

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
CENTRO NACIONAL DE AVALIAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E DE PESQUISA E
CONSERVAÇÃO DO CERRO**



**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de
Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

**Relatório Final
Ciclo 2023-2024**

**SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS RELACIONADOS AO ESTOQUE DE CARBONO
EM ÁREAS ÚMIDAS DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO CERRADO**

Nome do Estudante: Maria Eduarda Rodrigues da Silva

Orientador(a): Suelma Ribeiro Silva

Coorientador: Marcelo Brilhante de Medeiros

Instituição do coorientador: Embrapa-Cenargen

**Brasília
Setembro/2024**

Resumo

As áreas úmidas do Cerrado desempenham um papel significativo na estocagem de carbono, atuando como sumidouros eficientes desse gás de efeito estufa. Esses ecossistemas são de vital importância para diversos ciclos naturais, incluindo a renovação dos cursos d'água. No entanto, especialmente no Cerrado, eles têm sido frequentemente negligenciados e mal compreendidos, em grande parte devido às particularidades do seu funcionamento hidrológico. Dessa forma, este trabalho possui como objetivo geral estimar e comparar o carbono armazenado acima do solo em campos limpos úmidos associados a um campo de murundu e uma vereda situados no Parque Nacional de Brasília. A metodologia consistiu na realização de 16 transectos de forma aleatória, sendo cada um deles de 15 metros, em cada formação estudada. Em cada transecto foi montado uma parcela de 1 metro quadrado, onde foram coletados material herbáceo abaixo de 0,5 metros de altura e serrapilheira com menos de 1 centímetro de diâmetro. O material herbáceo presente nas parcelas foi coletado por meio de corte rente à superfície do solo e, em seguida, pesado em campo para a obtenção do peso fresco. O peso seco foi determinado após a secagem do material em estufa a 60 °C por 48 horas. Os dados de peso fresco e seco foram utilizados para o cálculo da biomassa total, tanto do estrato herbáceo quanto da serrapilheira, os quais posteriormente contribuíram para a quantificação do carbono total. Assim, foi realizado um teste t de Student para comparar as médias de biomassa entre duas amostras independentes, utilizando o software RStudio, e assegurando que as premissas de normalidade das amostras fossem atendidas. Foi observada uma diferença significativa entre as duas áreas analisadas, evidenciando a variação na quantidade de biomassa, que pode ser em relação à presença ou ausência de fogo dentro da unidade analisada. Recomenda-se uma maior atenção na aplicação do Manejo Integrado do Fogo nas áreas de Campo de Murundu, um ecossistema singular dentro da unidade, que desempenha um papel fundamental na estocagem de carbono.

Palavras-chave: Campo limpo úmido, campo de murundu e conservação.

Abstract

The wetlands of the Cerrado play a significant role in carbon storage, acting as efficient sinks for this greenhouse gas. These ecosystems are vitally important to various natural cycles, including the renewal of watercourses. However, especially in the Cerrado, they have often been neglected and poorly understood, largely due to the particularities of their hydrological functioning. Thus, this study's general objective is to estimate and compare the above-ground carbon stored in wet open fields associated with a murundu field and a vereda located in Brasília National Park. The methodology consisted of conducting 16 randomly selected transects, each 15 meters long, in each studied formation. In each transect, a 1-square-meter plot was established, where herbaceous material below 0.5 meters in height and litter less than 1 centimeter in diameter were collected. The herbaceous material in the plots was harvested by cutting close to the soil surface and then weighed in the field to obtain the fresh weight. The dry weight was determined after drying the material in an oven at 60°C for 48 hours. Fresh and dry weight data were used to calculate the total biomass of both the herbaceous layer and the litter, which subsequently contributed to the quantification of total carbon. A Student's t-test was then performed to compare the biomass means between two independent samples, using RStudio software and ensuring that the normality assumptions of the samples were met. A significant difference was observed between the two analyzed areas, highlighting the variation in biomass quantity, which may be related to the presence or absence of fire within the analyzed unit. It is recommended to give greater attention to the application of Integrated Fire Management in the Murundu Field areas, a unique ecosystem within the unit, which plays a fundamental role in carbon storage.

Keywords: Clean field, murundu field and conservation.

Lista de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas, Símbolos

FIGURAS

- Figura 1.** Mapa do Distrito Federal, delimitado pela linha azul, com destaque para a localização do Parque Nacional de Brasília (PNB). Fonte: Base de dados de satélite.....**9**
- Figura 2.** Recorte da área do Parque Nacional de Brasília (PNB) com o local das áreas de estudo. Ponto Vermelho - Localização do Campo Murundu; Ponto Laranja - Localização da Vereda. Fonte: Base de dados de satélite e ICMBio.....**9**
- Figura 3.** Campos limpos estudados no Parque Nacional de Brasília. (a) Campo de murundu, (c) Imagem de satélite, (b) Vereda, (d) Imagem de satélite. Fonte: Base de dados de satélite e google earth.....**10**
- Figura 4.** Parcelas amostradas nos campos limpos associados a Campo de murundu e Vereda no Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal.....**11**
- Figura 5.** Boxplot de comparação de biomassa total em tonelada por hectare (t/ha) entre as áreas de estudo.....**13**
- Figura 6.** Histograma da biomassa em campo limpo associada ao Campo de Murundu. No gráfico, "Valores" representa a biomassa medida em toneladas por hectare (t/ha), enquanto "Frequency" indica a frequência com que cada intervalo de biomassa ocorre.....**14**
- Figura 7.** Histograma de biomassa de campo limpo associado à Vereda. No gráfico, "Valores" representa a biomassa medida em toneladas por hectare (t/ha), enquanto "Frequency" indica a frequência com que cada intervalo de biomassa ocorre.....**14**
- Figura 8.** Boxplot de comparação de carbono total em tonelada por hectare (t/ha) entre as áreas de estudo.....**15**

TABELAS

- Tabela 1.** Média e variância do carbono total (t/ha) e da biomassa total (t/ha) em cada área coletada.....**13**

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 OBJETIVOS.....	7
2.1 OBJETIVO GERAL.....	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3 METODOLOGIA.....	8
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	8
3.2 AVALIAÇÃO DA BIOMASSA ACIMA DO SOLO.....	11
3.3 CÁLCULO DA BIOMASSA TOTAL.....	12
3.4 ESTIMATIVA DE ESTOQUE DE CARBONO.....	12
3.5 ANÁLISE DE DADOS.....	12
4 RESULTADOS.....	13
5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	16
6 RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO.....	18
8 AGRADECIMENTOS.....	18
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

Introdução

As Áreas Úmidas (AUs) são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica (Junk et al., 2014, MMA, 2015). Esses ecossistemas desempenham um papel crucial para uma ampla gama de espécies aquáticas e terrestres, incluindo agentes polinizadores, que dependem dessas áreas para alimentação, abrigo e reprodução (Gibbs, 2000).

Apesar de sua relevância ecológica em níveis local e global, as AUs no Brasil não têm sido adequadamente protegidas (Rosolen, 2015; Durigan et al., 2022). No bioma Cerrado, as áreas úmidas são particularmente negligenciadas, em parte devido às suas características hidrológicas distintas, à falta de mapas precisos e à diversidade de tipos de vegetação, como campo úmido, vereda, palmeiral, mata ciliar e mata de galeria, que formam mosaicos ecológicos complexos e dinâmicos (Durigan et al., 2022). Esses ecossistemas desempenham funções ecológicas essenciais, como a proteção e regulação dos cursos d'água, a redução da contaminação hídrica, e o sequestro de compostos químicos que contribuem para o aquecimento global, mitigando, assim, os efeitos das mudanças climáticas (Fernandes, 2008). A degradação dessas áreas pode resultar no colapso de sistemas ecológicos e socioeconômicos inteiros (Meirelles et al., 2002).

A importância das zonas úmidas foi formalmente reconhecida internacionalmente pela Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, mais conhecida como Convenção de Ramsar (MATTHEWS, 1993). Segundo essa convenção, as áreas úmidas abrangem uma variedade de ambientes, incluindo pântanos, áreas permanentemente ou sazonalmente alagadas, charcos, lagos, manguezais, entre outros, com águas doces, salobras ou salinas (Ramsar 1). No Brasil, entretanto, o termo "áreas úmidas" são raramente mencionados em políticas ambientais, na legislação, na academia e na mídia, refletindo uma falta de compreensão e valorização desses ecossistemas de alta relevância ecológica (Durigan et al., 2022; Ribeiro-Silva et al., 2024b).

Dessa forma, as áreas úmidas do Cerrado se caracterizam como ambiente de extrema importância para o funcionamento e conservação do bioma. As áreas úmidas têm recebido diferentes tratamentos legais e graus de proteção no Brasil, dependendo dos tipos de vegetação que as ocupam, e seu tratamento também varia entre os estados e até mesmo entre setores dentro de uma mesma organização (Maltchik et al., 2018).

As áreas úmidas do Cerrado estão associadas às veredas, matas de galeria, mata ciliar, campos de murundu e campos limpos (Eiten, 1992). Os campos limpos, por exemplo, representam uma formação campestre dentro do mosaico de vegetação do Cerrado, caracterizada por uma cobertura arbórea inferior a 10% (Eiten, 1992). Essas áreas ocorrem em solos com variações de umidade (Ribeiro & Walter, 1998) e apresentam predominantemente espécies herbáceas, com escassa presença de arbustos e ausência total de árvores. Esses se distinguem pela presença de um lençol freático superficial ao longo do ano.

Os campos limpos úmidos são associados à diversas fitofisionomias como os campos de murundus, veredas e matas de galeria (Munhoz & Felfili, 2008; Ribeiro-Silva et al., 2024a; Ribeiro-Silva et al., 2024b). Dependendo da posição topográfica, essa fitofisionomia varia em grau de umidade, profundidade e fertilidade do solo, sendo considerados bacias de captação de águas provenientes dos platôs adjacentes. Essas áreas desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade e na sustentabilidade econômica local (Naranjo, 1995). As famílias mais representativas de campos limpos úmidos são: Asteraceae, Cyperaceae e Poaceae (Munhoz & Felfili, 2008, Ribeiro-Silva et al 2024a, Ribeiro-Silva et al., 2024b). Além de sua importância ecológica, essa vegetação desempenha a função de armazenar diversos compostos, como o dióxido de carbono (CO₂), e essa acumulação pode representar um risco significativo para a intensificação do efeito estufa, especialmente quando esses compostos são liberados na atmosfera, resultado de diversas ações antrópicas (Mitra et al., 2005).

Apesar do predomínio das fitofisionomias de solos bem drenados, o Cerrado também atua como um sumidouro de carbono, além de abrigar uma biodiversidade e grande número de espécies endêmicas (Lopes e Miola, 2010).. Esse importante papel de estocagem é realizado por diversas espécies encontradas na fitofisionomia de campo limpo, que atuam como zonas de transição entre as matas de galeria e as formações vegetais de solos mais secos (Munhoz e Felfili, 2008). Durante o crescimento dessas espécies, o carbono é absorvido e estocado em estruturas como troncos, caules e madeiras (Lopes e Miola, 2010). O regime hídrico também influencia esse processo, já que a elevação do lençol freático atinge seu ponto máximo geralmente entre abril e maio, após a estação chuvosa, enquanto os níveis mais baixos ocorrem no início das chuvas (Manziona, 2018). Assim, a restauração e conservação dos ecossistemas tropicais, especialmente no Brasil, podem desempenhar um papel crucial no fortalecimento do armazenamento de carbono e na mitigação das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para o alcance de metas climáticas (Barros et al., 2023).

Adicionalmente, mudanças climáticas e transformações no uso da terra, como a expansão agrícola, o desmatamento e os incêndios florestais, têm, em certas regiões, convertido

antigos sumidouros de carbono em fontes líquidas de emissões (Rossi et al., 2022). Assim, o potencial de armazenamento de carbono em ecossistemas naturais está diretamente relacionado a fatores ambientais, como a decomposição lenta da matéria orgânica em solos alagados, o que resulta em uma acumulação significativa desse composto (França & Moreira, 2013). Diante desse cenário, torna-se cada vez mais evidente a importância de compreender e proteger esses ecossistemas, dada sua relevância na redução das mudanças climáticas.

Objetivos

Objetivo geral

Fornecer estimativas e comparações do carbono armazenado acima do solo dos campos limpos úmidos associados às diferentes paisagens do Cerrado.

Objetivo específicos

1. Comparar os estoques de carbono acima do solo de duas comunidades de campo limpo úmido associados com diferentes fitofisionomias de Cerrado.
2. Identificar as diferenças relativas em seus reservatórios de carbono para entender os fatores que influenciam o sequestro de carbono acima do solo.

Metodologia

Caracterização das áreas de estudo

As áreas úmidas naturais envolvidas neste estudo estão localizadas no Parque Nacional de Brasília (Figuras 1 e 2). Essa unidade está inserida no bioma Cerrado, cuja vegetação é composta por um mosaico de diferentes formações vegetacionais (EITEN, 1972). O clima da região é do tipo Aw (Köppen), mesotérmico, com temperatura anual variando entre 18 e 32 °C em dois períodos climáticos bem definidos com invernos secos e chuvosos, e índices pluviométricos entre 1.600 milímetros e 1.700 milímetros. Os campos limpos estudados estão associados aos campos de murundus e veredas do PARNA de Brasília (Figuras 2 e 3), os quais são predominantemente de vegetação herbácea, com ausência completa de árvores (RIBEIRO & WALTER, 1998). Nessas áreas, o lençol freático é alto durante a maior parte do ano. O solo é classificado como gleissolos e plintossolos. Os gleissolos são formados a partir de sedimentos aluviais, apresentando lençol freático próximo à superfície na maior parte do ano, exibindo um ambiente de acúmulo de matéria orgânica e de oxirredução (REATTO et al., 1998). Os plintossolos são solos minerais hidromórficos, encontrados em condições de alagamento temporário (REATTO et al., 1998).

A área associada ao Campo de Murundu encontrava-se sob manejo recente no contexto do Manejo Integrado do Fogo (MIF). Como resultado, o solo apresentava-se mais seco, com predominância de plantas herbáceas em estágio de rebrota e presença de algumas espécies invasoras, como *Trembleya parviflora* (De SOUZA et al., 2022) e *Melinis minutiflora*, que são um indicativo do rebaixamento do lençol freático (Natale et al., 2010).

Em relação à área de Vereda, esta apresentava-se predominantemente mais úmida, com o solo relativamente alagado e um estrato herbáceo denso, sem sinais de rebrota, além de uma menor presença de espécies invasoras. Contudo, vale destacar que uma pequena porção deste campo limpo havia sido recentemente atingida pelo fogo, resultando em solo mais seco e na predominância de espécies invasoras, como as samambaias do Cerrado.

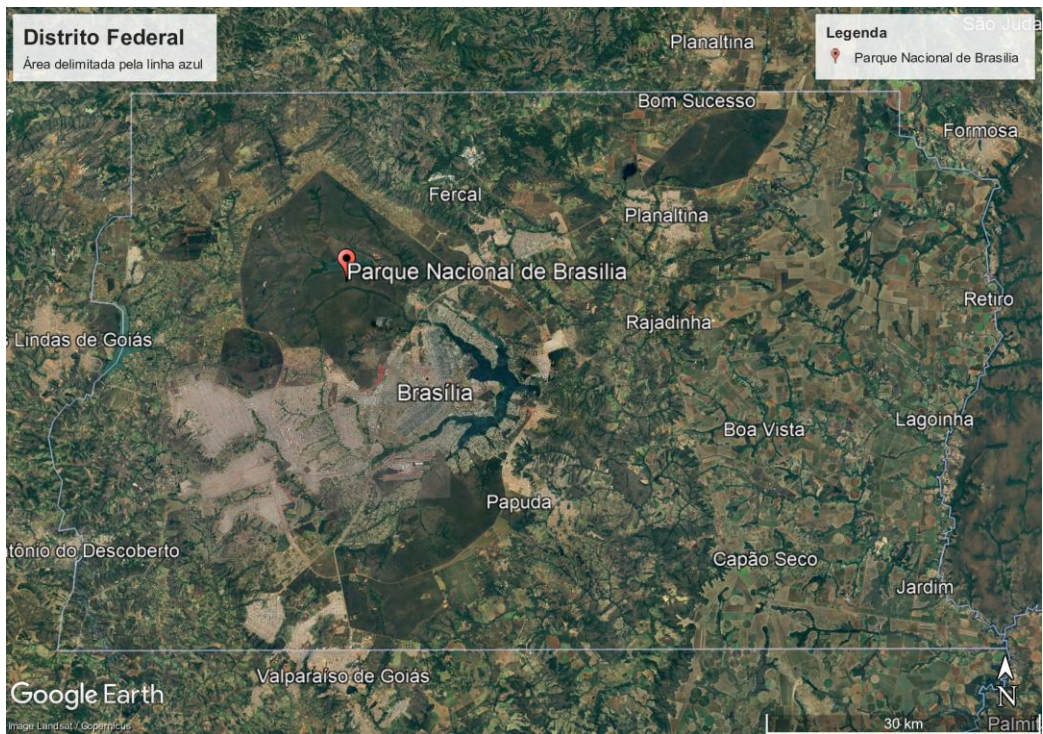


Figura 1. Mapa do Distrito Federal, delimitado pela linha azul, com destaque para a localização do Parque Nacional de Brasília (PNB). Fonte: Base de dados de satélite.

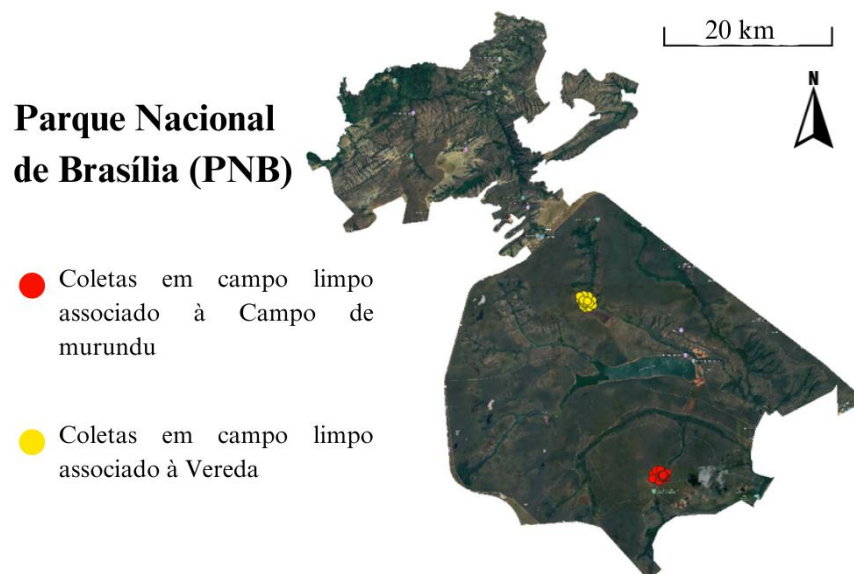


Figura 2. Recorte da área do Parque Nacional de Brasília (PNB) com o local das áreas de estudo. Ponto Vermelho - Localização do Campo Murundu; Ponto Laranja - Localização da Vereda. Fonte: Base de dados de satélite e ICMBio.



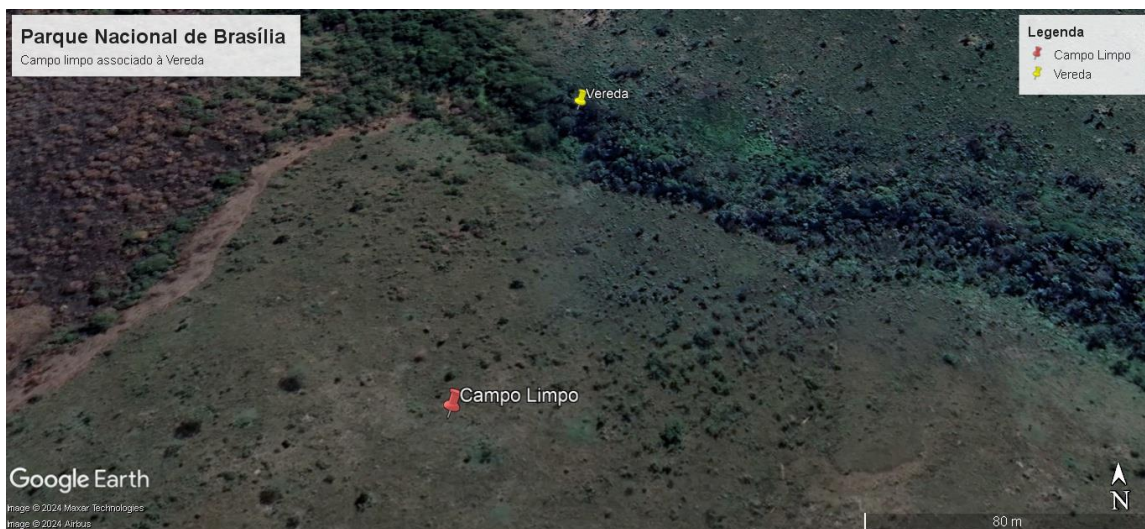
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3. Campos limpos estudados no Parque Nacional de Brasília. (a) Campo de murundu, (c) Imagem de satélite, (b) Vereda, (d) Imagem de satélite. Fonte: Base de dados de satélite e google earth.

Avaliação da biomassa acima do solo

Em cada uma das duas comunidades de campo limpo (campo de murundu e vereda) foram estabelecidos 16 transectos de 15 metros ($n= 16$ por comunidade) (Figura 4). Os transectos foram estabelecidos aleatoriamente em cada comunidade estudada. Em cada ponto de cada transecto foi montado uma pequena parcela de 1 metro quadrado com o auxílio de uma trena. O estrato herbáceo contendo serapilheira e plantas herbáceas são aqueles definidos com menos de 1 centímetro de diâmetro e menos de 0,50 metros de altura. Todos os materiais dentro da pequena parcela (1 metro) foram coletados por meio de recorte na superfície do solo e, em seguida, pesados no campo por meio de balança de semi-precisão para obtenção do peso fresco. O material coletado e pesado foi inserido num saco de papel e levado ao laboratório para a secagem em estufa a 60 °C por 48 horas e pesagem para obtenção do peso seco.



Figura 4. Parcelas amostradas nos campos limpos associados a Campo de murundu e Vereda no Parque Nacional de Brasília, Distrito Federal.

Cálculo da biomassa total

A biomassa total, herbácea e serrapilheira foram calculadas, para cada parcela (usando as 4 medidas por parcela). As coletas de dados foram realizadas em junho de 2024, período correspondente à estação seca.

Para o cálculo da biomassa vegetal total (t/ha) BVT (t/ha) foi feito por meio do seguinte somatório (BAH + BH + BG) (AREVALO et al.,2002).

Onde: BVT = biomassa vegetal total

BAH = biomassa herbácea

BH = biomassa da serrapilheira

Estimativa de estoque de carbono

O cálculo do carbono na biomassa vegetal total (t/ha) CBV (t/ha) = BVT (AREVALO et al., 2002).

Onde: CBV (t/ha) = carbono na biomassa vegetal

BVT = biomassa vegetal total

Análise de dados

Foi utilizada estatística descritiva, considerando o erro padrão de 5% para comprovar, se os resultados das parcelas estudadas são significativos. Os dados de biomassa foram submetidos à análise de variância Teste T de Student. O teste de Tukey também foi utilizado para verificar qualquer contraste entre as médias. Todas as análises estatísticas, bem como o desenho experimental serão feitos no programa R v4.0.5 (R Core Team 2020).

Resultados

A biomassa total e carbono total armazenado das áreas de campos limpos úmidos associadas a campo de murundu e vereda foram analisados através dos dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Média e variância do carbono total (t/ha) e da biomassa total (t/ha) em cada área coletada.

Área de Campo Limpo (associado)	Variável em t/ha	Média	Variância
Campo de murundu	Carbono Total (t/ha)	2.30	0.95
Vereda	Carbono Total (t/ha)	4.00	1.39
Campo de murundu	Biomassa Total (t/ha)	5.17	0.52
Vereda	Biomassa Total (t/ha)	8.89	6.90

Os dados referentes às médias apresentadas na Tabela 1, assim como nas Figuras 5 e 8, indicam uma relação diretamente proporcional entre a biomassa total e o carbono total armazenado. Dessa forma, observa-se que, à medida que a biomassa aumenta, o estoque de carbono naquele estrato também se eleva.

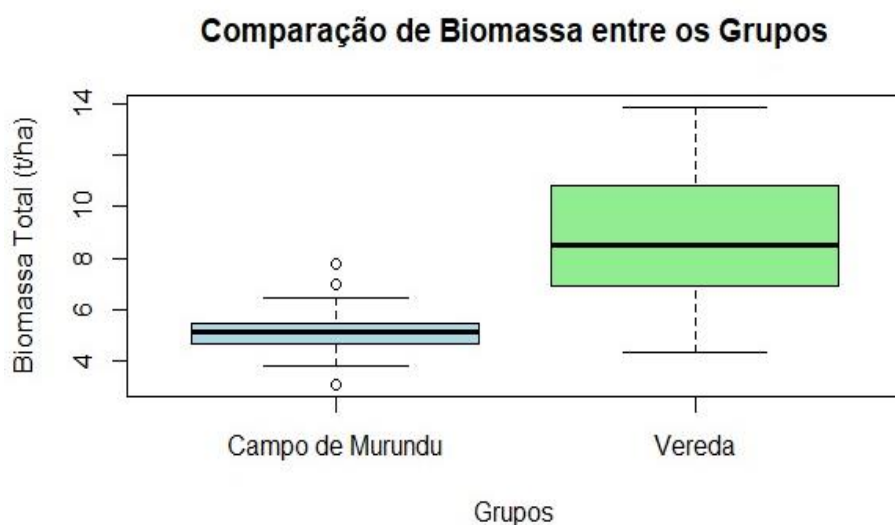


Figura 5. Boxplot de comparação de biomassa total em tonelada por hectare (t/ha) entre as áreas de estudo.

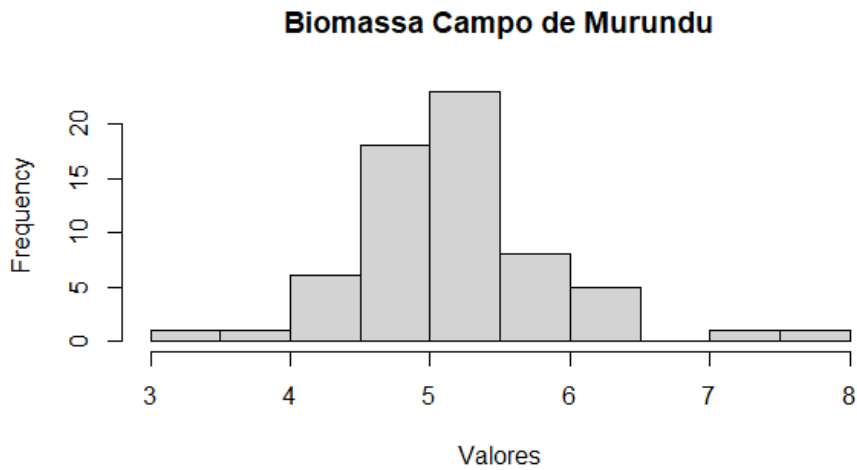


Figura 6. Histograma da biomassa em campo limpo associada ao Campo de Murundu. No gráfico, "Valores" representa a biomassa medida em toneladas por hectare (t/ha), enquanto "Frequency" indica a frequência com que cada intervalo de biomassa ocorre.

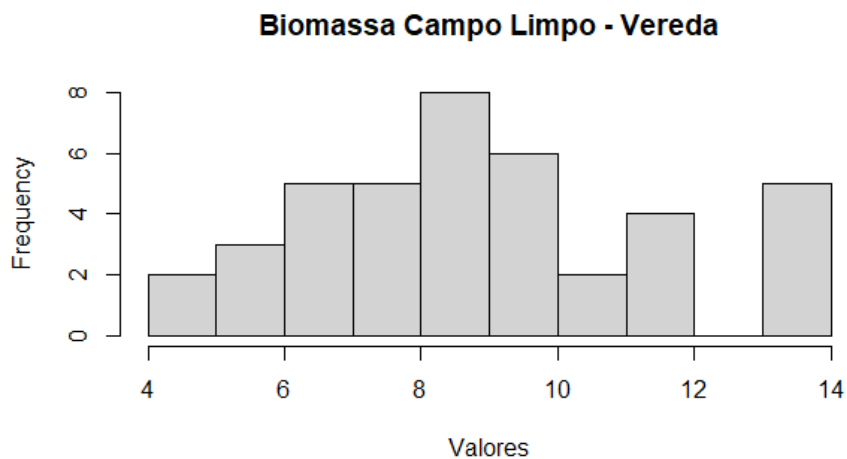


Figura 7. Histograma de biomassa de campo limpo associado à Vereda. No gráfico, "Valores" representa a biomassa medida em toneladas por hectare (t/ha), enquanto "Frequency" indica a frequência com que cada intervalo de biomassa ocorre.

Através do Teste T de Student, foi possível avaliar a variância da biomassa total e do carbono total entre as duas áreas de estudo. Como essas duas variáveis são diretamente proporcionais, os resultados obtidos apenas para biomassa, ou apenas para o carbono, são iguais.

Os resultados obtidos no RStudio indicaram que, com um valor de $p = 2.2e-16$ (extremamente próximo de zero) — idêntico tanto para a variância da biomassa quanto para a do carbono total —, a hipótese nula foi rejeitada. Isso sugere a existência de uma diferença estatisticamente significativa entre as médias das áreas comparadas. Em particular, a biomassa média e o estoque de carbono associados ao Campo de Murundu são significativamente menores em comparação com os valores observados na área de Vereda, conforme ilustrado nas Figuras 5, 6, 7 e 8.

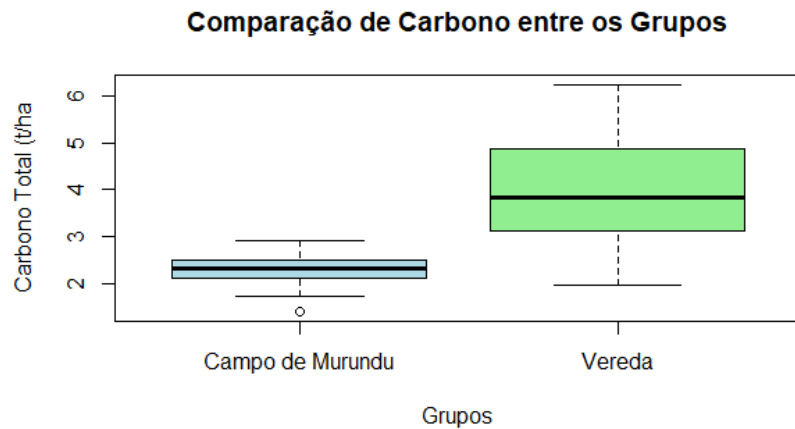


Figura 8. Boxplot de comparação de carbono total em tonelada por hectare (t/ha) entre as áreas de estudo.

Discussão e Conclusões

A degradação do bioma Cerrado brasileiro exerce um impacto direto e quantificável na diminuição dos estoques de carbono (Durigan, 2022). As concentrações de dióxido de carbono na atmosfera oscilaram significativamente ao longo da história das plantas terrestres. As principais variações nos níveis de carbono no registro geológico estão associadas a transformações expressivas na vegetação. Por exemplo, durante o período Cenozóico, houve um aumento acentuado no carbono atmosférico. Posteriormente, durante o Oligoceno, a redução nas concentrações de carbono resultou no recuo das florestas e na expansão das pastagens, culminando na formação de biomas dominados por gramíneas, que se tornaram proeminentes a partir do final do Mioceno (Bond e Midgley, 2012). Nesse sentido, o estoque de carbono acima do solo pode apresentar variações em função de fatores como a ocorrência de incêndios, sejam eles de origem antrópica ou natural, e os ciclos hidrológicos, bem como a hidrologia e a composição do solo (Rossi, 2022).

As diferenças observadas nos estoques de carbono entre os campos limpos avaliados indicam a presença de variações marcantes nos níveis de carbono armazenado entre esses diferentes tipos e condições dos campos limpos, enfatizando a necessidade de ações estratégicas para a conservação e manejo desses ecossistemas. O impacto observado nos estoques de carbono nos campos de murundu pode ser atribuído à atividade de fogo na área, contribuindo para a perda de biomassa da vegetação herbácea avaliada. O Manejo Integrado do Fogo (MIF) é uma estratégia que vem sendo implementada em algumas unidades de conservação no Brasil, especialmente nos biomas Cerrado e Amazônia (Berlinck & Lima, 2021) e que apresenta benefícios, como a redução da quantidade de material combustível antes do período de seca, com o objetivo de prevenir incêndios de grandes proporções (Borges et al., 2016). No entanto, como o fogo influencia a dinâmica estrutural e florística da vegetação e do ciclo do carbono, esse manejo também resulta na perda de biomassa, especialmente da vegetação herbácea, o que contribui para a liberação do carbono estocado por essa vegetação na atmosfera (Bond e Midgley, 2012).

O elevado teor de matéria orgânica possivelmente contribuiu para o aumento do estoque de carbono observado nas veredas, o que pode ser atribuído à sua proximidade com cursos d'água – conforme ilustrado na Figura 3 – resultando em uma maior umidade no solo. As formações vegetais associadas a ambientes ripários apresentam condições de desenvolvimento mais favoráveis, o que favorece o aumento da biomassa (Fernandes, 2008). Conforme

previamente discutido, a biomassa e o carbono são variáveis diretamente proporcionais; logo, fatores que promovem o incremento da biomassa também são indicativos do aumento do estoque de carbono (França et al., 2013).

Assim, foi observado que os principais fatores que influenciam o sequestro de carbono acima do solo estão diretamente relacionados ao adensamento do estrato vegetal. A diferença significativa entre as áreas analisadas sugere que variáveis como, ausência ou presença de fogo e umidade do solo, estão intrinsecamente associadas à capacidade de retenção de biomassa e, conseqüentemente, de carbono (Bond e Midgley, 2012). Nesse contexto, é essencial destacar que a degradação de áreas úmidas, como campos limpos, campos de murundu e veredas, impacta de forma direta a integridade da fauna e flora do Cerrado. Embora a queima de combustíveis fósseis seja a principal responsável pelo aumento dos níveis de carbono na atmosfera, a destruição dessas áreas úmidas constitui uma ameaça significativa à aceleração do efeito estufa (Mitra et al., 2005).

Dessa forma, é importante destacar que quantificar os reservatórios de carbono em solos sob ecossistemas naturais e monitorar as alterações nesses reservatórios proporcionam respostas a respeito do aumento significativo na emissão desse elemento para a atmosfera (Barros, 2023). Logo, mensurar o estoque de carbono acima do solo vai além de identificar as diferenças relativas dos reservatórios de carbono para entender o que influencia essa estocagem, mas também abraçar a importância desses ecossistemas, considerando a potencialização dos serviços ecossistêmicos oferecidos pelas áreas úmidas do Cerrado (Gibbs, 2000).

Portanto, a contribuição do estudo de campos limpos úmidos associados às áreas Vereda e Campo de Murundu no PNB, são de extrema relevância para a construção de critérios e padrões das próprias Unidades de Conservação (Meirelles, 2002). Ao reconhecer a singularidade dessas áreas úmidas, pode-se desenvolver diretrizes específicas que visam otimizar os benefícios de termorregulação, e esta abordagem direcionada fortalece não apenas a preservação do estoque de carbono, mas também promove práticas sustentáveis que reverberam positivamente na saúde dos ecossistemas e, por conseguinte, na defesa de áreas de conservação (Fernandes, 2008). Logo, quando o aumento de carbono atmosférico e os consequentes impactos sobre o clima do planeta são constatados, a redução da concentração desse composto é muito necessária, visando o contexto atual de superaquecimento do planeta (Lopes e Miola, 2010).

Recomendações para o manejo

Diante dos resultados observados no presente estudo, recomenda-se que a gestão do Parque Nacional de Brasília (PNB) avalie cuidadosamente as práticas associadas ao Manejo Integrado do Fogo (MIF) nesta unidade de conservação, especialmente em áreas com elevada contribuição para o estoque de carbono, dado que o uso do fogo reduz esse estoque. Ademais, sugere-se uma maior atenção na aplicação do MIF nas áreas de Campo de Murundu, um ecossistema singular dentro da unidade, que desempenha um papel fundamental na estocagem de carbono.

Agradecimentos

Agradeço ao ICMBio e ao PIBIC pela valiosa oportunidade, assim como ao CIEE pela concessão da bolsa. Também expresso gratidão à minha orientadora, Suelma Ribeiro Silva, não apenas pela oportunidade, mas também pela orientação durante todo momento necessário. Ao Marcelo Brilhante por disponibilizar sua estrutura física e de equipamento para pesagem e secagem do material coletado. Agradeço também aos funcionários do ICMBio/CBC, Rogério Cruz e Elvécio, e aos colegas Luana Albuquerque, Fernanda Cortez, Mariana Benchimol, Heloisa Bastos e Ana Carolina Daldegan pelo auxílio nas atividades de campo.

Referências Bibliográficas

- AREVALO, L. A., Alegre, J.C & VILCAHUAMAN, L.J.M. – Colombo : Embrapa Florestas, 2002.
- BARROS, F. de V. et al. Cost-effective restoration for carbon sequestration across Brazil's biomes. *Science of The Total Environment*, v. 876, p. 162600, 2023.
- BOND, William J.; MIDGLEY, Guy F. Carbon dioxide and the uneasy interactions of trees and savannah grasses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 367, n. 1588, p. 601-612, 2012.
- BORGES, S. L., Eloy, L., SCHMIDT, I. B., BARRADAS, A. C. S., & SANTOS, I. A. D. Manejo do fogo em veredas: novas perspectivas a partir dos sistemas agrícolas tradicionais no Jalapão. *Ambiente & Sociedade*, 19, 269-294. 2016.
- DE SOUZA, F. G., FERREIRA, M. C & MUNHOZ, C.B.R. 2022. Decrease in species richness and diversity, and shrub encroachment in Cerrado grasslands: A 20 years study. *Applied Vegetation Science*,. 25, e12668.
- DURIGAN, Giselda et al. Cerrado wetlands: multiple ecosystems deserving legal protection as a unique and irreplaceable treasure. *Perspectives in ecology and conservation*, v. 20, n. 3, p. 185-196, 2022.
- EITEN, George. Natural Brazilian vegetation types and their causes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 64, n. 1, p. 35-66, 1992.
- EITEN, George. The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, v. 38, p. 201-341, 1972.
- FERNANDES, E. Emissões de CO₂, NO_x, e NO₂ em Solos Sob Diferentes Cultivos na Região do Cerrado. Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia. Brasília, DF. 2008.
- FONSECA, C. DE-CAMPOS, A. Degradação Ambiental das Terras Úmidas do Cerrado: Exemplo da Alta Bacia do Rio Araguaia – Estado de Goiás. *Geografia, Rio Claro*, v. 36, n. 2, p. 371-396, mai./ago. 2011.
- FRANÇA, A. MOREIRA, A. Estimativa de Estoques de Carbono em Solos Sob Áreas de Campo Limpo Úmido do Distrito Federal. XI Congresso de Ecologia do Brasil. Porto Seguro – BA. Setembro de 2013.

GIBBS, J. P. (2000). Wetland loss and biodiversity conservation. *Conservation biology*, 14(1), 314-317.

GIOTTO, A. Colonização de *Trembleya parviflora* em áreas úmidas no Distrito Federal, Brasil. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, 2015. 107p.

JUNK, W.J., PIEDADE, M.T.F. LOURIVAL, R., WITTMANN, F., KANDUS, P., LACERDA, L.D., BOZELLI, R.L. ESTEVES, F.A. NUNES da CUNHA, C., MALTCHIK, L., SCHONGART, J., SCHAEFFER-NOVELLI, Y, Agostinho, A.A. 2014. Brazilian wetlands: Their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24 (1); 5-22.

LOPES, Rosimeire Batista; MIOLA, Deise Tatiane Bueno. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do cerrado. *SYNTHESIS| Revistal Digital FAPAM*, v. 2, n. 1, p. 127-143. Pará de Minas, nov. 2010.

MALTCHIK, L., Caleffi, V., Stenert, C., Batzer, D. P., Piedade, M. T. F., & Junk, W. J. (2018). Legislation for wetland conservation in Brazil: Are existing terms and definitions sufficient?. *Environmental Conservation*, 45(3), 301-305.

MANZIONE, Rodrigo Lilla. Mapeamento das características dinâmicas do nível freático do Sistema Aquífero Bauru como instrumento de gestão de recursos hídricos. *Geologia USP. Série Científica*, v. 18, n. 1, p. 227-240, 2018.

MATTHEWS, G. V. T.. *The Ramsar Convention on Wetlands: its history and development*. Gland: Ramsar Convention Bureau. March, 1993.

MEIRELLES, M. OLIVEIRA, R. VIVALDI, L. SANTOS, A. CORREIA, J. Espécies do Estrato Herbário e Profundidade do Lençol Freático em Áreas Úmidas do Cerrado. Planaltina DF, Embrapa Cerrados, 2002.

MITRA, Sudip; WASSMANN, Reiner; VLEK, Paul LG. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Current science*, v. 88, n. 1, p. 25-35, 2005.

MUNHOZ, Cássia Beatriz Rodrigues; FELFILI, Jeanine Maria. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbusivo em campo limpo úmido no Brasil Central. *Acta botanica brasílica*, v. 22, p. 905-913, 2008.

NARANJO, L.G. 1995. An evaluation of the first inventory of South American wetlands. *Vegetatio* 118: 125-129.

NATALE, E. et al. Establishment of *Tamarix ramosissima* under different conditions of salinity and water availability: Implications for its management as an invasive species. *Journal of Arid Environments*, v. 74, n. 11, p. 1399-1407, 2010.

NUNES Da CUNHA, C., PIEDADE MTF e JUNK W J. Classificação e delineamento das Áreas Úmidas brasileiras e de seus Macrohabitats. EDUFMT. Cuiabá, MT. 2015. 165.

R CORE TEAM, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.Rproject.org/>

REATTO, A. et al. Solos de ocorrência em duas áreas sob matas de galeria no Distrito Federal: aspectos pedológicos, uma abordagem química e físico-hídrica. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.SOUSA-SILVA, J. CARLOS (Eds.). *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*. Brasília: Embrapa Cerrados, 1998. p.115–140.

RIBEIRO, J. WALTER, B. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. Capítulo III. Embrapa Cerrados. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, DF. 1998.

RIBEIRO-SILVA, S., SALES, J.C., FURLAN, L.M, ROSOLEN, V. & MOREIRA, C.A 2024a. Campos de Murundus: distribuição, hidrologia, biodiversidade e ameaças. In: XX

RIBEIRO-SILVA et al 2024b. Campos de murundus: pequenas áreas úmidas do Cerrado da Bacia do Alto Tocantins e arredores. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (no prelo).

ROSOLEN, V., de OLIVEIRA, D. A., & BUENO, G. T. 2015. Vereda and Murundu wetlands and changes in Brazilian environmental laws: challenges to conservation. *Wetlands ecology and management*, 23: 285-292.

ROSSI, Fernando Saragosa et al. Carbon dioxide spatial variability and dynamics for contrasting land uses in central Brazil agricultural frontier from remote sensing data. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 116, p. 103809, 2022.