

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

**Carbono no solo e sua relação com a paisagem no Alto São Bartolomeu, região de
Cerrado do Brasil Central**

Ray Pinheiro Alves

Brasília, 2015

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

**Carbono no solo e sua relação com a paisagem no Alto São Bartolomeu, região de
Cerrado do Brasil Central**

Ray Pinheiro Alves

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Gabriela Bielefeld Nardoto

Brasília, 2015



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Dissertação de Mestrado

RAY PINHEIRO ALVES

Título:

“CARBONO NO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A PAISAGEM NO
ALTO SÃO BARTOLOMEU, REGIÃO DE CERRADO DO BRASIL
CENTRAL”

Banca Examinadora:


Prof.^a Dr.^a Gabriela Bielefeld Nardotto
Presidente
ECL/UnB


Prof. Dr. Cicero Celio de Figueiredo
Membro Titular
FAV/UnB

Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira
Membro Titular
FUP/UnB


Prof. Dr. Eder de Souza Martins
Suplente
EMBRAPA

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Dr^a Gabriela Bielefeld Nardotto, pelo apoio imprescindível a este trabalho e pela confiança em minha capacidade para desenvolvê-lo. Destaco também, minha gratidão a orientação cuidadosa com a minha formação e os desafios propostos.

Expresso aqui também meu agradecimento aos pesquisadores Prof. Dr. Antônio Felipe Couto Jr e Dra. Maria Regina Sartori da Silva pelo auxílio indispensável nas etapas do presente estudo, agregando suas experiências e conhecimentos científicos.

Agradeço aos integrantes da comissão avaliadora, Dr. Cícero Célio de Figueiredo e ao pesquisador Dr. Eder de Souza Martins que gentilmente aceitaram o convite para participarem da banca de defesa e pela preciosa análise crítica do presente estudo, trazendo contribuições relevantes para aprimorar a dissertação.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Ecologia, do Instituto de Ciências Biológicas pela oportunidade de ingressar no curso de mestrado. Aproveito o ensejo para agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos concedida e suporte financeiro às análises laboratoriais deste trabalho. Sou agradecido ao Chefe Geral da Embrapa Cerrados, Dr. José Roberto Rodrigues Peres pela gentileza de viabilizar o acesso às áreas de cerrado e pastagem localizadas no chapadão, bem como ao Dr. Robélio Leandro Marchão por auxiliar com equipamentos de campo e ao Dr. Lourival Vilela por repassar informações sobre as áreas experimentais de pastagem localizadas na área experimental do chapadão.

Agradeço aos produtores rurais Hélio Dal Bello, Natalício Schinziani, Juliano Izoton, Paulo Múcio e Mário Zinato por permitirem as coletas em suas propriedades rurais e gentilmente cooperarem com as informações do roteiro semiestruturado. Não poderia deixar de agradecer aos alunos de iniciação científica Luciano Timóteo, Mália Serpe, Vanessa Xavier, Michelle Dezordi, Rafael, Lucas Marcário e Pedro Martins que auxiliaram nas coletas, triagem e análise de amostras. Agradeço aos amigos Carla Reis, Vinícius Pompermeier, Natália Lopes Rodovalho e Elisa Alvim pelo companheirismo e disposição em trocar opiniões.

Agradeço também à Karen Borges e Ana Clara Alves que surgiram com uma carona solidária, no momento certo.

Agradeço aos compadres Tiago Kisaka, Fábio Santos, João Paulo Sena Souza, Carlos Eduardo Oliveira, Nelia Inácio e Valtencio Barbosa.

Agradeço à minha família pelo apoio e compreensão ao longo destes anos e a Isabella minha amada companheira! Enfim, agradeço a todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para que este trabalho se realizasse.

Não poderia deixar de agradecer à vida que me permite aprender e a Deus, fonte do amor universal que me permite ser cada vez mais agradecido.

Agradeço de coração!

**Dedico este trabalho à minha família,
especialmente aos meus amados pais,
Edson e Vera, seres cativantes e inspiradores.**

“Benditas são as coisas que acontecem em minha vida, pois elas me fazem ser quem eu sou.” **Professor Hermógenes**

“Seja a mudança que você quer ver no mundo”
Mahatma Gandhi

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	i
Lista de Tabelas	iv
1. Introdução	9
2. Objetivo.....	12
3. Revisão bibliográfica.....	12
3.1 Ocupação e fragmentação do Cerrado	12
3.2 Elementos da paisagem e o ciclo do carbono.....	14
3.3 Sensoriamento remoto	17
3.3.1 Índices Espectrais	19
3.3.2 Função de Pedotransferência (FPT).....	22
4. Material e Métodos	24
4.1 Caracterização da área de estudo.....	25
4.2 Identificação de áreas para amostragem	26
4.3 Amostragem	31
4.4 Roteiro de entrevista semiestruturado	32
4.5 Análises de solo.....	33
4.6 Desenvolvimento de índices espectrais	34
4.6.1 Descrição dos dados Landsat 8	34
4.6.2 Correção Atmosférica com algoritmo FLAASH para Landsat 8	34
4.6.3 Obtenção e Análise de índices de vegetação.....	35
4.7 Análises estatísticas	36
4.8 Funções de Pedotransferência	37
5. Resultados	37
5.1 Cronossequência.....	37
5.2 Características físicas e químicas dos solos avaliados	38
5.2.1 Textura	38
5.2.2 Densidade do solo (Ds).....	40
5.2.3 Potencial hidrogeniônico (pH)	41
5.2.4 Alumínio trocável (Al^{3+}).....	43

5.2.5 Acidez potencial (H+Al)	44
5.2.6 Fósforo disponível (P) e remanescente (P-rem)	45
5.2.7 Potássio disponível (K)	48
5.2.8 Cálcio trocável (Ca ²⁺)	49
5.2.9 Magnésio trocável (Mg ²⁺)	51
5.2.10 Soma de bases (SB)	52
5.2.11 Capacidade de troca catiônica efetiva (t) e potencial (T).....	54
5.2.12 Percentual de saturação por bases (V)	56
5.2.13 Concentração e estoque de carbono no solo.....	58
5.3 Análise de Componentes Principais (PCA) de características físicas e químicas do solo	61
6. Discussão	69
7. Conclusões	77
8. Referências Bibliográficas	78

Lista de Figuras

FIGURA 1. Fatores ambientais estruturantes da paisagem. Adaptado de Martins *et al.* (2004a).

FIGURA 2. Intensidade da radiação eletromagnética da fonte terrestre a 300K. Destaque em colorido para a região do visível A região do visível (0,4 a 0,7 μm). Fonte: Meneses & Almeida (2012).

FIGURA 3. Assinatura espectral de folha saudável, indicações em vermelho destacam as principais regiões do espectro que influenciam na reflectância foliar. Fonte: Aragão & Shimabukuro (2004), adaptado de Bowker *et al.* (1985).

FIGURA 4. Fluxograma para gerar FPTs. Adaptado de Budiman *et al.* (2003).

FIGURA 5. Fluxograma metodológico.

FIGURA 6. (A) Destaque em vermelho do limite político do Distrito Federal. (B) Localização das sub-bacias dos ribeirões Mestre D'Armas e Pípiripau. (C) Detalhe da área das sub-bacias dos ribeirões Mestre D'Armas (limite em vermelho) e Pípiripau (limite em azul).

FIGURA 7. Localização das unidades amostrais (1 a 8) e pontos de coleta, situados em áreas de chapada do Alto São Bartolomeu. Unidades amostrais 1 a 4 possuem plantio direto em seu entorno e unidades amostrais 5 a 8 apresentam pastagens em seu entorno.

FIGURA 8. Exemplo de distribuição dos pontos de coleta. A – limite esquerdo do buffer; B – limite direito do buffer; C – limite do fragmento com área antrópica; D – limite da área de coleta na matriz antrópica. C1 – ponto médio entre C2 e A; C2 – centroide do fragmento; C3 – ponto médio entre C2 e B; I1 – ponto médio entre B e I2; I2 – ponto médio entre B e C; I3 – ponto médio entre I2 e C; M1 – ponto médio entre M2 e C; M2 – ponto médio entre C e D; M3 – ponto médio entre M2 e D.

FIGURA 9. Valores médios de P disponível (extrator Melich-1) nas áreas avaliadas, expressas em mg dm^{-3} e seus respectivos desvios padrão. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

FIGURA 10. Valores médios de K disponível (extrator Melich-1) nas áreas avaliadas, expressas em mg dm^{-3} e seus respectivos desvios padrão. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de

acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste *t* pareado.

FIGURA 11. Valores médios de Ca^{2+} trocável (extrator: $\text{KCl} - 1 \text{ mol/L}$) nas áreas avaliadas, expressas em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e seus respectivos desvios padrão. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste *t* pareado.

FIGURA 12. Valores de Mg^{2+} trocável (extrator: $\text{KCl} - 1 \text{ mol L}^{-1}$), nas áreas avaliadas, expressos em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e seus respectivos desvios padrão. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste *t* pareado.

FIGURA 13. Concentrações médias de COS nos solos avaliados, expressas em g kg^{-1} , e seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste *t* pareado.

FIGURA 14. Estoques de CO dos solos avaliados, expressos em Mg ha^{-1} , e seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste *t* pareado.

FIGURA 15. Ordenação das variáveis e pontos amostrados nos dois primeiros eixos, ou componentes principais, da PCA, para o intervalo de 0-20 cm de profundidade. pH: pH em água; Mg^{2+} : magnésio disponível; Ca^{2+} : cálcio disponível; K: potássio disponível; P:

disponível; Ds: densidade aparente; Al^{3+} : alumínio trocável; COS: concentração de carbono orgânico no solo. Os números de 1 a 8 referem-se às unidades amostrais.

FIGURA 16. Ordenação das variáveis e pontos amostrados nos dois primeiros eixos, ou componentes principais da PCA, para o intervalo de 20-40 cm de profundidade. pH: pH em água; Mg^{2+} : magnésio disponível; Ca^{2+} : cálcio disponível; K: potássio disponível; P: disponível; Ds: densidade aparente; Al^{3+} : alumínio trocável; COS: concentração de carbono orgânico no solo. Os números de 1 a 8 referem-se às unidades amostrais de áreas núcleo, interfaces e matrizes.

FIGURA 17. Mapas de índices de vegetação das áreas de chapadas do Alto São Bartolomeu. Os mapas estão apresentados em escala de cinza, onde os maiores valores dos índices de vegetação apresentam cor clara e os menores cor escura.

FIGURA 18. Distribuição espacial das concentrações de carbono em função dos índices de vegetação, para os intervalos de 0 a 20 cm das áreas de chapada do Alto São Bartolomeu.

FIGURA 19. Distribuição espacial dos estoques de carbono com correção de espessura em função dos índices de vegetação, para os intervalos de 0 a 20 cm das áreas de chapada do Alto São Bartolomeu.

Lista de Tabelas

TABELA 1. Características espectrais e espaciais do Landsat 8 OLI e TIRS (Adaptado de ROY *et al.* 2014).

TABELA 2. Cronossequência de usos da terra e ocorrência de queimadas ao longo dos anos em áreas de cerrado sentido restrito.

TABELA 3. Teores médios das frações argila, silte e areia dos solos estudados e respectivos desvios padrões para cerrado sentido restrito, interface, plantio direto e pastagem nos intervalos de 0-20 cm de profundidade, expressos em porcentagem (%). As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas em relação ao percentual de argila, considerando efeito significativo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 4. Classes texturais dos solos avaliados, no intervalo de 0-20 cm classificados de acordo com Embrapa (2006). As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo.

TABELA 5. Classes texturais dos solos avaliados, no intervalo de 0-20 cm classificados de acordo com a SBCS. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo.

TABELA 6. Valores médios de Ds, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 7. Valores médios de pH em água (proporção 1:2,5), com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 8. Teores médios de Al^{3+} das áreas avaliadas, expressos em $cmol_c\ dm^{-3}$, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 9. Teores médios de H+Al das áreas avaliadas, expressos em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 10. Valores médios de P-rem das áreas avaliadas, expressos em mg L^{-1} , com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 11. Valores médios de SB das áreas avaliadas, expressos em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 12. Valores médios de t das áreas avaliadas, expressos em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 13. Valores médios de T das áreas avaliadas, expressos em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 14. Valores médios de V% das áreas avaliadas, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por

unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

TABELA 15. Médias, mínimos (Min), máximos (Max), desvio padrão (DP) e coeficientes de variação (CV) de variáveis físicas e químicas dos solos e respectivos loadings dos dois eixos obtidos na PCA para o intervalo de 0-20 cm.

TABELA 16. Médias, mínimos (Mín), máximos (Max), desvio padrão (DP) e coeficientes de variação (CV) de variáveis físicas e químicas dos solos e respectivos loadings dos dois eixos obtidos na PCA para o intervalo de 20-40 cm.

TABELA 17. Concentrações e estoques de carbono, para intervalos de 0-20 cm e 0-40 cm de profundidade para cada ponto de coleta e respectivos valores de NDVI, SAVI e NDWI.

TABELA 18. Coeficientes de determinação das regressões múltiplas entre os índices de vegetação. [C]: concentração de carbono orgânico no solo (g kg^{-1}); EC: estoque de carbono orgânico no solo (Mg ha^{-1}).

TABELA 19. Estoques de Carbono orgânico no solo para o intervalo de 0-20 cm de profundidade em Latossolos Vermelhos sob diferentes tipos de uso do solo. LV: Latossolo Vermelho; Pst: Pastagem; PC: Plantio convencional; PD: Plantio direto; CSS: cerrado sentido restrito; CC: cerrado campo sujo; CND: cerrado não descrito.

RESUMO

A mudança de uso e cobertura da terra, no contexto de expansão da agricultura, tem alterado a paisagem para suprir as necessidades humanas. Assim como outros biomas mundiais, o Cerrado tem sido convertido em áreas agrícolas e pastagens, desencadeando processos de transformação da paisagem como a fragmentação que provavelmente estão modificando a dinâmica de carbono no bioma. Com o objetivo de contribuir na estimativa de concentrações e estoques de carbono no solo em um contexto de paisagem, o presente estudo avaliou a influência da fragmentação no sistema solo-vegetação de fragmentos de cerrado sentido restrito e matrizes agropastoris (plantio direto e pastagem) ao entorno, em áreas de chapada na bacia hidrográfica do alto rio São Bartolomeu, região de Cerrado do Brasil Central. A fertilidade dos solos dos fragmentos e das matrizes agropastoris foram caracterizadas através de P disponível, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al, soma de bases trocáveis (SB), índice de saturação por bases (V), capacidade de troca catiônica (pH a 7,0) (T), capacidade de troca catiônica efetiva (t), e fósforo remanescente (P-rem). Os teores de COS foram obtidos pelo método Walkley & Black. Posteriormente, as concentrações e estoques de carbono foram relacionadas aos parâmetros biofísicos da vegetação através de índices de vegetação e funções de pedotransferência. Os solos das áreas núcleo e interface (que representam os fragmentos de cerrado sentido restrito), apresentaram-se semelhantes entre as variáveis observadas, mas de modo geral diferentes em relação as matrizes. As semelhanças entre as áreas de fragmento de cerrado sentido restrito foram influenciadas pelas concentrações de Al^{3+} e COS, tanto para o intervalo de 0-20 cm, quanto de 20-40 cm. Ao passo que as matrizes foram mais influenciadas por Ds, pH, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} no intervalo de 0-20 cm e Ca^{2+} e Mg^{2+} no intervalo de 20-40 cm, além de apresentarem ordenamento mais disperso. As regressões lineares múltiplas entre os índices de vegetação utilizados (NDVI, SAVI, EVI e NDWI) e o COS foram altas, bem como com o estoque de carbono no solo, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. A partir destas correlações foram utilizadas as equações da reta geradas para estimar COS e estoque de C espacialmente no alto São Bartolomeu. A equação gerada para COS, no intervalo de 0-20 cm de profundidade ($[\text{C}]_{0-20} = 13,5 + 109,9 \text{ NDVI} - 68,6 \text{ EVI} + 17,6 \text{ NDWI} - 57,4 \text{ SAVI}$), que foi ajustada posteriormente pelo método stepwise ($[\text{C}]_{0-20} = 1,27 + 116,6 \text{ NDVI} - 97,9 \text{ EVI}$), assim como a equação gerada para estoques de C no solo para o intervalo de 0-20 cm ($\text{EC}_{0-20} = 38,5 + 197,6 \text{ NDVI} - 89 \text{ EVI} + 66,4 \text{ NDWI} - 187 \text{ SAVI}$), que também foram ajustadas ($\text{EC}_{0-20} = -2,2 + 231,3 \text{ NDVI} - 198,7 \text{ EVI}$). Estas estimativas podem auxiliar na avaliação da dinâmica de carbono no solo relacionando-o a cobertura vegetal e auxiliar no manejo de ecossistemas.

Palavras chave: Índices de vegetação, Função de pedotransferência, Fragmentação, Manejo de ecossistemas, Latossolos

ABSTRACT

Land use and cover change, in the agricultural expansion context, has changed the landscape to supply human needs. The Cerrado, such other world biomes, has been converted to agricultural and pasture areas, developing a landscape transformation process such as fragmentation is probably changing carbon dynamics in the biome. Aiming to contribute with soil carbon estimates in a landscape approach, we evaluated the influence of fragmentation in the soil-vegetation system of cerrado *sensu stricto* fragments surrounded by agricultural matrixes (no till and pasture) in plateau areas of the Upper River São Bartolomeu, localized in the region of Cerrado in Central Brazil. We characterized the fertility of soil fragments and soil matrixes by available P, available K, Ca^{2+} changeable, Mg^{2+} changeable, Al^{3+} changeable, H + Al, total exchangeable bases (SB), base saturation index (V), cation exchange capacity (pH 7,0) (T), effective cation exchange capacity (t), and remaining phosphorus (P-rem). The levels of SOC were estimated by Walkey & Black method. After, we related the levels of SOC and stocks of carbon to biophysical vegetation parameters known as vegetation index, generating pedotransfer functions. The soils of core areas and interface (representing the cerrado *sensu stricto* fragments) were similar between the observed variables, but different in relation to matrixes. The concentration of Al^{3+} and SOC influenced the similarities between cerrado *sensu stricto* fragments both the range of 0-20 cm, for 20-40 cm. In the other hand the matrixes were more influenced by Ds, pH, P, Ca^{2+} and Mg^{2+} in the range of 0-20 cm and Ca^{2+} and Mg^{2+} in the range of 20-40 cm, in addition the matrixes were ranked more dispersed. The multiple linear regressions between vegetation indices used (NDVI, SAVI, EVI and NDWI) and the SOC were high, as well as the stock of carbon in the soil in the range of 0-20 cm depth. We used the straight line equations from this correlations to estimate spatially SOC and carbon stocks in the range of 0-20 cm depth. The equation generated for SOC ([C] = 0-20 NDVI 13.5 109.9 + - 68.6 EVI NDWI 17.6 - 57.4 SAVI), was adjusted later by the stepwise method ([C] 0-20 = 1.27 + 116.6 NDVI - 97.9 EVI) and the equation generated for C stocks in the soil (EC 0 -20 = 38.5 + 197.6 NDVI - 89 EVI + 66.4 NDWI - 187 SAVI), have also been adjusted (EC 0-20 = -2.2 + NDVI 231.3 - 198.7 EVI). These estimates can be used in assessment of carbon dynamics in the soil relating it to vegetation cover and assist in ecosystem management.

Keywords: Vegetation index, Pedotransfer function, Fragmentation, Ecosystem management, Oxisols

1. Introdução

A expansão da agricultura tem convertido ecossistemas naturais em antrópicos na maior parte do mundo, ou intensificado o uso de áreas agricultáveis, através do uso de insumos e implementos agrícolas (CHAPIN *et al.* 2011, FOLEY *et al.* 2011). Estes fenômenos têm promovido alterações imprevisíveis na paisagem (NAVEH 2001) para suprir as necessidades humanas (SANTOS 2002). Ainda que intensa, a conversão de ecossistemas naturais em sistemas agrícolas ou urbanos, pode não ter seus resultados percebidos rapidamente em relação à biodiversidade e escassez de água, mas esta e outras pressões ambientais tem alterado os limites planetários globais e necessitam de mais pesquisas sobre o tema (ROCKSTROM *et al.* 2009).

As mudanças no uso da terra têm ocorrido ao longo dos últimos três séculos, considerado um período curto em relação ao desenvolvimento da paisagem (ELLIS & RAMANKUTTY, 2008). Essas mudanças no uso e cobertura da terra tem modificado a estrutura, composição e funcionamento dos ecossistemas (VITOUSEK *et al.* 1997, CHAPIN *et al.* 2011), afetado bens e serviços ambientais (LAMBIN *et al.* 2003) e favorecido a formação de mosaicos de fragmentos (SOUTHWORTH *et al.* 2004).

É possível observar existência destes mosaicos ao longo da paisagem dos biomas brasileiros, como o Cerrado, cuja cobertura vegetal nativa tem sido convertida em áreas agrícolas e pastagens no decorrer dos últimos 40 anos (KLINK & MACHADO 2005) principalmente na porção sul do Cerrado (SANO *et al.* 2010). Estas mudanças provavelmente estão modificando a dinâmica de carbono e nitrogênio nesse bioma (BUSTAMANTE *et al.* 2012).

O Cerrado se destaca por ser a savana mais biodiversa, mais heterogênea (SILVA *et al.* 2006) e um dos 34 *hotspots* de biodiversidade do mundo, ou seja, está entre as regiões consideradas mais ameaçadas do mundo, que apresentam grandes concentrações de espécies endêmicas concomitantemente ameaçadas pelo alto índice de perda de habitat (MITTERMEIER *et al.* 2005). A área original de Cerrado cobria 24% do Brasil, distribuído em aproximadamente 2.000.000 km², abrangendo 11 estados da federação (IBGE 2004), todavia o total da área desmatada do bioma é de 975,636 km² (MMA/IBAMA/PNUD 2009) e apenas 2,2% desta área é protegida legalmente (KLINK & MACHADO 2005).

O uso da terra predominante em extensão é a pastagem, com gramíneas africanas, para a criação de gado, atingindo aproximadamente 50×10^6 ha que representa mais de 25% do bioma (SANO *et al.* 2000, SANO *et al.* 2008). Parte destas pastagens tem sido substituídas pelo plantio de soja e cana de açúcar, de forma mecanizada e em larga escala (FILOSO 2006,

SANO *et al.* 2010, MARTINELLI & FILOSO 2008, ROCHA *et al.* 2011, IBGE 2012), o que favorece o isolamento e redução de áreas remanescentes nativas, que se tornam vizinhas de áreas abertas, desencadeando o processo de fragmentação (KAPOS *et al.* 1997).

Embora as consequências da fragmentação de habitats reconhecidamente influenciem a manutenção e perda de habitat, muitos dos seus efeitos de curto, médio e longo prazo ainda não são entendidos. Na maior parte do mundo, a conservação da biodiversidade depende diretamente da retenção e manejo destes remanescentes. Estas áreas se dispõem em locais diferentes na paisagem com diferentes tipos de solos e vegetação. Podem variar no seu tamanho, forma, isolamento entre outras propriedades. Estas informações precisam ser integradas (FAHRIG 2003), para que se possa indicar valores práticos destas áreas para a conservação, como eles devem ser manejados e quanto de habitat é o suficiente para manutenção da biodiversidade (FAHRIG 2003, CHAPIN *et al.* 2011).

Neste contexto, os solos se destacam por constituírem estoques de energia e matéria resultantes da interação de fatores climáticos, geológicos, hidrológicos e biológicos, que conferem suas características edáficas e pedológicas e as propriedades dos ecossistemas ao longo do tempo. É nos solos que ocorrem processos chave dos ciclos biogeoquímicos, como a produção primária, ciclagem de nutrientes e decomposição (COLEMAN *et al.* 2004, BRADY & WEIL 2008, CHAPIN *et al.* 2011). Através da interação de seus componentes orgânicos e minerais, são proporcionados diversos serviços ecossistêmicos de suporte, provisão, regulação e serviços culturais às sociedades contemporâneas (WALL *et al.* 2012).

O solo e a vegetação possuem uma forte relação. Enquanto as plantas protegem o solo da erosão hídrica e eólica, influenciando a dinâmica de nutrientes e componentes orgânicos nas fases sólidas, líquidas e gasosas do solo (ELLIS & MELLOR 1995), o solo fornece suporte físico para o desenvolvimento radicular, água e nutrientes para as plantas realizarem a fotossíntese, que é responsável pelas maiores entradas de C e energia nos ecossistemas (CHAPIN *et al.* 2011).

Através da fotossíntese, as plantas retiram o C da atmosfera na forma de CO₂ e convertem energia solar em moléculas orgânicas (compostas por cadeias de C). Essas moléculas são utilizadas como fonte de energia para sua respiração, devolvendo parte deste C para a atmosfera, enquanto a outra parte é estocada nos tecidos vegetais ao longo do ciclo de vida das plantas. Com a senescência deste material, todo este C até então estocado na vegetação, é depositado no solo e disponibilizado através da decomposição da serapilheira, constituindo a maior fonte de matéria orgânica do solo (MOS). Em termos globais, os solos chegam a ter de duas a três vezes mais C em forma de matéria orgânica (MO) que a

vegetação, mas o balanço de C em ecossistemas naturais ou agroecossistemas varia em função do aporte de resíduos vegetais e da oxidação da MOS. Assim, distúrbios de origem antrópica que interfiram nesta dinâmica como o desmatamento, drenagem artificial, intervenções agrícolas e queimadas favorecem a perda líquida de C do solo (BRADY & WEIL 2008).

Devido a necessidade de compreender as pressões ambientais estudos integradores tornaram-se necessários, para qualificar e quantificar as interações da geosfera (FYFE 1981). A análise da paisagem tem proporcionado um entendimento integrado dos fenômenos naturais e suas relações com a estrutura e dinâmica ambiental, integrando seus elementos em diversas escalas (MARTINS *et al.* 2004a) ao compreender fatores abióticos, perturbações naturais e antrópicas espacialmente (METZGER 2001). Uma das principais ferramentas de análise da paisagem é o sensoriamento remoto, que tem se destacado em aplicações para monitoramento, planejamento, uso do solo e conservação (CRÓSTA 1992).

A análise da vegetação tem sido utilizada no sensoriamento remoto para detectar mudanças na cobertura terrestre com índices espectrais de vegetação, os quais integram a atividade fotossintética aos parâmetros biofísicos do alvo (HUETE *et al.* 1985, HUETE 1988, ASNER 1998). Os índices de vegetação são fórmulas que destacam o contraste espectral da vegetação (LEPRIEUR *et al.* 1994, ELVIDGE & CHEN 1995), por meio da divisão de bandas espectrais (MENESES & ALMEIDA 2012).

Alguns destes índices são considerados bons indicadores de biomassa e quando combinados podem ser correlacionados com o C presente na vegetação (FRANÇA 2011). Estudos recentes têm correlacionado estes índices com carbono orgânico no solo (COS) e podem servir de base para estimar padrões de funcionamento de ecossistemas além de subsidiar suas estratégias de manejo (ASNER *et al.* 1999, FERREIRA *et al.* 2003, ASNER *et al.* 2004). Santos *et al.* (no prelo) encontraram relações significativas entre o teor de COS e aspectos biofísicos da cobertura vegetal de Cerrado em uma bacia experimental, gerando funções de pedotransferência capazes de estimar as concentrações de carbono na área analisada.

Assim, estimar teores e estoques de carbono orgânico no solo de áreas de Cerrado, frente a pressões ambientais como o processo de fragmentação, através do uso de geotecnologias aplicadas à análise da cobertura vegetal tornam-se potenciais ferramentas para contribuir no manejo de ecossistemas, e avaliar a produtividade de agroecossistemas, através dos padrões da dinâmica de carbono no sistema solo-vegetação.

2. Objetivo

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da fragmentação da paisagem no sistema solo-vegetação, através da relação entre concentrações de carbono (C) no solo e os aspectos biofísicos da cobertura vegetal, em fragmentos de cerrado sentido restrito e matrizes agropastoris (plantio direto e pastagem) ao entorno, localizadas em feições geomorfológicas de chapadas na bacia hidrográfica do alto rio São Bartolomeu, região de Cerrado do Brasil Central. Os objetivos específicos foram: (1) caracterizar a fertilidade dos solos dos fragmentos e das matrizes agropastoris através de P disponível, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al, soma de bases trocáveis (SB), índice de saturação por bases (V), capacidade de troca catiônica (pH a 7,0) (T), capacidade de troca catiônica efetiva (t), e fósforo remanescente (P-rem); (2) Estimar os estoques de C no solo; (3) Relacionar as concentrações e estoques de C aos parâmetros biofísicos da vegetação através de índices de vegetação e funções de pedotransferência.

3. Revisão bibliográfica

3.1 Ocupação e fragmentação do Cerrado

Nos últimos 40 anos, grandes extensões de vegetação nativa do Cerrado têm sido convertidas em áreas agrícolas ou pastagem, com altos custos ambientais, como a fragmentação, degradação e erosão de solos, poluição e assoreamento de corpos d'água, aumento de espécies invasoras, perda de biodiversidade, alterações no regime de fogo e dinâmica de nutrientes (SILVA & BATES 2002, KLINK & MACHADO 2005, SANO *et al.* 2010, BUSTAMANTE *et al.* 2012).

O Cerrado representa a maior parcela de savana neotropical das Américas (EITEN 1972, FURLEY 1999), configurando-se como o segundo maior bioma do Brasil. O Cerrado possui poucas áreas protegidas (2,2%) e mal distribuídas ao longo de sua área (KLINK & MACHADO 2005), onde 90 % da porção norte do bioma é preservado enquanto restam apenas 15% na parte sul. Em contrapartida, é considerado a mais recente frente agrícola do País e uma das últimas grandes fronteiras agrícolas mundiais (HELFAND & RESENDE 2000, BRANNSTROM *et al.* 2008).

A vegetação do Cerrado se desenvolveu diante de queimadas frequentes, solos com baixa fertilidade, lençóis freáticos profundos e duas estações bem definidas (seca e chuvosa) (EITEN 1972). Latossolos predominam no bioma, cobrindo aproximadamente 45% de sua área (REATTO *et al.* 1998). Estes solos são altamente intemperizados, devido a remoção de sílica e de bases trocáveis, são considerados pobres, pois a disponibilidade de nutrientes

dependente da mineralização de matéria orgânica depositada através da serapilheira que tem taxas de decomposição lentas e meia vida maior que um ano. Além disso apresentam, baixos níveis de pH, capacidade de troca catiônica, disponibilidade de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e saturação de alumínio alta (LOPES & COX 1977, SILVA 1983, CONSTANTINO 1988, FURLEY & RATTER 1988, NARDOTO & BUSTAMANTE 2003, REATTO *et al.* 2004, EMBRAPA 2006, KOZOVITS *et al.* 2007). A maioria dos minerais que constituem os Latossolos são secundários, presentes na fração argila, que resultaram do intemperismo de minerais primários provenientes da rocha mãe (COSTA 1979). Dentre os minerais secundários presentes nos Latossolos destacam-se a caulinita (silicato), hematita (óxido de Fe e Al), goethita (hidróxido de Fe e Al) e a gibbsita (hidróxido de Al) (REATTO *et al.* 2008). A coloração dos Latossolos varia entre o vermelho e o amarelo

Através do uso de fertilizantes e adaptação de cultivares os solos do Cerrado se tornaram altamente produtivos em termos agronômicos devido aos perfis profundos e bem drenados, geralmente localizados em topografia plana, adequados para agricultura intensiva e mecanizada após a correção da acidez do solo e deficiência de fósforo (FURLEY 1999, HELFAND & RESENDE 2000, YAMADA 2005). Estes fatores favorecem o planejamento do plantio e colheita de forma mecanizada e proporcionam o avanço da agricultura em grandes áreas do bioma (BRANNSTROM *et al.* 2008).

A aptidão agrícola do Cerrado foi percebida a partir da década de 1960, com o advento de Brasília, no contexto do processo de interiorização do País, que proporcionou o aumento da migração para o Brasil Central e rápida expansão da agricultura comercial, devido aos baixos custos de vida e incentivos fiscais para abertura de áreas agrícolas (HELFAND & RESENDE 2000). Esta intensificação da ocupação humana transformou o Cerrado em uma das regiões mais importantes do País em termos de produção agropecuária (DINIZ-FILHO *et al.* 2009).

O uso da terra predominante em extensão é a pecuária, atingindo aproximadamente 50×10^6 ha de pastagens com gramíneas africanas, que representam mais de 25% deste bioma (SANO *et al.* 2000, 2008). Parte destas pastagens tem sido substituídas pelo plantio de soja e cana de açúcar, de forma mecanizada e em larga escala, contribuindo para o aumento da área total cultivada no País (FILOSO 2006, SANO *et al.* 2010, MARTINELLI & FILOSO 2008, ROCHA *et al.* 2011, IBGE 2012). Embora recente na região, um dos principais sistemas de cultivos adotados no Cerrado, é o plantio direto, o qual tem sido amplamente adotado pelos fazendeiros (NETO *et al.* 2010). A adoção do plantio direto foi facilitada devido ao aumento da preocupação em torno da degradação do solo (BERNOUX *et al.* 2006), tendo em vista que

o plantio direto é uma forma de manejo conservacionista de técnicas integradas que visam otimizar a produção e as condições ambientais (água-solo-clima) (LOPES *et al.* 2004) e ao fato da soja ser o principal cultivo da região e pela fácil produção sob este tipo de manejo (YAMADA 2005). A dominância de produção de soja é influenciada pelas facilidades de acesso a mercados, créditos e altas taxas de rentabilidade e produtividade de culturas de ciclo precoce (BERTRAND *et al.* 2004).

As mudanças de uso da terra podem propiciar más condições para diversas espécies de organismos, ao passo que podem favorecer a ocorrência de espécies características de áreas abertas favorecendo a fragmentação (LOVEJOY 1983, KAPOV *et al.* 1997). Define-se fragmentação de habitat como um processo de transformação da paisagem em que um habitat é transformado, a partir de sua extensão uniforme, em manchas menores e isoladas por matrizes diferentes da original (KOUKI & LÖFMAN 1998, FAHRIG 2003), alterando controles interativos, estrutura e processos ecossistêmicos (LOVEJOY 1983, CHAPIN *et al.* 2011). A fragmentação constitui um processo dinâmico, não aleatório, de isolamento e redução de habitat, que ocorre preferencialmente em áreas topográficas da paisagem onde as atividades agropecuárias são mais rentáveis (SHAFFER 1990, KEMPER *et al.* 2000, BALDI *et al.* 2006).

Ainda que a pressão antrópica sobre savanas, como o Cerrado, indique impactos potenciais sobre a dinâmica de carbono regional e global, os estudos que vislumbram avaliar estoques de carbono e nutrientes, aliados a padrões espaço-temporais tem dado mais atenção às florestas tropicais úmidas (GRACE *et al.* 2006). Desta forma, analisar o C em ecossistemas como o Cerrado torna-se fator importante para a compreensão dos impactos humanos sobre o ciclo deste elemento ocasionados pelas mudanças no uso e cobertura da terra (MIRANDA *et al.* 2014).

3.2 Elementos da paisagem e o ciclo do carbono

Os elementos que compõem a paisagem (clima, rocha, relevo, solo e organismos) são organizados de forma hierárquica e inter-relacionados, considerando o espaço e o tempo. A análise da paisagem proporciona um entendimento integrado dos fenômenos naturais e suas relações com a estrutura e dinâmica ambiental, integrando seus elementos em diversas escalas (FIGURA 1) (MARTINS *et al.* 2004a). Estes elementos são chamados por Chapin *et al.* (2011) como fatores de estado e a interação destes elementos, ao longo do tempo, resultam

nas características edáficas e pedológicas do solo bem como dos ecossistemas (COLEMAN *et al.* 2004, BRADY & WEIL 2008, CHAPIN *et al.* 2011).

Os solos têm permitido o desempenho de atividades importantes ao longo da história da humanidade. Civilizações surgiram e ruíram manejando recursos finitos provenientes deste reservatório (WALL *et al.* 2012). Diante das rápidas mudanças de uso da terra e suas consequências sobre a biodiversidade, corpos hídricos estoques e fluxos de carbono, proporcionadas pelo desenvolvimento da agricultura e do crescimento populacional, torna-se importante compreender como os mosaicos de uso da terra se relacionam com manutenção e regulação de processos ecológicos em escalas locais e regionais da paisagem (TILMAN *et al.* 2001, HERKERT *et al.* 2003, CARVALHO *et al.* 2009).

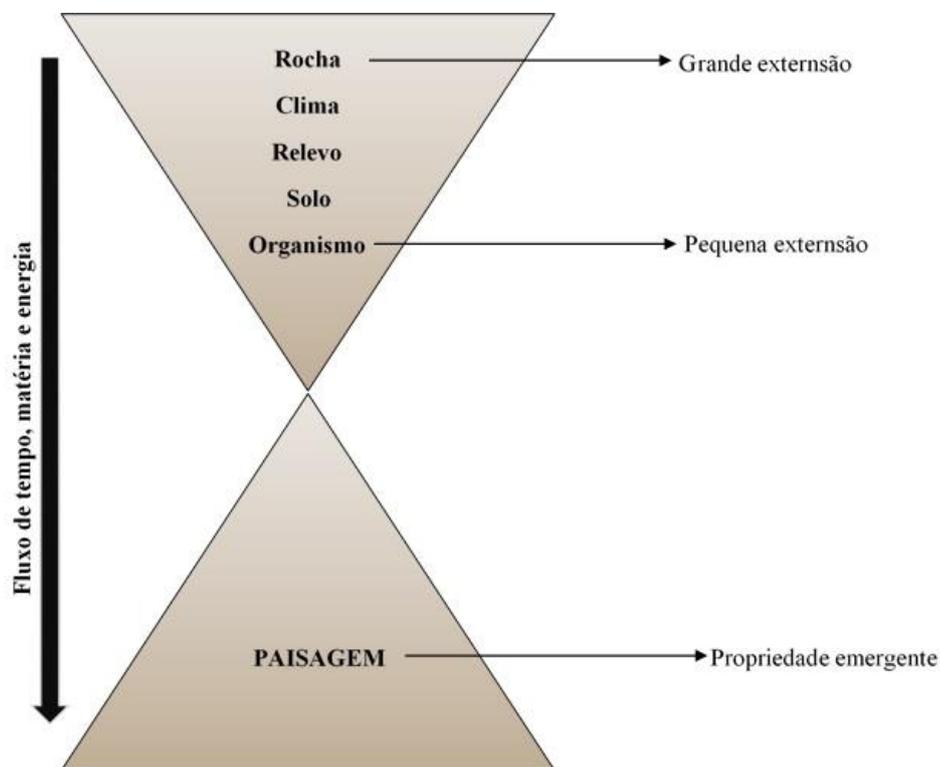


FIGURA 1. Fatores ambientais estruturantes da paisagem. Adaptado de Martins *et al.* (2004a).

Estas mudanças geralmente tornam a paisagem dominada por pequenos fragmentos, promovendo diferenças no ambiente físico como taxas de distúrbio e ciclagem de nutrientes, pois as estruturas e processos que operam nos ecossistemas apresentam dimensões espaciais (CHAPIN *et al.* 2011).

O entendimento do ciclo do carbono traduz respostas específicas dos ecossistemas às alterações no equilíbrio natural dos biomas terrestres e aquáticos pela ação do homem

(OMETTO *et al.* 2006). A produtividade primária influencia os fluxos de entrada e saída de energia na biosfera, além de ser o processo que mais contribui com a entrada de C e energia química nos ecossistemas (CHAPIN *et al.* 2011).

A transferência de carbono atmosférico para a biosfera, com a produção de material orgânico, se dá através do processo fotossintético. Fatores como luminosidade, temperatura, concentração atmosférica de CO₂, umidade relativa do ar, idade da folha, capacidade fotossintética da folha, disponibilidade de água, também influenciam o funcionamento estomático. Em ecossistemas naturais, diversos fatores influenciam de forma determinante a ciclagem de nutrientes e sua disponibilidade, como a fertilidade e teores de água no solo (BUSTAMANTE *et al.* 2004).

Através da fotossíntese, as plantas retiram o C da atmosfera na forma de CO₂ e convertem energia solar (radiação no espectro do visível) em moléculas orgânicas (compostas por cadeias de C) utilizadas como fonte de energia para sua respiração, devolvendo parte deste C para a atmosfera, a outra parte é estocada nos tecidos vegetais ao longo do ciclo de vida das plantas. Com a senescência deste material, todo este C até então estocado na vegetação, é depositado no solo e disponibilizado através da decomposição da serapilheira, constituindo a maior fonte de MOS, que é consumida por animais ou microorganismos (BRADY & WEIL 2008, CHAPIN *et al.* 2011).

Os nutrientes permeiam o sistema solo-planta-serapilheira de acordo com a quantidade de C fixado fotossinteticamente. Mesmo que os sumidouros relativos de carbono e nutrientes apresentem diferenças entre ecossistemas, a demanda relativa desses elementos sobre a produção de biomassa se reflete no conteúdo de nutrientes no tecido em questão, ou seja, na razão carbono/nutriente (VITOUSEK 1982).

A camada de resíduos vegetais formada pela serapilheira proporciona a cobertura do solo e sua proteção, minimizando a lixiviação e a erosão hídrica. Vale ressaltar que a serapilheira é uma importante fonte de nutrientes com potencial de mineralização. Os processos de decomposição e mineralização são importantes, pois por intermédio destes processos os nutrientes, são liberados novamente para as plantas e microrganismos, participando ativamente na regulação da dinâmica de nutrientes e a taxa de crescimento vegetal (ATTIWILL & ADAMS 1993).

Considerando ecossistemas artificiais, o rápido crescimento das taxas de crescimento de plantios, apresentam altas demandas por nutrientes (MENDHAM *et al.* 2003, MERINO *et al.* 2004, ZHANG *et al.* 2004). Enquanto a remoção de biomassa frequentemente remove estes nutrientes do solo, dependendo de quão sustentável é o manejo da retirada da biomassa a

produtividade primária pode diminuir em rotações de plantios futuros, reduzindo o potencial dos solos como sumidouros de carbono em uma perspectiva de longo prazo (BI *et al.* 2007).

O solo é um reservatório de carbono orgânico (CO), na forma de MOS, desempenha papel significativo no ciclo global do C (BATJES 1996, LAL 2003). Quando comparado aos biomas florestais como a Amazônia, o Cerrado apresenta pequenas reservas de C acima do solo, no entanto apresentam estoques de C no solo importantes (BATLLE-BAYER *et al.* 2010). Estudos estimam que os solos do Cerrado contêm 24 Gt C até 1 m de profundidade, correspondendo em média ao estoque de 117 Mg C ha⁻¹ (BUSTAMANTE *et al.* 2006).

A capacidade de retenção de cátions nutrientes decresce acentuadamente com a perda de MOS nos solos do Cerrado (SILVA *et al.* 1994). Ou seja, os solos do Cerrado dependem da MOS relacionada à quantidade de C no solo para manter a fertilidade, pois nos solos tropicais, predominam cargas negativas na matéria orgânica e em menor quantidade na caulinita. No entanto, os óxidos e hidróxidos de Fe e Al conferem cargas positivas e capacidade elevada de troca de anions (LOPES 1983, BRADY & WEIL 2008).

As mudanças de uso da terra geralmente são associadas com o rápido declínio nos serviços ecossistêmicos (BRANNSTROM *et al.* 2008, EGOH *et al.* 2009) como o decréscimo de carbono estocado na biomassa e no solo (BATLLE-BAYER *et al.* 2010), devido a substituição de vegetação nativa por plantios ou pastagem no Cerrado (SILVA *et al.* 2004, MAIA *et al.* 2009, SIQUEIRA NETO *et al.* 2009, NETO *et al.* 2010).

Vários autores apresentaram a conversão de vegetação nativa em lavouras e pastagens como fator de diminuição do C no solo (BATJES & SOMBROEK 1997, GUO & GIFFORD 2002, MURTY *et al.* 2002, WEST & POST 2002, SILVA *et al.* 2004, MAIA *et al.* 2009, SIQUEIRA NETO *et al.* 2009). Outros autores apresentam estudos em diferentes tipos de manejo com propostas sustentáveis que favorecem a manutenção ou incremento de C nos solos avaliados como o plantio direto (SILVA *et al.* 2004, ZINN *et al.* 2005, CERRI *et al.* 2007, SALTON *et al.* 2008, BERNOUX *et al.* 2006, TORNQUIST *et al.* 2009). No entanto, no que concerne aos estoques de C orgânico em solos do Cerrado, ainda não há consenso sobre os efeitos da conversão de áreas nativas em usos agrícolas (BATLLE-BAYER *et al.* 2010).

3.3 Sensoriamento remoto

Na década de 1960, no contexto da Guerra fria, a "corrida espacial" promoveu o lançamento de diversos satélites com finalidades distintas. A partir daí começaram a ser

geradas as primeiras imagens que permitiram a observação da superfície do planeta e as interpretações destas imagens (MENESES & ALMEIDA 2012).

Em 1972, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) criou a missão *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT), cujo objetivo era observar os recursos naturais da Terra e lançou o satélite ERTS-1, ou Landsat 1. Esta missão tem permitido, através de suas edições (Landsat 1 a 8) o mapeamento multiespectral de alta resolução da superfície terrestre, favorecendo o mapeamento da dinâmica espaço temporal do uso da terra (WILLIAMS *et al.* 2006, ROY *et al.* 2014).

A missão continua com o Landsat 8 que tem como escopo a obtenção e armazenamento de imagens multiespectrais e resolução moderada, favorecendo melhores e mais robustos diagnósticos da cobertura da terra em relação às missões anteriores, sobretudo em relação à geometria de aquisição, qualidade e disponibilidade de dados, calibração, características espectrais, espaciais e de cobertura que possibilitam avaliações entre décadas de e coberturas e mudanças da terra (ROY *et al.* 2014).

O mapeamento e monitoramento da superfície terrestre tem permitido aferir diferentes feições naturais e humanas, fortalecendo sua importância como ferramenta nos estudos de ecossistemas, pois permitem a avaliação de diferentes escalas da paisagem (espaciais e temporais). Neste contexto, o sensoriamento remoto tornou-se uma tecnologia rápida e eficiente para realizar medições contínuas ao longo da paisagem, permitindo avaliações de diferentes processos ecológicos. Os procedimentos de detecção de mudança destacam-se entre outros, por serem muito utilizados para a realização de monitoramentos em meio as técnicas de processamento digital de imagens (COPPIN *et al.* 2004), como mapeamento de vegetação, mudanças de uso da terra, monitoramento de distúrbios e estimativas de características bioquímicas e biofísicas dos ecossistemas (ASNER 1998). Desta forma, o sensoriamento remoto se destaca como alternativa para o estudo do funcionamento de biomas como o Cerrado (ASNER *et al.* 2005), desempenhando funções importantes para análises ambientais, econômicas e políticas (OZDOGAN 2010), planejamento, uso do solo e conservação (CRÓSTA 1992).

A interpretação das imagens de sensoriamento remoto decorre destas interações da REM com a superfície terrestre e seus principais componentes são água, solo e vegetação (CURRAN 1985). A vegetação se destaca por absorver e refletir um espectro de radiação diferente da água, atmosfera, nuvens e solo exposto, pois a clorofila e outros pigmentos presentes nas folhas absorvem o espectro do visível (FIGURA 2) emitido pela radiação solar de forma eficiente (CHAPIN *et al.* 2011).

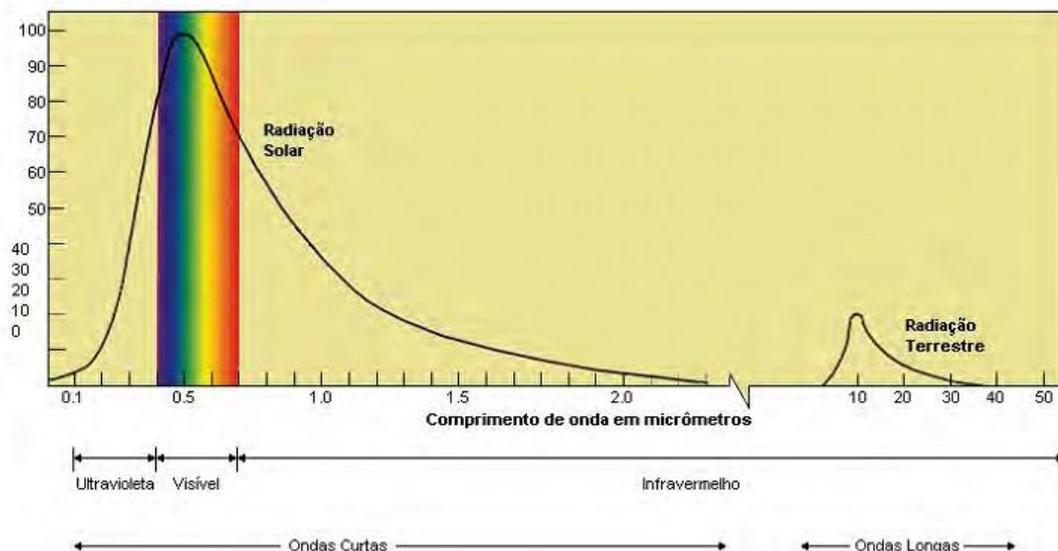


FIGURA 2. Intensidade da radiação eletromagnética da fonte terrestre a 300K. Destaque em colorido para a região do visível A região do visível (0,4 a 0,7 μm). Fonte: Meneses & Almeida (2012).

3.3.1 Índices Espectrais

Ainda que o potencial de exploração do sensoriamento remoto em análises de processos ecológicos da vegetação careça de mais abordagens (ARAGÃO & SHIMAMBUKURO 2004), a análise da vegetação tem sido muito utilizada no sensoriamento remoto para detecção de mudanças, sobretudo por intermédio de índices de vegetação, os quais integram a atividade fotossintética dos parâmetros biofísicos do alvo (HUETE *et al.* 1985, HUETE 1988, ASNER 1998). A composição espectral de uma folha é produto de sua composição, estrutura interna e morfologia, os componentes que interagem com a REM são a celulose, espaços intercelulares, pigmentos e solutos (PONZONI 2001).

Devido à presença de componentes foliares como pigmentos como clorofilas (a e b) e carotenoides, o comportamento espectral da vegetação fotossinteticamente ativa tem absorção de aproximadamente 90% da REM incidente (KNIPLING 1970). Pode-se destacar três regiões na curva da reflectância da folha sadia (FIGURA 3). A região do visível (0,4 a 0,7 μm), onde pode-se observar baixa reflectância da REM, pois os pigmentos utilizados pela folha na fotossíntese têm uma grande absorção. Na faixa do infravermelho próximo (0,7 a 1,3 μm) percebe-se uma maior reflectância em virtude do espalhamento interno da folha. Já no limite do infravermelho de ondas curtas (1,3 a 2,6 μm) destacam-se dois pontos de absorção de água, que são influenciados pelo conteúdo de água foliar (ARAGÃO & SHIMABUKURO 2004).

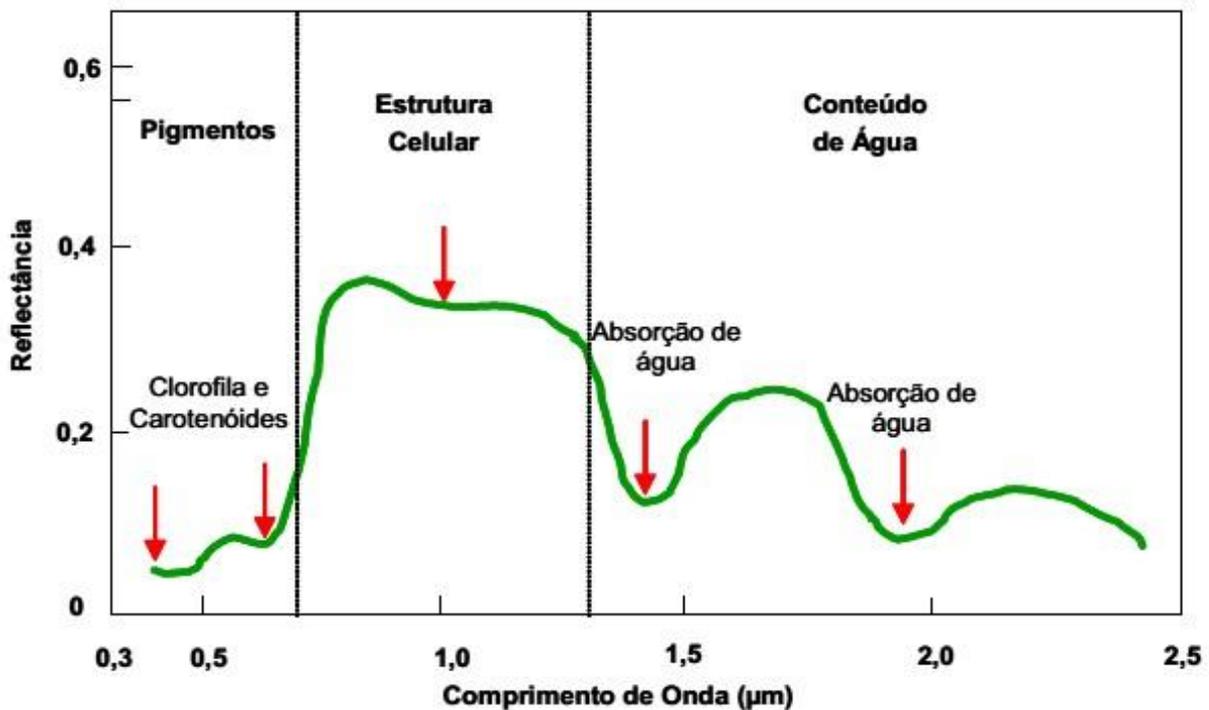


FIGURA 3. Assinatura espectral de folha saudável, indicações em vermelho destacam as principais regiões do espectro que influenciam na reflectância foliar. Fonte: Aragão & Shimabukuro (2004), adaptado de Bowker *et al.* (1985).

Ao comparar o padrão espectral de uma folha sadia com a de uma folha senescente, percebe-se curvas espectrais diferentes. Com o processo de senescência, os pigmentos foliares como as xantofilas e feofitinas prevalecem em relação à clorofila e contribuem para a baixa absorção na região do vermelho, no entanto apresentam uma alta absorção nos limites do azul e verde. Assim, estes padrões podem distinguir o status fisiológico da vegetação (ARAGÃO & SHIMAMBUKURO 2004).

Os índices de vegetação são fórmulas que propõem o realce do contraste espectral da vegetação (LEPRIEUR *et al.* 1994, ELVIDGE & CHEN 1995), através da divisão de bandas espectrais (MENESES & ALMEIDA 2012), pois eles se relacionam com as variações biofísicas (HUETE *et al.* 1985), estruturais e fenológicas das plantas (WANG *et al.* 2003), que respondem a eventos sazonais, ao longo de seus ciclos de vida (RATHCKE & LACEY 1985). Pode-se aplicá-los na classificação de imagens, descrição de tipos de vegetação, produtividade de agroecossistemas (LEPRIEUR *et al.* 1994, LENZ-WIEDEMANN *et al.* 2012), modelagem de fluxos de energia, água e carbono (SELLERS *et al.* 1997), fechamento de dossel e produção de biomassa (HUETE 1988, GAO, 1996, HUETE *et al.* 1997, JUSTICE

et al. 1998, COUTO JUNIOR *et al.* 2011) e variações sazonais na vegetação (ROSEMBACK 2010).

Os índices de vegetação possuem uma correlação alta com a fitomassa, pois a vegetação verde e sadia absorve a radiação eletromagnética na faixa do vermelho e tem refletância alta no infravermelho. Desta forma, quando os índices de vegetação apresentam valores altos, eles indicam uma maior possibilidade de o alvo ser uma vegetação verde (LEPRIEUR *et al.* 1994). Figuram entre os principais índices o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (ROUSE *et al.* 1973), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) (HUETE, 1988), *Enhanced Vegetation Index* (EVI) (HUETE *et al.* 1997) e o *Normalized Difference Water Index* (NDWI) (GAO, 1996).

Entre estes índices, o NDVI é simples e bem difundido para monitoramento (HUETE *et al.* 1997), ele minimiza efeitos topográficos e produz uma escala linear com valores entre -1 e 1, onde valores negativos indicam presença de água, 0 indica solo exposto e valores positivos indicam cobertura vegetal (ganho de C). A densidade da cobertura aumenta com valores mais próximos a 1 (ROSENDO 2005). Os valores de NDVI são próximos dos valores da fração da radiação fotossinteticamente ativa (FPAR) e da razão entre a radiação fotossinteticamente ativa absorvida (APAR) pelas plantas e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) (RUNNING *et al.* 2004). Suas limitações são minimizar o efeito de fundo, a contaminação atmosférica e saturação (HUETE *et al.* 1985, HUETE *et al.* 1994).

O SAVI está relacionado ao dossel da vegetação (HUETE, 1988). Foi desenvolvido como uma modificação do NDVI para corrigir a influência do brilho do solo na resposta espectral da cobertura vegetal, permitindo que o substrato do dossel varie em função da biomassa. Dessa forma, o SAVI oferece um melhor desempenho na identificação de fitofisionomias do cerrado da região e na separação entre as classes para faixas de valores com vegetação densa, esparsa e rala, conforme os resultados também obtidos por Santiago *et al.* (2009).

O EVI destaca o vigor da vegetação sendo relacionado com as variações na cobertura verde, pois foi desenvolvido para otimizar o sinal deste tipo de alvo. Este índice é mais sensível em áreas com densidade de biomassa alta (JUSTICE *et al.* 1998), além de diminuir o efeito de aerossóis atmosféricos em cada pixel (HUETE *et al.* 1997), reduzir a contaminação atmosférica devido ao uso da diferença da radiação entre os canais azul e vermelho para estabilizar variações espaciais e temporais da atmosfera (COUTO JUNIOR *et al.* 2011) e ter um algoritmo de remoção do efeito de ruído de fundo mais preciso (HUETE 1988).

O NDWI seguiu a mesma lógica dos índices de vegetação e foi criado partindo da sua curva de reflectância (MENESES & ALMEIDA 2012). O NDWI destaca a água presente na estrutura interna da folha e a sua ausência na matéria seca, o que incrementa a precisão para estimar o teor de água na vegetação (CECCATO *et al.* 2001). A sensibilidade favorece a distinção de fitofisionomias do Cerrado, a partir de suas diferentes estratificações vegetais em ordem crescente de acordo com o conteúdo de água (COUTO JUNIOR *et al.* 2010). O monitoramento em agroecossistemas permite avaliar a irrigação e estimar a produtividade do sistema (PENUELAS *et al.* 1993), mesmo quando os valores de NDVI ficam saturados a sensibilidade é mantida (GAO 1996). Ao utilizar este índice para indicar o conteúdo de água em cultivos de soja e milho Chen *et al.* (2005) constataram que a utilização do infravermelho médio permitiu monitorar padrões de crescimento.

Estes índices são considerados bons indicadores de biomassa e podem ser correlacionados com o C presente na vegetação (FRANÇA 2011). No entanto, alguns estudos têm correlacionado estes índices com C orgânico no solo e podem servir de base para estimar padrões de funcionamento de ecossistemas além de subsidiar suas estratégias de manejo (ASNER *et al.* 1999, FERREIRA *et al.* 2003, ASNER *et al.* 2004). Para isso, os dados obtidos em campo são fundamentais na calibração e validação dessas ferramentas (MIRANDA *et al.* 2014).

3.3.2 Função de Pedotransferência (FPT)

O termo Função de Pedotransferência (FPT) foi apresentado por Bouma (1989), sob a ótica de obter dados a partir de outros previamente adquiridos. As FPTs têm como objetivo prever algumas propriedades dos solos, a partir de outras obtidas com custos mais baixos, através de funções matemáticas (LIN *et al.* 1999, WÖSTEN 2002, BUDIMAN *et al.* 2003). Existem dois tipos de abordagem: a abordagem estática, que é usada para estimar outras propriedades dos solos; e a abordagem dinâmica estima propriedades para modelos de simulação e suporte à tomada de decisão. Ainda que grande parte das funções geradas tenham se concentrado em prever propriedades hidráulicas, elas também funcionam para estimativas de distintas propriedades físicas e químicas do solo (BUDIMAN *et al.* 2003).

As FPTs têm como prerrogativas i) observar que a variável preditora seja mais fácil de ser obtida que a variável resposta da pesquisa; ii) as variáveis preditoras devem ser relacionadas fisicamente; iii) apresentar ferramentas estatísticas utilizadas para originar as

FPTs; iv) não usar FPTs se não for possível avaliar a sua incerteza e utilizar sempre a de menor variância (BUDIMAN & HARTERNINK 2011).

Segundo Budiman *et al.* (2003), pode-se utilizar diversas fontes de informação como variáveis preditoras para desenvolver as FPTs. Estas informações podem ser advindas de laboratório, descrições de campo e morfologia de solos, variáveis climáticas, espectro eletromagnético do solo e base de dados de solos. Os autores também indicam uma figura esquemática para auxiliar na geração de FPTs (FIGURA 4). Kay (1998) propôs que selecionar solos desenvolvidos no mesmo regime climático sobre materiais de origem semelhantes facilitam predições. Oliveira *et al.* (2002) e Dashtaki *et al.* (2010) indicam que quanto mais homogêneos forem os solos, menores serão as incertezas das FPTs. No entanto, as FPTs geradas para uma determinada região geográfica não pode ser extrapolada além da região alvo, ainda que sejam estratificadas por classes de solo para minimizar erros de predição da característica estimada (DASHTAKI *et al.* 2010).

Diante da necessidade de desenvolvimento de metodologias rápidas, de baixo custo e precisas para quantificar teores de C no solo, o uso de funções de pedotransferência tem se apresentado como alternativa para este fim (MACHADO 2005, FRANÇA 2011).

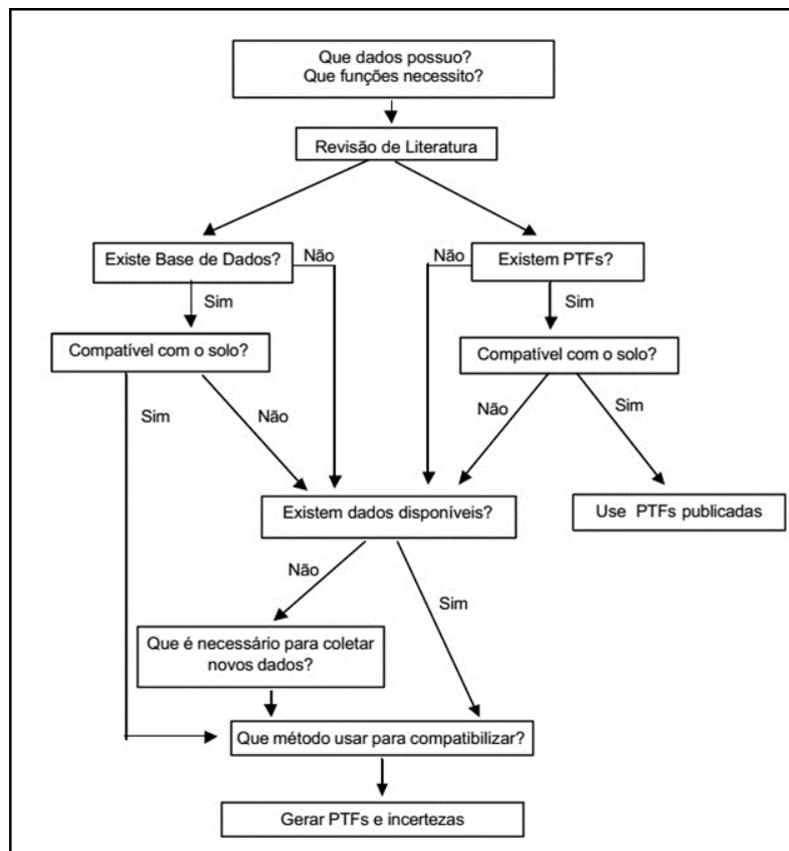


FIGURA 4. Fluxograma para gerar FPTs. Adaptado de Budiman *et al.* (2003).

Zinn *et al* (2005) e França (2011) utilizaram FPTs para estimar teores de C orgânico no solo através de atributos físicos do solo, em região de Cerrado. Outros autores como Rosendo (2005) em uma avaliação do uso do solo e cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Araguari, Watzlawick *et al.* (2009) em uma floresta de araucárias do Rio Grande do Sul, Bolfe *et al.* (2011) em Sistemas Agroflorestais no Amazonas, têm apresentado correlações altas entre índices de vegetação (NDVI e SAVI) e o C da biomassa vegetal. Estes estudos indicam o potencial dos índices de vegetação como ferramentas que podem auxiliar do desenvolvimento de FPTs para C, como Santos *et al.* (no prelo) que encontraram relações significativas entre o teor de C orgânico no solo e aspectos biofísicos da cobertura vegetal de Cerrado, obtidos por índices de vegetação e geraram FPTs capazes de estimar as concentrações de carbono em uma bacia experimental com diferentes tipos de uso do solo.

4. Material e Métodos

O processo de elaboração do presente trabalho foi dividido nas seguintes etapas: i) identificação de unidades amostrais; ii) entrevista usando roteiro semiestruturado iii) análises de solo; iv) aplicação de índices espectrais; v) análises estatísticas dos dados; vi) obtenção de FPTs; vii) espacialização das concentrações de COS e estoques de C a partir das FPTs.

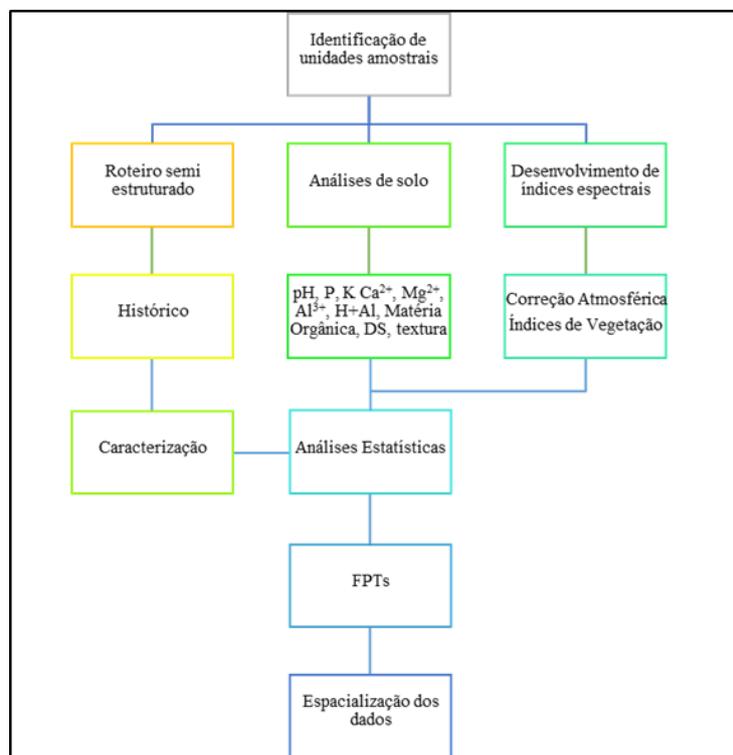


FIGURA 5. Fluxograma metodológico.

4.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo (FIGURA 6) está localizada na região nordeste do Distrito Federal, entre as coordenadas 8289632,083 mE e 8263544,177 mE; 0200626,113 mS e 235866,588 mS (WGS 84, UTM, Zona 23S) e compreende as feições de chapada das sub-bacias dos ribeirões Mestre D'Armas e Pípiripau, que juntas constituem o Alto São Bartolomeu.

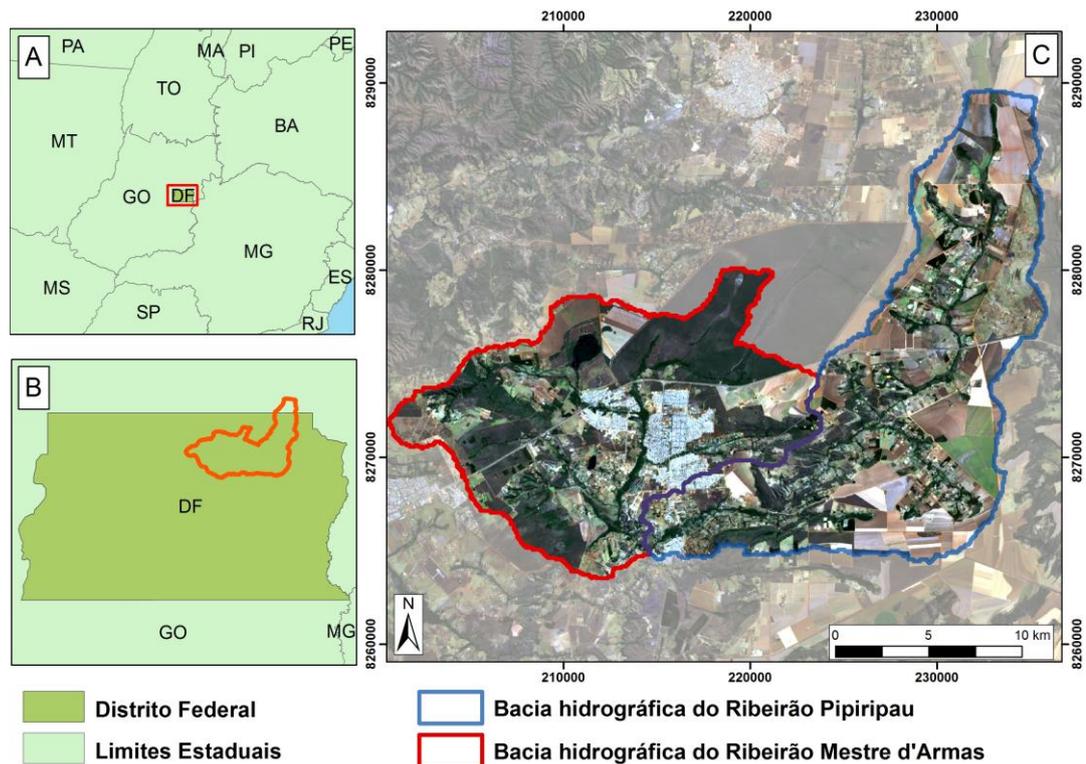


FIGURA 6. (A) Destaque em vermelho do limite político do Distrito Federal. (B) Localização das sub-bacias dos ribeirões Mestre D'Armas e Pípiripau. (C) Detalhe da área das sub-bacias dos ribeirões Mestre D'Armas (limite em vermelho) e Pípiripau (limite em azul).

A região está inserida no domínio morfoclimático do Cerrado, cujas feições na paisagem resultam de uma prolongada interação do clima tropical semiúmido, com agentes bióticos, edáficos e litológicos (AB'SABER 1977). De acordo com a classificação de Köppen o clima é tropical úmido de savana com inverno seco (Aw), com sazonalidade bem definida, concentrando as chuvas entre outubro e abril. A precipitação anual é de aproximadamente 1500mm, com duas estações sazonais bem pronunciadas (seca e chuvosa) (MARTINS *et al.* 2004b). A média da temperatura máxima ao longo do ano oscila entre 27° e 28°C, já a mínima entre 16° e 17°C (SILVA *et al.* 2008).

A região está situada no domínio geológico formado principalmente por rochas metassedimentares dos grupos, em contato tectônico, Paranoá e Canastra (MARTINS *et al.*,

2004c). As chapadas do presente estudo situam-se sobre o grupo Paranoá, onde podem ser encontrados metassiltitos, na chapada do Pipiripau, Quartzito médio e Metarritmito arenoso no relevo mais preservado (FREITAS-SILVA & CAMPOS 1998, MARTINS *et al.* 2004b). As chapadas apresentam relevo plano e suave ondulado, com padrões multiconvexos e processos dinâmicos estáveis, com ocorrência predominante de Latossolos. Estas características favorecem o uso agrícola e a recarga de nascentes (SENA-SOUZA *et al.* 2013).

4.2 Identificação de áreas para amostragem

Ao se basear na complexidade geomorfológica como fator condicionante para a distribuição dos solos e organismos de acordo com Motta *et al.* (2002), Martins *et al.* (2007) e Couto Junior *et al.* (2010), Neves *et al.* (2015) sobrepuseram o mapeamento de cobertura da terra e relevo da bacia hidrográfica do Rio São Bartolomeu e apontaram quatro ambientes predominantes na bacia, sendo eles chapada, rampa de colúvio, depressão dissecada e frente de recuo erosivo, cujos potenciais de ocupação são diferentes. Dentre estes ambientes também observaram que as atividades agropastoris são predominantes na Chapada e na Depressão Dissecada.

Neste contexto, com a finalidade de identificar fragmentos que reunissem elementos da paisagem semelhantes foram utilizados o mapeamento da cobertura da bacia do rio São Bartolomeu (NEVES *et al.* 2015), o mapeamento geomorfológico (SENA-SOUZA *et al.* 2013) e o mapeamento geológico da referida bacia (CPRM 2008). Estes mapas foram cruzados em sistema de informação geográfica, através do programa QuantumGIS 2.6.1 Brighton (2014), para identificar fragmentos em áreas de cerrado sentido restrito, com ocorrência em Latossolos, situados em formações geomorfológicas de chapada, sobre o grupo geológico Paranoá dentro dos limites do Alto São Bartolomeu, que compreende as sub bacias dos Ribeirões Pipiripau e Mestre D'Armas. Foram selecionados oito fragmentos com as características acima, nesse contexto considerou-se cada fragmento como unidade amostral e foram calculados centroides (centros geométricos) dos polígonos dos fragmentos. A partir de cada centroide considerou-se um *buffer* com a metade da área de cada polígono como região de área núcleo e a outra metade como interface.

Dentre as áreas selecionadas (FIGURA 7), quatro apresentam lavouras de plantio direto em seu entorno, são elas:

Unidade amostral 1 - Propriedade rural particular própria, localizada nas proximidades da GO-430, km 1, município de Formosa-GO, entre as coordenadas 232931,19 mE e

8289229,17 mS. A vegetação nativa (cerrado sentido restrito), sobre Latossolo Vermelho, foi convertida há aproximadamente 32 anos, logo após aquisição da fazenda de 60 ha. Após a conversão da vegetação nativa, para desenvolver as atividades agrícolas de forma mecanizada, o plantio convencional foi utilizado por quatro anos para evitar rebrotamento da vegetação. Após este período adotou-se o plantio direto como técnica de manejo do solo e as cultivares adotadas são soja, feijão e milho em período de safra e feijão e milho na safrinha.

O atual proprietário relatou a prática de manejo referente aos últimos quinze anos de uso do solo. Para corrigir a acidez do solo, 3 ton/ha de calcário foram aplicadas três vezes ao longo dos últimos quinze anos, a última aplicação foi realizada em 2013 junto com gesso. A fosfatagem foi realizada uma vez com 0,5 ton/ha de superfosfato simples entre 2009 e 2010. Quanto às adubações realizadas em resposta das demandas de cada cultura utiliza-se geralmente 2 L/ha de adubo foliar, NPK (3-37-00) e 0,2 ton/ha de sulfato de amônio ou ureia. O controle de pragas e doenças é realizado com inseticidas, fungicidas, herbicidas e nematicidas.

A reserva legal da fazenda possui 9 ha de vegetação de cerrado sentido restrito sobre Latossolo Vermelho, com histórico de queimadas. No entanto há pelo menos 8 anos, não houve ocorrência de queima na área.

Unidade amostral 2 – Propriedade rural particular, localizada na DF 353 km 8, situada na RA de Planaltina, entre as coordenadas 229564,74 mE e 8265860,91 mS. A vegetação nativa (cerrado sentido restrito), sobre Latossolo Vermelho, foi convertida há aproximadamente vinte anos, com o desenvolvimento de atividades agrícolas mecanizadas, após a aquisição da fazenda de 300 ha.

O plantio convencional foi adotado por cinco anos e após este período o plantio direto foi utilizado como técnica de manejo. As cultivares adotadas são soja, feijão e milho em período de safra e feijão e milho na safrinha.

Em 2014 foi realizada a calagem do solo com 1 ton/ha de calcário, também foram aplicados micronutrientes, adubo foliar e NPK (05-25-15) e 0,3 ton/ha de ureia. Para realizar o controle de pragas e doenças utiliza-se inseticidas, fungicidas e herbicidas de acordo com a necessidade.

A reserva legal da propriedade é constituída por aproximadamente 36 ha de cerrado sentido restrito, sobre Latossolo Vermelho, com histórico de queimadas. No entanto, há aproximadamente quatro anos não houve ocorrência de fogo na área.

Unidade amostral 3 - Propriedade rural arrendada, localizada às margens da GO-118, km 4, município de Formosa, entre as coordenadas 232267,51 mE e 8286985,00 mS. Antes da vegetação nativa ser convertida, a área era utilizada para pastejo de capim nativo por criadores de gado locais. A vegetação nativa (cerrado sentido restrito), sobre Latossolo Vermelho, foi convertida há oito anos, para realizar o arrendamento de 340 ha de fazenda. Após a conversão da vegetação nativa, para desenvolver as atividades agrícolas de forma mecanizada, o plantio convencional foi utilizado por quatro anos, para evitar o rebrotamento da vegetação nativa. Após este período adotou-se o plantio direto como técnica de manejo do solo, adotando culturas como soja, feijão e milho em período de safra e feijão e milho na safrinha.

A primeira aplicação de calcário utilizou 5 ton/ha e entre 2007 e 2012 foram aplicadas de 1 a 2 ton/ha de calcário por ano. As adubações foram realizadas anualmente até 2013 com adubo foliar, NPK 8-20-20 para safra, NPK 2-20-20 para safrinha e aplicação de ureia para as culturas de milho e feijão. O controle de pragas e doenças foi realizado anualmente até 2013, com aplicações de inseticidas e fungicidas.

A reserva legal é constituída por 81 ha de cerrado sentido restrito sobre Latossolo Vermelho, com queimadas frequentes até 2005 e desde então não há ocorrência de queimada na área.

Unidade amostral 4 – Propriedade rural particular, localizada DF 353 km 4, na RA de Planaltina, entre as coordenadas 224273,67 mE e 8265591,99 mS. O uso da terra foi iniciado em 2002, desde o início das atividades da fazenda o Latossolo Vermelho foi utilizado para agricultura mecanizada e o plantio direto é adotado como forma de manejo. As cultivares adotadas são soja, feijão em período de safra e feijão e milho na safrinha. Em 2012 foram aplicadas 6 ton/ha de calcário e 5 ton/ha de cama sobreposta de suínos. Para o plantio, são utilizados de 80 a 100 kg/ha de P_2O_5 como adubo de base e 90 kg/ha de K_2O a lanço. Nas safrinhas de milho são aplicados 150 kg/ha de ureia.

A área de reserva legal apresenta vegetação de cerrado sentido restrito e possui 100 ha, com histórico de queimadas frequentes, no entanto só havia vestígios de fogo na borda do fragmento.

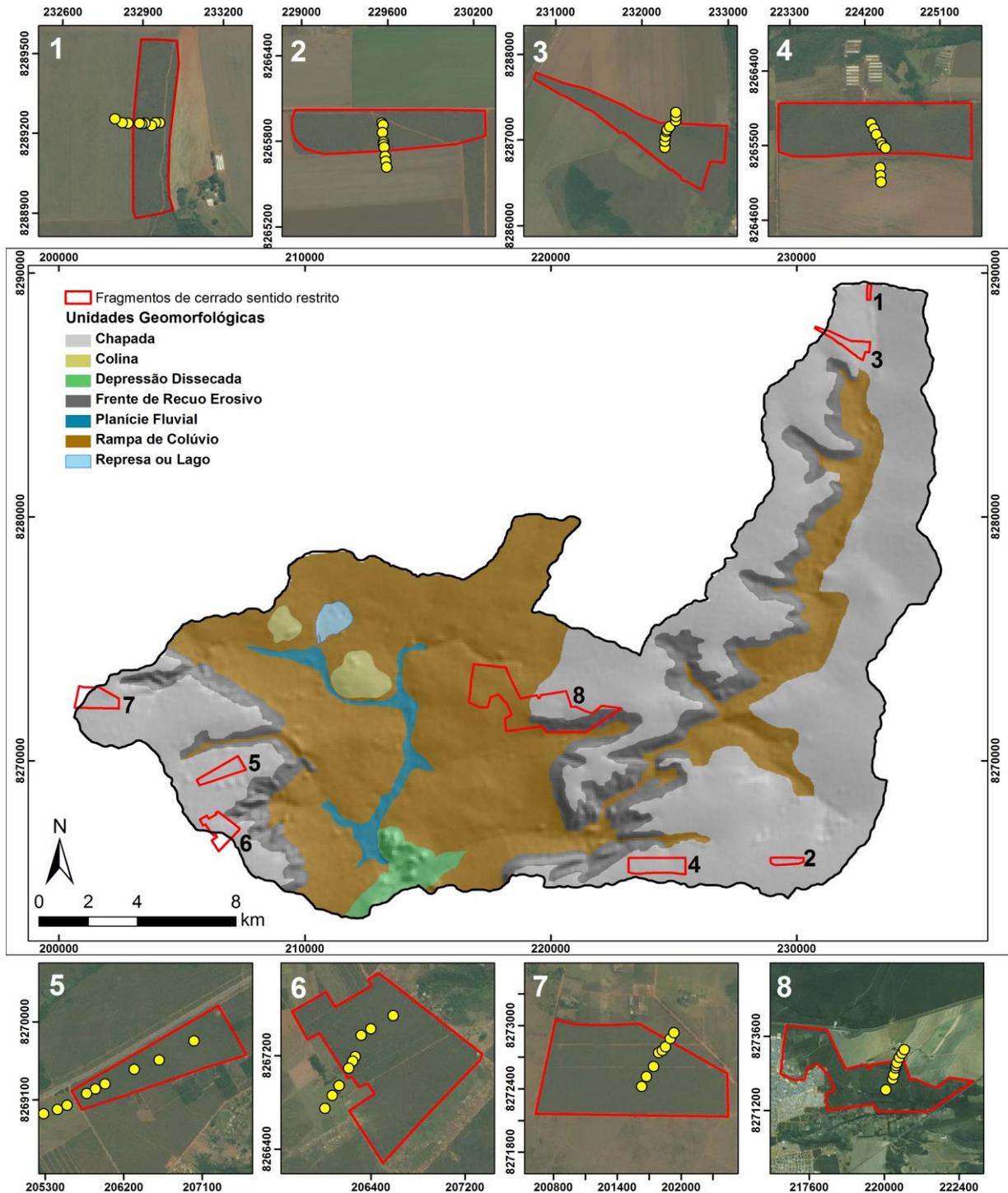


FIGURA 7. Localização das unidades amostrais (1 a 8) e pontos de coleta, situados em áreas de chapada do Alto São Bartolomeu. Unidades amostrais 1 a 4 possuem plantio direto em seu entorno e unidades amostrais 5 a 8 apresentam pastagens em seu entorno.

Enquanto as unidades amostrais que apresentam pastagens em seu entorno são:

Unidade amostral 5 – Área pertencente a Embrapa Cerrados, localizada no campo experimental denominado chapadão, entre as coordenadas 206319.92 mE e 8269449,34 mS.

O uso da terra se deu no início na década de 1980 com pastagem cultivada para criação de bovinos em regime de pastejo tradicional sobre Latossolo Vermelho, em uma área de aproximadamente 37 ha. Em 1986, foi implementado um experimento para avaliar as respostas de diferentes gramíneas em níveis de fertilidade de P diferentes, chegando até 140 kg/ha de P₂O₅ a lanço. Posteriormente a área foi utilizada para pastejo de gado de corte e leiteiro, ficando em estágio degradado até 2012, quando a área foi gradeada e acrescida de calcário. Em janeiro de 2014, um novo experimento começou a ser desenvolvido com ganho de peso de touros jovens e a área recebeu outra dose de calcário para implementação do capim BRS Piatã (*Brachiaria brizantha* cv) anteriormente à realização das coletas de solo.

A área de cerrado sentido restrito em Latossolo Vermelho-Amarelo adjacente à pastagem possui aproximadamente 88 ha, com histórico de queimadas frequentes.

Unidade amostral 6 – Área também pertencente a Embrapa Cerrados, localizada no campo experimental denominado chapadão, entre as coordenadas 206317,49 mE e 8267373,20 mS. Assim como o sítio 5, o uso da terra no sítio 6 se deu no início da década de 1980, sendo utilizado como pastagem nativa para gado bovino. Posteriormente, foi implementada pastagem de Braquiariinha (*Brachiaria decumbens*) sobre Latossolo Vermelho em uma área de aproximadamente 27,5 ha, após calagem e gessagem do solo.

A área de cerrado sentido restrito sobre Latossolo Vermelho adjacente à esta pastagem possui aproximadamente 121 ha com histórico de queimadas, no entanto não há ocorrência de queima desde 2006.

Unidade amostral 7 - Propriedade rural particular, localizada nas proximidades da BR 020, km 18, entre as coordenadas 201790,58 mE e 8272740,08 mS. Uso da terra foi iniciado em 1974, com finalidade de criação de gado de leite. A propriedade possui área de 900 ha, no entanto 800 ha foram loteados e 50 ha são utilizados para atividades agropecuárias.

As pastagens de Braquiariinha (*Brachiaria decumbens*) foram implantadas sobre latossolo vermelho de forma mecanizada para criação de gado. As últimas práticas de manejo e adubação foram realizadas entre 10 e 12 anos quando a pastagem foi implantada. Inicialmente a criação era de gado de leite, passando então para gado de corte. A utilização da pastagem é realizada duas vezes por ano, durante dois meses e nos demais meses do ano a área fica em pousio, enquanto o gado pasteja em outra fazenda adjacente.

A área de cerrado sentido restrito sobre Latossolo Vermelho que constitui a reserva legal da propriedade possui 80 ha. Não há registro de queimadas há aproximadamente 8 anos.

Unidade amostral 8 - Propriedade rural particular, localizada nas proximidades da BR-020, km 29, situada na RA de Planaltina, dentro da bacia da Ribeirão Mestre D'Armas. O

sítio 8 iniciou suas atividades em 1980. Possui uma área de 1258 ha, destes aproximadamente 600 ha são utilizados para plantio direto e 390 ha de pastagem. O uso da terra começou com implantação de lavouras e pastagens de forma mecanizada. O manejo agrícola é realizado com plantio direto, enquanto as pastagens utilizam sistema Voisint, pastoreio direto e produção de feno. A área de pastagem onde foi realizada a coleta utiliza capim tifton (*Cynodon spp.*) há 6 anos, mas já foi rotacionada com capim Tanzânia (*Panicum maximum*), capim híbrido Convert HD364 (*Brachiaria spp.*) com acesso do gado à 2,6 ha de pastagem por 2 dias de acordo com a biomassa do capim.

As últimas aplicações de calcário e fosfato ocorreram em 2010, onde foram utilizadas 3 T/ha (calcário) e 0,5 T/ha de superfosfato simples. Em 2013 foram feitas aplicações micronutrientes (FTE BR 12), 5 L/ha de adubo foliar e NPK (20-20-0). Para o controle de pragas e doenças utiliza-se o inseticida.

A reserva legal de cerrado sentido restrito sobre Latossolo Vermelho, possui 260 ha com histórico de queimadas frequentes, o último episódio de queimada na área de cerrado ocorreu entre maio e junho de 2013 e atingiu aproximadamente 150 ha da área.

4.3 Amostragem

Para cada área, a partir das coordenadas de centroide, foram determinados nove pontos de coleta ao longo de um transecto de linha disposto no gradiente de transição entre matriz e fragmento. Para determinar os pontos de coleta ao longo do transecto, considerou-se um *buffer* da metade da área do fragmento como as áreas de cerrado sentido restrito (C1, C2, C3), que foram distribuídos a partir dos pontos médios entre C2 (centroide do polígono do fragmento) e a área limite do *buffer*. As áreas de interface (I1, I2, I3), foram distribuídos na área externa ao *buffer* que foram distribuídos a partir dos pontos médios entre I2 (ponto médio entre limite do *buffer* e a borda). Para determinar os pontos de coleta da matriz antrópica (M1, M2, M3) utilizou-se a mesma distância do ponto C2 até a borda, mas no sentido borda matriz os pontos foram distribuídos a partir do ponto médio (M2). Desta forma, os pontos de coleta constituíram-se em três pontos na área núcleo do fragmento, três pontos na interface-fragmento matriz antrópica e três pontos na matriz antrópica (FIGURA 8), cujas disposições ao longo do transecto variou em função das métricas do fragmento. Para cada ponto de coleta foram coletadas amostras deformadas (com trado holandês) e indeformadas (com trado de amostra indeformada com anéis volumétricos de 100 cm³) de solo em cinco profundidades (0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-40 cm).

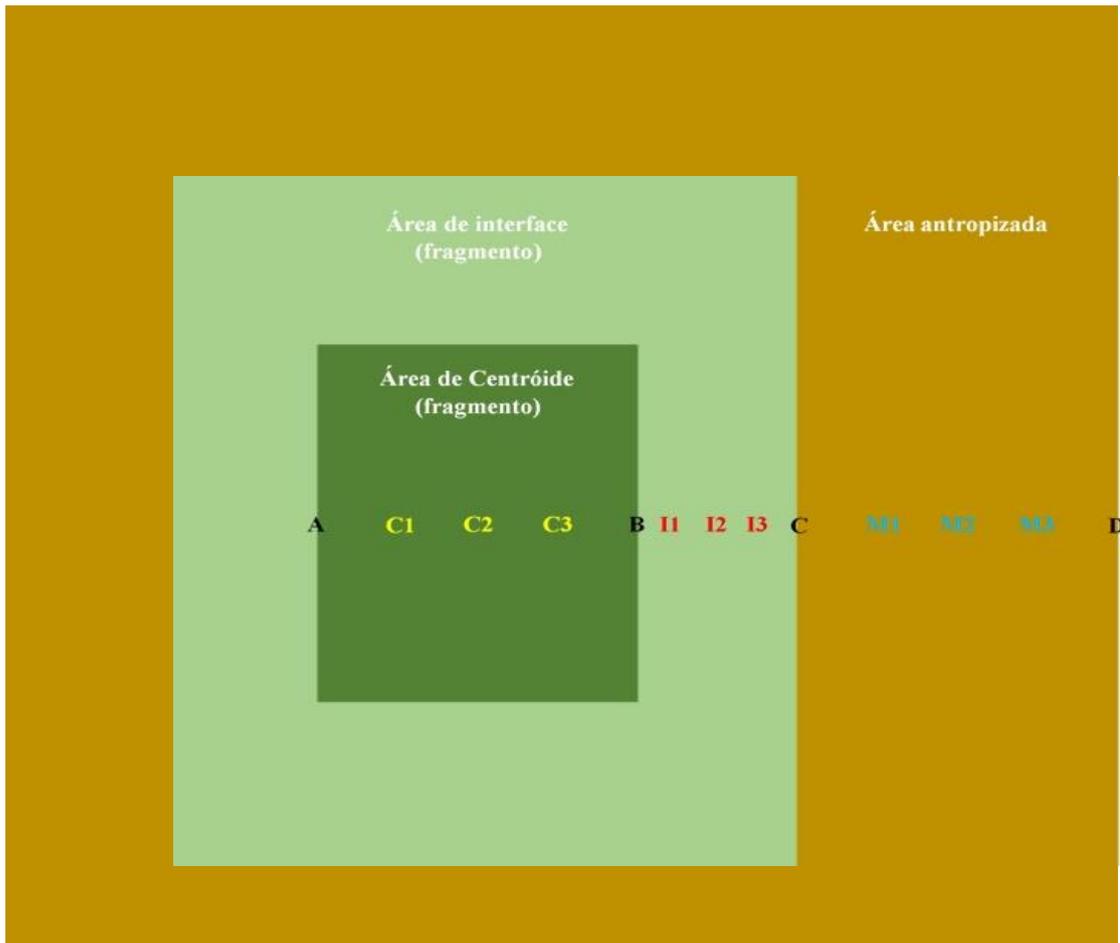


FIGURA 8. Exemplo de distribuição dos pontos de coleta. A – limite esquerdo do buffer; B – limite direito do buffer; C – limite do fragmento com área antrópica; D – limite da área de coleta na matriz antrópica. C1 – ponto médio entre C2 e A; C2 – centroide do fragmento; C3 – ponto médio entre C2 e B; I1 – ponto médio entre B e I2; I2 – ponto médio entre B e C; I3 – ponto médio entre I2 e C; M1 – ponto médio entre M2 e C; M2 – ponto médio entre C e D; M3 – ponto médio entre M2 e D.

4.4 Roteiro de entrevista semiestruturado

Para obter dados de histórico de uso das propriedades utilizou-se a entrevista pessoal. Desta forma, elaborou-se um roteiro semiestruturado para caracterizar as áreas estudadas quanto ao tempo de uso do solo, tipo de manejo e utilização de insumos agrícolas. O roteiro semiestruturado contou com 25 questões qualitativas, distribuídas entre os eixos: situação da propriedade, uso da terra e utilização de insumos agrícolas. Os roteiros foram aplicados aos donos de cada uma das 6 propriedades rurais particulares e ao responsável técnico pelas duas áreas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) - Cerrados utilizadas no estudo.

4.5 Análises de solo

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, formando a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). As raízes e resto de serapilheira foram removidas e posteriormente foi realizada composição das amostras nos intervalos de profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm.

As análises das características físicas e químicas do solo foram feitas de acordo com os métodos da EMBRAPA (1997). A partir das amostras deformadas do solo, as seguintes análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV): pH em H₂O (acidez ativa), proporção 1:2,5; P (extrator Mehlich I), K (Extrator Mehlich I), Ca²⁺ (extrator KCl - 1 mol/L), Mg²⁺ (extrator KCl - 1 mol/L), Al³⁺ (extrator KCl - 1 mol/L), H+Al (extrator Acetato de Cálcio 0,5mol/L - pH 7,0) e Carbono Orgânico pelo método Walkley & Black (1934), por titulação de FeSO₄, sem aquecimento externo, com eficiência de 77%, corrigido posteriormente pelo fator de van Bemmelen (1,724). A análise textural do solo foi realizada no laboratório de Solos do Departamento de Ecologia – Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília (UnB) e seguiu o método do densímetro (BOUYUCOS, 1926). Para a determinação da classe textural do solo foram utilizadas a classificação de EMBRAPA (2006) e pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS).

O teor gravimétrico da água no solo foi realizado através do cálculo da diferença entre o peso fresco e peso seco (após secagem em estufa a 105°C por 72 horas) dos solos coletados.

A partir do percentual do carbono e densidade aparente do solo foram calculados os estoques de carbono no solo. O estoque de C no solo foi calculado com correção para espessura do solo de acordo com Veldkamp (1994).

Onde:

Eq.(1)

$$Est C = \frac{(CO \times Ds \times e)}{10}$$

Onde:

Est C: estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha⁻¹);

CO: teor de C orgânico total da profundidade amostrada (g kg⁻¹);

Ds: densidade do solo da profundidade (kg dm⁻³);

e: espessura da camada considerada (cm).

4.6 Desenvolvimento de índices espectrais

4.6.1 Descrição dos dados Landsat 8

Cada conjunto de dados do Landsat 8 possui 11 bandas espectrais, destas, 7 se situam entre os comprimentos de onda do azul e infravermelho de ondas curtas com resolução espacial de 30m, 1 banda pancromática com resolução de 15m, 1 de cirrus com resolução espacial de 30m e 2 do infravermelho termal com resolução espacial de 100m (ROY *et al.* 2014). Conforme apresentado na TABELA 1:

TABELA 1. Características espectrais e espaciais do Landsat 8 OLI e TIRS (Adaptado de ROY *et al.* 2014).

Descrição da banda	Comprimento de onda (μm)
Banda 1 – azul (30 m)	0,43-0,45
Banda 2 – azul (30 m)	0,45-0,51
Banda 3 – verde (30 m)	0,53-0,59
Banda 4 – vermelho (30 m)	0,64-0,67
Banda 5 – infravermelho próximo (30 m)	0,85-0,88
Banda 6 – infravermelho de ondas curtas (30 m)	1,57-1,65
Banda 7 – infravermelho de ondas curtas (30 m)	2,11-2,29
Banda 8 – pancromática (15 m)	0,5-0,68
Banda 9 – cirrus (30 m)	1,36-1,38
Banda 10 – infravermelho termal (100 m)	10,60-11,19
Banda 11 – infravermelho termal (100 m)	11,50-12,51

As imagens de larga escala e de média resolução dos satélites Landsat foram adquiridas gratuitamente pelo endereço eletrônico do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey –USGS*) - <http://earthexplorer.usgs.gov/>, através do Arquivo Landsat (*Landsat Archive*), onde também pode-se obter as imagens do satélite Landsat 8 a cada 16 dias desde abril de 2013.

4.6.2 Correção Atmosférica com algoritmo FLAASH para Landsat 8

Utilizou-se a cena referente à órbita-ponto 221/071 do dia 16 de julho de 2014 obtida através do sensor OLI do satélite Landsat 8. Antes de realizar a correção atmosférica

converteu-se a imagem em valores de radiância, a partir dos números digitais disponibilizados na imagem. O processo de correção atmosférica foi feito através do algoritmo FLAASH, que emprega o código de transferência radiativa MODTRAN (ADLER-GOLDEN 1999, BERK *et al.* 2002). Os dados de entrada para radiância foram altitude média de 950 metros, modelo atmosférico Tropical e de aerossol Rural, sem recuperação pela água, com visibilidade de 40km. Utilizou-se o modelo aerossol Kaufmann-Tanré, com canal inferior de 660nm e o superior de 2.100nm.

4.6.3 Obtenção e Análise de índices de vegetação

Os canais de reflectância individuais foram utilizados na obtenção dos índices de vegetação NDVI, SAVI, EVI e NDWI, através do programa ENVI 5.0 (EXELIS 2013).

Através do NDVI pode-se observar a relação qualitativa entre suas variações e os padrões de crescimento da vegetação (HUETE *et al.* 1997), utilizando a equação a seguir (ROUSE *et al.* 1973):

$$NDVI = (\rho_{IVP} - \rho_V) / (\rho_{IVP} + \rho_V) \text{ Eq. (3)}$$

Onde, ρ_{IVP} é a reflectância no infravermelho próximo e ρ_V a reflectância na faixa do vermelho.

O SAVI foi desenvolvido para modelar de forma mais precisa a transferência de radiância do infravermelho próximo em dosséis incompletos visando remover o ruído de fundo (HUETE 1988):

$$SAVI = (1 + L) (\rho_{IVP} - \rho_V) / (\rho_{IVP} + \rho_V + L) \text{ Eq. (4)}$$

Onde, L é o fator de ajuste, sendo utilizado o valor 0,5.

O EVI também é utilizado para evidenciar regiões com alta biomassa, diminuindo a influência do solo e da atmosfera, de acordo com a seguinte expressão numérica (HUETE *et al.*, 1997):

$$EVI = G [(\rho_{IVP} - \rho_V) / (\rho_{IVP} + C1\rho_V - C2\rho_A + L)] \text{ Eq. (5)}$$

Onde ρ_A corresponde a reflectância na faixa do azul; $C1$ e $C2$ coeficientes de resistência atmosférica; L : o fator de correção de brilho do dossel; G fator de ganho, sendo aceitos os seguintes valores $C1 = 6$; $C2 = 7,5$; $L = 1$; e $G = 2,5$ (JUSTICE *et al.* 1998, HUETE *et al.* 1994, 1997).

Já o NDWI destaca a água presente na estrutura foliar, através da equação (GAO, 1996):

$$NDWI = (\rho_{IVP} - \rho_{IVC}) / (\rho_{IVP} + \rho_{IVC}) \text{ Eq. (6)}$$

4.7 Análises estatísticas

Foram realizadas análises de variância (ANOVA) de medidas repetidas para testar a significância ($p < 0,05$) entre as médias dos valores obtidos, a partir das amostras de solo, nos grupos áreas núcleo, interface, matrizes e as observações nos intervalos de profundidade 0-20 e 20-40 cm. A partir dos resultados significativos, o teste-*t* para amostras dependentes foi utilizado para comparar as diferenças entre áreas núcleo, interface, matrizes e os intervalos de profundidade 0-20 e 20-40 para os valores das variáveis textura, Ds, pH em H₂O, Al³⁺, H+Al, P, P-rem, K, Ca²⁺, Mg²⁺, SB, t, T, V, COS e estoque de carbono no solo. Desta forma, os valores de cada variável foram pareados entre as regiões das unidades amostrais e as diferenças examinadas pelo teste-*t*, cuja significância das diferenças utilizada foi de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o pacote estatístico STATISTICA, versão 9 para Windows (STATSOFT, Inc. 2009). Posteriormente, a análise de componentes principais (PCA, LEGENDRE & LEGENGRE 1998) foi utilizada para analisar inter-relações entre as variáveis e explicá-las em termos das suas dimensões mais próximas (fatores) (HAIR 2009). Para evitar autocorrelações entre variáveis foram utilizadas na PCA, não foram utilizadas as variáveis obtidas a partir dos resultados analíticos como SB, t, T e V e P-rem.

Para gerar as FPTs e avaliando conjuntamente a produção de biomassa (NDVI, EVI e SAVI) e o conteúdo de água foliar (NDWI) com os valores de COS e estoques de C para as camadas de 0-20, foram empregadas regressões lineares múltiplas utilizando os quatro índices de vegetação e posteriormente, foram realizadas regressões lineares múltiplas com método *stepwise*, que proporcionam ajustes nas equações da reta ($\alpha = 0,15$). Em ambos os casos os valores de C foram utilizados como variáveis dependentes enquanto os índices de vegetação NDVI, EVI, SAVI e NDWI foram utilizados como variáveis independentes. Através do método *stepwise*, procurou-se otimizar o processo de seleção dos índices de vegetação, propondo o ajuste das variáveis independentes (índices de vegetação) que melhor expliquem as variáveis dependentes (COS e estoques de C). As equações lineares múltiplas geradas foram utilizadas em álgebras de mapas, para a geração da distribuição da concentração e estoque de C para as camadas 0-20 e 0-40 cm.

4.8 Funções de Pedotransferência

Através do programa QuantumGIS 2.6.1 Brighton (SHERMAN *et al.* 2015) os valores dos índices de vegetação (NDVI, EVI, SAVI e NDWI) foram extraídos das imagens *raster* a partir das coordenadas geográficas referentes aos pontos de coleta de solo em cada unidade amostral. Os locais de coleta foram classificados quanto a cobertura e tipo de solo, de acordo com Santos *et al.* (no prelo). Desta forma, os solos do presente estudo seguiram a seguinte classificação: cerrado sentido restrito em Latossolo Vermelho (Csr LVc), cerrado sentido restrito em Latossolo Vermelho-Amarelo (Csr LVA); Pastagem em Latossolo Vermelho (Pst LVc) e Plantio Direto em Latossolo Vermelho (PD LVc), cerradão em Latossolo Vermelho (Crd) e mata de galeria em Gleissolos (MG). Os valores de Crd e MG foram obtidos de Santos *et al.* (no prelo). A seleção dos tipos de cobertura Csr LVc, Pst LVc e PD LV foi realizada de forma aleatorizada através da função *sample* do programa R (R Development Core Team, 2013). As áreas de cerradão em Latossolo Vermelho (Crd) e mata de galeria em Gleissolo (MG) obtidos por Santos *et al.* (no prelo) foram utilizadas como referência de concentração e estoque de carbono para ambientes florestais.

Após relacionar os valores de COS (g kg^{-1}) e estoques de C (Mg ha^{-1}) aos índices de vegetação através das regressões múltiplas, as equações das retas obtidas foram utilizadas para realizar álgebra de mapas permitindo atribuir os valores C a cada pixel para as classes de solo.

Para selecionar a melhor equação, dentre os vários modelos testados e ajustados, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado), o coeficiente de determinação predito (R^2 pred), erro padrão da regressão (S) e significância da regressão ($p < 0,10$).

5. Resultados

5.1 Cronossequência

A partir dos dados levantados através do roteiro semiestruturado foi possível estabelecer uma cronossequência (TABELA 2) do uso da terra por plantio direto e pastagem, além de observar o histórico de fogo nas áreas de cerrado sentido restrito adjacentes. Foi possível verificar que todas as áreas de matriz estão em Latossolo Vermelho, assim como as áreas de cerrado sentido restrito, exceto a da unidade amostral 5 e que as áreas de plantio direto realizam rotação de culturas.

TABELA 2. Cronossequência de usos da terra e ocorrência de queimadas ao longo dos anos em áreas de cerrado sentido restrito.

	Plantio Direto		Cerrado sentido restrito	
	Uso (anos)	Área (ha)	Anos sem queima	Área (ha)
UA 1	27	50	9	10
UA 2	15	270	4	36
UA 3	8	260	9	81
UA 4	4	260	Frequente	100
	Pastagem		Cerrado sentido restrito	
	Uso (anos)	Área (ha)	Anos sem queima	Área (ha)
UA 5	35	37	Frequente	88
UA 6	±35	275	8	121
UA 7	41	50	8	80
UA 8	35	390	Frequente	260

Frequente: indica ocorrência de queimadas entre um e dois anos.

5.2 Características físicas e químicas dos solos avaliados

5.2.1 Textura

Os teores de argila dos solos avaliados (TABELA 3) indicaram valores entre 14,4% e 43,8% nas áreas núcleo; 16,4% e 51,5% nas interfaces; 17,1% e 49,8% nos plantios diretos; e 16,4% e 34,3% nas pastagens. Os solos avaliados apresentaram predomínio de textura média de acordo com a classificação de Embrapa (2006) (TABELA 4), mas apresentaram cinco diferentes classes texturais de acordo com a classificação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (TABELA 5). Ao comparar as áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, predominaram semelhanças estatísticas entre áreas núcleo e interfaces, exceto nas unidades amostrais 1 e 3. A única matriz que não apresentou semelhanças estatísticas com áreas núcleo e interfaces foi a pastagem da unidade amostral 5. Contudo, as classes texturais de áreas núcleo e interfaces apresentaram-se as mesmas, com exceção da unidade amostral 5, indicando texturas predominantemente médias. Em relação as matrizes, as classes texturais também apresentaram em sua maioria texturas médias.

TABELA 3. Teores médios das frações argila, silte e areia dos solos estudados e respectivos desvios padrões para cerrado sentido restrito, interface, plantio direto e pastagem nos intervalos de 0-20 cm de profundidade, expressos em porcentagem (%). As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas em relação ao percentual de argila, considerando efeito significativo a 5% pelo teste t pareado.

Prof.	Área Núcleo			Interface			Plantio Direto			
	%Argila	%Silte	%Areia	%Argila	%Silte	%Areia	%Argila	%Silte	%Areia	
UA 1	0-20	43,2 ± 4,2 a	16,7 ± 1,7	40,1 ± 3,9	51,5 ± 4,2 b	17,2 ± 2,5	31,3 ± 6,7	47,5 ± 1,0 ab	14,4 ± 2,4	38,2 ± 3,4
UA 2	0-20	35,9 ± 2,0 ab	11,4 ± 6,8	52,7 ± 4,8	37,8 ± 1,7 a	7,0 ± 1,2	55,2 ± 0,6	32,3 ± 1,0 b	9,8 ± 1,7	58,0 ± 0,8
UA 3	0-20	43,8 ± 1,0 a	16,5 ± 1,0	39,8 ± 1,0	51,0 ± 2,5 b	14,9 ± 1,7	34,1 ± 3,6	49,8 ± 3,1 ab	14,7 ± 1,7	35,5 ± 4,8
UA 4	0-20	42,4 ± 8,7 a	8,6 ± 3,3	49,0 ± 8,4	18,8 ± 6,8 a	3,3 ± 0,2	77,9 ± 6,7	29,9 ± 1,7 a	3,9 ± 2,7	66,2 ± 3,1
Prof.	Área Núcleo			Interface			Pastagem			
%Argila	%Silte	%Areia	%Argila	%Silte	%Areia	%Argila	%Silte	%Areia		
UA 5	0-20	14,4 ± 7,1 a	3,8 ± 0,8	81,8 ± 7,0	16,5 ± 5,1 a	8,1 ± 1,7	75,4 ± 6,6	34,3 ± 1,9 b	11,1 ± 3,5	54,6 ± 4,4
UA 6	0-20	40,1 ± 3,8 a	12,5 ± 2,5	47,4 ± 5,4	36,7 ± 1,9 ab	12,8 ± 0,4	50, ± 1,5	20,6 ± 7,9 b	8,7 ± 4,1	70,7 ± 11,8
UA 7	0-20	25,2 ± 0,9 ab	8,9 ± 4,6	65,9 ± 5,4	27,9 ± 1,9 a	10,6 ± 1,7	61,5 ± 0,4	33,9 ± 4,2 b	15,3 ± 2,6	50,8 ± 2,0
UA 8	0-20	36,9 ± 8,4 ab	19,9 ± 0,8	43,2 ± 9,1	16,4 ± 1,7 a	6,3 ± 2,5	77,4 ± 3,5	27,5 ± 2,5 b	13,4 ± 2,0	59,1 ± 4,4

TABELA 4. Classes texturais dos solos avaliados, no intervalo de 0-20 cm classificados de acordo com Embrapa (2006). As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo.

Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio direto
UA 1	0-20	Argilosa	Argilosa
UA 2	0-20	Média	Média
UA 3	0-20	Argilosa	Argilosa
UA 4	0-20	Argilosa	Média
Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	Arenosa	Média
UA 6	0-20	Argilosa	Média
UA 7	0-20	Média	Média
UA 8	0-20	Média	Média

TABELA 5. Classes texturais dos solos avaliados, no intervalo de 0-20 cm classificados de acordo com a SBCS. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio direto
UA 1	0-20	Argiloso	Argiloso	Argiloso
UA 2	0-20	Argilo arenoso	Argilo arenoso	Franco argilo arenoso
UA 3	0-20	Argiloso	Argiloso	Argiloso
UA 4	0-20	Argilo arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
		Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	Franco arenosa	Franco arenoso	Franco argilo arenoso
UA 6	0-20	Argilo arenosa	Argilo arenoso	Franco argilo arenoso
UA 7	0-20	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenoso	Franco argilo arenoso
UA 8	0-20	Franco argilosa	Franco arenoso	Franco argilo arenoso

5.2.2 Densidade do solo (Ds)

Os valores de Ds dos solos estudados (TABELA 6) variaram entre 0,80 e 1,05 g cm⁻³ nas áreas núcleo e entre 0,79 e 1,16 g cm⁻³ nas interfaces considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. Em relação ao intervalo de 20-40 cm, a Ds do solo ficou entre 0,82 e 1,12 g cm⁻³ na área núcleo e entre 0,79 e 1,29 g cm⁻³ na interface. Nas áreas matrizes a Ds ficou entre 0,85 e 1,18 g cm⁻³ nas matrizes com plantio direto e entre 0,88 e 1,08 g cm⁻³ nas matrizes com pastagem, no intervalo de 0-20 cm. Já na camada de 20-40 cm, a Ds ficou entre 0,79 e 1,21 g cm⁻³ nos plantios diretos e entre 0,90 e 1,09 g cm⁻³ nas pastagens.

Não predominaram diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo, exceto nas unidades amostrais 4 e 5. Nas interfaces foram observadas diferenças significativas entre as profundidades avaliadas somente na unidade amostral 4. Já nas matrizes, somente o plantio direto da unidade amostral 2 apresentou diferenças significativas.

Ao comparar as áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, predominaram semelhanças estatísticas entre áreas núcleo e interfaces, no intervalo de 0-20 cm, exceto na unidade amostral 4. Já no intervalo de 20-40 cm, as matrizes antrópicas foram diferentes das áreas núcleo e interfaces nas unidades amostrais 4 e 7.

TABELA 6. Valores médios de Ds, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio Direto
UA 1	0-20	0,81 ± 0,01 aA	0,79 ± 0,02 aA	0,85 ± 0,04 aA
	20-40	0,82 ± 0,06 aA	0,80 ± 0,03 aA	0,82 ± 0,02 aA
UA 2	0-20	0,84 ± 0,02 aA	0,80 ± 0,04 aA	0,88 ± 0,03 aA
	20-40	0,92 ± 0,02 aB	0,88 ± 0,13 aA	0,99 ± 0,13 aA
UA 3	0-20	0,82 ± 0,04 abA	0,81 ± 0,03 aA	0,88 ± 0,02 aA
	20-40	0,82 ± 0,06 aA	0,83 ± 0,10 aA	0,79 ± 0,00 aB
UA 4	0-20	0,80 ± 0,03 aA	1,08 ± 0,03 bA	1,18 ± 0,02 cA
	20-40	0,93 ± 0,04 aB	1,16 ± 0,03 bB	1,14 ± 0,04 bA
	Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	0,93 ± 0,18 abA	0,88 ± 0,04 aA	0,91 ± 0,04 bA
	20-40	0,99 ± 0,08 aA	0,95 ± 0,21 aA	0,90 ± 0,08 aA
UA 6	0-20	0,90 ± 0,02 aA	0,92 ± 0,08 aA	1,08 ± 0,03 bA
	20-40	0,85 ± 0,05 aA	0,87 ± 0,05 aA	1,09 ± 0,06 bA
UA 7	0-20	0,87 ± 0,03 aA	0,82 ± 0,04 aA	0,88 ± 0,05 aA
	20-40	0,85 ± 0,07 abA	0,79 ± 0,05 aA	0,98 ± 0,03 bA
UA 8	0-20	1,05 ± 0,09 aA	1,16 ± 0,03 aA	1,09 ± 0,08 aA
	20-40	1,12 ± 0,05 aA	1,29 ± 0,03 bA	1,21 ± 0,02 aA

5.2.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH do solo (TABELA 7) variaram entre 4,87 e 5,37 nas áreas núcleo e entre 4,72 e 5,28 nas interfaces considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. Em relação ao intervalo de 20-40 cm, os valores de pH do solo ficaram entre 4,99 e 5,64 na área núcleo e entre 4,96 e 5,62 na interface. Já nas áreas antropizadas, os valores de pH, no intervalo de 0-20 cm, os valores ficaram entre 5,38 e 6,09 nas matrizes com plantio direto e entre 5,57 e 6,07 nas matrizes com pastagem. Já na camada de 20-40 cm, o pH ficou entre 4,90 e 5,50 nos plantios diretos e entre 5,34 e 5,56 nas pastagens.

Não foram observadas diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo. Contudo foram observadas diferenças significativas nos intervalos de profundidade nas interfaces das unidades amostrais 1 e 2, plantio direto das unidades amostrais 3 e 4 e pastagens da unidade amostral 6.

Ao comparar as áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, foram observadas diferenças significativas entre área núcleo, interface e plantio direto no intervalo de 0-20 cm de profundidade da unidade amostral 3. Também foram observadas diferenças significativas das pastagens em relação as áreas núcleo e interfaces das unidades amostrais 6 e 7, nos dois intervalos de profundidade.

TABELA 7. Valores médios de pH em água (proporção 1:2,5), com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio Direto
UA 1	0-20	5,06 ± 0,12 aA	5,11 ± 0,01 aA	6,09 ± 0,50 aA
	20-40	5,45 ± 0,19 aA	5,43 ± 0,12 aB	5,22 ± 0,12 aA
UA 2	0-20	5,02 ± 0,21 aA	5,13 ± 0,15 aA	5,75 ± 0,48 aA
	20-40	5,31 ± 0,25 aA	5,44 ± 0,08 aB	5,34 ± 0,08 aA
UA 3	0-20	5,37 ± 0,05 aA	5,06 ± 0,16 bA	5,63 ± 0,06 cA
	20-40	5,64 ± 0,26 aA	4,99 ± 0,17 aA	4,90 ± 0,30 aB
UA 4	0-20	4,99 ± 0,42 aA	5,24 ± 0,23 aA	5,38 ± 0,14 aA
	20-40	5,28 ± 0,03 aA	5,21 ± 0,23 aA	4,98 ± 0,28 aB
	Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	5,17 ± 0,14 aA	5,28 ± 0,19 aA	5,81 ± 0,32 aA
	20-40	5,32 ± 0,27 aA	5,62 ± 0,22 bA	5,50 ± 0,31 aA
UA 6	0-20	4,90 ± 0,14 aA	4,74 ± 0,27 aA	6,07 ± 0,05 bA
	20-40	5,24 ± 0,20 aA	5,12 ± 0,30 aA	5,49 ± 0,13 bB
UA 7	0-20	4,87 ± 0,37 aA	4,87 ± 0,24 aA	5,57 ± 0,16 bA
	20-40	5,29 ± 0,05 abA	5,21 ± 0,17 aA	5,56 ± 0,20 bA
UA 8	0-20	5,08 ± 0,12 aA	4,72 ± 0,61 aA	5,57 ± 0,39 aA
	20-40	5,32 ± 0,18 aA	4,96 ± 0,34 aA	5,50 ± 0,41 aA

5.2.4 Alumínio trocável (Al³⁺)

Os valores de Al³⁺ (TABELA 8) variaram entre 0,29 e 0,77 cmol_c dm⁻³ nas áreas núcleo e entre 0,42 e 0,84 cmol_c dm⁻³ nas interfaces considerando todas as unidades amostrais no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, os valores de Al³⁺ ficaram entre 0,00 (abaixo do limite de detecção) e 0,48 cmol_c dm⁻³ nas áreas núcleo e entre 0,07 e 0,67 cmol_c dm⁻³ nas interfaces. Enquanto nas matrizes, tanto no plantio direto quanto nas pastagens os valores apresentados foram próximos a zero nas duas profundidades e aumentaram com a profundidade.

Foram observadas diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo das unidades amostrais 1 e 7, nas interfaces das unidades amostrais 1, 4, 5, 6 e 7, além do plantio direto da unidade amostral 4.

Ao comparar as áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, as matrizes apresentaram diferenças significativas em relação as áreas núcleo e interfaces no intervalo de 0-20 cm das unidades amostrais 1, 2, 4, 5, 6 e 7. Já no intervalo de 20-40 cm, as matrizes antrópicas foram diferentes das áreas núcleo e interfaces nas unidades amostrais 2 e 7.

TABELA 8. Teores médios de Al³⁺ das áreas avaliadas, expressos em cmol_c dm⁻³, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio Direto
UA 1	0-20	0,45 ± 0,05 aA	0,51 ± 0,14 aA	0,00 ± 0,00 bA
	20-40	0,00 ± 0,00 aB	0,07 ± 0,06 aB	0,00 ± 0,00 aA
UA 2	0-20	0,74 ± 0,11 aA	0,75 ± 0,15 aA	0,03 ± 0,06 bA
	20-40	0,45 ± 0,11 aA	0,46 ± 0,06 aA	0,03 ± 0,06 bA
UA 3	0-20	0,29 ± 0,00 aA	0,55 ± 0,30 aA	0,00 ± 0,00 aA
	20-40	0,10 ± 0,17 aA	0,51 ± 0,24 bA	0,10 ± 0,10 aA
UA 4	0-20	0,77 ± 0,26 aA	0,84 ± 0,06 aA	0,00 ± 0,00 bA
	20-40	0,48 ± 0,10 aA	0,67 ± 0,10 aB	0,48 ± 0,19 aB
	Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	0,52 ± 0,28 abA	0,42 ± 0,15 aA	0,00 ± 0,00 bA
	20-40	0,26 ± 0,25 aA	0,10 ± 0,17 aB	0,03 ± 0,06 aA

UA 6	0-20	0,56 ± 0,06 aA	0,78 ± 0,10 aA	0,00 ± 0,00 bA
	20-40	0,33 ± 0,15 aA	0,36 ± 0,06 aB	0,10 ± 0,17 aA
UA 7	0-20	0,52 ± 0,15 aA	0,59 ± 0,10 aA	0,03 ± 0,06 bA
	20-40	0,23 ± 0,05 aB	0,29 ± 0,10 aB	0,00 ± 0,00 bA
UA 8	0-20	0,61 ± 0,15 aA	0,87 ± 0,39 aA	0,06 ± 0,11 aA
	20-40	0,36 ± 0,06 aA	0,64 ± 0,22 aA	0,10 ± 0,17 aA

5.2.5 Acidez potencial (H+Al)

Os valores de H+Al (TABELA 9) variaram entre 6,1 e 8,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas áreas núcleo e entre 6,0 e 8,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas interfaces considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, os valores de H+Al do solo ficaram entre 3,9 e 6,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas áreas núcleo e entre 3,3 e 7,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas interfaces. Nas áreas antropizadas, os valores de H+Al, no intervalo de 0-20 cm, ficaram entre 3,4 e 5,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em plantio direto e entre 2,7 e 4,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas pastagens. Já no intervalo de 20-40 cm, os valores de H+Al ficaram entre 3,9 a 5,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em plantio direto e entre 2,5 e 4,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas pastagens.

Foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo das unidades amostrais 1, 4, 5 e 8. Também foram observadas diferenças significativas nas interfaces das unidades amostrais 1, 2, 4, 5 e 6. Nas matrizes plantio direto e pastagens não foram observadas diferenças significativas entre os intervalos de profundidade analisados.

Ao comparar as áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, predominaram diferenças significativas das matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, no intervalo de 0-20 cm, com exceção da unidade amostral 3. No intervalo de 20-40 cm foram observadas diferenças significativas das matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces nas unidades amostrais 4, 6 e 7.

TABELA 9. Teores médios de H+Al das áreas avaliadas, expressos em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio Direto
Área 1	0-20	8,6 ± 0,5 aA	8,7 ± 0,5 aA	4,5 ± 0,6 bA
	20-40	5,5 ± 0,1 aB	5,4 ± 0,2 aB	5,3 ± 0,1 aA
Área 2	0-20	7,0 ± 0,2 aA	6,8 ± 0,6 aA	3,5 ± 1,5bA
	20-40	5,7 ± 0,7 aA	4,8 ± 0,7 aB	3,9 ± 0,9 aA
Área 3	0-20	7,2 ± 0,5 aA	7,9 ± 1,1 aA	5,3 ± 0,6 aA
	20-40	5,0 ± 0,8 aA	7,4 ± 1,2 bA	4,9 ± 0,6 abA
Área 4	0-20	8,6 ± 0,3 aA	7,2 ± 0,4 aA	3,4 ± 0,8 bA
	20-40	6,6 ± 0,2 aB	5,7 ± 0,2 aB	4,0 ± 0,7 bA
	Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
Área 5	0-20	6,1 ± 0,5 aA	6,0 ± 0,4 aA	3,5 ± 0,1 bA
	20-40	3,9 ± 0,4 aB	3,3 ± 1,0 aB	3,6 ± 0,5 aA
Área 6	0-20	6,2 ± 0,2 aA	6,4 ± 0,1 aA	2,7 ± 0,4 bA
	20-40	5,0 ± 1,0 abA	4,4 ± 0,6 aB	2,5 ± 0,7 bA
Área 7	0-20	6,9 ± 0,5 aA	7,3 ± 0,3 aA	3,9 ± 0,4 bA
	20-40	5,5 ± 0,6 aB	5,7 ± 1,0 abA	3,6 ± 0,1 bA
Área 8	0-20	6,4 ± 0,8 aA	7,0 ± 1,2 aA	4,6 ± 0,5 bA
	20-40	4,7 ± 1,1 aB	6,1 ± 1,0 aA	4,5 ± 1,0 aA

5.2.6 Fósforo disponível (P) e remanescente (P-rem)

Os valores de P disponível (FIGURA 9) variaram entre 0,5 e 1,2 mg dm^{-3} nas áreas núcleo e entre 0,6 e 1,3 mg dm^{-3} nas interfaces considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, os valores de P disponível ficaram entre 0,2 e 0,7 mg dm^{-3} tanto nas áreas núcleo quanto nas interfaces. Nas áreas antropizadas, os valores de P disponível, no intervalo de 0-20 cm, ficaram entre 2,8 e 11,4 mg dm^{-3} em plantio direto e 0,7 e 11,6 mg dm^{-3} nas pastagens. Enquanto no intervalo de 20-40 cm, o P disponível ficou entre 0,6 e 3,1 mg dm^{-3} em plantio direto e entre 0,5 e 0,7 mg dm^{-3} nas pastagens.

Foram observadas diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo das unidades amostrais 2,3 e 4 e nas interfaces das unidades amostrais 2, 4, 5 e 8. Nas matrizes, foram observadas diferenças significativas no plantio direto da unidade amostral 1 e nas pastagens das unidades amostrais 6 e 8.

Ao comparar as áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, no intervalo de 0-20 cm de profundidade, as áreas núcleo, interfaces e matrizes foram estatisticamente semelhantes, com exceção do plantio direto da unidade amostral 1 e a pastagem da unidade amostral 6. No intervalo de 20-40 cm, as áreas núcleo, interfaces e matrizes também foram estatisticamente semelhantes, com exceção da unidade amostral 6.

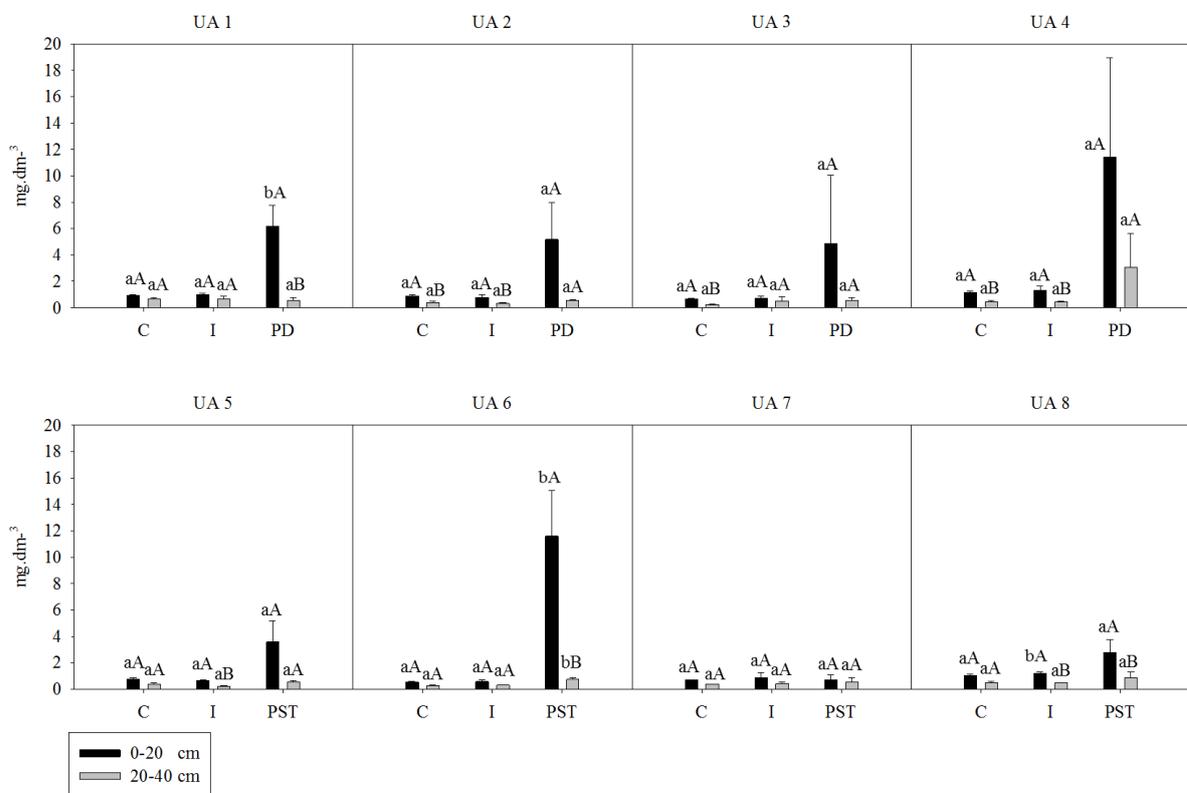


FIGURA 9. Valores médios de P disponível (extrator Melich-1) nas áreas avaliadas, expressas em mg dm⁻³ e seus respectivos desvios padrão. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

Os valores de P-rem (TABELA 10) variaram entre 9,0 e 18,5 mg L⁻¹ nas áreas núcleo e entre 9,6 a 24,9 mg L⁻¹ nas interfaces considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. Em relação ao intervalo de 20-40 cm os valores de P-rem do

solo ficaram entre 7,1 e 12,4 mg L⁻¹ nas áreas núcleo e entre 6,5 e 17,4 mg L⁻¹ nas interfaces. Nas áreas antropizadas, os valores de P-rem, no intervalo de 0-20 cm, ficaram entre 14,2 e 31,0 mg L⁻¹ em plantio direto e entre 12,4 e 25,5 mg L⁻¹ nas pastagens. Já no intervalo de 20-40 cm, o P-rem ficou entre 9,3 e 24,7 mg L⁻¹ em plantio direto e entre 9,2 e 22,9 mg L⁻¹ nas pastagens.

Observaram-se diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo das unidades amostrais 2,3,7 e 8, assim como nas interfaces das unidades amostrais 1 e 8. Nas matrizes foram observadas diferenças significativas em plantio direto nas unidades amostrais 1,2 e 3 e nas pastagens das unidades amostrais 5 e 8.

Ao comparar as áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, no intervalo de 0-20 cm de profundidade áreas núcleo e interfaces apresentaram-se estatisticamente semelhantes, com exceção das unidades amostrais 4 e 8. As matrizes também se apresentaram predominantemente semelhantes as áreas núcleo e interfaces, exceto a pastagem da unidade amostral 6. No intervalo de 20-40 cm, as áreas núcleo interfaces e matrizes também apresentaram semelhanças estatísticas, no entanto os plantios direto das unidades amostrais 1 e 3, bem como a pastagem da unidade amostral 8 apresentaram diferenças em relação às demais porções.

TABELA 10. Valores médios de P-rem das áreas avaliadas, expressos em mg L⁻¹, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio Direto
UA 1	0-20	9,0 ± 1,9 aA	9,6 ± 1,0 aA	14,4 ± 1,8 aA
	20-40	7,2 ± 0,2 aA	6,5 ± 0,5 aB	10,7 ± 0,5 bB
UA 2	0-20	11,3 ± 0,8 aA	11,3 ± 0,3 aA	15,5 ± 1,6 aA
	20-40	8,4 ± 0,3 aB	8,4 ± 1,5 aA	9,3 ± 0,6 aB
UA 3	0-20	11,7 ± 1,6 aA	12,0 ± 1,9 aA	14,2 ± 0,5 aA
	20-40	8,0 ± 0,3 aB	11,3 ± 1,6 abA	11,3 ± 0,0 bB
UA 4	0-20	13,5 ± 1,7 aA	19,1 ± 1,2 bA	31,0 ± 3,4 cA
	20-40	12,4 ± 0,2 aA	17,4 ± 3,5 aA	24,7 ± 3,1 aA
	Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	13,8 ± 4,8 aA	12,9 ± 2,4 aA	13,9 ± 2,0 aA

	20-40	10,5 ± 2,4 aA	9,7 ± 0,8 aA	9,2 ± 2,1 aB
UA 6	0-20	12,7 ± 1,0 aA	13,7 ± 1,9 aA	25,5 ± 2,0 bA
	20-40	11,6 ± 0,6 aA	12,6 ± 1,3 aA	22,9 ± 0,0 bA
UA 7	0-20	10,3 ± 0,5 aA	9,6 ± 0,4 aA	12,4 ± 3,9 aA
	20-40	7,1 ± 0,4 aB	8,7 ± 1,4 aA	10,2 ± 3,5 aA
UA 8	0-20	18,8 ± 2,2 aA	24,9 ± 0,4 bA	22,7 ± 0,6 cA
	20-40	11,8 ± 0,0 aB	11,8 ± 0,0 aB	17,4 ± 1,6 bB

5.2.7 Potássio disponível (K)

Os valores de K disponível (FIGURA 10) variaram entre 16 e 70 mg dm⁻³ nas áreas núcleo e entre 25 e 49 mg dm⁻³ nas interfaces considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. Já no intervalo de 20-40 cm os valores de K disponível no solo ficaram entre 12 e 27 mg dm⁻³ nas áreas núcleo e entre 11 e 36 mg dm⁻³ nas interfaces. Nas matrizes os valores de K disponível, no intervalo de 0-20 cm, ficaram entre 33 e 159 mg dm⁻³ em plantio direto e entre 32,3 e 70,7 mg dm⁻³ nas pastagens. Enquanto no intervalo de 20-40 cm de profundidade o K disponível ficou entre 11 e 67 mg dm⁻³ em plantio direto e entre 11 e 34 mg dm⁻³ nas pastagens.

Foram observadas diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo das unidades amostrais 2,3,6 e 7, além das interfaces das unidades amostrais 1,2,4,6 e 8. Nas matrizes foram observadas diferenças significativas entre os intervalos de profundidade nos plantios diretos das unidades amostrais 3 e 4, bem como das pastagens das unidades amostrais 5 e 6.

Na comparação de áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, as áreas núcleo, interfaces e matrizes foram estatisticamente semelhantes, com exceção do intervalo de 20-40 cm no plantio direto da unidade amostral 4.

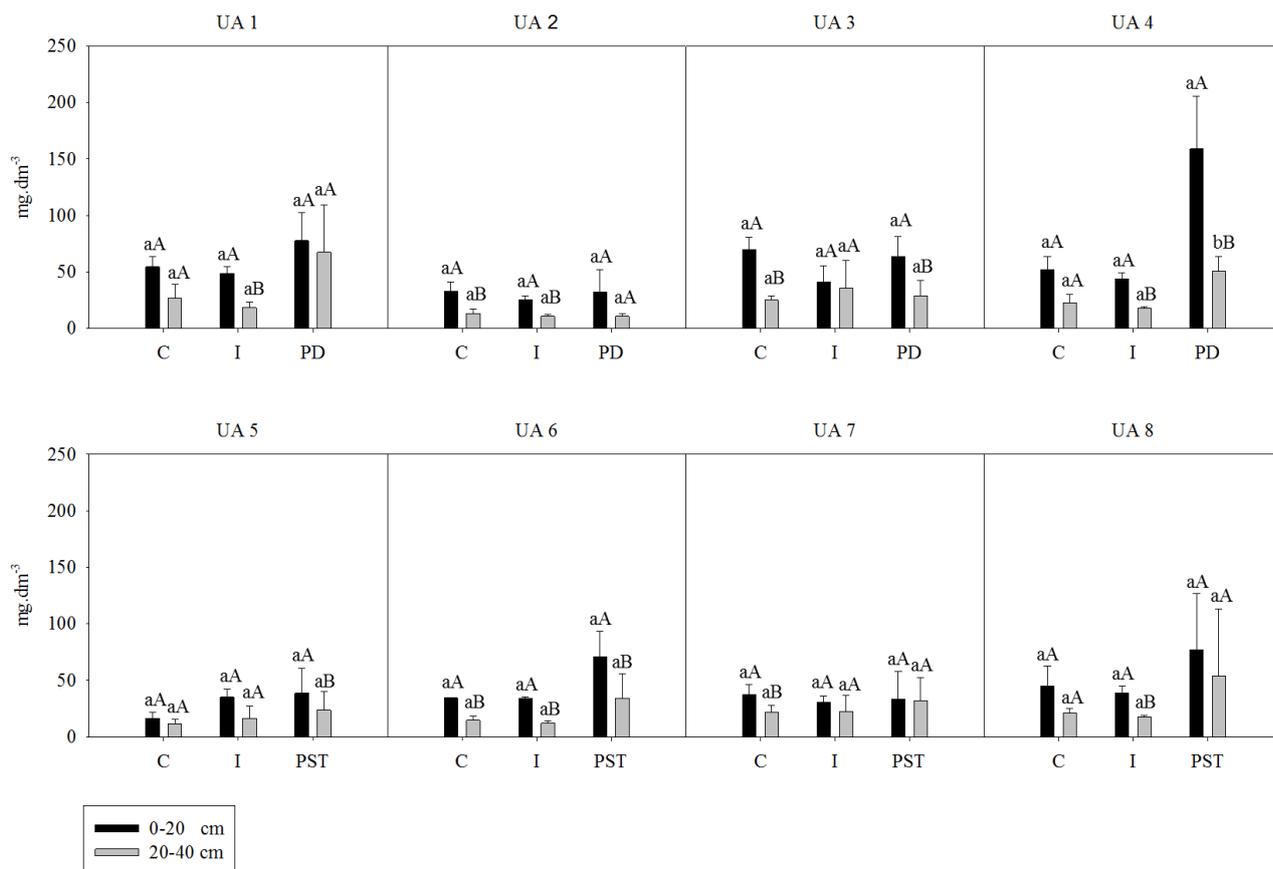


FIGURA 10. Valores médios de K disponível (extrator Melich-1) nas áreas avaliadas, expressas em mg dm⁻³ e seus respectivos desvios padrão. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

5.2.8 Cálcio trocável (Ca²⁺)

Os valores de Ca²⁺ trocável (FIGURA 11) variaram entre 0,13 e 0,50 cmol_c dm⁻³ nas áreas núcleo e entre 0,09 e 0,45 cmol_c dm⁻³ nas interfaces considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, os valores de Ca²⁺ trocável no solo ficaram entre 0,08 e 0,16 cmol_c dm⁻³ nas áreas núcleo e entre 0,06 e 0,17 cmol_c dm⁻³ nas interfaces. Nas matrizes os valores de Ca²⁺ disponível, no intervalo de 0-20 cm, ficaram entre 1,94 e 4,35 cmol_cdm⁻³ nas áreas núcleo e entre 1,01 e 3,38 cmol_c dm⁻³ nas pastagens. No intervalo de 20-40 cm de profundidade o Ca²⁺ trocável ficou entre 0,56 e 1,20 cmol_c dm⁻³ em plantio direto e entre 0,53 e 0,87 cmol_c dm⁻³ nas pastagens.

Observaram-se diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo das unidades amostrais 3 e 7, assim como nas interfaces das

unidades amostrais 1,2,4 e 5. Nas matrizes predominaram diferenças significativas entre os intervalos de profundidade, exceto na pastagem da unidade amostral 7.

Na comparação de áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, as áreas núcleo e interfaces foram estatisticamente semelhantes, exceto na unidade amostral 6. Predominaram diferenças significativas das matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, no intervalo de 0-20 cm de profundidade, exceto na unidade amostral 7. No intervalo de 20-40 cm, também predominaram diferenças significativas das matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, exceto as o plantio direto da unidade amostral 2 e a pastagem da unidade amostral 7.

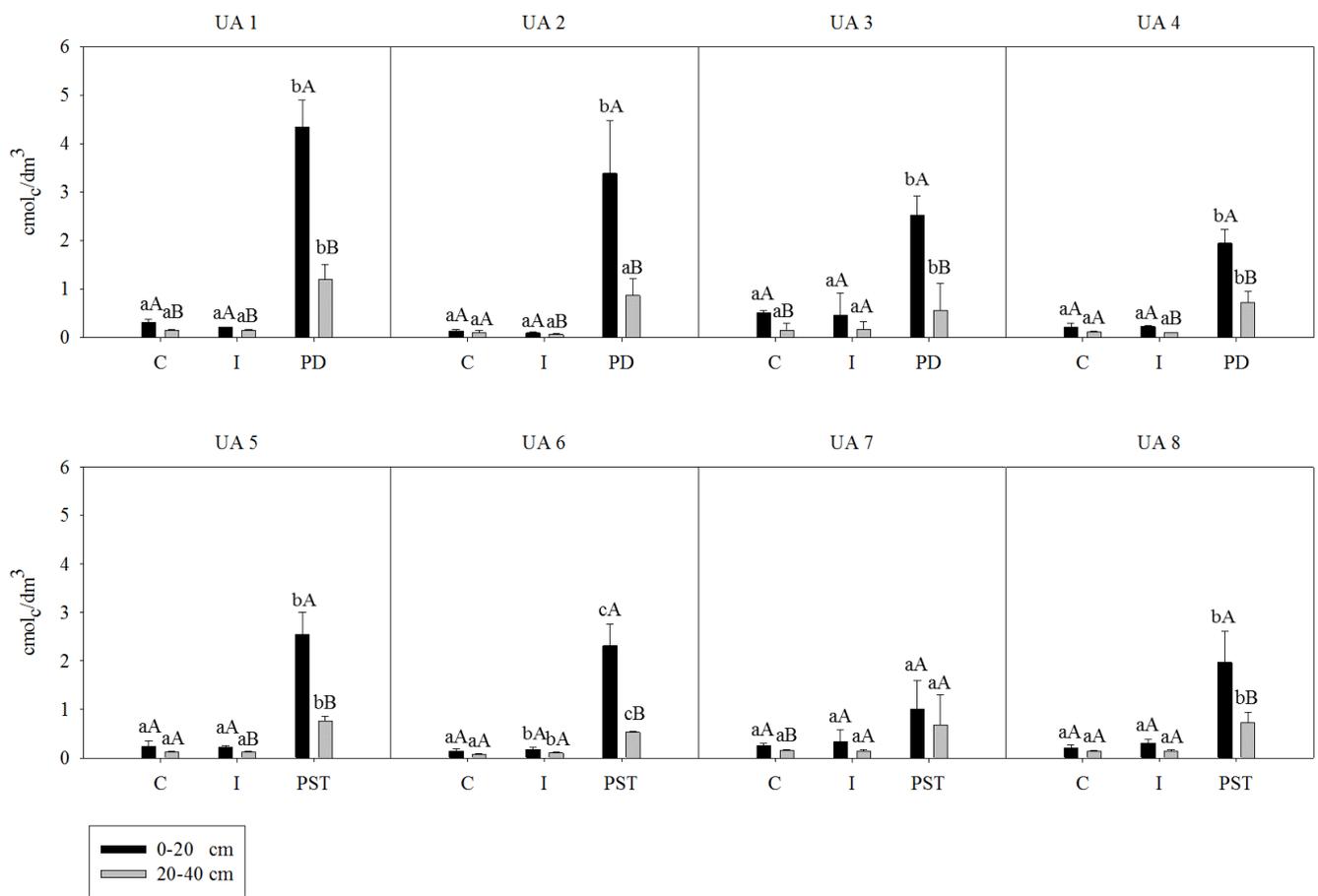


FIGURA 11. Valores médios de Ca²⁺ trocável (extrator: KCl - 1 mol/L) nas áreas avaliadas, expressas em cmol_c dm⁻³ e seus respectivos desvios padrão. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste *t* pareado.

5.2.9 Magnésio trocável (Mg^{2+})

Os valores de Mg^{2+} disponível (FIGURA 12) variaram entre 0,09 e 0,27 $cmol_c dm^{-3}$ nas áreas núcleo e entre 0,09 e 0,23 $cmol_c dm^{-3}$ nas interfaces de todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, os valores de Mg^{2+} trocável ficaram entre 0,05 e 0,08 $cmol_c dm^{-3}$ nas áreas núcleo e entre 0,05 e 0,10 $cmol_c dm^{-3}$ nas interfaces. No intervalo de 0-20 cm, as matrizes apresentaram valores de Mg^{2+} trocável entre 0,69 e 1,31 $cmol_c dm^{-3}$ em plantio direto e entre 0,31 e 1,07 nas pastagens. Enquanto no intervalo de 20-40 cm, o Mg^{2+} trocável no solo ficou entre 0,23 e 0,37 $cmol_c dm^{-3}$ em plantio direto e entre 0,22 e 0,40 $cmol_c dm^{-3}$ nas pastagens.

Predominaram diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo, exceto nas unidades amostrais 5 e 8. Nas interfaces, apresentaram diferenças entre os intervalos de profundidade as unidades amostrais 1, 2, 4 e 5. Nas matrizes, diferenças significativas foram observadas entre os intervalos de profundidade em plantio direto das unidades amostrais 1 e 3 e nas pastagens das unidades amostrais 5 e 6.

Na comparação das porções de uma mesma unidade amostral, as áreas núcleo e interfaces foram estatisticamente semelhantes nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, exceto na unidade amostral 1. Diferenças significativas das matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces foram predominantes, no intervalo de 0-20 cm, exceto as pastagens das unidades amostrais 7 e 8. No intervalo de 20-40 cm apresentaram diferenças significativas os plantios diretos das unidades amostrais 1 e 2, além das pastagens das unidades amostrais 5 e 6.

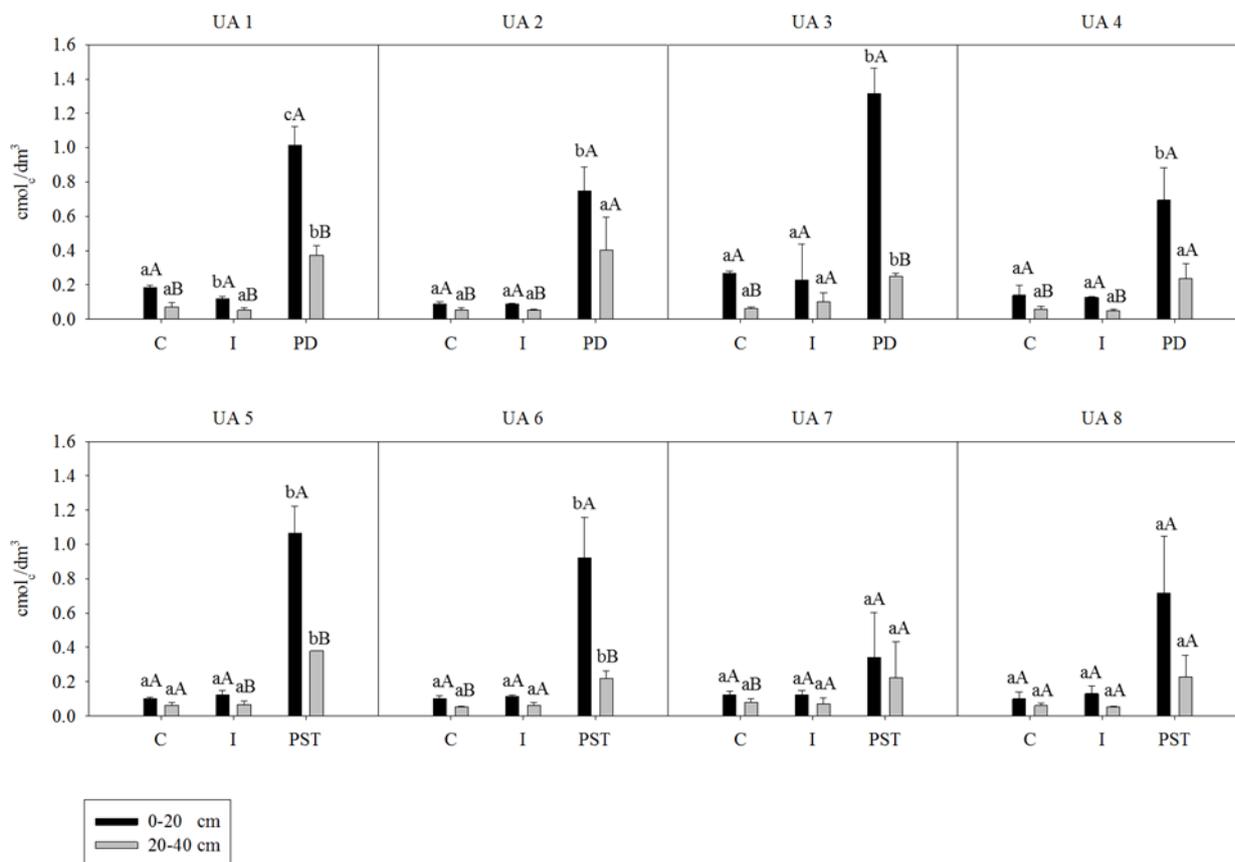


FIGURA 12. Valores de Mg²⁺ trocável (extrator: KCl - 1 mol L⁻¹), nas áreas avaliadas, expressos em cmol_c dm⁻³ e seus respectivos desvios padrão. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

5.2.10 Soma de bases (SB)

Os valores de SB (TABELA 11) variaram entre 0,31 e 0,94 cmol_c dm⁻³ nas áreas núcleo e entre 0,24 e 0,78 cmol_c dm⁻³ nas interfaces considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, a SB ficou entre 0,17 e 0,30 cmol_c.dm⁻³ nas áreas núcleo e entre 0,14 e 0,36 cmol_c.dm⁻³ nas interfaces. As matrizes apresentaram valores entre 2,89 e 5,56 cmol_c dm⁻³ em plantio direto e entre 1,44 e 4,21 cmol_c.dm⁻³ nas pastagens, no intervalo de 0-20 cm. Já no intervalo de 20-40 cm, a SB no solo ficou entre 0,88 e 1,75 cmol_c.dm⁻³ em plantio direto e entre 0,81 e 1,30 cmol_c.dm⁻³ nas pastagens.

Diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade das áreas núcleo foram observadas nas unidades amostrais 1, 2, 3, 6 e 7, enquanto nas interfaces

diferenças significativas foram percebidas nas unidades amostrais 1, 2, 4 e 5. Nas matrizes, predominaram diferenças significativas entre as profundidades, exceto nas unidades amostrais 4 e 7.

Ao comparar as porções de uma mesma unidade amostral, as áreas núcleo e interfaces foram estatisticamente semelhantes nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, exceto nas interfaces das unidades amostrais 6 (0-20 cm) e 8 (20-40 cm). Predominaram diferenças significativas das matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm, exceto no plantio direto da unidade amostral 2 e nas pastagens das unidades amostrais 7 e 8.

TABELA 11. Valores médios de SB das áreas avaliadas, expressos em cmolc dm^{-3} , com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio Direto
UA 1	0-20	0,63 ± 0,09 aA	0,45 ± 0,01 aA	5,56 ± 0,65 bA
	20-40	0,30 ± 0,06 aB	0,24 ± 0,05 aB	1,75 ± 0,27 bB
UA 2	0-20	0,31 ± 0,06 aA	0,24 ± 0,02 aA	4,21 ± 1,06 bA
	20-40	0,19 ± 0,06 aB	0,14 ± 0,03 aB	1,30 ± 0,53 aB
UA 3	0-20	0,94 ± 0,08 aA	0,78 ± 0,68 aA	4,00 ± 0,49 bA
	20-40	0,27 ± 0,03 aB	0,36 ± 0,17 aA	0,88 ± 0,10 bB
UA 4	0-20	0,49 ± 0,16 aA	0,47 ± 0,03 aA	3,04 ± 0,58 bA
	20-40	0,23 ± 0,05 aA	0,19 ± 0,03 aB	1,09 ± 0,30 bA
	Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	0,38 ± 0,13 aA	0,44 ± 0,05 aA	3,72 ± 0,65 bA
	20-40	0,21 ± 0,06 aA	0,22 ± 0,06 aB	1,19 ± 0,13 bB
UA 6	0-20	0,33 ± 0,07 aA	0,37 ± 0,06 aA	3,42 ± 0,72 cA
	20-40	0,17 ± 0,02 aB	0,20 ± 0,03 aA	0,81 ± 0,03 bB
UA 7	0-20	0,48 ± 0,07 aA	0,54 ± 0,27 aA	1,44 ± 0,87 aA
	20-40	0,30 ± 0,05 aB	0,26 ± 0,08 aA	0,99 ± 0,85 aA
UA 8	0-20	0,42 ± 0,15 abA	0,53 ± 0,11 aA	2,89 ± 1,00 bA
	20-40	0,25 ± 0,05 aA	0,23 ± 0,04 bA	1,10 ± 0,42 abB

5.2.11 Capacidade de troca catiônica efetiva (t) e potencial (T)

Os valores de t (TABELA 12) variaram entre 0,89 e 1,26 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas áreas núcleo e entre 0,86 e 1,40 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas interfaces, de todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, os valores de t ficaram entre 0,30 e 0,71 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas áreas núcleo e entre 0,31 e 0,87 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas interfaces. Nas matrizes, os valores de t, no intervalo de 0-20 cm, apresentaram valores entre 2,95 e 5,56 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em plantio direto e entre 1,47 e 4,25 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas pastagens. No intervalo de 20-40 cm de profundidade, a t ficou entre 0,98 e 1,75 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em plantio direto e entre 0,95 e 1,33 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas pastagens.

Predominaram diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade nas áreas núcleo, exceto na unidade amostral 4. Nas interfaces, diferenças significativas também foram predominantes, exceto nas unidades amostrais 3, 7 e 8. Nas matrizes, as diferenças entre as profundidades também foram predominantes, exceto no plantio direto da unidade amostral 4 e na pastagem da unidade amostral 7.

Na comparação de áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, as áreas núcleo e interfaces foram estatisticamente semelhantes. Ao avaliar as matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, no intervalo de 0-20 cm, observou-se o predomínio de diferenças significativas, exceto no plantio direto da unidade amostral 4 e na pastagem da unidade amostral 7. No intervalo de 20-40 cm, também foram observadas diferenças significativas das matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, exceto no plantio direto da unidade amostral 2 e nas pastagens das unidades amostrais 7 e 8.

TABELA 12. Valores médios de t das áreas avaliadas, expressos em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio Direto
UA 1	0-20	1,08 ± 0,12 aA	0,97 ± 0,15 aA	5,56 ± 0,65 bA
	20-40	0,30 ± 0,06 aB	0,31 ± 0,05 aB	1,75 ± 0,27 bB
UA 2	0-20	1,05 ± 0,16 aA	0,99 ± 0,16 aA	4,25 ± 1,01 bA
	20-40	0,64 ± 0,13 aB	0,60 ± 0,08 aB	1,33 ± 0,52 aB
UA 3	0-20	1,23 ± 0,08 aA	1,33 ± 0,76 aA	4,00 ± 0,49 bA

	20-40	0,37 ± 0,14 aB	0,87 ± 0,41 abA	0,98 ± 0,19 bB
UA 4	0-20	1,26 ± 0,17 aA	1,30 ± 0,08 aA	3,04 ± 0,58 aA
	20-40	0,71 ± 0,13 aA	0,86 ± 0,11 aB	1,57 ± 0,22 bA
	Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	0,90 ± 0,15 aA	0,86 ± 0,19 aA	3,72 ± 0,65 bA
	20-40	0,47 ± 0,23 aB	0,32 ± 0,22 aB	1,23 ± 0,07 bB
UA 6	0-20	0,89 ± 0,08 aA	1,15 ± 0,10 aA	3,42 ± 0,72 bA
	20-40	0,50 ± 0,16 abB	0,56 ± 0,07aB	0,95 ± 0,12bB
UA 7	0-20	1,00 ± 0,21 aA	1,13 ± 0,35 aA	1,47 ± 0,81 aA
	20-40	0,53 ± 0,10 aB	0,56 ± 0,14 aA	0,99 ± 0,85 aA
UA 8	0-20	1,03 ± 0,05 abA	1,40 ± 0,50 aA	2,95 ± 0,89 bA
	20-40	0,61 ± 0,01 aB	0,87 ± 0,18 aA	1,20 ± 0,27 aB

Os valores de T (TABELA 13) variaram entre 6,48 e 9,27 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas áreas núcleo e entre 6,40 e 9,19 nas interfaces, considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, a T ficou entre 4,07 e 6,86 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas áreas núcleo e entre 3,55 e 7,79 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas interfaces. As matrizes indicaram valores entre 6,41 e 10,09 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ em plantio direto e entre 5,30 e 7,75 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas pastagens, no intervalo de 0-20 cm. Enquanto no intervalo de 20-40 cm, os valores de T ficaram entre 5,06 e 7,09 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ no plantio direto e entre 3,31 e 5,23 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas pastagens.

Diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade das áreas núcleo foram predominantes nas áreas núcleo, exceto nas unidades amostrais 2 e 6. Nas interfaces, também predominaram diferenças significativas entre os intervalos de profundidade avaliados, exceto nas unidades amostrais 3 e 8. Nas matrizes, foram observadas diferenças significativas entre as profundidades nas unidades amostrais 1, 2, 3, 5 e 6.

Ao comparar as porções de uma mesma unidade amostral, as áreas núcleo e interfaces foram estatisticamente semelhantes nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Ao avaliar as matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, no intervalo de 0-20 cm, perceberam-se diferenças significativas somente nos plantios diretos das unidades amostrais 3 e 4. Enquanto no intervalo de 20-40 cm, diferenças significativas das matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, foram apresentadas somente nos plantios diretos das unidades amostrais 1 e 4 e na pastagem da unidade amostral 5.

TABELA 13. Valores médios de T das áreas avaliadas, expressos em $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste t pareado.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio Direto
UA 1	0-20	9,27 ± 0,58 aA	9,19 ± 0,46 aA	10,09 ± 0,11 aA
	20-40	5,76 ± 0,08 aB	5,64 ± 0,24 aB	7,09 ± 0,17 bB
UA 2	0-20	7,34 ± 0,23 aA	7,01 ± 0,56 aA	7,75 ± 0,41 aA
	20-40	5,86 ± 0,71 aA	4,94 ± 0,65 aB	5,23 ± 0,55 aB
UA 3	0-20	8,11 ± 0,48 aA	8,68 ± 1,71 aA	9,34 ± 0,56 bA
	20-40	5,27 ± 0,76 aB	7,79 ± 1,34 aA	5,70 ± 0,63 aB
UA 4	0-20	9,12 ± 0,43 aA	7,70 ± 0,43 aA	6,41 ± 0,20 bA
	20-40	6,86 ± 0,24 aB	5,89 ± 0,18 abB	5,06 ± 0,36 bA
	Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	6,48 ± 0,53 aA	6,40 ± 0,38 aA	7,18 ± 0,70 aA
	20-40	4,07 ± 0,38 aB	3,55 ± 1,08 abB	4,83 ± 0,43 bB
UA 6	0-20	6,53 ± 0,17 aA	6,74 ± 0,05 aA	6,08 ± 0,72 aA
	20-40	5,17 ± 1,00 aA	4,60 ± 0,54 aB	3,31 ± 0,68 aB
UA 7	0-20	7,35 ± 0,53 aA	7,84 ± 0,33 aA	5,30 ± 0,95 aA
	20-40	5,76 ± 0,62 aB	5,96 ± 1,00 aB	4,55 ± 0,81 aA
UA 8	0-20	6,82 ± 0,94 aA	7,50 ± 1,25 aA	7,45 ± 1,11 aA
	20-40	4,99 ± 1,13 aB	6,33 ± 1,02 aA	5,57 ± 0,62 aA

5.2.12 Percentual de saturação por bases (V)

Os valores de V (TABELA 14) variaram entre 4,20 e 11,63% nas áreas núcleo e entre 3,50 e 8,23% nas interfaces, considerando todas as unidades amostrais, no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, os valores de V ficaram entre 3,20 e 5,23% nas áreas núcleo e entre 2,87 e 6,27% nas interfaces. Os valores de V das matrizes, no intervalo de 0-20 cm de profundidade, apresentaram valores entre 38,03 e 55,03 % em plantio direto e entre 25,73 e 55,93% nas pastagens. Já no intervalo de 20-40 cm, o V ficou entre 14,90 e 25,15% em plantio direto e entre 20,03 e 25,60% nas pastagens.

Somente as áreas núcleo das unidades amostrais 2, 5 e 8 apresentaram diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Nas interfaces, somente

a unidade amostral 4 apresentou diferença significativa entre os intervalos de profundidade. Enquanto nas matrizes, predominaram diferenças significativas entre as profundidades, exceto no plantio direto da unidade amostral 4 e a pastagem da unidade amostral 8.

Ao comparar áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, as áreas núcleo e interfaces foram estatisticamente semelhantes, exceto a interface da unidade amostral 1. Ao avaliar as matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, no intervalo de 0-20 cm, observou-se o predomínio de diferenças significativas, exceto na pastagem da unidade amostral 7. No intervalo de 20-40 cm, também foram observadas diferenças significativas das matrizes em relação as áreas núcleo e interfaces, exceto no plantio direto da unidade amostral 3 e nas pastagens das unidades amostrais 5 e 8.

TABELA 14. Valores médios de V% das áreas avaliadas, com seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. Letras minúsculas comparam os tratamentos nas linhas para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste *t* pareado.

	Prof.	Área Núcleo	Interface	Plantio Direto
UA 1	0-20	6,8 ± 0,5 aA	4,9 ± 0,1 bA	55,0 ± 5,9 cA
	20-40	5,1 ± 1,1aA	4,2 ± 0,8 aA	25,2 ± 3,1 bB
UA 2	0-20	11,6 ± 0,9 aA	8,2 ± 6,0 aA	42,9 ± 4,7 bA
	20-40	5,2 ± 1,2 aB	4,4 ± 1,3 aA	14,9 ± 0,3 bB
UA 3	0-20	6,0 ± 1,6 aA	7,2 ± 1,8 aA	38,0 ± 9,5 bA
	20-40	5,1 ± 0,8 aA	3,7 ± 1,1 aA	20,4 ± 8,8 aB
UA 4	0-20	5,3 ± 1,6 aA	6,1 ± 0,2 aA	47,6 ± 10,5 bA
	20-40	3,3 ± 0,6 aA	3,2 ± 0,4 abB	21,9 ± 7,5 bA
	Prof.	Área Núcleo	Interface	Pastagem
UA 5	0-20	4,2 ± 0,7 aA	3,5 ± 0,4 aA	54,9 ± 16,6 bA
	20-40	3,2 ± 0,6 aB	2,9 ± 0,8 aA	25,3 ± 12,3 aB
UA 6	0-20	5,9 ± 1,8 aA	6,8 ± 0,7 aA	51,5 ± 4,2 bA
	20-40	5,1 ± 1,2 aA	6,3 ± 0,7 aA	24,9 ± 3,8 bB
UA 7	0-20	5,1 ± 1,0 aA	5,5 ± 0,9 aA	55,9 ± 6,9 bA
	20-40	3,3 ± 0,4 aA	4,4 ± 1,0 aA	25,6 ± 6,0 bB
UA 8	0-20	6,5 ± 0,5 aA	6,9 ± 3,3 aA	25,7 ± 13,6 aA

20-40	5,2 ± 0,5 aB	4,4 ± 1,0 aA	20,0 ± 13,9 aA
-------	--------------	--------------	----------------

5.2.13 Concentração e estoque de carbono no solo

O COS (FIGURA 13) variou entre 19,31 e 43,62 g kg⁻¹ nas áreas núcleo e entre 14,67 e 38,34 g kg⁻¹ nas interfaces, considerando todas as unidades amostrais no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, as concentrações de COS ficaram entre 12,61 e 27,20 g kg⁻¹ nas áreas núcleo e entre 8,18 e 26,47 g kg⁻¹ nas interfaces. O COS das matrizes, no intervalo de 0-20 cm de profundidade, apresentou valores entre 11,62 e 36,62 g kg⁻¹ em plantio direto e entre 20,03 e 31,67 g kg⁻¹ nas pastagens. Enquanto no intervalo de 20-40 cm de profundidade, as concentrações de COS ficaram entre 11,39 e 22,27 g kg⁻¹ em plantio direto e entre 11,12 e 26,47 g kg⁻¹ nas pastagens.

Foram observadas diferenças significativas, nas áreas núcleo, entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, exceto na unidade amostral 5. Nas interfaces, as unidades amostrais 1,2,6 e 7 apresentaram diferenças significativas entre os intervalos de profundidade avaliados. Já nas matrizes apresentaram diferenças significativas entre as profundidades, os plantios diretos das unidades amostrais 1,3, e 4 e nas pastagens das unidades amostrais 5 e 8.

Ao comparar áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, as áreas núcleo e interfaces foram estatisticamente semelhantes, nos intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, exceto a interface da unidade amostral 4. Ao avaliar as matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, observaram-se diferenças significativas, no intervalo de 0-20 cm nos plantios diretos das unidades amostrais 2,3 e 4 e na pastagem da unidade amostral 6. No intervalo de 20-40 cm, foram observadas diferenças significativas das matrizes em relação as áreas núcleo e interfaces, somente no plantio direto da unidade amostral 4 e nas pastagens das unidades amostrais 6 e 8.

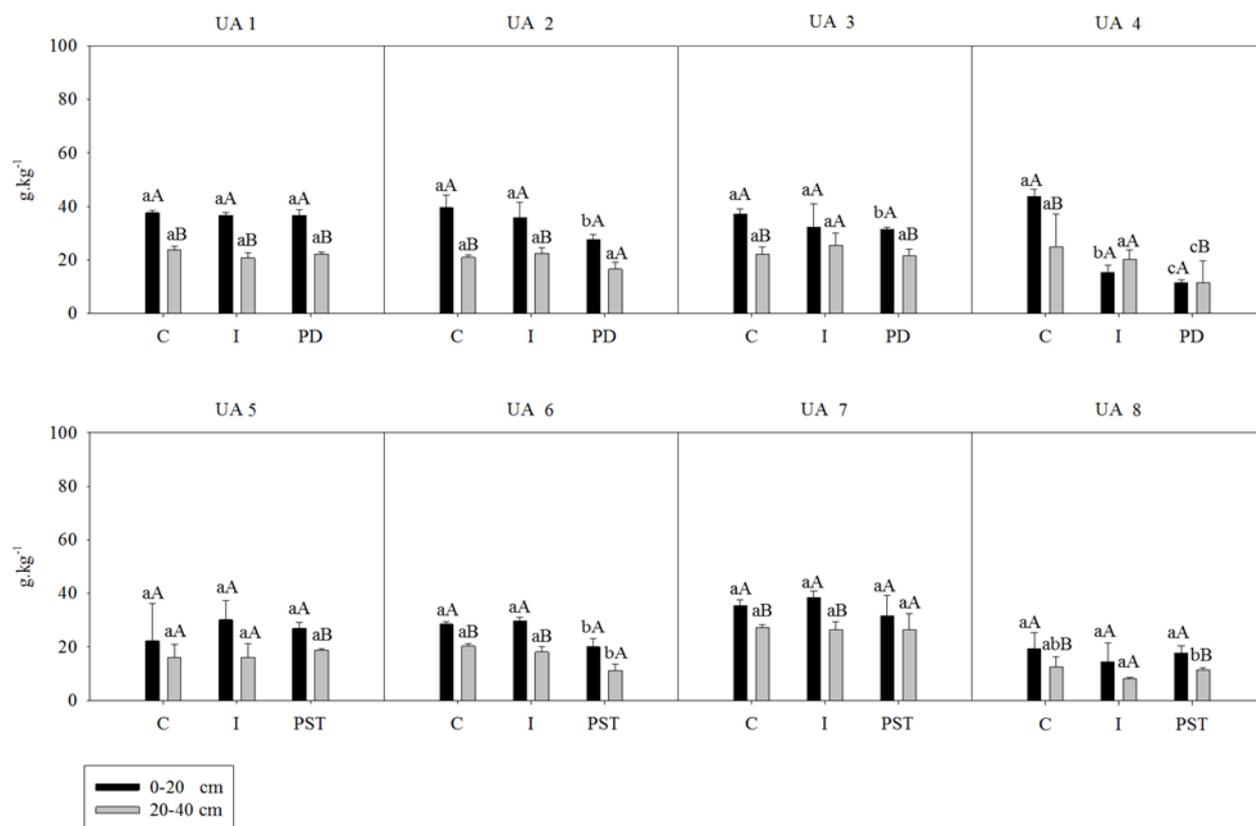


FIGURA 13. Concentrações médias de COS nos solos avaliados, expressas em g kg^{-1} , e seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste *t* pareado.

Os estoques de C (FIGURA 14) encontrados nas áreas núcleo e interfaces foram predominantemente maiores que as matrizes antrópicas. Os valores de estoque de C variaram entre 38,54 e 69,76 Mg ha^{-1} nas áreas núcleo e entre 32,87 e 62,99 Mg ha^{-1} nas interfaces, considerando todas as unidades amostrais no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm os estoques de C ficaram entre 27,97 e 46,19 Mg ha^{-1} nas áreas núcleo e entre 21,05 e 46,93 Mg ha^{-1} nas interfaces. Nas matrizes, o estoque de C ficou entre 27,44 e 61,88 Mg ha^{-1} em plantio direto e entre 43,17 e 55,66 Mg ha^{-1} nas pastagens, considerando todas as unidades amostrais no intervalo de 0-20 cm de profundidade. No intervalo de 20-40 cm, o estoque de C ficou entre 26,01 e 36,41 Mg ha^{-1} em plantio direto e entre 24,37 e 52,21 Mg ha^{-1} nas pastagens.

Foram observadas diferenças significativas, entre os intervalos de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, nas áreas núcleo das unidades amostrais 1, 3, 6, 7 e 8. Enquanto nas

interfaces, as unidades amostrais 1, 2, 6 e 7 apresentaram diferenças significativas entre as profundidades avaliadas. Nas matrizes, os plantios diretos das unidades amostrais 1, 2 e 3 e as pastagens das unidades amostrais 5 e 8 apresentaram diferenças significativas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm de profundidade.

Ao comparar áreas núcleo, interfaces e matrizes dentro de uma mesma unidade amostral, as áreas núcleo e interfaces foram estatisticamente semelhantes, nos dois intervalos profundidade avaliados, exceto a interface da unidade amostral 4. Ao avaliar as matrizes em relação às áreas núcleo e interfaces, no intervalo de 0-20 cm, foram observadas diferenças significativas somente no plantio direto da unidade amostral 1. No intervalo de 20-40 cm, foram observadas diferenças significativas nas pastagens das unidades amostrais 5 e 8.

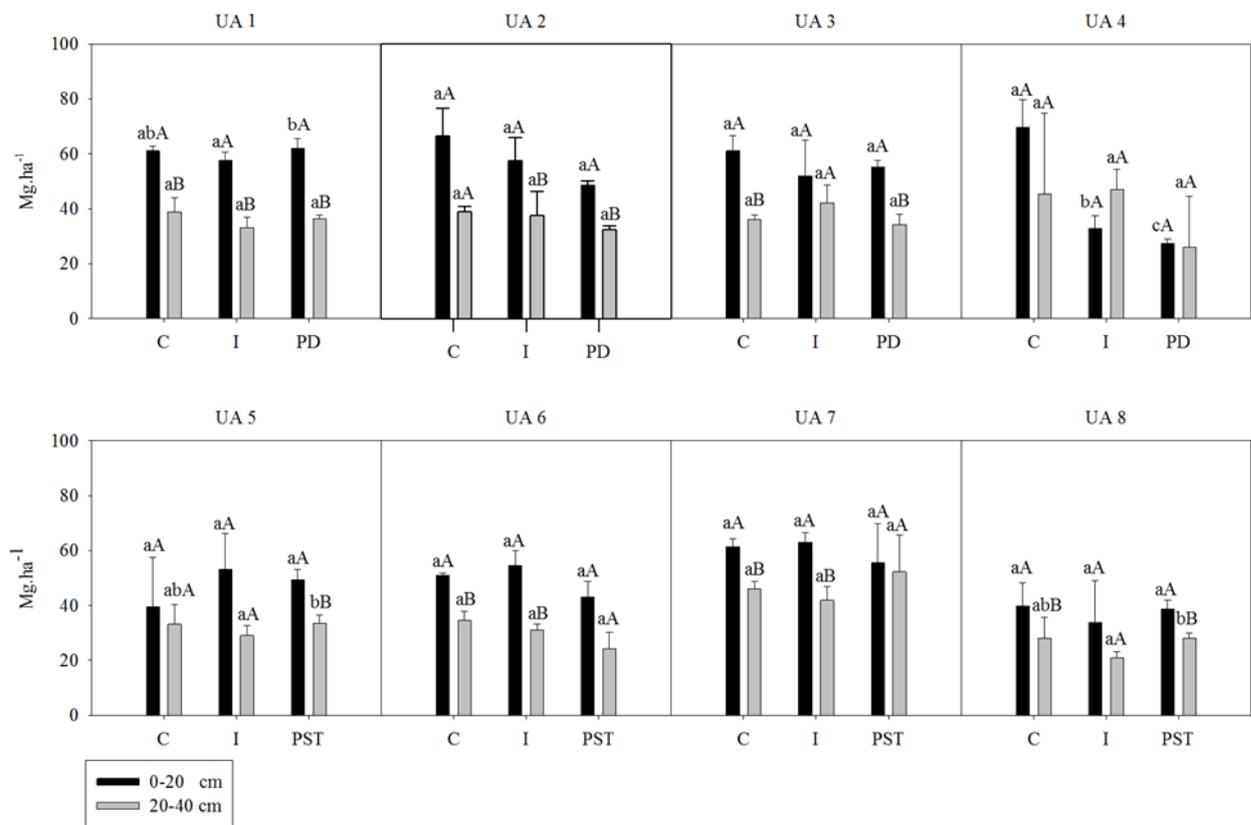


FIGURA 14. Estoques de CO dos solos avaliados, expressos em Mg ha^{-1} , e seus respectivos desvios padrões. As unidades amostrais (UA) estão ordenadas em ordem crescente de tamanho das áreas de cerrado sentido restrito, agrupadas de acordo com o tipo de uso do solo. C indica área núcleo; I interface; PD plantio direto; e PST pastagem. Letras minúsculas comparam os tratamentos para cada intervalo de profundidade por unidade amostral e letras maiúsculas comparam os intervalos de profundidade por tratamento em cada unidade amostral, considerando efeito significativo pelo a 5% pelo teste *t* pareado.

5.3 Análise de Componentes Principais (PCA) de características físicas e químicas do solo

As variáveis que apresentaram maior influência sobre a ordenação dos pontos de amostragem no intervalo de profundidade de 0-20 cm em relação ao Eixo 1 da PCA foram pH, P, Ca²⁺, Mg²⁺ (positivamente) e Al³⁺ (negativamente). No Eixo 2, as variáveis que apresentaram maior influência foram COS (positivamente) e Ds (negativamente) (TABELA 15 e FIGURA 15). As áreas núcleo e interface apresentaram-se semelhantes e foram ordenadas principalmente em função do COS e Al³⁺. As matrizes das unidades amostrais 3, 4 e 7 apresentam-se similares e influenciadas principalmente pelas variáveis K, P e Ds. As matrizes das unidades amostrais 1, 2, 5, 6 e 8 foram mais influenciadas pelas variáveis pH, Ca²⁺ e Mg²⁺. Todas as matrizes amostradas foram ordenadas do lado positivo do Eixo 1 e as unidades amostrais 1, 2, 5, 6 e 8 apresentaram-se inversamente proporcionais à variável Al³⁺ e apresentaram maiores valores de pH, Ca²⁺ e Mg²⁺.

TABELA 15. Médias, mínimos (Min), máximos (Max), desvio padrão (DP) e coeficientes de variação (CV) de variáveis físicas e químicas dos solos e respectivos *loadings* dos dois eixos obtidos na PCA para o intervalo de 0-20 cm.

Variáveis	Média	Mín	Max	DP	CV	Eixo 1	Eixo 2
Ds	0,92	0,73	1,20	0,13	0,14	0,38	-0,88
pH	5,27	4,07	6,66	0,45	0,09	0,80	0,31
Al ³⁺	0,41	0,00	1,25	0,33	0,81	-0,84	-0,29
P	2,51	0,30	17,10	3,62	1,44	0,82	-0,18
K	49,61	11,00	210,00	32,11	0,65	0,64	-0,22
Ca ²⁺	1,00	0,08	4,92	1,24	1,24	0,89	0,27
Mg ²⁺	0,37	0,05	1,48	0,39	1,05	0,90	0,22
COS	29,16	7,42	46,40	9,68	0,33	-0,35	0,86

pH: pH em água; Mg²⁺: magnésio disponível; Ca²⁺: cálcio disponível; K: potássio disponível; P: disponível; Ds: densidade aparente; Al³⁺: alumínio trocável; COS: concentração de carbono orgânico no solo.

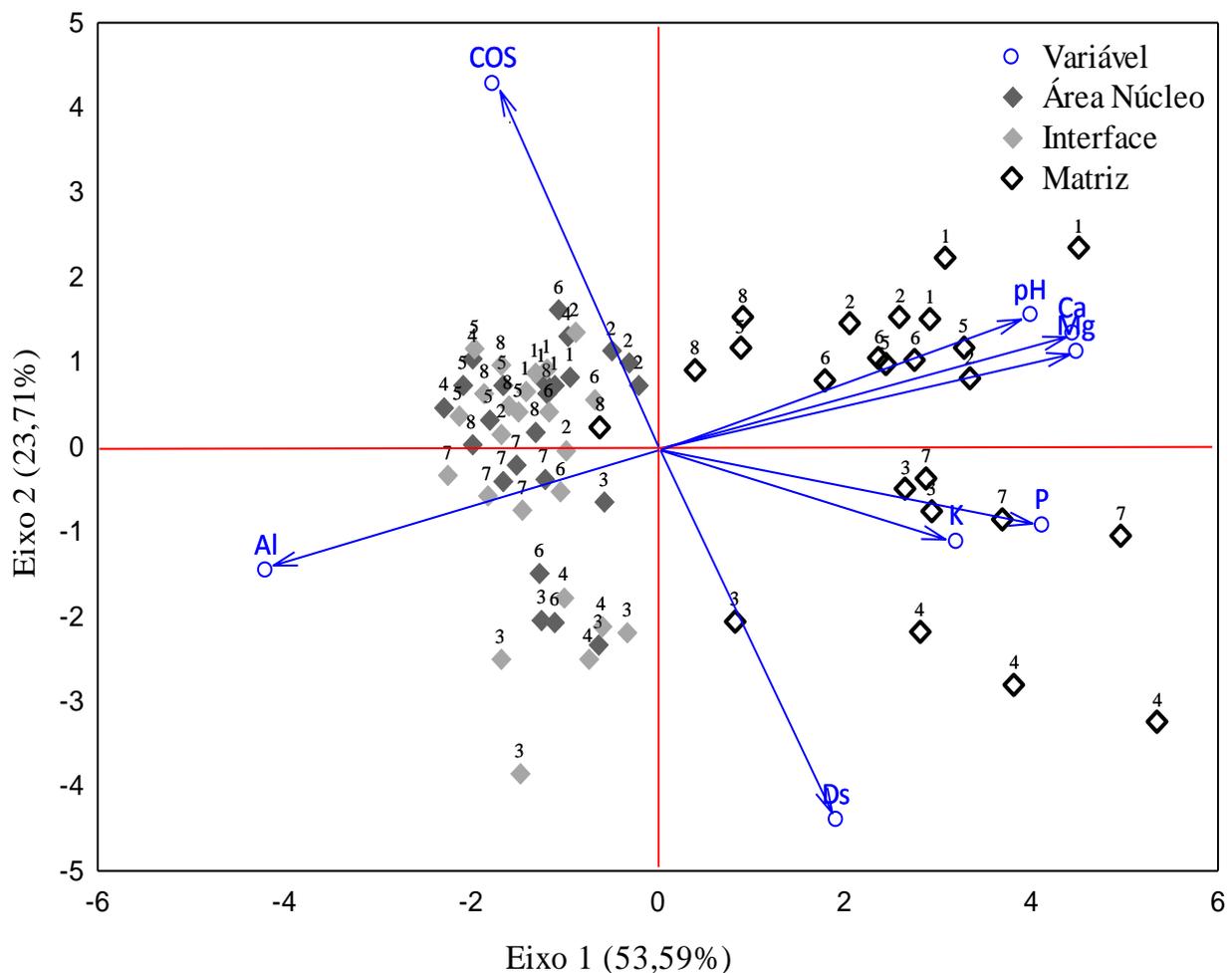


FIGURA 15. Ordenação das variáveis e pontos amostrados nos dois primeiros eixos, ou componentes principais, da PCA, para o intervalo de 0-20 cm de profundidade. pH: pH em água; Mg^{2+} : magnésio disponível; Ca^{2+} : cálcio disponível; K: potássio disponível; P: disponível; Ds: densidade aparente; Al^{3+} : alumínio trocável; COS: concentração de carbono orgânico no solo. Os números de 1 a 8 referem-se às unidades amostrais.

As variáveis que apresentaram maior influência sobre a ordenação dos pontos de amostragem no intervalo de profundidade de 20-40 cm em relação ao Eixo 1 da PCA foram Ca^{2+} e Mg^{2+} (positivamente). No Eixo 2, as variáveis que apresentaram maior influência foram COS (positivamente) e Ds (negativamente) (TABELA 16 e FIGURA 16). Assim como na camada de 0-20 cm, as áreas núcleo e interfaces apresentaram-se semelhantes entre si e foram ordenadas principalmente em função do COS e Al^{3+} . As matrizes das unidades amostrais 3, 4, 7 apresentam-se similares, contudo as matrizes das unidades amostrais 3 e 7 foram mais influenciadas pelas bases Ca^{2+} , Mg^{2+} e K, enquanto a matriz da unidade amostral 4 foi mais influenciada pela variável P e Ds. As matrizes das unidades amostrais 1, 2, 5, 6 e 8 também apresentaram semelhanças e foram mais influenciadas pelas variáveis pH, Ca^{2+} e

Mg²⁺. Todas as matrizes amostradas (exceto um ponto na matriz da unidade amostral 8) foram ordenadas do lado positivo do Eixo 1. As unidades amostrais 1, 2, 5, 6 e 8 apresentaram-se inversamente proporcionais à variável Al³⁺ e indicaram maiores valores de pH, Ca²⁺ e Mg²⁺.

TABELA 16. Médias, mínimos (Mín), máximos (Max), desvio padrão (DP) e coeficientes de variação (CV) de variáveis físicas e químicas dos solos e respectivos *loadings* dos dois eixos obtidos na PCA para o intervalo de 20-40 cm.

Variáveis	Média	Mín	Máx	DP	CV	Eixo 1	Eixo 2
Ds	0,95	0,71	1,31	0,16	0,16	0,13	-0,83
pH	5,30	4,56	5,94	0,28	0,05	0,24	0,43
Al ³⁺	0,26	0,00	0,77	0,24	0,93	-0,57	-0,54
P	0,59	0,20	6,00	0,71	1,21	0,49	-0,46
K	25,35	8,00	122,00	20,72	0,82	0,61	-0,01
Ca ²⁺	0,33	0,04	1,55	0,35	1,06	0,93	0,01
Mg ²⁺	0,14	0,04	0,62	0,13	0,93	0,91	0,05
COS	19,40	5,92	37,12	6,35	0,33	-0,18	0,77

pH: pH em água; Mg²⁺: magnésio disponível; Ca²⁺: cálcio disponível; K: potássio disponível; P: disponível; Ds: densidade aparente; Al³⁺: alumínio trocável; COS: concentração de carbono orgânico no solo.

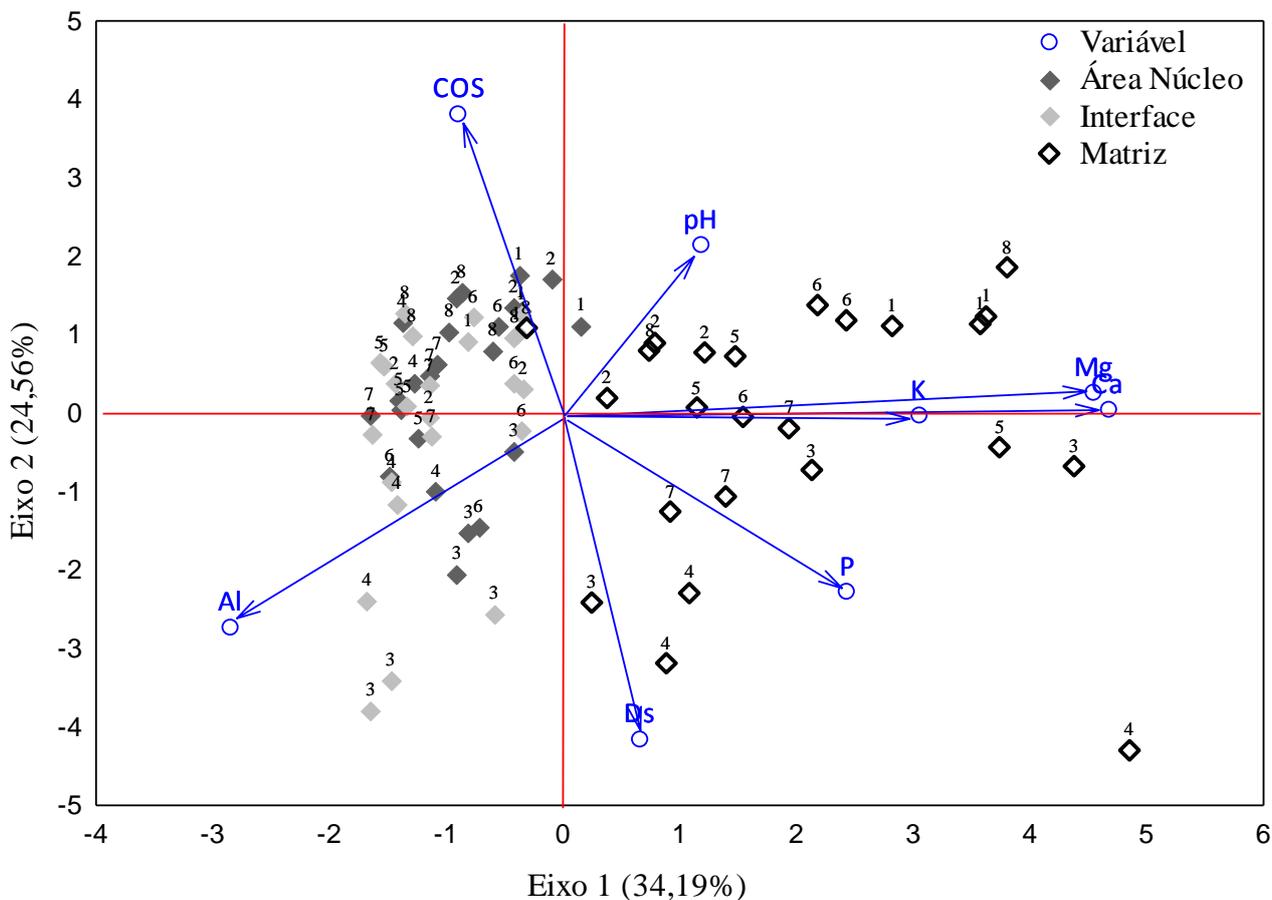


FIGURA 16. Ordenação das variáveis e pontos amostrados nos dois primeiros eixos, ou componentes principais da PCA, para o intervalo de 20-40 cm de profundidade. pH: pH em água; Mg²⁺: magnésio disponível; Ca²⁺: cálcio disponível; K: potássio disponível; P: disponível; Ds: densidade aparente; Al³⁺: alumínio trocável; COS: concentração de carbono orgânico no solo.

disponível; Ds: densidade aparente; Al^{3+} : alumínio trocável; COS: concentração de carbono orgânico no solo. Os números de 1 a 8 referem-se às unidades amostrais de áreas núcleo, interfaces e matrizes.

5.4 Relação entre estoque de C e índices de vegetação

Embora os índices de vegetação (FIGURA 17) tenham características específicas, eles foram complementares, destacando-se a atividade fotossintética (NDVI), a estrutura (EVI, SAVI) e o conteúdo de água foliar (NDWI). Os valores dos índices de vegetação variaram de 0,15 a 0,83 para NDVI. Para EVI os valores ficaram entre 0,08 e 0,47. O intervalo dos valores de SAVI ficaram entre 0,09 e 0,47. Enquanto os valores de NDWI ficaram entre - 0,22 e 0,35.

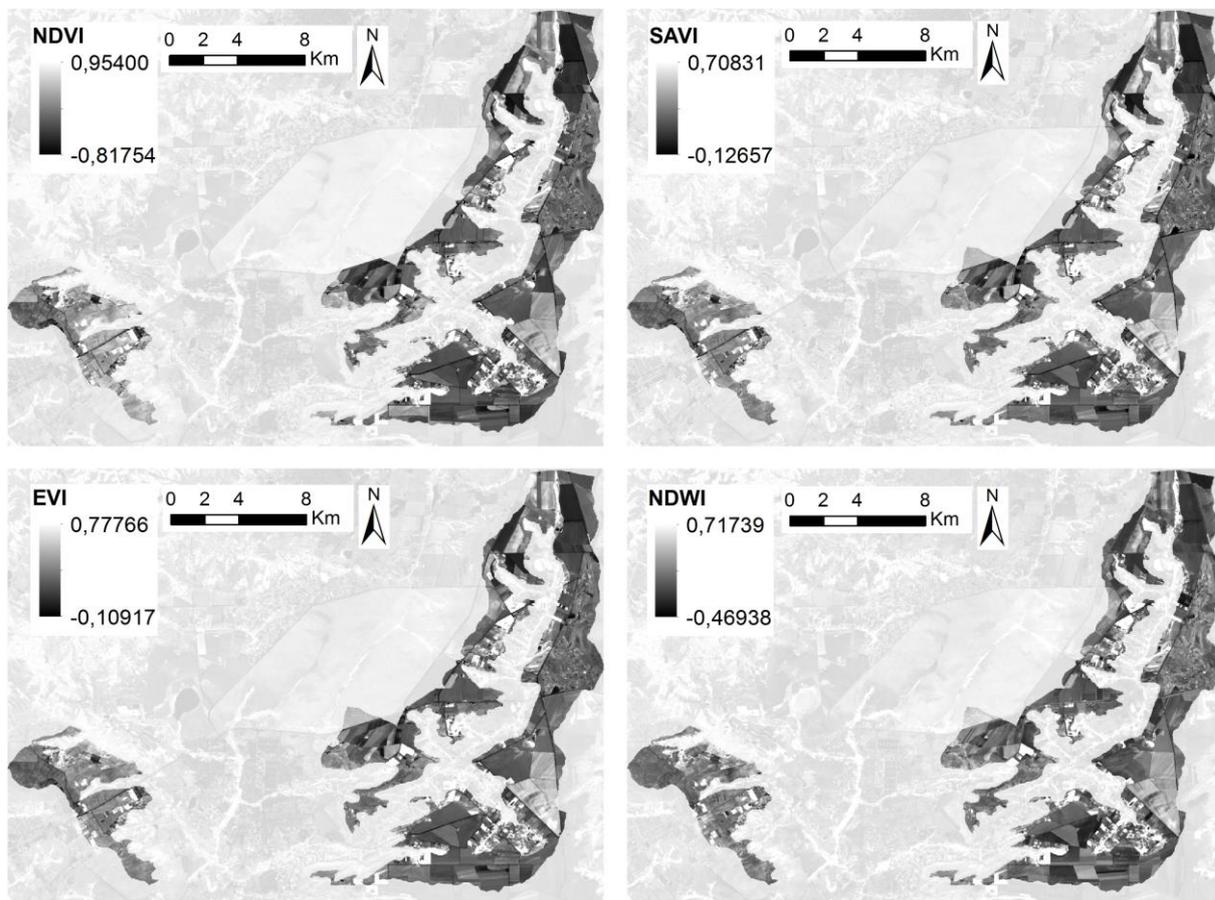


FIGURA 17. Mapas de índices de vegetação das áreas de chapadas do Alto São Bartolomeu. Os mapas estão apresentados em escala de cinza, onde os maiores valores dos índices de vegetação apresentam cor clara e os menores cor escura.

TABELA 17. Concentrações e estoques de carbono, para intervalos de 0-20 cm e 0-40 cm de profundidade para cada ponto de coleta e respectivos valores de NDVI, SAVI e NDWI.

Pontos	[C] 0-20	EC 0-20	NDVI	EVI	NDWI	SAVI
CsrLVA	31,15	58,75	0,31125	0,07645	0,32291	0,32291
CsrLVA	28,94	47,99	0,29191	0,05500	0,30632	0,30632
CsrLVA	28,94	56,46	0,27948	0,03611	0,29621	0,29621
CsrLV	34,86	59,11	0,58599	0,28255	0,00891	0,29841
CsrLV	37,82	64,89	0,51111	0,23694	-0,08593	0,25691
CsrLV	33,41	60,00	0,48146	0,23699	-0,03364	0,26108
PDLV	31,90	56,00	0,58609	0,38966	0,08005	0,39519
PDLV	31,90	57,06	0,57669	0,37958	0,07024	0,38706
PDLV	30,45	52,50	0,57644	0,37639	0,08096	0,38551
Pst LV	24,48	45,52	0,40757	0,24942	0,05036	0,27724
Pst LV	28,19	53,21	0,39711	0,24614	0,01900	0,27274
Pst LV	28,19	49,00	0,47688	0,29504	0,10945	0,31889
MG1	64,93	122,25	0,8129	0,44545	0,33857	0,43991
MG2	61,60	121,04	0,79719	0,40470	0,28607	0,40534
CRD1	41,74	80,12	0,83875	0,48479	0,39773	0,47317
CRD2	44,87	77,40	0,81873	0,46832	0,32604	0,46063

[C]: concentração de carbono orgânico no solo (g kg^{-1}); EC: estoque de carbono orgânico no solo (Mg ha^{-1}); CsrLV: Cerrado sentido restrito em Latossolo Vermelho; PstLV: Pastagem em Latossolo Vermelho; CsrLVA: Cerrado sentido restrito em Latossolo Vermelho Amarelo; Cerradão em Latossolo Vermelho (Santos *et al.* no prelo); MG: Mata de galeria (Santos *et al.* no prelo).

A partir dos dados da TABELA 17 os valores dos índices de vegetação foram relacionados com as concentrações de COS e estoques de C para 0-20 cm. Através da aplicação da regressão linear múltipla foi possível gerar as equações de regressão 7 e 9 através de regressão múltipla sem ajustes, enquanto as equações 8 e 10 foram geradas através da regressão múltipla com os ajustes proporcionados método *stepwise*:

$$\text{Eq. (7) } [C] \text{ 0-20} = 13,5 + 109,9 \text{ NDVI} - 68,6 \text{ EVI} + 17,6 \text{ NDWI} - 57,4 \text{ SAVI}$$

$$\text{Eq. (8) } [C] \text{ 0-20} = 1,27 + 116,6 \text{ NDVI} - 97,9 \text{ EVI}$$

$$\text{Eq. (9) } \text{EC 0-20} = 38,5 + 197,6 \text{ NDVI} - 89 \text{ EVI} + 66,4 \text{ NDWI} - 187 \text{ SAVI}$$

$$\text{Eq. (10) } \text{EC 0-20} = -2,2 + 231,3 \text{ NDVI} - 198,7 \text{ EVI}$$

Onde, [C] indica concentração de carbono no solo (g kg^{-1}) e EC indica estoque de carbono orgânico no solo (Mg ha^{-1}).

A partir dessas equações da reta de cada regressão múltipla geraram FPTs (Eq. 7, 8, 9 e 10) capazes de estimar valores de C em mapas (FIGURA 18 e FIGURA 19), para diferentes

tipos de uso do solo nas feições de chapada do Alto São Bartolomeu. As concentrações e estoques de C no solo e os índices de vegetação indicaram relações significativas, através de regressões múltiplas que apresentaram R^2 ajustados relativamente altos (TABELA 18). Embora os coeficientes de determinação para o estoque de C tenham sido menores, eles foram próximos aos encontrados para concentração de COS, em análises que indicaram relações estatisticamente significativas ($p < 0,10$) entre as variáveis dependentes e independentes no modelo.

TABELA 18. Coeficientes de determinação das regressões múltiplas entre os índices de vegetação. [C]: concentração de carbono orgânico no solo (g kg^{-1}); EC: estoque de carbono orgânico no solo (Mg ha^{-1}).

	S	R^2 múltiplo	R^2 ajustado	R^2 pred	p
Eq. (7) [C] 0-20	6,04	80,43%	73,32%	60,81%	p < 0,1
Eq. (8) [C] 0-20	5,67	79,68%	76,56%	67,22%	p < 0,1
Eq. (9) EC 0-20	13,17	77,05%	68,70%	54,49%	p < 0,1
Eq. (10) EC 0-20	12,70	79,03%	71,40%	59,55%	p < 0,1

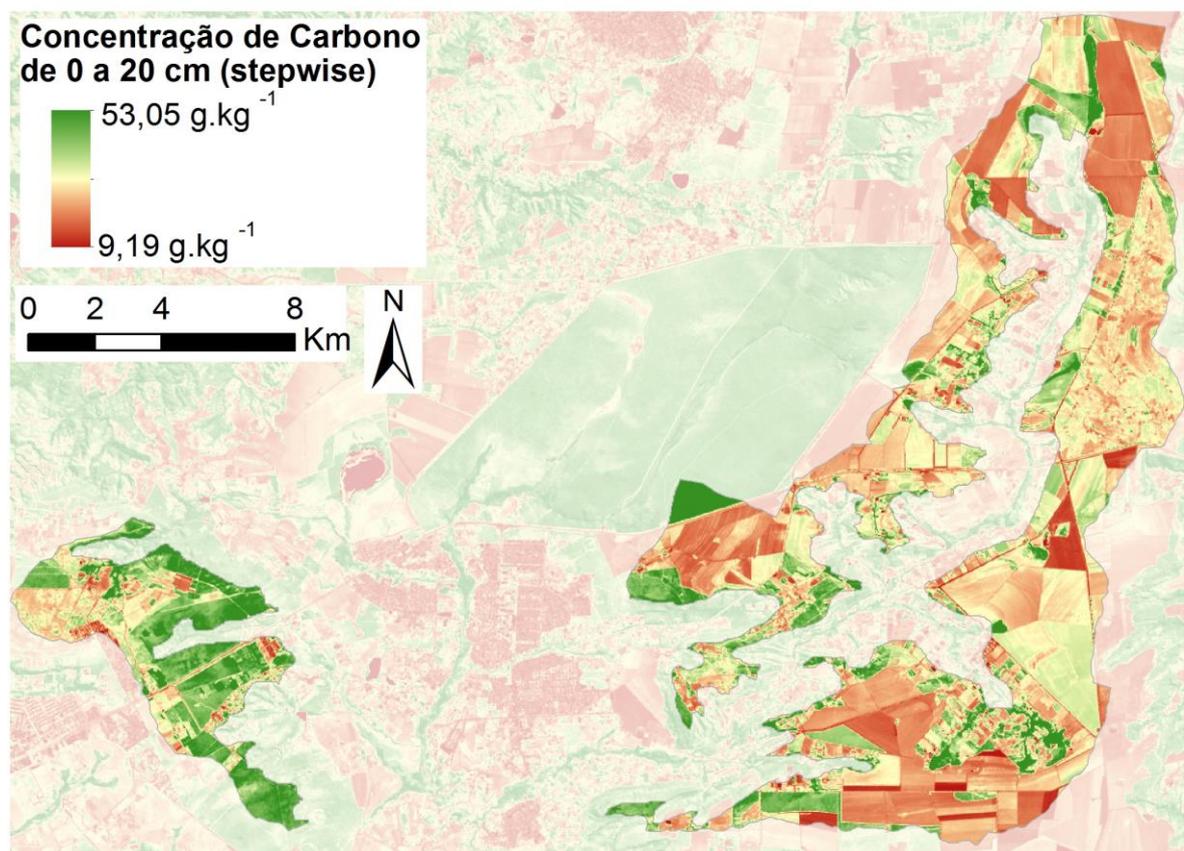
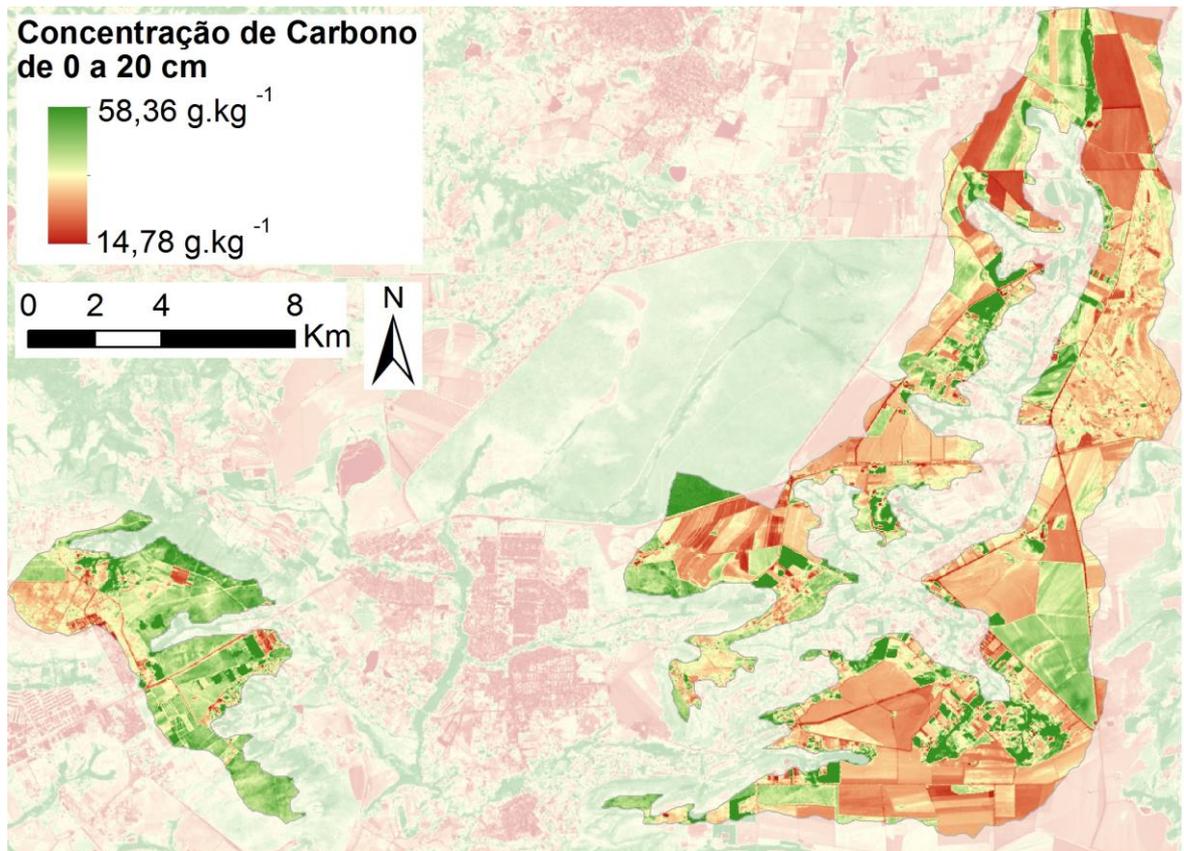


FIGURA 18. Distribuição espacial das concentrações de carbono em função dos índices de vegetação, para os intervalos de 0 a 20 cm das áreas de chapada do Alto São Bartolomeu.

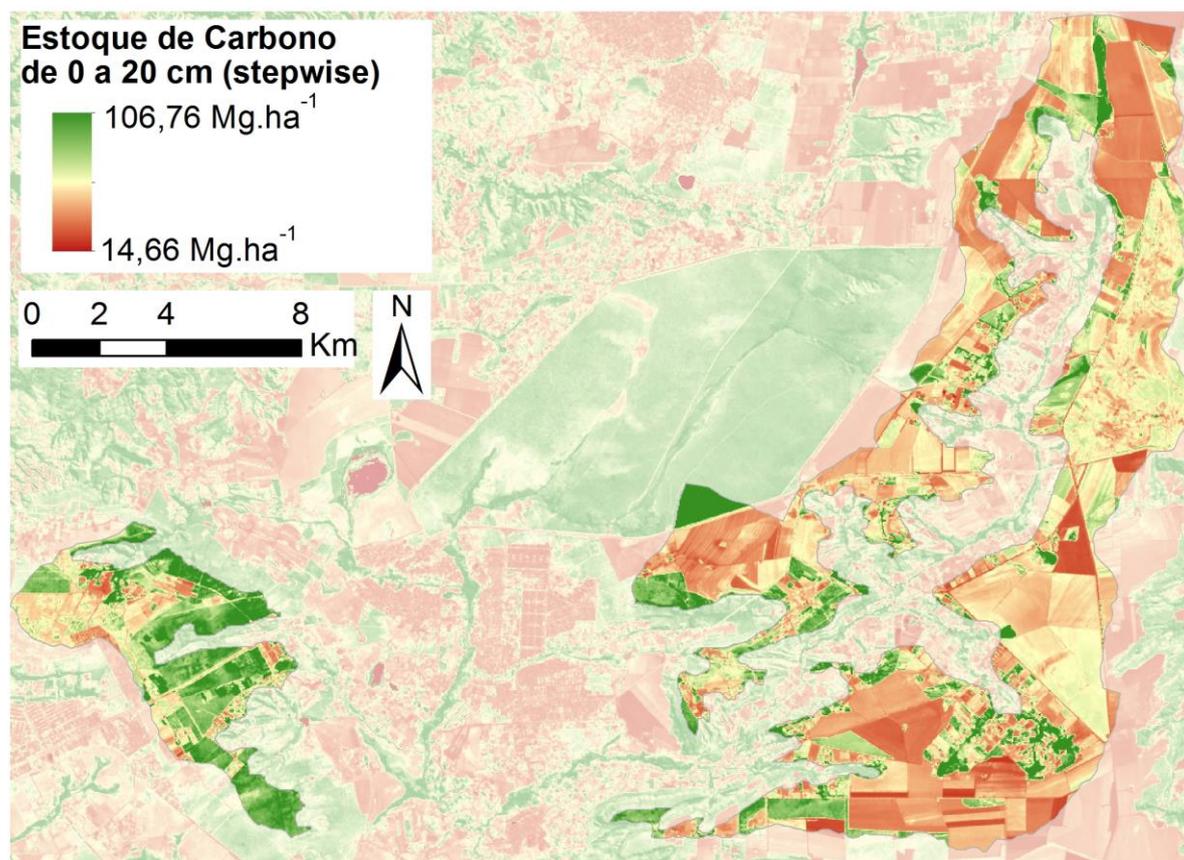
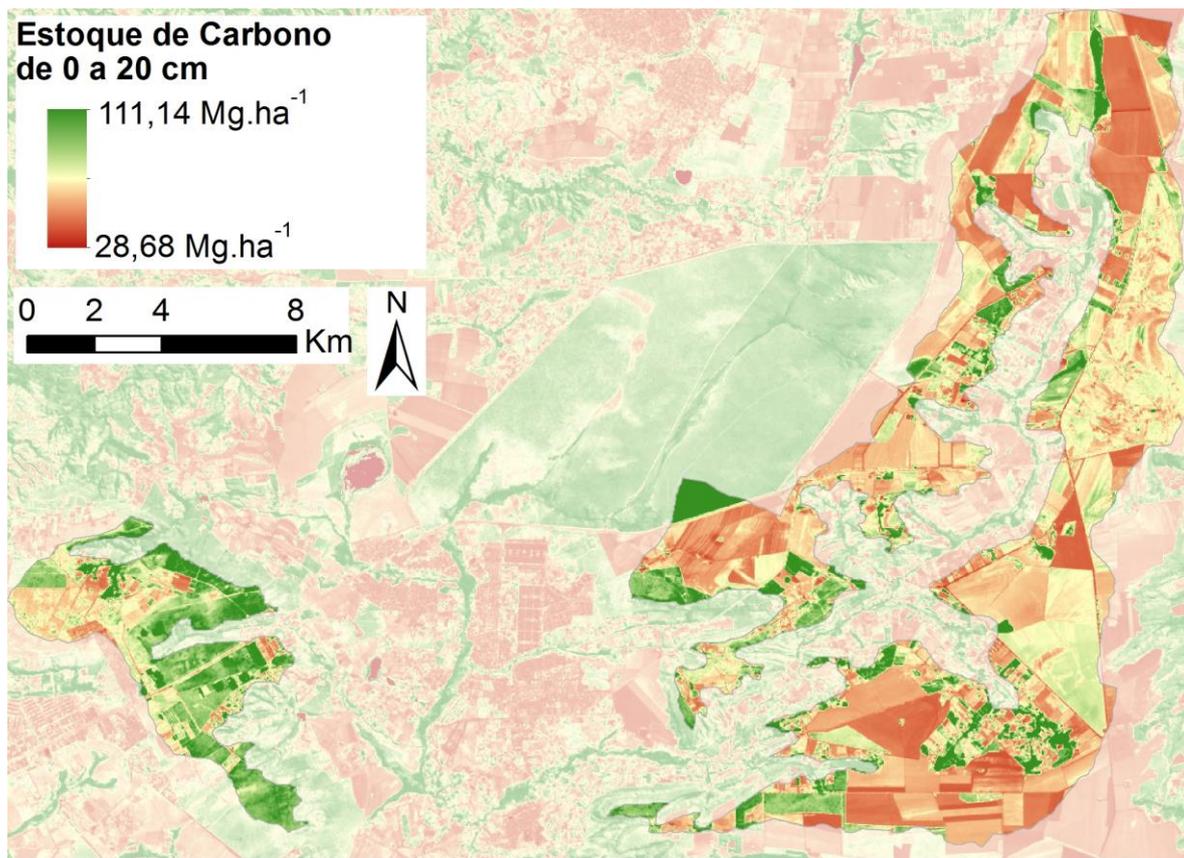


FIGURA 19. Distribuição espacial dos estoques de carbono com correção de espessura em função dos índices de vegetação, para os intervalos de 0 a 20 cm das áreas de chapada do Alto São Bartolomeu.

6. Discussão

Os solos das áreas núcleo e interface (que representam os fragmentos de cerrado sentido restrito), apresentaram-se semelhantes entre as variáveis observadas, mas de modo geral diferentes em relação as matrizes. As semelhanças entre as áreas de fragmento de cerrado sentido restrito foram influenciadas pelas concentrações de Al^{3+} e CO_3 , tanto para o intervalo de 0-20 cm, quanto de 20-40 cm, ao passo que as matrizes foram mais influenciadas por D_s , pH, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} no intervalo de 0-20 cm e Ca^{2+} e Mg^{2+} no intervalo de 20-40 cm e apresentaram ordenamento mais disperso.

A conversão da vegetação nativa em diferentes formas de uso e manejo tem alterado propriedades físicas (SILVA & RESCK 1997, STONE & GUIMARÃES 2005) químicas (ARAÚJO *et al.* 2007, RANGEL & SILVA 2007, COSTA *et al.* 2008) e biológicas do solo (ARAÚJO *et al.* 2007) e podem ser mais perceptíveis ao comparar os sistemas de uso do solo com a vegetação nativa (SPERA *et al.* 2004).

Segundo a classificação agronômica proposta por Alvarez *et al.* (1999) os valores de Al^{3+} trocável das áreas avaliadas indicaram predomínio de valores médios no intervalo de 0-20 cm de profundidade das áreas núcleo e interface, enquanto no intervalo de 20-40 cm os valores foram baixos. Nas matrizes, os valores de Al^{3+} foram classificados como muito baixos. Os valores médios de Al^{3+} dos fragmentos de cerrado sentido restrito foram semelhantes aos encontrados em outros estudos em Latossolos sob formação savânica (HARIDASAN 1982, GOEDERT 1983, SILVA *et al.* 2004), ao passo que os valores encontrados nos plantios diretos avaliados foram inferiores aos valores observados em Latossolos Vermelhos por Bayer *et al.* (2006). O mesmo ocorreu para as áreas de pastagem que apresentaram valores abaixo de $1,00 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$, considerado nível crítico para o desenvolvimento de pastagens no Cerrado (LUZ *et al.* 2004), apresentando valores menores que os encontrados por Silva *et al.* (2004). Ainda de acordo com a classificação de Alvarez *et al.* (1999), os valores de H+Al nas áreas núcleo e interfaces foram classificados como altos no intervalo de 0-20 cm e de 20-40 cm, enquanto nas matrizes foram médios nos dois intervalos de profundidade. Os valores de Al^{3+} e H+Al das matrizes apresentaram-se diferentes em relação aos fragmentos de cerrado sentido restrito. Os menores teores de Al^{3+} e H+Al nos solos das matrizes avaliadas podem ser provenientes da realização de calagem, que aumenta o pH no intervalo de profundidade superficial, promove o incremento de Ca^{2+} Mg^{2+} e SB, além da precipitação do Al^{3+} (FALLEIRO *et al.* 2003, BAYER *et al.* 2004, SOUZA & LOBATO 2004, ALMEIDA *et al.* 2005).

Embora a maioria dos valores médios de pH do solo nas matrizes não tenham apresentado diferenças em relação as áreas de fragmento de cerrado sentido restrito, de acordo com a classificação agronômica de Alvarez *et al.* (1999), os valores de pH do solo foram predominantemente baixos no intervalo de 0-20 cm e 20-40 cm nos fragmentos de cerrado sentido restrito. Nas matrizes, o plantio direto apresentou valores classificados como bons no intervalo de 0-20 cm, mas indicou valores baixos no intervalo de 20-40 cm. Nas pastagens os valores de pH foram considerados bons nos dois intervalos de profundidade. Baixos valores de pH têm sido relatados em Latossolos sob formações savânicas de Cerrado (LOPES & COX 1977, GOEDERT 1983, LOPES 1983, FURLEY & RATTER 1988, NARDOTO & BUSTAMANTE 2003, KOZOVITS *et al.* 2007, MENDES *et al.* 2012), mas após a correção da acidez do solo e deficiência de P os solos do Cerrado se tornaram altamente produtivos em termos agronômicos (FURLEY 1999, HELFAND & RESENDE 2000, YAMADA 2005).

Valores de pH mais elevados em sistemas cultivados têm sido apresentados em outros estudos (CARNEIRO *et al.* 2004, JANTALIA *et al.* 2007, NETO *et al.* 2010) e podem ser consequência do efeito da fertilização e correção do solo que proporcionam maiores concentrações de bases trocáveis nos intervalos de profundidade superficiais (LEITE *et al.* 2010). As semelhanças dos valores de pH encontradas entre os intervalos de 0-20 e 20-40 cm nas matrizes de plantio direto mais antigas e nas pastagens podem ser decorrentes à deposição do cálcio pela calagem nas áreas, favorecendo a frente de alcalinização descendente a partir da superfície do solo e disponibilizando Ca^{2+} e Mg^{2+} (CAIRES *et al.* 2002).

As concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} nos fragmentos de cerrado sentido restrito apresentaram valores muito baixos, diferenciando-se dos valores encontrados nas matrizes, que apresentaram valores entre médio e bom, segundo a classificação agronômica de Alvarez *et al.* (1999). Os valores médios de Ca^{2+} e Mg^{2+} dos fragmentos de cerrado sentido restrito foram semelhantes aos encontrados em outros estudos em Latossolos sob formação savânica de cerrado (HARIDASAN 1982, GOEDERT 1983, MARCHÃO *et al.* 2009, MENDES *et al.* 2012), as pastagens avaliadas apresentaram valores semelhantes aos encontrados por Santos *et al.* (no prelo) e os plantios diretos apresentaram valores menores que outros trabalhos que avaliaram este tipo de manejo (SOUZA *et al.* 2003, BAYER *et al.* 2006). A ocorrência de valores mais elevados de pH em intervalos superficiais proporcionados pela calagem, como observado nas matrizes, podem favorecer a migração de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ para intervalos mais profundos para reagir com a acidez diminuindo-a nestes outros intervalos de profundidade em plantio direto (OLIVEIRA & PAVAN 1996, CAIRES *et al.* 2000) e cultivos perenes (PAVAN 1994) como as pastagens. Além de elevar o pH, a calagem aumenta a CTC,

que por sua vez possibilita a maior retenção de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e conseqüentemente o aumento de SB e V que são retidas no solo, principalmente nos intervalos de profundidade superficiais onde estão presentes maiores níveis de COS (LIMA 1993, MIELNICZUK 2004). Outros autores (CIOTTA *et al.* 2002, BAYER *et al.* 2003) ressaltam que o incremento de CTC pode ser consequência de sistemas de manejo que favoreçam o aumento de C no solo como o plantio direto. Pavan *et al.* (1999) e Franchini *et al.* (2001) atribuíram os maiores valores de pH nos intervalos superficiais do solo com a decomposição da palhada, devido a liberação de ânions orgânicos dos resíduos sobre o solo favorecendo a mobilização de Ca^{2+} no solo.

Tornar os solos produtivos em termos agrícolas, através da correção (SOUSA *et al.* 1985, KLUTHCOUSKI 1998, MOTTA *et al.* 2002) se faz necessária para minimizar o efeito de toxidez do Al^{3+} , disponibilizar Ca^{2+} e Mg^{2+} e criar condições de absorção de nutrientes como P e K pelas plantas cultivadas (SOUSA *et al.* 1985). A maioria dos solos tropicais apresentam baixa disponibilidade de P (VITOUSEK & FARRINGTON 1997). Assim como os solos do Cerrado, que são altamente intemperizados (GOEDERT *et al.* 1983, RESENDE 2001), possuem capacidade de adsorção de fosfato alta e necessitam de grandes volumes de P aplicados no solo para manter a disponibilidade deste elemento aos cultivos anuais (SOUSA *et al.* 2002) e pastagens (VILELA *et al.* 2001). Nesse contexto, ao avaliar a disponibilidade de P, utilizando a classificação agrônômica de Alvarez (1999) percebeu-se que as concentrações de P disponível foram predominantemente muito baixas ou baixas nos solos dos fragmentos de cerrado sentido restrito e matrizes. Os valores médios de P disponível nos fragmentos de cerrado sentido restrito foram semelhantes aos encontrados em outros estudos em Latossolos sob formação savânica de cerrado (SILVA *et al.* 2004, MENDES *et al.* 2012), enquanto os valores encontrados nos plantios diretos foram menores que os encontrados por outros estudos em Latossolos vermelhos sob o mesmo tipo de manejo (SOUZA & ALVES 2003, BAYER *et al.* 2006), as pastagens também apresentaram valores menores de P disponível que outros estudos (SOUZA & ALVES 2003, SILVA *et al.* 2004). Além disso, o P-rem apresentou valores considerados altos no intervalo de 0-20 cm e muito altos no intervalo de 20-40 cm nos fragmentos de cerrado sentido restrito e nas matrizes, segundo a classificação agrônômica de Alvarez *et al.* (1999), indicando que a maior parte dos solos avaliados possuem níveis altos de adsorção de fosfato como observado em outros trabalhos (MESQUITA FILHO & TORRENT 1993, NOVAIS & SMYTH, 1999). Dentre as características do solo que podem influenciar a adsorção de P destacam-se o tipo e teor de argila, colóides amorfos e matéria orgânica (NOVAIS & SMYTH, 1999). Por exemplo, Valladares *et al.* (2010) observaram menores

capacidades de adsorção máxima de fósforo em Latossolos de textura média, quando comparados aos de textura argilosa.

Embora os solos das áreas avaliadas neste estudo tenham apresentado teores de argila estatisticamente semelhantes, com predomínio de texturas médias de acordo com a classificação de Embrapa (2006), a classificação textural da SBCS apresentou-se mais sensível. Como se pode observar nas unidades amostrais 4, 5, 6 e 8 que apresentaram variações entre as áreas núcleo, interface e matrizes indicando uma sequência de solos ao longo do transecto. Além disso, os valores de silte não se apresentaram similares aos encontrados em outros estudos realizados em latossolos.

A ocorrência de Latossolos de textura média tem sido relatada em levantamentos de características de solos sob diferentes fisionomias de Cerrado (GOEDERT 1983, LOPES 1983) e em trabalhos com diferentes usos do solo (BAYER *et al.* 2006, NETTO *et al.* 2009). Latossolos de textura média são fortemente drenados, apresentam alta percolação de água no perfil do solo (REATTO *et al.* 2008), geralmente se comportam como Neossolos Quartzarênicos, são suscetíveis à erosão por sulcos e voçorocas (RESCK 1991) e demandam práticas conservacionistas (SPERA *et al.* 2006).

As semelhanças de D_s observadas entre os intervalos de profundidade e entre os fragmentos de cerrado sentido restrito e plantio direto podem ser explicadas pelo menor tráfego de máquinas no solo proporcionado pelo plantio direto, enquanto as diferenças observadas nos intervalos de 0-20 cm das pastagens em relação aos fragmentos de cerrado sentido restrito podem ser ocasionadas pelo pisoteio do gado, que ocorre principalmente nos primeiros 30 cm do solo (KONDO & DIAS JUNIOR 1999), o que pode modificar a porosidade do solo, adensando-o pela redução de macro e micro porosidade do solo (ELTZ *et al.* 1989), além de proporcionar mudanças na relação solo-ar-água (CANALLI & ROLOFF 1997). Os valores médios de D_s dos fragmentos de cerrado sentido restrito foram similares aos encontrados em outros estudos realizados em Latossolos sob diferentes fisionomias de Cerrado (BAYER *et al.* 2006, MARCHÃO *et al.* 2009, PULRONIK *et al.* 2009). Os valores médios encontrados nos plantios diretos avaliados também foram similares aos encontrados em outros estudos (BAYER *et al.* 2006, MARCHÃO *et al.* 2009), bem como os resultados observados nas pastagens estudadas com mais de 30 anos de estabelecimento com outras estudadas em região de Cerrado (SILVA *et al.* 2004, CORBEELS 2006, PULRONIK *et al.* 2009, MARCHÃO *et al.* 2009).

Foram observadas diferenças de COS e estoque C entre os intervalos de profundidade 0-20 e 20-40 cm, tanto nos fragmentos de cerrado sentido restrito quanto nas matrizes com

plantio direto e pastagem. A redução nas concentrações e estoques de C com a profundidade têm sido observadas em diversos ecossistemas no mundo (LAL 2008, ZHENG *et al.* 2008), este mesmo padrão também ocorre no Cerrado (BAYER *et al.* 2006, CORAZZA *et al.* 1999, FREIXO *et al.* 2002, SISTI *et al.* 2004, MORAIS *et al.* 2013, SANTOS *et al.* no prelo). No entanto, Paiva e Faria (2007) observaram maiores valores de COS no intervalo de 20-40 cm em um estudo realizado áreas nativas de cerrado sentido restrito realizado no Distrito Federal e atribuíram este fato à rizodeposição de raízes de espécies vegetais.

A retirada do componente da vegetação lenhosa, que representam de 3,31 Mg.ha⁻¹ (OTTMAR *et al.* 2001) a 67,65 Mg.ha⁻¹ (RIBEIRO *et al.* 2011) de biomassa área em formações savânicas de Cerrado, podem levar ao declínio no teor de carbono nos ecossistemas savânicos em poucos anos (SCURLOCK & HALL 1998), o que pode justificar as diferenças observadas entre os fragmentos de cerrado sentido restrito e os plantios diretos, com exceção do mais antigo, que com 27 anos de manejo, apresentou valor médio mais alto de COS em relação aos demais plantios diretos e às pastagens. Esta semelhança condiz com outros estudos (SÉGUY *et al.* 1996, RESCK *et al.* 2000, NETO *et al.* 2010) que destacam o período de aproximadamente 10 anos de manejo de plantio direto como suficientes para estabilizar os níveis de COS, posteriores ao uso de plantio convencional depois da conversão de áreas nativas de Cerrado. No entanto, as diferenças observadas entre cerrado sentido restrito e o plantio direto podem ter sido influenciadas pela produção e qualidade do aporte de C no solo, aliados a características como atividade biológica, razão C/N do material vegetal, textura e suscetibilidade dos solos à erosão (CORBEELS *et al.* 2006), o que por outro lado, pode explicar os baixos valores encontrados no plantio direto mais novo e com teor de argila menor em relação ao plantio direto com 27 anos.

Os valores médios das concentrações de COS encontrados nos fragmentos de cerrado sentido restrito foram similares aos encontrados em outros estudos que avaliaram formações savânicas de Cerrado em Latossolos (CORAZZA *et al.* 1999, MARCHÃO *et al.* 2009, NETO *et al.* 2010, MENDES *et al.* 2012, SANTOS *et al.* no prelo), o que pode ser explicado pelo tempo de resposta a distúrbios e mudanças ambientais em escalas longas que as porções mais recalcitrantes da MOS apresentam (SCURLOCK & HALL 1998). Os valores de COS e estoques de C encontrados nas áreas de cerrado do presente estudo, por sua vez, apresentaram-se maiores que os encontrados nos plantios diretos avaliados, e uma tendência de semelhança com as pastagens, como observado na TABELA 19, destacando-se os trabalhos de Freitas *et al.* (2000) e Salton (2005).

TABELA 19. Estoques de Carbono orgânico no solo para o intervalo de 0-20 cm de profundidade em Latossolos Vermelhos sob diferentes tipos de uso do solo. LV: Latossolo Vermelho; Pst: Pastagem; PC: Plantio convencional; PD: Plantio direto; CSS: errado sentido restrito; CC: cerrado campo sujo; CND: cerrado não descrito.

Localização	Solo	Prof. (cm)	Argila	EC Vegetação Nativa		EC Uso atual		Tempo	Referências
				Tipo	Mg ha ⁻¹	Manejo	Mg ha ⁻¹		
Planaltina-DF	LV	0-20	67-70%	CSS	46,0	Pst	41,10	-	Chapuis Lardy <i>et al.</i> (2002)
Planaltina-DF	LV	0-20	61-63%	CSS	39,5	Pst	45,0	13	Marchão <i>et al.</i> (2009)
						PD	37,80	13	
Planaltina-DF	LV	0-20	41%	CSS	39,8	Pst	42,2	18	Corazza <i>et al.</i> (1999)
						PD	47,4	15	
Luziania-GO	LV	0-20	35%	CND		PD	41,0	6	Bayer <i>et al.</i> (2006)
Senador Canedo-GO	LV	0-20	50%	CC	51,2	Pst	45,5	+15	Freitas <i>et al.</i> (2000)
						PD	49,6	5	
Morrinhos-GO	LV	0-20	34-41%	CSS	37,9	Pst	40,7	+15	d'Andréa <i>et al.</i> (2004)
						PD	40,4	5	
Campo Grande-MS	LV	0-20	36%	CSS	54,0	Pst	50,5	11	Salton (2005)
						PD	47,9		

Os valores encontrados nos plantios diretos foram semelhantes a outros estudos realizados em Latossolos (CORAZZA *et al.* 1999, BAYER *et al.* 2006, MARCHÃO *et al.* 2009) assim como os resultados observados nas pastagens estudadas com mais de 30 anos de estabelecimento com outras estudadas também na região de Cerrado (PULRONIK *et al.* 2009, MARCHÃO *et al.* 2009, SANTOS *et al.* no prelo).

Tendo em vista que o C, compreende cerca de 58% da massa das substâncias orgânicas do solo (STEVENSON & COLE 1999) e a dinâmica da matéria orgânica está diretamente ligada ao ciclo do C (BRADY & WEIL 2013), estudos têm indicado que os estoques de matéria orgânica de solos de formação savânica de Cerrado influenciam os estoques de C em diferentes tipos de manejo utilizados em agroecossistemas (FERREIRA *et al.* 2007, JANTALIA *et al.* 2007, MARCHÃO *et al.* 2008, RESCK *et al.* 2008). Este cenário contribuiu para a difusão de práticas de manejo conservacionistas, como o plantio direto. Estas práticas, possuem quantidades relativamente altas das frações associadas com o compartimento ativo da matéria orgânica, que é composto pelas frações lábeis, como a matéria orgânica particulada, biomassa microbiana e açúcares oxidáveis (BRADY e WEIL 2013). Nesse contexto, a avaliação das frações de matéria orgânica em solos sob diferentes tipos de agroecossistemas pode auxiliar na compreensão da dinâmica da matéria orgânica. Logo, em melhores formas de manejo dos recursos naturais presentes no solo (FIGUEIREDO 2009).

A influência das variáveis COS e Al^{3+} sobre os solos de cerrado sentido restrito avaliados, bem como a influência das variáveis pH, P, Ca^{2+} , Mg^{2+} sobre as matrizes indicaram dois grupos com características químicas distintas. Ainda que as matrizes tenham apresentado semelhanças em relação ao pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , elas apresentaram um ordenamento mais disperso, provavelmente em decorrência de características de manejo específicas de cada unidade amostral.

A semelhança dos solos de fragmentos de cerrado sentido pode ser explicada pela escolha de elementos da paisagem (MARTINS *et al.* 2004a) semelhantes, concebida no planejamento de amostragem, refletindo nos bons desempenho das FPTs como indicado por Oliveira *et al.* (2002) e Dashtaki *et al.* (2010), tendo em vista os coeficientes de regressão relativamente altos.

Baseando-se na retroanálise da cobertura da bacia do Rio São Bartolomeu realizada por Neves *et al.* (2015), as áreas com tons de verde escuro nos mapas da FIGURA 18 e FIGURA 19, indicam predomínio de vegetações com porte florestal e maior fechamento de dossel, portanto maiores valores estimados de C associados. Enquanto as áreas com tons de vermelho

indicam fisionomias mais abertas, ou com solo exposto, com menores valores estimados de C. Estas associações também foram feitas por Santos *et al.* (no prelo), onde perceberam-se relações diretas entre C orgânico no solo e aspectos biofísicos da cobertura vegetal de Cerrado. Entre as FPTs geradas a Eq.(8) apresentou o melhor desempenho, tendo em vista o seu menor erro padrão (S) e maiores valores para R^2 , R^2 ajustado, e R^2 (pred).

Visto que foi utilizada apenas a imagem de um período do ano, deve-se destacar a necessidade de realizar análises multitemporais para integrar de forma mais robusta a dinâmica das interações do sistema-solo vegetação. Desta forma, sensores multispectrais com maior resolução temporal, como o MODIS, podem contribuir com estimativas através de FPTs (COUTO JUNIOR *et al.* 2013).

Lacruz *et al.* (2001), destacaram que a integração de dados de campo a imagens de satélite na bacia Amazônica possibilitaram diferenciar as áreas analisadas quanto à variação na %C na vegetação ou composição dos solos e espacializar estes dados para toda a região através do sensoriamento remoto. Estudos como o de França (2011) têm apresentado índices espectrais de vegetação como ferramenta para a estimativa de biomassa e estoque de C no Cerrado, através de funções de pedotransferência. Em outros biomas pode-se destacar Watzlawick *et al.* (2009) em floresta de araucárias do Rio Grande do Sul, Bolfe *et al.* (2011) em Sistemas Agroflorestais no Amazonas, que agregaram valores de NDVI e SAVI aos dados de C obtidos em campo e encontraram correlações altas entre seus dados. Neste contexto, Simbahan *et al.* (2006) utilizaram métodos geoestatísticos para relacionar dados, obtidos em campo, de COS a Modelos Digitais de Elevação (MDE) e índices de terreno obtidos por sensoriamento remoto em áreas agrícolas de Nebraska, Estados Unidos.

Watzlawick *et al.* (2002) indicam que os produtos da integração entre trabalhos de campo e dados de imageamento devem ser inseridos em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para auxiliar no processo de consultas a informações e facilidade de associação das informações geradas em um banco de dados. Como exemplo, Sun *et al.* (2012) utilizaram técnicas geoestatísticas, a partir de um banco de dados de solo, para prever propriedades do solo como pH, teor de argila e C em New South Wales, Austrália.

De forma geral, o estabelecimento de rotina padronizada na estimativa de dados de C com o uso de SIGs depende da disponibilidade de dados (imagens, dados de campo) e escala. Para integrar os dados é necessário utilizar geo-campos e modelos matemáticos. Assim, as FPTs geradas através da integração de valores de C e índices de vegetação, tornam-se ferramentas que podem facilitar a compreensão do estoque e dinâmica de C, por intermédio de técnicas mais acessíveis (ARAGÃO & SHIMAMBUKURO 2004).

7. Conclusões

Os resultados do presente estudo permitiram concluir que os solos dos fragmentos de cerrado sentido restrito avaliados apresentam semelhanças em relação às variáveis avaliadas. As matrizes também apresentaram padrões semelhantes em relação às variáveis relação pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , decorrente da correção do solo através da calagem, no entanto ordenaram-se de forma dispersa, provavelmente em consequência de características de manejo específicas de cada unidade amostral.

A diferença entre os fragmentos de cerrado sentido restrito e em relação ao plantio direto e à pastagem, aliadas as características biofísicas da cobertura vegetal refletiram na distribuição espacial de COS e estoque de C no solo proporcionada pelas FPTs, que por sua vez apresentaram o mesmo padrão de COS e estoque de C no solo obtidos em campo, indicando a alteração na dinâmica de C em no contexto de paisagem.

Embora em condições de fragmentação os valores de COS apresentaram-se semelhantes aos encontrados em outras formações savânicas de cerrado.

É possível gerar estimativas de COS e estoque de C no solo satisfatórias através de FPTs e espacializar as estimativas com auxílio de ferramentas de sistemas de informação geográfica. Estas estimativas podem auxiliar na avaliação da dinâmica de carbono no solo relacionando-o a cobertura vegetal e auxiliar no manejo de ecossistemas.

8. Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. **Os Domínios Morfoclimáticos na América do Sul: Primeira aproximação.** Geomorfologia, São Paulo, p. 1-22, 1977.
- ADLER-GOLDEN, S. M.; MATTHEW, M. W.; BERNSTEIN, L. S.; LEVINE, R. Y.; BERK, A.; RICHTSMIEIER, S. C.; ACHARVA, P. K.; ANDERSON, G. P.; FELDE, G.; GARDNER, J.; HOKE, M.; JEONG, L. S.; PUKALL, B.; MELLO, J.; RATKOWSKI, A.; BURKE, H. H. Atmospheric correction for shortwave spectral imagery based on MODTRAN4. *SPIE Proc. **Imaging Spectrometry***, v. 3753, p. 61-69, 1999.
- ALMEIDA, J.A.A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLTAN JUNIOR, W.A. Propriedades químicas de um Cambissolo húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 437-445, 2005.
- ALVAREZ V.; V.H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S. **Interpretação dos resultados das análises de solos.** In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p. 25-32, 1999.
- ARAGÃO, L. E. C.; SHIMABUKURO, Y. E. Perspectivas para o estudo da biogeoquímica do carbono em macro-escala integrando diferentes técnicas: **Modelagem ecológica, sensoriamento remoto e SIG.** Relatório Técnico. 97 p. INPE, São José dos Campos, 2004.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.
- ASNER, G.P. Biophysical and biochemical sources of variability in canopy reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v.64, p.234–253, 1998.
- ASNER, G.P.; TOWNSEND A.R.; BUSTAMANTE, M.M.C. Spectrometry of pasture condition and biogeochemistry in the Central Amazon. **Geophysical Research Letters**, v.26, p. 2769–2772, 1999.
- ASNER, G.P. TOWNSEND, A. R., BUSTAMANTE, M., NARDOTO, G. B., & OLANDER, L. P. Pasture degradation in the central Amazon: linking changes in carbon and nutrient cycling with remote sensing. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 844–862, 2004.
- ASNER, G.P.; KNAPP, D. E.; COOPER, A. N.; BUSTAMANTE, M. M. & OLANDER, L. P. Ecosystem structure throughout the Brazilian Amazon from Landsat observations and automated spectral unmixing. **Earth Interactions**, v. 9, n. 7, p. 1-31, 2005.
- ATTWILL P.M.; ADAMS M.A. Tansley Review no 50: Nutrient cycling in forests. **New Phytologist**, v. 124, n. 4, p. 561-582, 1993.

- BALDI, G.; GUERSCHMAN, J.P.; PARUELO, J.M. Characterizing fragmentation in temperate South America grasslands. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 116, n. 3-4, p.197-208, 2006.
- BATJES, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v.47, p.151–163, 1996.
- BATJES, N.H.; SOMBROEK, W. G. Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. **Global Change Biology**, v. 3, p. 161-173, 1997.
- BATLLE-BAYER, L.; BATJES, N.H.; BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. **Agriculture, ecosystems & environment**, v.137, n.1, p.47–58, 2010.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L. & SAAB, S.C. Diminuição da humificação da matéria orgânica de um Cambissolo Húmico em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:537-544, 2003.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L. ; MIELNICZUK, J. ; PAVINATO, A. & DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and tillage research**, 86(2), 237-245, 2006.
- BERK, A.G.P.; ADLER-GOLDEN, S. M.; RATKOWSKI, A. J.; FELDE, G. W.; ANDERSON, G. P.; HOKE, M. L.; COOLEY, T.; CHETWYND, J. H.; GARDNER, J. A.; MATTHEW, M. W.; BERNSTEIN, L. S.; ACHARYA, P. K.; MILLER, D.; LEWIS, P. Exploiting MODTRAN radiation transport atmospheric correction: the FLAASH algorithm. SPIE Proceeding, Optical Spectroscopic Techniques and Instrumentation for Atmospheric and **Space Research**, p. 798-803, 2002.
- BERNOUX, M.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A.S.; SCOPEL, E.; RAZAFIMBELO, T.; BLAVET, D.; PICCOLO, M.C.; PAVEI, M. & MILNE, E. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 26, p. 1-8, 2006.
- BERTRAND, J.P. ; CADIER, C. ; GASQUE's, J.G. Le crédit: un des facteurs clés de l'expansion de la filière soja dans le Mato Grosso. **Agricultures**, v. 14, p.46–52, 2004.
- BI, J.; BLANCO, J.A.; SEELY, B.; KIMMINS, J.P.; DING, Y.; WELHAM, C. Yield decline in Chinese-fir plantations: a simulation investigation with implications for model complexity. **Canadian Journal of Forest Research**, v.37, p.1615–1630, 2007.
- BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, M. C. Correlação entre o carbono de sistemas agroflorestais e índices de vegetação. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2011, Curitiba. Anais... p. 1705-1712. Curitiba, INPE, 2011.

- BOUMA, J. Using soil survey data for quantitative land evaluation. **Advances in Soil Science**, v. 9, p. 177-213, 1989.
- BOUYOUCOS, G.J. Rapid determination of the moisture content of soils. **Science**, v.64 [1670], p.651-652, 1926.
- BRADY, N. C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. 14th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008.
- BRADY, N. C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3ª ed. Bookman, 2013.
- BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; FILIPPI, A.M.; REDO, D.; XU, Z.W.; GANESH, S. Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986–2002: comparative analysis and implications for land-use policy. **Land Use Policy**, v. 25, n. 4, p. 579-595, 2008.
- BUDIMAN, M.; BRATNEY, A.B.M.C.; MENDONÇA-SANTOS, M.L. SANTOS, H.G. Revisão sobre funções de pedotransferência (PTFs) e novos métodos de predição de classes e atributos do Solo. Rio de Janeiro, RJ. Embrapa Solos. **Documentos**, n. 45, p.50, 2003.
- BUDIMAN, M.; HARTEMINK, A. E. Predicting soil properties in the tropics, **Earth-Science Reviews**, v. 106, n. 1-2, p. 52–62, 2011.
- BUSTAMANTE, M.M.C.; MARTINELLI L.A.; SILVA D.A.; CAMARGO P.B.; KLINK C.A.; DOMINGUES T.F.; SANTOS R.V. N-15 natural abundance in woody plants and soils of Central Brazilian savannas (cerrado). **Ecological Applications**, Washington, v.14, p.S200-S213, 2004.
- BUSTAMANTE, M.M.C.; MEDINA, E.; ASNER, G.P.; NARDOTO, G.B.; GARCIA-MONTIEL, D.C. Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. **Biogeochemistry**, v.79, p. 209–237, 2006.
- BUSTAMANTE, M.M.C.; NARDOTO, G.B.; PINTO, A.S.; REZENDE, J.C.F.; TAKAHASHI, F.S.C.; VIEIRA, L.C.G. Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems. **Brazilian Journal of Biology**, v.72, p.655-671, 2012.
- CAIRES, E. F.; CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BARTH, G., & GARBUIO, F. J. Lime and gypsum application on the wheat crop. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 357-364, 2002.
- CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.
- CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. D. C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M. D., & VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 661-669, 2004.

- CANALLI, L. B.; ROLOFF, G. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 99-104, 1997.
- CARVALHO, F.M.V.; DE MARCO, P.; FERREIRA, L.G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of Central Brazil, **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392–1403, 2009.
- CECCATO, P.; FLASSE, S.; TARANTOLA, S.; JACQUEMOUD, S.; GRÉGOIRE, J. M. Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain. **Remote sensing of Environment**, vol. 77, p. 22-33, 2001.
- CERRI, C. E.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K.; BERNOUX, M., & CERRI, C. C. Simulating SOC changes in 11 land use change chronosequences from the Brazilian Amazon with Roth C and Century models. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 122, n. 1, p. 46-57, 2007.
- CHAPIN III, F.S.; MATSON, P.A.; VITOUSEK, P. **Principles of terrestrial ecosystem ecology**. Springer Science & Business Media, 2011.
- CHEN, D; HUANG, J; JACKSON, T.J. Vegetation water content estimation for corn and soybeans using spectral indices derived from MODIS near- and short-wave infrared bands. **Remote Sensing of Environment**, v.98, p.225- 236, 2005.
- COLEMAN, D.C.; CROSSLEY, D.A.; HENDRIX, P.F. **Fundamentals of soil ecology**. 2 ed. San Diego: Academic Press, 386p. 2004.
- CONSTANTINO, R. **Influência da macrofauna na dinâmica de nutrientes do folheto em decomposição em Cerrado sensu stricto**. Brasília: Universidade de Brasília. 68 p. Dissertação de Mestrado em Ecologia, 1988.
- COPPIN, P.; JONCKHEERE, I.; NACKAERTS, K.; MUYS, B., & LAMBIN, E. Review Article Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. **International journal of remote sensing**, v. 25, n. 9, p. 1565-1596, 2004.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. D.; RESCK, D. V. S., & GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 425-432, 1999.
- CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A.; BERNOUX, M.; DOUZET, J.M., SIQUEIRA NETO, M.S. Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. **Global Change Biology**, v. 12, p. 1773–1787, 2006.
- COSTA, F.; BAYER, C.; ACORDI, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 323-332, 2008.

- COSTA, J.B. **Caracterização e constituição do solo**. 2 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 527 p. 1979.
- COUTO JUNIOR, A. F.; SOUZA, V. V.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; SANTANA, O. A.; FRETAS, L. F.; GOMES, R. A. T. Integração de Parâmetros Morfométricos e Imagem ASTER para a Delimitação das Fitofisionomias da Serra da Canastra, Parque Nacional da Serra da Canastra, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 11, n. 1, 2010.
- COUTO JUNIOR, A.F.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; MARTINS, E.S.; SANTANA, O.; SOUZA, V.; ENCINA, J. Tratamento de ruídos e caracterização de fisionomias do Cerrado utilizando séries temporais do sensor MODIS. **Revista Árvore**, v.35, p.699-705, 2011.
- JUNIOR, A. F. C.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; SOUZA MARTINS, E.; & VASCONCELOS, V. CHARACTERIZATION OF THE AGRICULTURE OCCUPATION IN THE CERRADO BIOME USING MODIS TIME-SERIES. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 31, n. 3, p. 393-402, 2013.
- CPRM. Carta geológica do Brasil ao milionésimo, 2008. Disponível em:<<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 18 fev. 2012.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP: Unicamp, 170 p, 1992.
- CURRAN, P. J. **Principles of remote sensing**. Longman Inc., 1985.
- D'ANDRÉA, A. F., SILVA, M. L. N., CURI, N., & GUILHERME, L. R. G. Carbon and nitrogen storage, and inorganic nitrogen forms in a soil under different management systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.
- DASHTAKI, S. G.; HOMAEE, M.; KHODABERDILOO, H. Derivation and validation of pedotransfer functions for estimating soil water retention curve using a variety of soil data. **Soil Use Management**, Hoboken, v. 26, p. 68–74, 2010.
- DINIZ-FILHO, J. A. F., OLIVEIRA, G. D., LOBO, F., FERREIRA, L. G., BINI, L. M., & RANGEL, T. F. L. V. B. Agriculture, habitat loss and spatial patterns of human occupation in a biodiversity hotspot. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 6, p. 764-771, 2009.
- EGOH, B.; REYERS, B.; ROUGET, M.; BODE, M.; RICHARDSON, D.M. Spatial congruence between biodiversity and ecosystem services in South Africa. **Biological Conservation**, vol. 142, p. 553-562, 2009.
- EITEN, G. The Cerrado vegetation of Central Brazil. **Botanical Review**, New York, v. 38, p.01-341, 1972.
- ELLIS, E. C.; RAMANKUTTY, N. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.6, n.8, p.439-447, 2008.
- ELLIS, S.; MELLOR, A. **Soils and Environment**. Routledge, New York, 1995.

- ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 259-267, 1989.
- ELVIDGE, C. D.; CHEN, Z. Comparison of broad band and narrow-band red and near-infrared vegetations indices. **Remote Sensing Environment**, v.54, n.1, p. 38-48, 1995.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. - 2. ed. rev. atual. - Rio de Janeiro, 1997, 212p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 312p.
- EXELIS. ENVI versão 5.0. Boulder: Exelis Visual Information Solutions, 2013.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Reviews of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 34, p. 487-515, 2003.
- FALLEIRO, R. M. ; SOUZA, C. M. ; SILVA, C. S. W. ; SEDIYAMA, C. S. ; SILVA, A. A. ; & FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, 2003.
- FERREIRA, L.G.; YOSHIOKA, H.; HUETE, A.R.; SANO, E.E. Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: an analysis within the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). **Remote Sensing of Environment**, v.87, n.4, p.534-550, 2003.
- FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1625-1635, 2007.
- FIGUEIREDO, C. C. **Compartimentos da matéria orgânica do solo sob sistemas de manejo e vegetação natural de Cerrado**. 2009. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.
- FILOSO, S.; MARTINELLI, L.A.; HOWARTH, R.W.; BOYER, E.W.; DENTENER, F. Human activities changing the N cycle in Brazil. **Biogeochemistry**, v.79, p.61–89, 2006.
- FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S. ; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D. ; O’CONNELL, C. ; RAY, D. K. ; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.;

- POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; DAVID, P.; ZAKS, M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, p. 337 – 342, 2011.
- FRANÇA, A. M. S. **Função de pedotransferência para estimativas de estoques de carbono em solos de áreas de Campo Limpo Úmido do Distrito Federal**. Tese de Doutorado. 144 p. Universidade de Brasília, Instituto de Geociências. Departamento de Geologia Geral e Aplicada, 2011.
- FRANCHINI, J. C.; GONZALEZ-VILA, F. J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M., & PAVAN, M. A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant and Soil**, v. 231, n. 1, p. 55-63, 2001.
- FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: IEMA; SEMATEC; UNB **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal**. Brasília: IEMA; SEMATEC; UnB, v. 1, p. 45. 1998.
- FREITAS, P. L., BLANCANEUX, P., GAVINELLI, E., LARRÉ-LARROUY, M. C., & FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 01, p. 157-170, 2000.
- FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O.; SANTOS, H. P., SILVA, C. A., & FADIGAS, F. Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 64, n. 3, p. 221-230, 2002.
- FURLEY, P.A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, p. 97-108, 1988.
- FURLEY, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, n. 3-4, p. 223-241, 1999.
- FYFE, W S, The Environmental Crisis : Quantifying Geosphere Interactions, **Science**, v. 213, p. 105–110, 1981.
- GAO, B. C. NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, v.58, p. 257-266, 1996.
- GOEDERT, W. J. Management of the Cerrado soils of Brazil: a review. **Journal of Soil Science**, v.34, n. 3, p. 405-428, 1983.
- GRACE, J., JOSÉ, J. S., MEIR, P., MIRANDA, H. S., & MONTES, R. A. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 387-400, 2006.
- GUO, L. B.; GIFFORD, R. M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. **Global change biology**, v. 8, n. 4, p. 345-360, 2002.

- HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E., & TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman, 2009.
- HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some cerrado native species of Central Brazil. **Plant and Soil**, v. 65, n. 2, p. 265-273, 1982.
- HELFAND, S.M.; RESENDE, G.C. Padrões Regionais de Crescimento da Produção de grãos e o Papel da Região Centro-Oeste. IPEA: Rio de Janeiro, **Texto para Discussão N° 731**, 2000.
- HERKERT, J. R.; REINKING, D. L.; WIEDENFELD, D. A.; WINTER, M.; ZIMMERMAN, J. L.; JENSEN, W. E.; ... & ROBINSON, S. K. Effects of prairie fragmentation on the nest success of breeding birds in the midcontinental United States. **Conservation Biological**, v.16, p.706-716, 2003.
- HUETE, A.R.; JACKSON, R.D.; POST, D.F. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. **Remote Sensing of Environment**, v.17, p.37-53, 1985.
- HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, p.295-309, 1988.
- HUETE, A.R.; JUSTICE, C.; LIU, H. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. **Remote Sensing of Environment**, v.49, p.224-234, 1994.
- HUETE, A.; DIDAN, K; MIURA, T; RODRIGUEZ, P; GAO, X; FERREIRA, L.G; LIU, H.Q.; BATCHILY, K; VAN LEEUWEN, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.59, p.440- 451, 1997.
- IBGE. Mapa de biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 20 ago. 2014.
- IBGE. Produção Agrícola Municipal, 2012.
- JANTALIA, C. P.; RESCK, D. V.; ALVES, B. J.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S., & BODDEY, R. M. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. **Soil and Tillage Research**, v. 95, n. 1, p. 97-109, 2007.
- JUSTICE, C.O. ; VERMOTE, E. ; TOWNSHEND, J. R.; DEFRIES, R. ; ROY, D. P. ; HALL, D. K. ; ... & BARNESLEY, M. J. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **Geoscience and Remote Sensing**, IEEE Transactions on, v.36, n.4,p.1228-1247, 1998.
- KAPOS, V. WANDELLI, E.; CAMARGO, J. L., & GANADE, G. **Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in central Amazonia**. In: Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of

- fragmented communities. University of Chicago Press, Chicago, v. 101, p. 33-44, 1997.
- KAY, B.D. **Soil structure and organic carbon: a review** In: LAL, Rattan et al. (Ed.). Soil processes and the carbon cycle. CRC Press, Boca Raton, FL (1998), pp. 169–197, 1998.
- KEMPER, J.; COWLING, R. M.; RICHARDSON, D. M.; FORSYTH, G. G., & MCKELLY, D. H. Landscape fragmentation in South Coast Renosterveld, South Africa, in relation to rainfall and topography. **Austral Ecology**, v. 25, n. 2, p. 179-186, 2000.
- KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, p.707-713, 2005.
- KNIPLING, E. B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 1, n. 3, p. 155-159, 1970.
- KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M.S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 211-218, 1999.
- KOUKI, J.; LÖFMAN, S. **Forest fragmentation: processes, concepts and implication for species**. In: Key Concepts in Landscape Ecology. Proceedings of the 1998 European congress of IALE, Preston. 1998.
- KOZOVITS, A. R.; BUSTAMANTE, M. M. C.; GAROFALO, C. R.; BUCCI, S.; FRANCO, A. C.; GOLDSTEIN, G., & MEINZER, F. C. Nutrient resorption and patterns of litter production and decomposition in a Neotropical Savanna. **Functional Ecology**, v. 21, n. 6, p. 1034-1043, 2007.
- LACRUZ, P. M. S.; SHIMABUKURO, Y. E.; WILLIAMS, M.; RENNÓ, C. D.; HERBERT, D., & RASTETTER, E. B. **Utilização do sensoriamento remoto e dados de campo para modelagem das atividades biogeoquímicas na Floresta Nacional de Tapajós**. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 2001. p. 1699-1701.
- LAL, R. Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, vol. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.
- LAL, R. **Savannas and global climate change: source or sink of atmospheric CO₂**. In FALEIRO, F.G., AND A.L. FARIAS NETO, (Eds.). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados. p. 81-102. 2008
- LAMBIN, E.; GEIST, H.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover changes in tropical regions. **Annual Review of Environment Resources**, v. 28, p.205-241, 2003.
- LARDY, L. C., BROSSARD, M., ASSAD, M. L., & LAURENT, J. Y. Carbon and phosphorus stocks of clayey Ferralsols in Cerrado native and agroecosystems, Brazil. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 92, n. 2, p. 147-158, 2002.

- LEGENDRE, P; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Elsevier, Amsterdam, 1998.
- LEITE, L. F., GALVÃO, S. R., HOLANDA NETO, M. R., ARAÚJO, F. S., IWATA, B. F. Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1273-1280, 2010.
- LENZ-WIEDEMANN, V.I.S.; SCHNEIDER, K; MIAO, Y.; BARETH, G. Development of a regional crop growth model for Northeast China. **Procedia Environmental Sciences**, v. 13, p.1946 – 1955, 2012.
- LEPRIEUR, C.; VERSTRAETE, M. M.; PINTY, B. Evaluation of the performance of various vegetation indices to retrieve vegetation cover from AVHRR data. **Remote Sensing Reviews**, v. 10, p. 265-284, 1994.
- LIN, H.S.; MCINNES, K.J.; WILDING, L.P.; HALLMARK, C.T. Effects of soil morphology on hydraulic properties: I. Quantification of soil morphology. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.63, p. 948-954,1999.
- LOPES, A.S.; COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under “cerrado” vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**., Madison, v. 41, n.4, p.742-7, 1977.
- LOPES, A.S. **Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo**. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983.
- LOPES, A.S., WIETHÖLTER, S., GUILHERME, L.R.G., SILVA, C.A. **Sistema plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo**. ANDA, São Paulo, Brazil, p. 115, 2004.
- LOVEJOY, T. E.; BIERREGAARD, R. O.; RANKIN, J. M. & SCHUBART, H. O. Ecological dynamics of tropical forest fragments. In: SUTTON, S. L; WHITMORE, T. C; CHADWICK, A. C. (Eds.), **Tropical rain forest: ecology and management**, Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 377-384, 1983.
- LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; OLIVEIRA, P.P.A. **Uso da calagem na recuperação e manutenção da produtividade das pastagens**. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 21., Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fealq, p. 63-100, 2004.
- MACHADO, P. L. O. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, p. 329-334, 2005.
- MAIA, S.M.F.; OGLE, S.M.; CERRI, C.E.P. & CERRI, C.C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, 149:84-91, 2009.
- MARCHÃO, R. L., BECQUER, T., BRUNET, D., BALBINO, L. C., VILELA, L., & BROSSARD, M. Carbon and nitrogen stocks in a Brazilian clayey Oxisol: 13-year

- effects of integrated crop–livestock management systems. **Soil and Tillage Research**, v. 103, n. 2, p. 442-450, 2009.
- MARTINELLI, L. A., & FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications**, v. 18, n. 4, p. 885-898, 2008.
- MARTINS, E.S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F. Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil. **Documentos**, Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, p. 33. 2004a.
- MARTINS, E.S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F. Evolução Geomorfológica do Distrito Federal. **Documentos**, Embrapa Cerrados. Planaltina, DF, p. 57. 2004b.
- MARTINS, E.S.; REATTO, A.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F. Unidades de Paisagem do Distrito Federal, escala 1:100.000. **Documentos**, Embrapa Cerrados. [S.l.], p. 22. 2004c.
- MARTINS, E.S.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; VASCONCELOS, V.; COUTO JUNIOR, A.F.; OLIVEIRA, S.N.; GOMES, R.A.T.; REATTO, A. Relação Solo-Relevo em Vertentes Assimétricas no Parque Nacional Serra dos Órgãos, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 1, p. 45-62. 2007.
- MENDES, I. C.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M., & DOS REIS JUNIOR, F. B. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. **Plant and soil**, v. 359, n. 1-2, p. 183-195, 2012.
- MENDHAM, D.S.; O'CONNELL, A.M.; GROVE, T.S. Change in soil carbon after land clearing or afforestation in highly weathered lateritic and sandy soils of south-western Australia. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.95, p.143– 156, 2003.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília, 266 p., Brasília, 2012.
- MERINO, A.; FERNANDEZ-LOPEZ, A.; SOLLA-GULLON, F.; EDESO, J. M. Soil changes and tree growth in intensively managed *Pinus radiata* in northern Spain. **Forest Ecology and Management**, v.196, p.393–404, 2004.
- MESQUITA FILHO, M.V.; TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from the Cerrado region (Brazil). **Geoderma**, v. 58, n. 1-2, p. 107-123, 1993.
- METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens?. **Biota neotropica**, v. 1, n. 1-2, p. 1-9, 2001.
- MIRANDA, S.D.C.; BUSTAMANTE, M.M.C.; PALACE, M.; HAGEN, S.; KELLER, M. & FERREIRA, L. G. Regional Variations in Biomass Distribution in Brazilian Savanna Woodland, **Biotropica**, v. 46, n. 2, p. 125–138, 2014.

- MITTERMEIER, R.A.; GIL, P.R.; HOFFMAN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX, J.; DA FONSECA, G.A.B. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. 2ed. Boston: University of Chicago Press, 392p, 2005.
- MMA, IBAMA, E PNUD. **Relatório técnico de monitoramento do desmatamento no Bioma Cerrado, 2002 a 2008: Dados Revisados**. Acordo de Cooperação Técnica. Brasília-DF, 2009.
- MORAIS, V.A.; SCOLFORO, J. R. S.; SILVA, C. A.; MELLO, J. M. D.; GOMIDE, L. R. & OLIVEIRA, A. D. D. Carbon and biomass stocks in a fragment of cerradão in Minas Gerais state, Brazil. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 237-245, 2013.
- MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JUNIOR, W.; BLANCANEAUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 869-878, jun. 2002.
- MURTY, D.; KIRSCHBAUM, M.U.F; MCMURTRIE, R.E; MCGILVRAY, H. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? a review of the literature. **Global Change Biology**, vol. 8, pp. 105-123, 2002.
- NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C. Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.38, p.955-962, 2003.
- NAVEH, Z. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. **Landscape and urban planning**, n. 57, p. 269-284, 2001.
- NETO, M. S.; SCOPEL, E. ; CORBEELS, M.; CARDOSO, A. N.; DOUZET, J. M. ; FELLER, C. ; ... & BERNOUX, M. Soil carbon stocks under no-tillage mulch-based cropping systems in the Brazilian Cerrado: An on-farm synchronic assessment. **Soil and Tillage Research**, v. 110, n. 1, p. 187–195, 2010.
- NETTO, I. T. P., KATO, E., & GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1441-1448, 2009.
- NEVES, G.; SENA-SOUZA, J. P.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; NARDOTO, G. B.; MARTINS, E.M. & JUNIOR, A. F. C. Relação entre a dinâmica da expansão das atividades agropastoris e o relevo da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, Planalto Central Brasileiro. In: **Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 2015**.
- NOVAIS, R. D., & SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999.
- OLIVEIRA L. B.; RIBEIRO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; RODRIGUES, J. J. V.; & MARQUES, F. A. Funções de pedotransferência para predição da umidade retida a

- potenciais específicos em solos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, p. 315-323, 2002.
- OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no till system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 47-57, 1996.
- OLIVEIRA, L. B., RIBEIRO, M. R., JACOMINE, P. K. T., RODRIGUES, J. J. V., & MARQUES, F. A. Funções de pedotransferência para predição da umidade retida a potenciais específicos em solos do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência Do Solo**, v. 26, n. 2, p. 315-323, 2002.
- OMETTO J. P. H. B.; EHLERINGER, J. R.; DOMINGUES, T. F.; BERRY, J. A.; ISHIDA, F. Y.; MAZZI, E. ... & MARTINELLI, L. A. The stable carbon and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon Basin, Brazil. **Biogeochemistry** 79, 251–74, 2006.
- OTTMAR, R. D.; VIHMANEK, R. E.; MIRANDA, H. S.; SATO, M. N. & ANDRADE, S. M. A. **Séries de estéreo-fotografias para quantificar a biomassa da vegetação do cerrado no Brasil Central**. Brasília: USDA, USAID, UnB, 2001.
- OZDOGAN, M. The spatial distribution of crop types from MODIS data: Temporal unmixing using Independent Component Analysis. **Remote Sensing of Environment**, v.114, n. 6, p. 1190-1204, 2010.
- PAIVA, A. O.; G. E. FARIA. Estoque de carbono do solo sob cerrado sensu stricto no Distrito Federal, Brasil. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**. 1:59–65, 2007.
- PAVAN, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 16, n. 1, 1994.
- PAVAN, M. A.; PAULETTI, V.; SEGANFREDO, R. **Mobilização orgânica do calcário no solo através de adubo verde**. Plantio direto: atualização tecnológica. Castro, Fundação Cargill/Fundação ABC, p. 45-52, 1999.
- PENUELAS, J.; FILELLA, I.; BIEL, C.; SERRANO, L; SAVE, R. The reflectance at the 950-970 nm region as an indicator of plant water status. **International Journal of Remote Sensing**, v.52, p.1669-1675, 1993.
- PONZONI, F. J. **Comportamento espectral da vegetação**. In: Meneses, P. R.; Madeira Netto, J. S. (orgs.). Sensoriamento Remoto. Reflectância de Alvos Naturais. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 262p. Cap.5, p.157-199, 2001.
- PULROLNIK, K. ; BARROS, N. D. ; SILVA, I. R. ; NOVAIS, R. F. & BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1125-1136, 2009.

- RANGEL, O.J.P; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.
- RATHCKE, B. & LACEY, E.P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.16, p.179-214, 1985.
- REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S.T. **Solos do bioma Cerrado**. In: MATIKO SANO, S; PEDROSA DE ALMEIDA, S. (Eds.) Cerrado, Ambiente e flora. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, Brazil, p. 47–88, 1998.
- REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; CARVALHO JUNIOR, O. A. Mapa Pedológico Digital - SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo. **Documentos** Embrapa Cerrados, 2004. 29 p.
- REATTO, A.; CORREIA, J.R; SPERA, S.T; MARTINS, E.S. **Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos**. In: SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. (Eds.). Cerrado: ecologia e flora, p. 109–149. Embrapa – CPAC, Planaltina, DF, 2008.
- RESCK, D.V.S. **Uso e ocupação do solo no Brasil Central**. EMBRAPA, CPAC, 1991.
- RESCK, D. V. S.; VASCONCELLOS, C. A.; VILELA, L.; MACEDO, M. C. M. Impact of conversion of Brazilian Cerrados to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. **Global Climate Change and Tropical Ecosystems. Adv. Soil Sciences. CRC Press, Boca Raton, FL**, p. 169-196, 1999.
- RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; FIGUEIREDO, C. C. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Eds). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 417-473, 2008.
- RESENDE, J.C.F. **A ciclagem de nutrientes em áreas de Cerrado e a influência de queimadas controladas**. 2001. 121p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília.
- RIBEIRO, S.C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; KLEINN, C.; & DE OLIVEIRA GASPARGAR, R. Above-and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 3, p. 491-499, 2011.
- ROCHA, G.F.; FERREIRA, L.G.; FERREIRA, N.C.; FERREIRA, M.E. Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. **Revista Brasileira Cartografia**, v.63, p.341–349, 2011.
- ROCKSTROM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, Å.; CHAPIN, F. S.; LAMBIN, E. F.; ... & FOLEY, J. A. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, 2009.
- ROSEMBACK, R.; FERREIRA, N.J.; SHIMABUKURO, Y.E. & CONFORTE, J.C. Análise da dinâmica da cobertura vegetal na região sul do Brasil a partir de dados MODIS/Terra. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.62, p. 401-416, 2010.

- ROSENDO, J.S. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2005.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A. & DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**, Greenbelt: NASA SP, v.351, p.301–317, 1973.
- ROY, D.P.; WULDER, M. A.; LOVELAND, T. R.; WOODCOCK, C. E.; ALLEN, R. G.; ANDERSON, M. C.; ... & ZHU, Z. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sensing of Environment**, v. 145, p. 154-172, 2014.
- RUNNING, S.W.; NEMANI, R. R.; HEINSCH, F. A.; ZHAO, M.; REEVES, M. & HASHIMOTO, H. A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. **Bioscience**, v. 54, n. 6, p. 547-560, 2004.
- SALTON, J.C. **Matéria Orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical.** In: Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 158. 2005.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; ... & BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.
- SANO, E.E.; BARCELLOS, A.O.; BEZERRA, H.S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. **Pasturas Tropicais**, v.23, p.2–15, 2000.
- SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S. & FERREIRA, L. G. Notas Científicas Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.
- SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S. & FERREIRA, L.G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, vol. 166, p. 113-124, 2010.
- SANTIAGO, M. M.; SILVA, H. A.; GALVINCIO, J. D.; OLIVEIRA, T. H. **Análise da Cobertura Vegetal Através dos Índices de Vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no Entorno da Barragem do Botafogo-PE.** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. Anais. p. 3003-3009, INPE, 2009.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço.** São Paulo: Edusp, 2002.
- SANTOS *et al.* Teor de carbono orgânico do solo e aspectos biofísicos da cobertura vegetal da bacia do córrego Sarandi, Planaltina-DF. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.** Planaltina, DF. No prelo.

- SCURLOCK, J. M. O.; HALL, D. O. The global carbon sink: a grassland perspective. **Global Change Biology**, v. 4, n. 2, p. 229-233, 1998.
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A.; CORTEZ, N.A. Brazilian agriculture in new immigration zones. **Agriculture et développement**, v. 12, 2–61, 1996.
- SELLERS, P.J.; DICKINSON, R.E.; RANDALL, D.A.; BETTS, A.K.; HALL, F.G.; BERRY, J.A.; COLLATZ, G.J.; DENNING, A.S.; MOONEY, H.A.; NOBRE, C.A.; SATO, N.; FIELD, C.B.; HENDERSON-SELLERS, A. Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. **Science**, v. 275, n. 24, p. 502- 509, 1997.
- SENA-SOUZA, J. P.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; REATTO, A.; VASCONCELOS, V.; GOMES, M. P.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; REIS, A. M. Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu, escala 1:100.000. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. 314. Planaltina, DF. 38 p. 2013.
- SHAFER, C.L. Nature reserves: island theory and conservation practice. 1990.
- SHERMAN G.E.; SUTTON T.; BLAZEK R.; HOLL S.; DASSAU O.; MORELY B.; MITCHELL T.; LUTHMAN L. Quantum GIS User Guide - Version 2.6.1 “Brighton”. [site da Internet] 2015. [acessado 2015 jan 18]; [cerca de 727 p.] Disponível em: <http://docs.qgis.org/2.6/pdf/en/QGIS-2.6-UserGuide-en.pdf>
- SILVA, I.S. **Alguns aspectos da ciclagem de nutrientes em uma área de cerrado (Brasília –DF): chuva, produção e decomposição de litter**. Brasília: Universidade de Brasília. 86 p. Dissertação de Mestrado em Ecologia, 1983.
- SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.541-547, 1994.
- SILVA, J.E.; RESCK, D. V. S.; VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. **Matéria orgânica do solo**. Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997.
- SILVA, J.M.C.; BATES, J.M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **Bioscience**, v.52, p.225-233, 2002.
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J. & VIVALDI, L. Carbon storage under cultivated pastures in a clayey Oxisol in the Cerrado Region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 103:357-363, 2004.
- SILVA, F. J. ; FARIÑAS, M. R. ; FELFILI, J. M. & KLINK, C. A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v.33, p.536-548, 2006.
- SILVA, F. D., ASSAD, E. D., & EVANGELISTA, B. A. **Caracterização climática do bioma Cerrado**. Cerrado: ecologia e flora, v. 1, p. 69-88, 2008.

- SIMBAHAN, G.C.; DOBERMANN, A.; GOOVAERTS, P.; PING, J. & HADDIX, M. L. Fine-resolution mapping of soil organic carbon based on multivariate secondary data. **Geoderma**, v. 132, n. 3, p. 471-489, 2006.
- SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C. & BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Science Agronomical**, v.31, p.709-717, 2009
- SISTI, C.P.J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J.; URQUIAGA, S. & BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and tillage research**, v. 76, n. 1, p. 39-58, 2004.
- SOUSA, D.M.G.; CARVALHO, L.J.C.B.; MIRANDA, L.N. Correção de acidez do solo. In: GOEDERT, W.J. ed. Solo dos Cerrados: Tecnologia e estratégia de manejo. Planaltina, EMBRAPA/CPAC/São Paulo, Nobel, p.99-127. 1985.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.
- SOUTHWORTH, J.; MUNROE, D.; NAGENDRA, H. Land and cover change and landscape fragmentation comparing the utility of continuous and discrete analyses for a western Honduras region. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.10, p.185–205, 2004.
- SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 2, p. 133–139, 2003.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTAENLI, R.S.; TOMM, G.O. Efeito de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos do solo e sua produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.3, p.533-542, 2004.
- SPERA, S.T.; CORREIA, J.R.; REATTO, A. **Solos do bioma Cerrado: propriedades químicas e físico-hídricas sob uso e manejo de adubos verdes**. Cerrado: adubação verde. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 41-70, 2006.
- STATSOFT. 2009. STATISTICA (data analysis software system), version 9 www.statsoft.com.
- STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1999. 427 p.
- STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M. Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo. Santo Antonio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão.. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. 15p. 2005.
- SUN, W.; MINASNY, B; MCBRATNEY, A. Analysis and prediction of soil properties using local regression-kriging. **Geoderma**, v. 171, p. 16-23, 2012.

- TEAM, R. Core. R: a language and environment for statistical computing. Version 3.1. 1 [computer program]. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013.
- TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; D'ANTONIO, C.; DOBSON, A.; HOWARTH, R.; SCHINDLER, D.; SCHLESINGER, W.H.; SIMBERLOFF, D.; SWACKHAMER, D. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v.292, p.281-284, 2001.
- TORNQUIST, C.G.; GASSMAN, P. W.; MIELNICZUK, J.; GIASSON, E. & CAMPBELL, T. Spatially explicit simulations of soil C dynamics in Southern Brazil: Integrating century and GIS with i_Century. **Geoderma**, v. 150, n. 3, p. 404-414, 2009.
- VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 1, p. 175-180, 1994.
- VILELA, L. ; MACEDO, M. C. M. ; MARTHA JUNIOR, G. B. ; KLUTHCOUSKI, J. ; STONE, L. & AIDAR, H. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Embrapa Cerrados, 2001.
- VITOUSEK, P.M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, v. 119, n. 4, p. 553-572, 1982.
- VITOUSEK, P.M.; ABER, J.D.; HOWARTH, R.W.; LIKENS, G.E.; MATSON, P.A.; SCHINDLER, D.W.; SCHLESINGER, W.H.; TILMAN, D.G. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. **Ecological Applications**, v.7, p.737-750, 1997.
- VITOUSEK, P.M.; FARRINGTON, H. Nutrient limitation and soil development: experimental test of a biogeochemical theory. **Biogeochemistry**, v. 37, n. 1, p. 63-75, 1997.
- WALKLEY, A; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.
- WALL, D.H.; BARDGETT, R. D.; BEHAN-PELLETIER, V.; HERRICK, J. E.; JONES, T. H.; SIX, J. & STRONG, D. R. (EDS.). **Soil Ecology and Ecosystem Services**. Oxford University Press, UK, 2012.
- WANG, Z. X.; LIU, C.; HUETE, A. From AVHRR NDVI to MODIS-EVI: Advances in vegetation index research. **Acta Ecologica Sinica**, v.23, n.5, p.979- 988, 2003.
- WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F. & SANQUETTA, C. R. Fixação de carbono em Floresta Ombrófila Mista em diferentes estágios de regeneração. **As florestas e o carbono**. Curitiba, p. 153-173, 2002.
- WATZLAWICK, L.F.; KIRCHNER, F.F.; SANQUETTA, C.R. Estimativa de biomassa e carbono em floresta com araucária utilizando imagens do satélite IKONOS II. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 169-181. 2009.

- WEST, T.O; POST, W.M.; Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, n. 6, p. 1930-1946, 2002.
- WILLIAMS, D. L.; GOWARD, S.; ARVIDSON, T. Landsat. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 72, n. 10, p. 1171-1178, 2006.
- WÖSTEN, J.H.M. Pedotransfer functions. LAL, R. (Ed.), **Encyclopedia of Soil Science**, M. Dekker, NYC, p. 967–9, 2002.
- YAMADA, T. The Cerrado of Brazil: A success story of production on acid soils. **Soil Science Plant Nutrition**, v.51, p.617–620, 2005.
- ZHANG, X.Q.; KIRSCHBAUM, M.U.F.; HOU, Z.H; GUO, Z.H. Carbon stock changes in successive rotations of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook) plantations. **Forest Ecology and Management**, v.202, p.131–147, 2004.
- ZHENG, H., OUYANG, Z., XU, W., WANG, X., MIAO, H., LI, X., & TIAN, Y. Variation of carbon storage by different reforestation types in the hilly red soil region of southern China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, p. 1113-1121, 2008.
- ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.V.S. Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v. 127, n. 1, p. 168-173, 2005.

Apêndice A - Roteiro semi-estruturado

1. IDENTIFICAÇÃO

1.1 NOME DO ENTREVISTADO: _____

1.2 LOCALIDADE: _____

1.3 DATA DA ENTREVISTA: _____ / _____ / _____

1.4 ENTREVISTADOR: _____

2. PROPRIEDADE

2.1. SITUAÇÃO ATUAL:

() Própria () Arrendada () Outro _____

2.2. É O PRIMEIRO PROPRIETÁRIO?

() Sim () Não. Como era anteriormente? _____

2.3. QUANTO TEMPO POSSUI A PROPRIEDADE?

() < 5 Anos () 5-10 anos () 10-20 anos () > 20 anos. Obs: _____

3. USO DA TERRA

3.1 QUAL O TAMANHO DA PROPRIEDADE? _____ ha

3.2 QUAL O TAMANHO DA ÁREA INEXPLORADA? _____ ha

Tipo de uso: _____

Histórico de queimadas: () sim () não

Qual a última vez que foi queimada? _____

Obs: _____

3.3 QUAL O TAMANHO DA ÁREA EXPLORADA COM ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS? _____ ha

Obs: _____

3.4 QUAL O TAMANHO DA ÁREA DE ONDE A PRINCIPAL ATIVIDADE É DESENVOLVIDA? _____ ha

Obs: _____

3.5 COMO COMEÇOU O USO DA TERRA?

() Agricultura () Pecuária () Ambos. Obs: _____

3.6 COMO AS CULTURAS/PASTAGEM FORAM IMPLANTADAS?

() Cultivo mecanizado () Não mecanizado. Obs: _____

3.7 QUAL O SISTEMA DE PLANTIO? () Convencional () Plantio Direto.

Obs: _____

3.8 QUAL ESPÉCIE DE CAPIM É UTILIZADA?

() BRAQUIÁRIA () BRAQUIARÃO () OUTRO: _____

3.5 QUAIS CULTIVARES/CAPINS JÁ FORAM UTILIZADAS (OS) NA ÁREA? POR QUANTO TEMPO?

Obs: _____

3.9 A ÁREA DE PRODUÇÃO SEMPRE FOI A MESMA? () Sim () Não.

Obs: _____

3.10 GADO - QUAL TIPO DE GADO É PRODUZIDO? () CORTE () LEITEIRO

3.11 QUAL FREQUÊNCIA DE ACESSO DO GADO AO PASTO? QUANTO TEMPO?

Obs: _____

4. INSUMOS AGRÍCOLAS

4.1 UTILIZOU CALCÁRIO? () Sim () Não

___ kg/ha ___ VEZES ___ PERÍODO ___ ULTIMA APLICAÇÃO

Obs: _____

4.2 UTILIZOU ADUBO ORGÂNICO () Sim () Não

() COMPOSTAGEM () CAMA DE FRANGO () ESTERCO DE GADO

___ kg/ha ___ VEZES ___ PERÍODO ___ ULTIMA APLICAÇÃO

Obs: _____

4.3 FOI FEITA ADUBAÇÃO VERDE? () Sim () Não

Qual? _____

___ kg/ha ___ VEZES ___ PERÍODO ___ ULTIMA APLICAÇÃO

Obs: _____

4.4 FOI FEITA FOSFATAGEM? () Sim () Não

() SUPER FOSFATO TRIPLO () SUPER FOSFATO SIMPLES () OUTROS

___ kg/ha ___ VEZES ___ PERÍODO ___ ULTIMA APLICAÇÃO

Obs: _____

4.5 EFETUOU APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTE? () Sim () Não

() FTE BR 12 () FTE BR 15 () YORIM () OUTROS

___ kg/ha ___ VEZES ___ PERÍODO ___ ULTIMA APLICAÇÃO

Obs: _____

4.6 EFETUOU APLICAÇÃO DE ADUBO FOLIAR? () Sim () Não

___ kg/ha ___ VEZES ___ PERÍODO ___ ULTIMA APLICAÇÃO

Obs: _____

4.7 FOI UTILIZADO ADUBO QUÍMICO? () Sim () Não

() NPK 04-30-16+zn () 04-14-08 () 05-25-15 () outro

___ kg/ha ___ VEZES ___ PERÍODO ___ ULTIMA APLICAÇÃO

Obs: _____

4.8 EFETUOU ADUBAÇÕES DE COBERTURA? () Sim () Não

() SULFATO DE AMÔNIO () UREIA () OUTROS

___ kg/ha ___ VEZES ___ PERÍODO ___ ULTIMA APLICAÇÃO

Obs: _____

4.9 EFETUOU ALGUM CONTROLE QUÍMICO? () Sim () Não

() INSETICIDA () FUNGICIDA () HERBICIDA () NEMATICIDA

() OUTROS

___ kg/ha ___ VEZES ___ PERÍODO ___ ULTIMA APLICAÇÃO

Obs: _____

Outras observações que o proprietário achar relevante:
