37 %	Bom
CTCefe	9,8-14,7 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Muito bom
CTC	14,5-20,9 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	Muito bom
M	25-39 %	Baixa a alta
V	43-56 %	Média

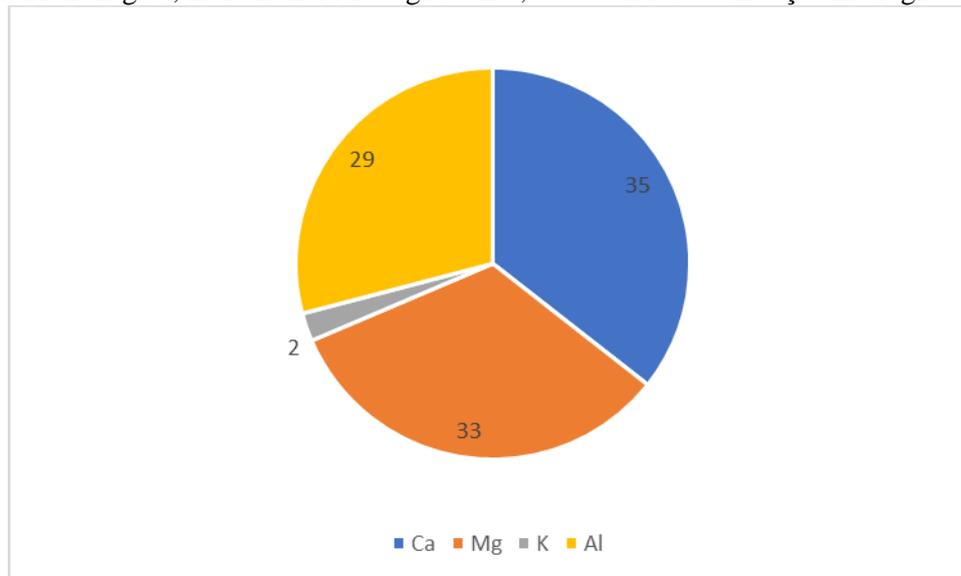
¹ Matéria orgânica na profundidade de 0-0,2 m; CTC = capacidade de troca de cátions; m = porcentagem de saturação por Al^{3+} ; V = porcentagem de saturação por bases

A elevada concentração de Al^{3+} e , conseqüentemente, a alta saturação por esse elemento no solo observados nessas ilhas, podem ser influenciadas pela dinâmica fluvial que contribui para a lixiviação de cátions básicos do solo, resultando em maiores teores de cátions ácidos (Santos *et al.*, 2013). Em áreas sujeitas à inundação, mesmo que sazonal, pode ocorrer processos de oxi-redução em que o Fe^{3+} e o Mn^{3+} presentes no solo na forma de óxidos e ou hidróxidos, são reduzidos a Fe^{2+} e Mn^{2+} (Sparks, 2003; Couto *et al.*, 2017). Esse processo desestabiliza a rede cristalina desses minerais, promovendo a solubilização deles e, conseqüentemente, liberando no solo alguns elementos presentes nessas fases minerais, entre eles o Al^{3+} . Nesse sentido, é bem documentado na literatura que o Al^{3+} pode substituir parte do Fe na goethita, justificando os altos teores desse elemento em solos de áreas úmidas, conforme relatado em Santos *et al.* (2015).

Também os teores de P podem ser influenciados pelos processos de oxi-redução (Sparks, 2003), pois esse elemento tende a ser facilmente adsorvido aos óxidos de Fe e Al, presentes no solo.

Observa-se na Tabela 3 que em média 50% da CTC do solo dessas ilhas estão ocupadas com cátions ácidos (H+Al), sendo que dessa acidez 30% se refere ao Al^{3+} (Tabela 3), elemento considerado tóxico para a maioria das plantas cultivadas. A Figura 4 mostra a proporção das bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) na CTC efetiva em relação ao Al^{3+} , onde se observa um desequilíbrio na proporção desses elementos nesses solos, o que pode afetar a nutrição das plantas. Nota-se que embora os teores das bases (K^+ ; Ca^{2+} e Mg^{2+}) sejam elevados (Tabela 5), a proporção entre elas está inadequada do ponto de vista da nutrição mineral de plantas. Segundo Souza e Lobato (2004) a proporção ideal é que o K^+ ocupe 3% da CTC; Ca^{2+} ocupe de 60-80% e o Mg^{2+} de 10 a 20% da CTC do solo. No entanto, essa afirmação deve ser relativizada para ambientes naturais, tendo em vista que a vegetação das ilhas denota alta produção de biomassa vegetal, fato que reflete nos altos teores de CO no solo (Tabela 4).

Figura 4 – Gráfico da proporção (%) de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ na CTC efetiva em relação ao Al^{3+} do solo de ilhas do rio Paraguai, no Pantanal Mato-grossense, de Cáceres até a Estação Ecológica de Taiamã



Fonte: Os autores.

Os teores de CO foram altos (Tabela 5) em todas as ilhas avaliadas, mostrando o potencial dessas áreas em sequestrar o CO_2 da atmosfera e armazenar o CO no solo, contribuindo para a redução dos gases do efeito estufa (MAPBIOMAS, 2023). Souza *et al.* (2017) observaram em estudo sobre atributos dos solos às margens do rio Paraguai, que no horizonte superficial do solo o teor de matéria orgânica observado, embora baixo, foi mais alto em relação aos horizontes subsuperficiais devido à deposição de matéria orgânica. Altos teores de matéria orgânica no solo, tais como os observados no presente estudo, contribuem positivamente para a fertilidade do solo, beneficiando a biodiversidade acima e abaixo do solo.

Em solos com baixos teores de nutrientes e com presença de altos teores de Al^{3+} , a matéria orgânica é de fundamental importância para garantir a fertilidade do solo e fornecer nutrientes para as plantas (Silva; Anderson; Vale, 1999). Segundo Sparks (2003) a matéria orgânica do solo é uma fonte importante de macronutrientes, tais como N, P e S e de micronutrientes tais como B e Mo. É também a fonte de CO, o qual é a fonte de energia para a micro e macrofauna do solo. Além disso, a matéria orgânica do solo tem alta capacidade de formar complexos com o Al^{3+} (SPARKS, 2003), diminuindo sua toxicidade às plantas.

Skopura *et al.* (2012) em estudo sobre propriedades dos solos em áreas nativas de cerrado constataram que a acidez potencial atingiu valores extremos de $29,9 \text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$, teor resultante devido a grande quantidade de matéria orgânica no solo, pois o Al trocável não ultrapassou $4,6 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$, evidenciando a alta acidez de solos em climas tropicais úmidos.

Dick *et al.* (2008) observaram na mata nativa maiores teores de CO e N, comparado a uma área de pastagem queimada. A presença desses elementos no solo é importante pois seus teores elevados estão relacionados à presença em ambientes mais estáveis e com fonte de materiais orgânicos, e pode refletir a qualidade do ambiente pois são elementos sensíveis a alterações dos atributos dos solos (Vasconcellos *et al.*, 2013). Ressalta-se aqui que os teores de CO está diretamente relacionado aos teores de matéria orgânica do solo (Loss *et al.*, 2009), sendo consenso na literatura que cerca de 58% da matéria orgânica do solo é constituída de carbono orgânico.

Em condições naturais o solo mantém a vegetação nativa em função da capacidade adaptativa das plantas, as quais se adaptam às condições de baixos teores de nutrientes no meio, altos teores de Al^{3+} e acidez ou alcalinidade elevadas. No Brasil, a interpretação da fertilidade do solo é feita com finalidade agrônômica, para subsidiar práticas de manejo que propiciem maior produtividade das plantas cultivadas. Assim, comparando-se os valores encontrados com a tabela de interpretação da fertilidade do solo, para plantas cultivadas, segundo Ribeiro *et al.* (1999), o qual não especifica se o solo é de cerrado ou do Pantanal, verifica-se (Tabela 5) que os resultados encontrados nas ilhas mostram solos com boas características em relação à fertilidade do solo para a saturação por bases, no entanto com baixos teores de P e elevada acidez trocável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ilhas aluviais do Pantanal Mato-grossense analisadas apresentaram atributos de fertilidade do solo semelhantes. Os solos dessas ilhas apresentaram acidez ativa média, porém

com elevada acidez trocável e acidez potencial. Destaca-se a ocorrência nesses solos de altos teores de alumínio concomitantemente com altos teores de cálcio e magnésio, resultando em solos com elevada CTC.

Os solos das ilhas apresentaram altos teores de matéria orgânica, mostrando a importância de sua conservação e preservação quando se considera o sequestro do CO₂ e armazenamento do carbono orgânico no solo. São indicados estudos futuros como forma de monitoramento da qualidade do solo nessas ilhas, uma vez que tanto a dinâmica fluvial, quanto as queimadas e atividades antrópicas podem alterar as condições retratadas no presente estudo.

REFERÊNCIAS

AMARAL FILHO, Z. P. Solos do Pantanal Mato-grossense. *In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL*, 1., 1986, Corumbá, **Anais [...]**. Corumbá: EMBRAPA, 1986. p. 91-103.

BATISTA, M. A.; PAIVA, D. W.; MARCOLINO, A. **Solos para todos: Perguntas e respostas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.

BEIRIGO, R. M. **Formação e degradação de feições redoximórficas em solos do Pantanal-MT**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

BÜNEMANN, E. K. et al. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, [S. l.], v. 120, p. 105-125, 2018.

CARDOSO, E. J. B. N. *et al.* Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, [S. l.], v. 70, n. 4, p. 274-289, 2013.

CARDOSO, E. L. *et al.* Valoração dos estoques de carbono e nitrogênio no solo sob pastagens nativas de áreas úmidas no pantanal. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS*, 5., 2017, Botucatu. **Anais [...]**. Botucatu, 2017. [S. p.].

CARDOSO, E. L. *et al.* Relação entre solos e unidades da paisagem no ecossistema Pantanal. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1231-1240, 2016.

COUTO, E. G. *et al.* Solos do Pantanal Mato-grossense. *In: CURI, N.; KER, J. C.; NOVAIS, R. F.; VIDAL-TORRADO, P.; SCHAEFER, C. E. G. R. Pedologia: solos dos biomas brasileiros. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017.*

COUTO, E.G. *et al.* Soil of Pantanal: the largest continental wetland. *In: SCHAEFER, C. E. G. R. (org.). The soils of Brazil*. Springer. 2023. p. 239-26.

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

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; TORRADO, P. V. Geoquímica de solos do Pantanal Norte, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 38, p. 1784-1793, 2014.

SERVIÇO ECOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Geodiversidade do estado do Mato Grosso**. MORAES, J. M. (org.). Goiânia: CPRM, 2010.

CUNHA, N. G. **Dinâmica de nutrientes em solos arenosos no Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá, EMBRAPA, CPAP, 1985.

DICK, D. P. *et al.* Impacto da queima nos atributos químicos e na composição química da matéria orgânica do solo e na vegetação. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 633-640, 2008.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. *In*: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (org.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Brasília, 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FROTA, A. V. B.; IKEDA-CASTRILLON, S. K.; KANTEK, D. L. Z.; SILVA, C. J. Macrohabitats da Estação Ecológica de Taiamã, no contexto da Área Úmida Pantanal matogrossense, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 12, n. 2, p. 239-254, 2017.

IKEDA-CASTRILLON, S. K.; C. J. DA SILVA; FERNANDEZ, J. R. C.; IKEDA, A. K. Avaliação da diversidade arbórea das ilhas do rio Paraguai na região de Cáceres, Pantanal Matogrossense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3, p. 672-684, 2011a.

IKEDA-CASTRILLON, S. K.; SILVA, C. J.; FERNANDEZ, J. C. R.; IKEDA, A. K. Assessment of the arboreal species diversity and correlation between the species distribution and soil characteristics among Paraguay River islands, section between Cáceres and Taimã Ecological Station, Pantanal, Brazil. **Geografia**, Rio Claro, v. 36, p. 119-134, 2011b.

IKEDA-CASTRILLON, S. K.; SILVA, C. J.; FERNANDEZ, J. R. C. Efeitos do nível de inundação sobre comunidades arbóreas em ilhas do Rio Paraguai no Pantanal, Brasil. **Revista Equador**, Teresina, v.9. n. 1, p. 154-173, 2020.

JUNK, W. J.; NUNES DA CUNHA, C.; WANTZEN, K. M.; PETERMANN, P.; STRÜSSMANN, C.; MARQUES, M. I.; ADIS, J. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Aquatic Sciences**, [S. l.], v. 68, n. 3, p. 278-309, 2006.

JUNK, W.J.; DA SILVA, C. J. O conceito do pulso de inundação e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. *In*: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL: MANEJO E CONSERVAÇÃO, 2., 1996, Corumbá. **Anais [...]**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1996. p.17-28.

KABINDRA, A.; HARTEMINK, A. E. Linking soils to ecosystem services — A global review. **Geoderma**, [S. l.], v. 262, p. 101-111, 2016.

KOLANEK, A.; SZYMANOWSKI, M.; RACZYK, A. Human Activity Affects Forest Fires: the impact of anthropogenic factors on the density of forest fires in Poland. **Forests**, [S. l.], v. 12, n. 728, 2021.

LEANDRO, G. R. S.; SOUZA, C. A. Pantanal de Cáceres: Composição granulométrica dos sedimentos de fundo no rio Paraguai entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 263-276, 2012.

LIBONATI, R. *et al.* Assessing the role of compound drought and heatwave events on unprecedented 2020 wildfires in the Pantanal. **Environmental Research Letters**, [S. l.], v. 17, 2022.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. *et al.* **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 1-64.

LOPES, A. S (tradução e adaptação). 1998. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2 ed. Revisão e aplicação. Piracicaba: Potafos, 1998.

LOSS, A.; SCHULTZI, M. G. P. N.; ANJOS, L. H. C.; Silva, E. M. R. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, [S. l.], v. 39, n. 4, p. 1077-1082, 2009.

MAPBIOMAS. Mapeamento anual do estoque de carbono orgânico do solo no Brasil 1985-2021. MapBiomass Data, V1. (coleção beta), 2023.

MELLO, J. M. *et al.* Dinâmica dos atributos físico-químicos e variação sazonal dos estoques de carbono no solo em diferentes fitofisionomias do pantanal norte Mato-grossense. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 325–336, mar. 2015.

NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C.M.; NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT-Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C. *et al.* Genesis and classification of sodic soils in the Northern Pantanal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 41, 2017.

POTT, A.; OLIVEIRA, A. K. M.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; SILVA, J. S. V. Plant diversity of the Pantanal wetland. **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 71, n. 1, p. 265–273, 2011.

RADAMBRASIL. Levantamentos dos Recursos Naturais. Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 21 Cuiabá: Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T. G.; ALVAREZ V, V.H. **Recomendação para ou so decorretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, CFSEMG/UFV, 1999.

ROCHA, G. X.; PIERANGELI, M. A. P.; MARQUES, M. C. S. Atributos de fertilidade dos solos as margens do Rio Paraguai, Pantanal de Cáceres/MT. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais – RICA**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 99-110, 2018.

SANTOS, F. A. S. *et al.* Atributos químicos, físicos e estoque de cálcio, magnésio, potássio e fósforo em solos de campos de murundus no Brasil. **Acta Amazonica**, [S. l.], v. 45, n. 2, p. 101-110, 2015.

SANTOS, F. A. S.; MARIANO, S. R. S.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C. A.; BAMPI, A. C. Atributos químicos e físicos de solos das margens do Rio Paraguai. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 239-249, 2013.

SANTOS, F. A. S. *et al.* Dinâmica do carbono orgânico de solos sob pastagens em campos de murundus. **SCIENTIA AGRARIA**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 43-53, 2017.

SANTOS, H.G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois latossolos submetidos à calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 593-602, 1999.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p.1703-1711, 1998.

SKORUPA, A. L. A. *et al.* Propriedades de solos sob vegetação nativa em minas gerais: distribuição por fitofisionomia, hidrografia e variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v. 36, p.11-22, 2012.

SOUSA, J. B. **Caracterização e gênese de solos em ambientes de cordilheira e campo de inundação periódica da sub-região do Pantanal de Poconé, Mato Grosso**. 2003. Tese (Magister Scientiae em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais. 2003.

SOUSA, R. F. *et al.* Matéria orgânica e textura do solo em veredas conservadas e antropizadas no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 15, n. 8, p.861–866, 2011.

SOUZA, C.A.; CUNHA, S. B. Pantanal de Cáceres - MT: dinâmica das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da ilha de Taiamã – MT. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, v. 1. n. 5, ano 4, 2007.

SOUZA, C. A. *et al.* Aporte de sedimentos dos afluentes da margem direita do Rio Paraguai, Pantanal Superior – Mato grosso – Brasil. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 21, n. 1, 2017.

SOUZA, C.A. *et al.* Informações preliminares sobre transporte de sedimentos no Rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, Pantanal superior, Mato Grosso, Brasil. **Revista Recursos Hídricos**, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 47-55, 2015.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2004.

SPARKS, D.L. **Environmental Soil Chemistry**. 2 ed. California: Academic Press, 2003.

TOMAS, W., *et al.* Counting the dead: 17 million vertebrates directly killed by the 2020's wildfires in the Pantanal wetland, Brazil. **Research Square**: Scientific reports, [S. l.], v 1, p.1-16, 2021.

VASCONCELLOS, R. L. F. *et al.* Nitrogênio, carbono e compactação do solo como fatores limitantes do processo de recuperação de matas ciliares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v.37, p.1164-1173, 2013.

WANTZEN, K. M.; DRAGO, E.; DA SILVA, C. J. Aquatic habitats of the Upper Paraguay River-Floodplain-System and parts of the Pantanal. **Ecohydrology & Hydrobiology**, [S. l.], v.5, n. 2, p. 107-126, 2005.