

Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais

**Biomassa, estoque de carbono e nutrientes no
Cerrado**

Danielle Aparecida Alves Teodoro

Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Cláudio da Silva Júnior

Coorientadora: Prof^a. Dra. Mercedes Bustamante

Brasília, 2014

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

“BIOMASSA, ESTOQUE DE CARBONO E NUTRIENTES NO CERRADO”

DANIELLE APARECIDA ALVES TEODORO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:



Profº Dr. MANOEL CLÁUDIO DA SILVA JÚNIOR (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Orientador)

Profº Dr. JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PINTO (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador Interno)



Profº Dr. ALEXANDRE DE SIQUEIRA PINTO (Universidade Federal de Sergipe - UFS);
(Examinador Externo)



Profª Dra. SABRINA DO COUTO DE MIRANDA (Universidade Estadual de Goiás - UEG);
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 14 de maio de 2014.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília.

Acervo 1016282.

T314b	Teodoro, Danielle Aparecida Alves. Biomassa, estoque de carbono e nutrientes no Cerrado / Danielle Aparecida Alves Teodoro. -- 2014. xii, 59 f. : il. ; 30 cm. Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2014. Inclui bibliografia. Orientação: Manoel Cláudio da Silva Júnior ; Coorientação: Mercedes Bustamante. 1. Biomassa. 2. Carbono. 3. Carvão. 4. Solos - Análise. 5. Cerrados. I. Silva Júnior, Manoel Cláudio da. II. Bustamante, Mercedes M. C.. III. Título. ODU 574.4(81:251)
-------	--

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

TEODORO, D. A. A. (2014). Biomassa, Estoque de Carbono e Nutrientes no Cerrado. Dissertação de Mestrado. Publicação PPGEFL.DM-239/2014, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília-UnB, Brasília, DF, 59 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Danielle Aparecida Alves Teodoro

TÍTULO: Biomassa, Estoque de Carbono e Nutrientes no Cerrado

GRAU: Mestre ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília (UnB) permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Danielle Aparecida Alves Teodoro
danielleteodoro.eco@gmail.com

*Dedico a meus pais, Carolina e Gerson
pelo amor e apoio incondicional*

Agradecimentos

Ao Dr. Manoel Cláudio da Silva Júnior e Dra. Mercedes Bustamante pela oportunidade e confiança dedicada na orientação deste estudo.

À Dra. Sabrina do Couto de Miranda pelo apoio, dedicação, fornecimento e coleta de dados.

À Ms. Renata Alves Caseiro pelo fornecimento de dados.

Ao Jardim Botânico de Brasília por possibilitar o desenvolvimento dos trabalhos de campo.

À CAPES pela concessão de bolsa através do projeto REUNI, possibilitando minha dedicação ao estudo.

Aos amigos e companheiros de laboratório Dr. Frederico Takahashi e Ms. Divino Silvério pelo suporte e paciência dedicada durante as análises estatísticas.

A todos os amigos do Laboratório de Ecologia de Ecossistemas pelo apoio, contribuição e desenvolvimento deste trabalho, em especial Maria Regina Sartori, Júlia Shimbo, Gleide Nepomuceno, Viviane Teixeira de Miranda, Divino Silvério, Frederico Takahashi, Elisa Alvin.

Aos corajosos ajudantes de campo, Gilberto Cosac, Maísa Menezes, Renata Aguiar, Matheus Mendes e especialmente Carla Oliveira de Andrade, que foi minha companheira fiel em toda a coleta de raízes.

Aos estagiários, Airton Rener Pestana e Clara Vida pelas preciosas horas dedicadas à triagem de raízes.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – UnB.

Agradeço carinhosamente às amigas e companheiras de apartamento Silvânia Ferreira, Hadassa Ester David, Amanda Melo Gonçalves, Edilene Ribeiro, Camila Letti, Luciana Moraes, Diana Rodriguez, Darli Nuza e Genilda Amaral pela paciência e momentos maravilhosos que compartilhamos na Colina.

Agradeço à Thais Polonio Ribeirinho que me deu suporte psicológico e pessoal para concluir este trabalho.

Por fim, agradeço à minha família, Carolina Alves de Sousa, Gerson Alves Teodoro e Ana Virgina Alves Teodoro, que juntos construíram este sonho comigo.

Resumo

O componente subterrâneo desempenha papel importante no funcionamento de ecossistemas, mas tem recebido menor atenção que a parte aérea em vários ecossistemas, em especial no Cerrado, onde têm ocorrido acelerada modificação no uso da terra e grande perda de habitats naturais. Este estudo teve como objetivo comparar a biomassa aérea (vegetação arbórea e arbustiva) e subterrânea, os estoques de carbono e de nutrientes em diferentes áreas de Cerrado. Foram comparadas três áreas do Jardim Botânico de Brasília: cerradão e cerrado sentido restrito (protegido e não protegido do fogo). Além disso, foram comparadas áreas de cerrado sentido restrito (subtipo cerrado típico) sobre distintas classes de solo, (Latosolo Vermelho Escuro do Jardim Botânico de Brasília e Neossolo Quartzarênico nos municípios de Correntina e São Desidério, Bahia). A vegetação lenhosa de cada uma das áreas foi amostrada em 50 parcelas de 20 x 50 m, onde todos os indivíduos lenhosos com diâmetro basal ≥ 5 cm foram mensurados a 30 cm de altura. A biomassa radicular foi amostrada em monólitos de solo com dimensões de 50 x 50 x 30 cm de profundidade em cada parcela onde a vegetação lenhosa foi amostrada. Depois de coletadas, as raízes foram processadas (lavadas e secas a 60°C por 72 h), e então separadas de acordo com classes de diâmetro em finas ($\emptyset < 5$ mm), intermediárias ($\emptyset 5-10$ mm), grossas ($\emptyset > 10$ mm) e miscelânea (partes como xilopódios, bulbos, rizomas, tubérculos). As raízes foram analisadas para determinar as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S. Adicionalmente, fragmentos de carvão que estavam misturados nas amostras radiculares foram separados para quantificar a massa. Amostras de solo foram coletadas em cada uma das parcelas estudadas. Cerrado sentido restrito e cerradão não apresentaram diferenças na biomassa total, carbono e nutrientes nos sistemas radiculares até 30 cm de profundidade. Formações vegetais menos densas apresentam maior razão entre componente subterrâneo e aéreo. Em relação às classes radiculares, foi observado a grande importância de raízes finas no cerradão, em contrapartida, raízes grossas foram mais relevante em áreas de cerrado sentido restrito. Classes de solo, não influenciaram de forma significativa os estoques de biomassa aérea e subterrânea em cerrado típico, mas a classe miscelânea (em sua maioria órgãos de reserva) foi mais importante no Neossolo Quartzarênico, possivelmente por apresentar maior incidência de fogo nas áreas amostradas.

Palavras chaves: Biomassa, Estoque de Carbono, Carvão e Nutrientes.

Abstract

The belowground component has an important role in the functioning of ecosystems, but has received less attention than the aerial part in various ecosystems, particularly in the Cerrado, where there have been rapid change in land use and great loss of natural habitats. This study aimed to compare the above (shrubs and trees) and belowground biomass and stocks of carbon and nutrients in different areas of Cerrado. Three areas of the Brasilia Botanic Garden were compared: cerradão and cerrado *sensu stricto* (protected and unprotected from fire). Additionally, cerrado *sensu stricto* (cerrado típico subtype) areas on different soil types were compared (Latossolo Vermelho Escuro of the Botanical Garden of Brasília and Neossolo Quartzarênico in the municipalities of Correntina and São Desidério, Bahia). The woody vegetation in each area was sampled in 50 plots of 20 x 50 m, where all woody individuals with basal diameter ≥ 5 cm at 30 cm height were measured. Root biomass was sampled in soil monoliths with dimensions of 50 x 50 x 30 cm deep in every plot where woody vegetation was sampled. After sampling, the roots were processed (washed and dried in 60° C for 72 h) and then separated according to diameter classes in fine ($\varnothing < 5$ mm), intermediate ($\varnothing 5-10$ mm), coarse ($\varnothing > 10$ mm) and miscellaneous (parts as xylopodium, bulbs, rhizomes, tubers). Ground root samples were analysed for the determination of N, P, K, Ca, Mg and S concentrations. Additionally, charcoal fragments that were mixed in root samples were separated and mass was determined. Soil samples were also collected in all the studied plots. Cerrado *sensu stricto* and cerradão showed no differences in total biomass, carbon and nutrients in root systems up to 30 cm deep. Less dense plant formations have a higher ratio of below to aboveground biomass. Regarding root classes, there is a great importance of fine roots in cerradão, in contrast, coarse roots were more relevant in areas of cerrado *sensu stricto*. Soil types did not influence significantly the stocks of above and belowground biomass in cerrado típico, but the miscellaneous class (mostly storage organs) was more important in Neossolo Quartzarênico possibly due to a higher incidence of fire in the sampled areas.

Keywords: Biomass, Carbon Stock, Charcoal, Nutrient

Sumário

Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras.....	x
Anexos	xii
1. INTRODUÇÃO	13
OBJETIVOS.....	16
Objetivos específicos	16
HIPÓTESES.....	17
2. MATERIAIS E MÉTODOS	18
2.1. ÁREAS DE ESTUDO	18
Comparação entre fitofisionomias	18
Comparação entre classes de solo.....	20
2.2. AMOSTRAGEM	22
Biomassa aérea.....	22
Biomassa radicular	23
Análises de Solo	26
2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.1. COMPARAÇÃO ENTRE FITOFISIONOMIAS	28
Caracterização do solo	28
Biomassa e estoque de carbono	29
Nutrientes na biomassa radicular	38
3.2. COMPARAÇÃO ENTRE CLASSES DE SOLO	42
Caracterização do solo	42
Biomassa e estoque de carbono	43
Nutrientes na biomassa radicular	48
4. CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

Lista de Tabelas

Tabela 1- Valores aproximados da distribuição, localização, dimensionamento e população das savanas tropicais (GOEDERT et al., 2008).....	14
Tabela 2 - Variáveis químicas e físicas de amostras coletadas em Latossolo Vermelho Escuro em 30 parcelas de Cerrado no Jardim Botânico de Brasília.....	29
Tabela 3 - Características estruturais da vegetação lenhosa de Cerrado no Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. Valores médios da altura e área basal.	30
Tabela 4 - Valores médios de biomassa ($Mg\cdot ha^{-1}$), estoque de carbono ($MgC\cdot ha^{-1}$) e razão de biomassa de três áreas de Cerrado no JBB, Brasília DF.....	32
Tabela 5 - Biomassa ($Mg\cdot ha^{-1}$), estoque de carbono ($MgC\cdot ha^{-1}$) e carvão ($Mg\cdot ha^{-1}$) nos compartimentos aéreo e armazenado no solo (até 30 cm de profundidade) em três áreas do JBB, Brasília DF.	38
Tabela 6 - Características físico-químicas do solo entre 0 e 10 cm de profundidade amostrados em cerrado típico no Distrito Federal e região oeste da Bahia.....	42
Tabela 7 - Valores médios de Biomassa ($Mg\cdot ha^{-1}$) e Estoque de Carbono ($MgC\cdot ha^{-1}$) em cerrado típico sobre solos arenoso e argilosos.....	45
Tabela 8 - Metodologias para classificação e amostragem da biomassa subterrânea encontradas em trabalhos realizados no Cerrado (MIRANDA, 2012).	46

Lista de Figuras

- Figura 1 – Localização das áreas amostradas no Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. A: Localização do JBB no Distrito Federal; B: Localização de parcelas permanentes no Jardim Botânico de Brasília, cerrado (pontos vermelhos), cerrado sentido restrito protegido do fogo (pontos amarelos) e cerrado sentido restrito de interflúvio não protegido do fogo (pontos verde). Fonte: Google Earth..... 19
- Figura 2 – Vegetação do Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. A: cerrado; B: cerrado sentido restrito do Centro de Visitantes protegido do fogo (vegetação mais densa); C: cerrado sentido restrito não protegido do fogo (vegetação mais rala). 20
- Figura 3 - Localização de cerrado sentido restrito não protegido do fogo (pontos verde) na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. A: Limites do JBB e pontos de amostragem; B: Detalhe da área. Fonte: Google Earth. 21
- Figura 4 - A: Localização das áreas de cerrado típico nos municípios de São Desidério (ponto rosa) e Correntina (ponto azul) no estado da Bahia; B: Detalhe dos pontos amostrados em São Desidério; C: Detalhe dos pontos amostrados em Correntina. Fonte: Google Earth. 22
- Figura 5 - Amostragem da biomassa radicular em campo. A: Delimitação do monólito antes da escavação; B e C: Monólito escavado nas dimensões de 50 x 50 x 30 cm; D: Detalhe da porção superior do monólito. 23
- Figura 6 - Triagem de amostras radiculares. A: Lavagem; B: Raízes finas; C: Raízes intermediárias e grossas. 24
- Figura 7 - Subclasse de cerrado. A: Porção superior do solo de cerrado com acúmulo de folhas em decomposição nos primeiros centímetros de solo; B: Detalhe das raízes retiradas nos primeiros centímetros de solo; C: Subclasse RFF posterior ao processamento. 25
- Figura 8 - Fragmentos de carvão encontrados até 30 cm de profundidade. 25

Figura 9 - Biomassa aérea no Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,001$).....	31
Figura 10 - Biomassa subterrânea no Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,001$).....	34
Figura 11 - Biomassa subterrânea separada em classe de diâmetro nas fitofisionomias cerrado e cerrado sentido restrito do Jardim Botânico de Brasília, Brasília-DF. A: Raízes finas; B: Raízes intermediárias; C: Raízes grossas; D: Miscelânea; E: RFF (raízes finas + fragmentos foliares em decomposição). Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,05$).....	37
Figura 12 - Médias dos estoques ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos nutrientes encontrados na biomassa subterrânea, separados em classes e somatório das mesma. \pm Desvio padrão evidenciado em barras. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,05$).	41
Figura 13 - Biomassa em cerrado sentido restrito (subtipo cerrado típico) sobre solos arenoso e argiloso. A: Biomassa aérea. B: Biomassa subterrânea (0-30 cm). Onde: LVE=Latossolo Vermelho Escuro; NQ=Neossolo Quartzarênico.....	44
Figura 14 - Biomassa subterrânea ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) separada em classes na fitofisionomia cerrado típico sobre solos arenosos da Bahia e argilosos do Distrito Federal. A: Raízes finas; B: Raízes intermediárias; C: Raízes grossas; D: Miscelânea. Onde: LVE=parcelas em Latossolo Vermelho Escuro; NQ=parcelas em Neossolo Quartzarênico. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre de solo ($p < 0,05$).....	47
Figura 15 - Médias dos estoques (Kg/ha) dos nutrientes encontrados na biomassa subterrânea. \pm Desvio padrão evidenciado em barras. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,05$).....	50

Anexos

Anexo A - Concentração (g/Kg) de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre, na biomassa radicular (separada em classes) das três áreas de Cerrado no Jardim Botânico de Brasília.57

Anexo B - Concentração (g/Kg) de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre, presente na biomassa radicular (separada em classes) em fitofisionomia cerrado sentido restrito (subtipo cerrado típico) sobre solos arenosos da região oeste do estado da Bahia e argilosos do Jardim Botânico de Brasília, Distrito Federal.58

1. INTRODUÇÃO

Savanas são ecossistemas caracterizados pela presença de camada rasteira contínua e dossel descontínuo de arbustos e árvores (GOEDERT et al., 2008). Estes ecossistemas possuem ampla distribuição no planeta com presença em todos os continentes e cobrem quase um quarto da superfície terrestre (FOLCH; CAMARASA, 2000).

O principal determinante desse ecossistema é o padrão anual de chuvas, com duas estações bem definidas: seca e chuvosa (GOEDERT et al., 2008). A quantidade de precipitação e a duração dessas estações condicionam o tipo e volume da cobertura vegetal (GOEDERT et al., 2008).

As savanas podem ser classificadas em tropicais e subtropicais (HILL et al., 2011), mas a maior porção de áreas se encontram entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, e diante da grande disponibilidade de água, possuem enorme potencial agrícola (GOEDERT et al., 2008). O uso da terra em savanas tropicais é bastante diversificado entre regiões e países, mas ocorre predomínio de extração da vegetação arbórea (madeira, lenha, carvão etc.), pecuária extensiva e cultivo de plantas anuais (GOEDERT et al., 2008). Essas áreas apresentam acelerado nível de modificação e hoje, é um desafio suprir a demanda agrícola sem intensificar a degradação ambiental.

Nesse contexto, se insere o Cerrado brasileiro como a maior porção de área dentre os mais de 30 países que compartilham ecossistemas savânicos (Tabela 1). O Cerrado se localiza principalmente no Planalto Central do Brasil, ocupa aproximadamente 23% do território brasileiro (2.000.000 km²), fazendo limite com a Caatinga, Floresta Amazônica, Pantanal e Floresta Atlântica (RIBEIRO; WALTER, 2008) e corresponde a 10% das savanas tropicais (GOEDERT et al., 2008). É considerado a savana mais rica e diversa do mundo, concentra um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e fauna mundiais (FALEIRO et al., 2008). Possui mais de 11 mil espécies vegetais (MENDONÇA et al., 2008) e alto grau de endemismo, sendo considerado bioma prioritário para a conservação (KLINK; MACHADO, 2005 e MYERS et al., 2000). O Cerrado é um complexo vegetacional, cuja estrutura e fisionomia variam de acordo com fatores

bióticos e abióticos (FURLEY; RATTER, 1988 e RIBEIRO; WALTER, 2008), apresenta onze tipos de fitofisionomias principais que se enquadram, em formações florestais, savânicas e campestres (RIBEIRO; WALTER, 2008). Segundo Eiten (1972) as formas fisionômicas do Cerrado dependeriam de três aspectos principais: a baixa fertilidade do solo e altos teores de alumínio, a profundidade do solo e grau de saturação hídrica nas camadas superficiais do solo.

Tabela 1- Valores aproximados da distribuição, localização, dimensionamento e população das savanas tropicais (GOEDERT et al., 2008).

Formações / Continentes	Principais Países	Denominação Local	Área (Km² 10⁶)	População (%)
América do Sul	Brasil	Cerrado	2,4	6
	Colômbia e Venezuela	Lhanos	0,6	
África (Oeste)	Senegal, Guiné, Costa do Marfim, Mali, Gana, Benin, Nigéria, Camarões, Chade e África Central	Savana	5,0	-
África (Central/Sul)	Angola, R.D. Congo, Zâmbia, Malauí, Zimbábue, Namíbia, Moçambique, Botsuana e África do Sul	Miombo	4,5	13
África (Leste)	Etiópia, Somália, Uganda, Quênia, e Tanzânia	Savana	2,5	-
Ásia	Índia, Burma, Laos, Tailândia, Vietnam e Camboja	Savana (Dipterocarp)	2,5	60
Oceania	Austrália	Savana	2,0	1

* População proporcional de cada continente em relação à população mundial.

Entretanto, apesar de sua grande diversidade de ambientes, o bioma Cerrado passa por rápido processo de degradação ambiental devido a mudanças no uso da terra, sendo considerado um dos 34 *hotspots* mundiais (MITTERMEIER et al., 2005 e RIBEIRO et al., 2005). Nas últimas décadas houve um processo de ocupação indiscriminada de áreas nativas, estimulado pela transferência da capital, na década de 60, para a região central do Brasil. O aumento da demanda por alimentos, programas federais de desenvolvimento como POLOCENTRO, PRODECER e subsídios do Governo na aquisição de terras, fertilizantes,

herbicidas, equipamentos e melhorias ao redor de Brasília, fizeram com que a produção agrícola expandisse de forma significativa a partir da década de 70 (SANO et al., 2002). Assim, a maior parte da produção de grãos, carne, fibras e madeira estão sustentadas no Cerrado e a região hoje representa grande parcela do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (LOPES; DAHER, 2008).

O percentual de modificação da vegetação nativa no Cerrado atingiu 48,2% em 2009 (BRASIL, 2011). O processo de ocupação acelerada tem provocado impactos ambientais severos, levando ao aumento de áreas degradadas, ao declínio da diversidade biológica e da produtividade, além das alterações microclimáticas que afetam de forma desfavorável a qualidade de vida humana (REZENDE; PAPA, 2008).

Os solos das savanas são bastante diversificados e fatores como textura, disponibilidade de nutrientes, profundidade e drenagem da água, são elementos importantes na composição da paisagem (RIBEIRO; WALTER, 2008). Para Cerrado, o Latossolo e Neossolo Quartzarênico são as classes mais representativas, com 46% e 15,2% respectivamente (RESCK et al., 2008). Uma vez que os solos são antigos, intemperizados, com alta saturação de alumínio e com baixa disponibilidade de nutrientes, os nutrientes encontram-se armazenados principalmente na biomassa nativa (HARIDASAN, 2000). Portanto, a retirada massiva da vegetação nativa leva a alterações nas propriedades naturais do solo, reduz a produtividade, causa perda de nutrientes e matéria orgânica (SALTON; HERNANI, 1998) e modifica a ciclagem de nutrientes.

A emissão de gases de efeito estufa, principalmente CO₂, é uma das consequências da rápida transformação antrópica que o Cerrado está sofrendo. Entretanto, estas emissões são ainda pouco quantificadas no Cerrado em função da deficiência na cobertura de dados sobre os padrões espaciais e temporais da biomassa. A maioria dos trabalhos contempla somente a biomassa aérea e informações sobre a biomassa subterrânea ainda são escassas (ABDALA *et al.*, 1998 e CASTRO; KAUFFMAN, 1998 e MIRANDA, 2012). Ainda, de acordo com Miranda (2012) os poucos trabalhos realizados no Cerrado, em sua maioria, ocorreram em ecossistemas savânicos sobre solos argilosos. A escassez de dados sobre o sistema radicular é global, mas é especialmente crítica em

ecossistemas savânicos como o Cerrado que fazem um investimento significativo de carbono em biomassa subterrânea em função das restrições hídricas e nutricionais (RODIN, 2004).

Assim, investigações sobre a biomassa, estoque de carbono e a ciclagem de nutrientes são importantes para avaliar a integridade e degradação dos ecossistemas de Cerrado bem como para subsidiar ações e políticas para a conservação e restauração de áreas nativas de Cerrado.

OBJETIVOS

Embora a conservação do Cerrado seja prioridade, as mudanças na cobertura vegetal e uso do solo tem sido significativas. O entendimento do funcionamento dos ecossistemas de Cerrado, em especial, no que diz respeito à biomassa subterrânea, estoques de carbono, estoques de nutrientes, em diferentes fitofisionomias e sobre diferentes tipos de solos é ainda deficiente dada a grande heterogeneidade estrutural da vegetação e das características ambientais.

Assim, os objetivos deste trabalho foram comparar a biomassa (vegetação arbórea e arbustiva), os estoques de carbono e nutrientes em diferentes áreas de Cerrado. A comparação foi dividida da seguinte forma: (1) comparação entre fitofisionomias e diferentes regimes de queima – áreas de cerradão e cerrado sentido restrito (protegido e não protegido do fogo) localizados no Jardim Botânico de Brasília, Brasília-DF; (2) comparação da mesma fitofisionomia (cerrado sentido restrito - subtipo cerrado típico) sobre diferentes classes de solo – áreas com Latossolo Vermelho Escuro em Brasília-DF e Neossolo Quartzarênico nos municípios de Correntina-BA e São Desidério-BA.

Objetivos específicos

- Comparar a biomassa aérea e radicular (até 30 cm de profundidade), a razão entre as duas partes e os respectivos estoques de carbono;
- Quantificar os estoques de biomassa subterrânea separada em raízes finas ($\emptyset < 5$ mm), intermediárias ($\emptyset 5-10$ mm), grossas ($\emptyset > 10$ mm) e

miscelânea (material diverso dentre estes xilopódios, bulbos, rizomas, tubérculos);

- Quantificar os fragmentos de carvão presentes em solos argilosos (até 30 cm de profundidade) em diferentes fitofisionomias do Jardim Botânico de Brasília;
- Determinar os estoques de N, P, K, Mg, Ca e S armazenados na biomassa subterrânea;
- Caracterizar os aspectos físico (textura) e químicos (MO, pH, P, K, S, Ca, Mg, Al) dos solos estudados.

HIPÓTESES

O Cerrado caracteriza-se pela diversidade de composição e estrutura da vegetação com espécies lenhosas apresentando estratégias diferenciadas para a obtenção de água e nutrientes do solo e otimização da produção primária (absorção de luz e CO₂ pela parte aérea). Diferenças nos ambientes modificam o investimento em sistemas aéreos ou radiculares, e por sua vez, os estoques de carbono e nutrientes. Diante desse contexto, as seguintes hipóteses foram testadas:

1. Fitofisionomias de cerrado sentido restrito e cerradão apresentam diferenças nos estoques de biomassa, carbono e nutrientes presentes nos sistemas radiculares, sendo que, ambientes com vegetação arbórea menos densa apresentam maior razão entre componente subterrâneo e aéreo.

2. Fitofisionomias distintas estocam carbono e nutrientes em compartimentos radiculares de forma diferenciada (identificados pelo diâmetro), sendo que, áreas com predomínio de gramíneas apresentariam maior acúmulo de raízes finas, que são encontradas em sua maioria explorando camadas superficiais do solo.

3. Características estruturais da vegetação correlacionam-se com as classes de solo, em particular com variações de textura, sendo que a biomassa radicular será maior em áreas de cerrado típico sobre solos argilosos do que sobre solos arenosos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREAS DE ESTUDO

Comparação entre fitofisionomias

Para a comparação entre fitofisionomias, o estudo foi desenvolvido em três áreas de cerrado localizadas no Jardim Botânico de Brasília (JBB), Brasília-DF (15°52'21"S; 47°50'50"W) (Figura 1). O JBB se localiza ao sul da cidade de Brasília e é dividido em Centro de Visitantes com extensão de 526 ha e Estação Ecológica com 4.500 ha. O Jardim Botânico apresenta gradiente de vegetação que varia entre formações campestres (17%), savânicas (41%) e florestais (38%), sendo que o cerrado sentido restrito destaca-se na paisagem por apresentar maior percentual (40%) da área total (AGUIAR et al., 2007).

As três áreas de estudo no JBB distam, em média, 900 metros ao longo de gradiente de vegetação de quatro quilômetros de extensão. No JBB foram mensuradas 30 parcelas permanentes (Figura 1), conforme protocolo estabelecido por Felfili et al. (2005), distribuídas sobre Latossolos Vermelho Escuro, sendo 10 em cada uma das áreas selecionadas. A primeira é um cerradão (Figura 2A) que fica próximo à entrada do Centro de Visitantes, uma área com vegetação arbórea densa. Os dados da vegetação lenhosa e solos do cerradão foram publicados na dissertação de Renata Alves Caseiro (CASEIRO, 2013) e cedidos para uso neste estudo.

A segunda é cerrado sentido restrito localizado no Centro de Visitantes que está protegido do fogo há mais de 20 anos (MIRANDA et al., 2013). A vegetação nesta área está em processo de adensamento (Figura 2B), com grande número de indivíduos jovens e baixa cobertura arbórea (MIRANDA, 2012).

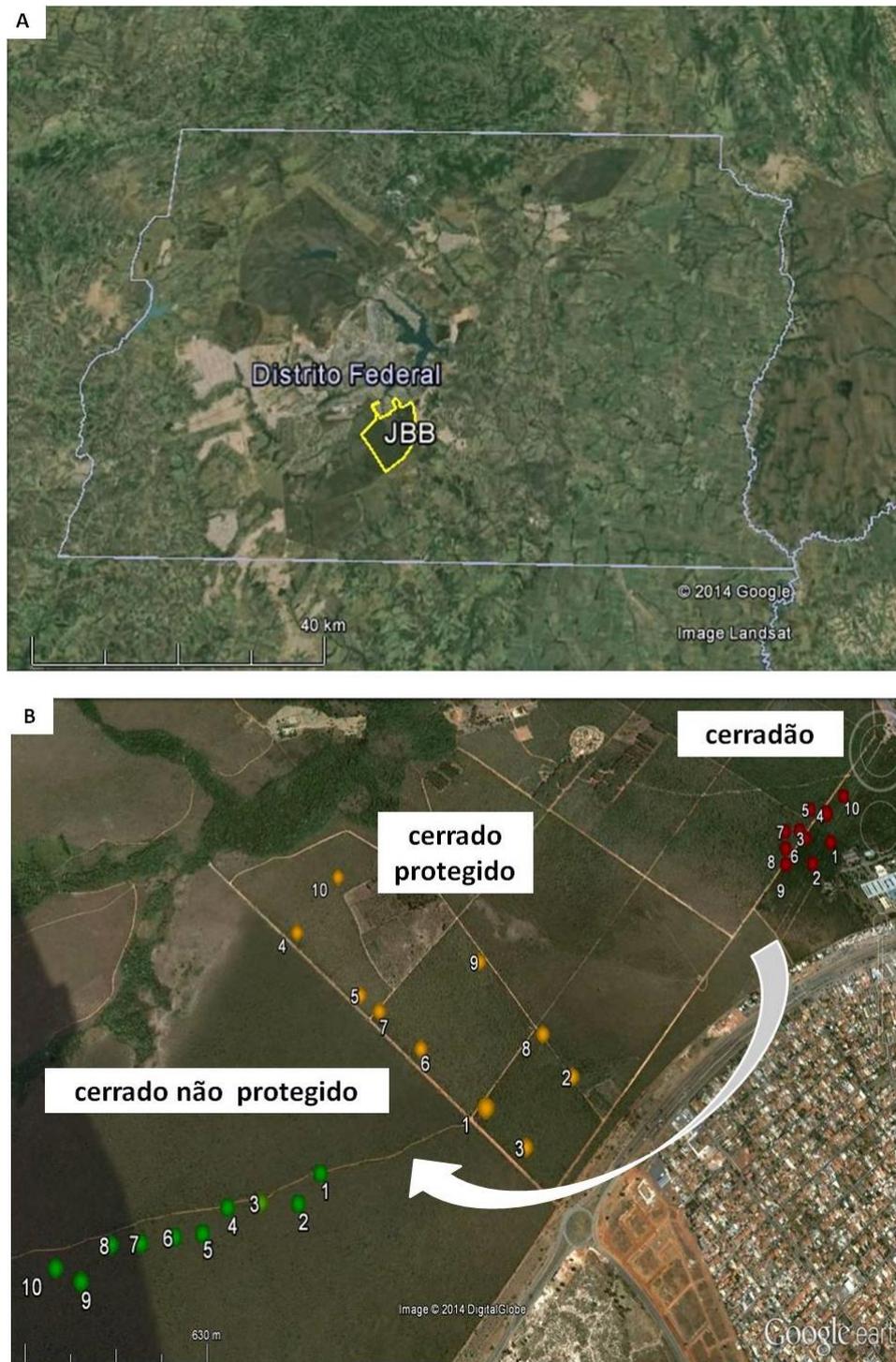


Figura 1 – Localização das áreas amostradas no Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. A: Localização do JBB no Distrito Federal; B: Localização de parcelas permanentes no Jardim Botânico de Brasília, cerradão (pontos vermelhos), cerrado sentido restrito protegido do fogo (pontos amarelos) e cerrado sentido restrito de interflúvio não protegido do fogo (pontos verde). Seta branca indica gradiente de densidade da vegetação. Fonte: Google Earth.

A terceira área também é cerrado sentido restrito, do subtipo cerrado típico (Figura 2C), localizado em interflúvio na Estação Ecológica, este local não é protegido do fogo e queimadas acidentais ocorrem com baixa frequência, a última queima foi em 2011.

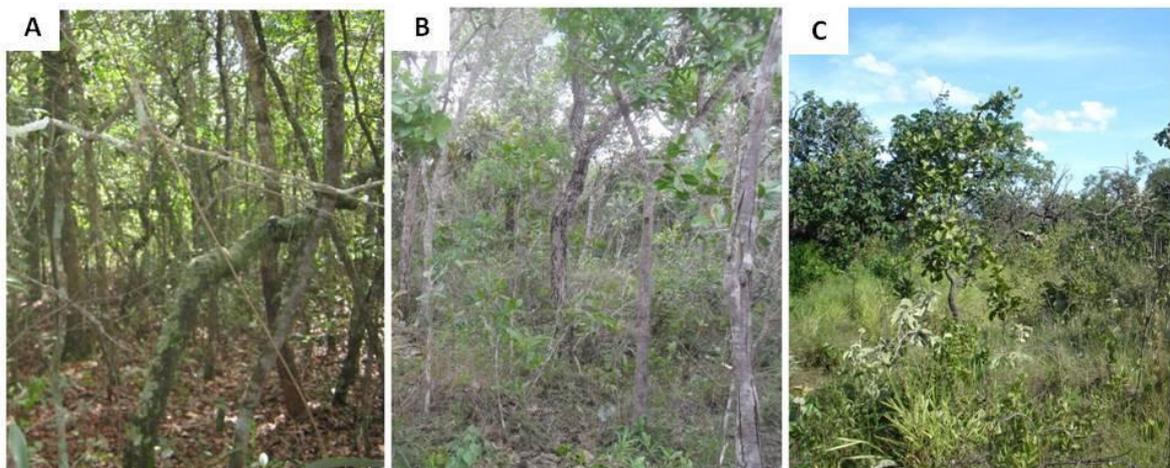


Figura 2 – Vegetação do Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. A: cerradão; B: cerrado sentido restrito protegido do fogo (vegetação mais densa); C: cerrado sentido restrito não protegido do fogo (vegetação mais rala).

Comparação entre classes de solo

Para analisar a influência da classe de solo na biomassa e estrutura da vegetação, foi comparada a fitofisionomia com maior representatividade no Cerrado sobre textura argilosa e arenosa. No JBB foram utilizados os dados das parcelas de cerrado sentido restrito (não protegido do fogo) que estão sobre Latossolo Vermelho Escuro (Figura 3). Na região oeste do estado da Bahia, foram utilizados dados de vegetação de cerrado sentido restrito (também não protegido do fogo) sobre Neossolo Quartzarênico (Figura 4) coletados nos municípios de Correntina ($13^{\circ}20'25''S$; $44^{\circ}38'34''W$) e São Desidério ($12^{\circ}21'08''S$; $44^{\circ}59'02''W$). Em todos os casos, a vegetação de cerrado sentido restrito eram do subtipo cerrado típico.

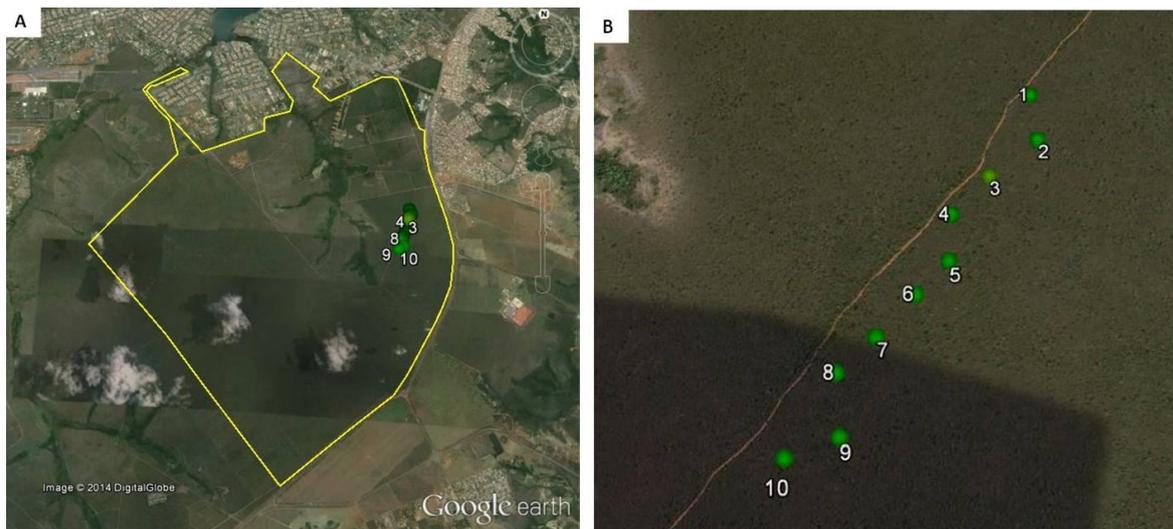


Figura 3 - Localização de cerrado sentido restrito não protegido do fogo (pontos verde) na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. A: Limites do JBB e pontos de amostragem; B: Detalhe da área. Fonte: Google Earth.

As áreas da Bahia fazem parte da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco e estão distribuídas em propriedades particulares que foram remediadas pelo projeto “Reconstrução histórica de mudanças na vegetação e armazenamento de carbono no Cerrado brasileiro usando múltiplos sensores remotos e fotografias aéreas”, que teve como objetivo resgatar parcelas do projeto Biogeografia do Bioma Cerrado (BIO) realizado em 1989. Os dados da vegetação lenhosa, biomassa radicular e solos foram cedidos pela Dra. Sabrina do Couto de Miranda e estão citados em sua tese (MIRANDA, 2012).

É importante ressaltar que os dados coletados em Correntina e São Desidério foram amostrados com metodologia padronizada (FELFILI et al., 2005) o que propiciou as comparações. Em Correntina foram amostradas 10 parcelas, no entanto, devido à alta incidência de fogo na região, dados de duas parcelas foram descartados por apresentarem baixa cobertura arbórea, semelhante a formações campestres. Em São Desidério, foram amostradas nove das 10 parcelas originais, pois uma delas foi transformada em área agrícola.



Figura 4 - A: Localização das áreas de cerrado típico nos municípios de São Desidério (ponto rosa) e Correntina (ponto azul) no estado da Bahia; B: Detalhe dos pontos amostrados em São Desidério; C: Detalhe dos pontos amostrados em Correntina. Fonte: Google Earth.

2.2. AMOSTRAGEM

Biomassa aérea

A vegetação lenhosa em cada uma das áreas foi amostrada em parcelas de 20 x 50 m (1.000 m²), onde todos os indivíduos lenhosos com diâmetro da base, a 30 cm do solo, igual ou maior a 5 cm ($Db_{30cm} \geq 5$ cm) foram mensurados, exceto lianas, palmeiras e velozíáceas (FELFILI et al., 2005). O diâmetro foi medido usando suta de alumínio e a altura total mensurada com o auxílio de vara graduada em metros.

A biomassa acima do solo foi estimada por método não destrutivo utilizando a equação alométrica proposta Rezende et al., (2006), $B = -0,49129 +$

$0,02912 \cdot Db^2 \cdot Ht$, onde: B=biomassa (kg.ind^{-1}), Db=diâmetro da base (cm) e Ht=altura (m). O estoque de carbono aéreo foi estimado por meio da multiplicação dos valores encontrados na biomassa aérea pelo percentual 0,47, de acordo com as diretrizes do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC, 2006).

Biomassa radicular

A biomassa radicular foi amostrada em monólitos de solo com dimensões de 50 x 50 x 30 cm de profundidade na lateral de cada parcela onde a vegetação lenhosa foi amostrada (Figura 5). O ponto foi escolhido aleatoriamente e por meio de sorteio no momento da coleta.



Figura 5 - Amostragem da biomassa radicular em campo. A: Delimitação do monólito antes da escavação; B e C: Monólito escavado nas dimensões de 50 x 50 x 30 cm; D: Detalhe da porção superior do monólito.

Em campo, o solo foi peneirado para separar as raízes e, posteriormente, devolvido à cavidade original. Em laboratório (Figura 6), as raízes foram lavadas em água corrente para retirar os resíduos de solo, em seguida o material foi seco em estufa a 60°C por 72 horas. Depois de secas, com o auxílio de paquímetro digital, as amostras foram agrupadas de acordo com classes de diâmetro em finas ($\varnothing < 5$ mm), intermediárias ($\varnothing 5-10$ mm), grossas ($\varnothing > 10$ mm) e miscelânea (material diverso dentre estes xilopódios, bulbos, rizomas, tubérculos).



Figura 6 - Triagem de amostras radiculares. A: Lavagem; B: Raízes finas; C: Raízes intermediárias e grossas.

Na fitofisionomia cerradão foi adicionada uma subclasse de raízes finas (Figura 7) que foi denominada de RFF (raízes finas ($\varnothing < 5$ mm) e fragmentos foliares em decomposição). A inclusão desta subclasse foi necessária diante da dificuldade em separar, durante a lavagem e posterior à secagem, fragmentos foliares muito pequenos que se encontravam misturados às raízes de diâmetro muito fino nos primeiros centímetros de solo.

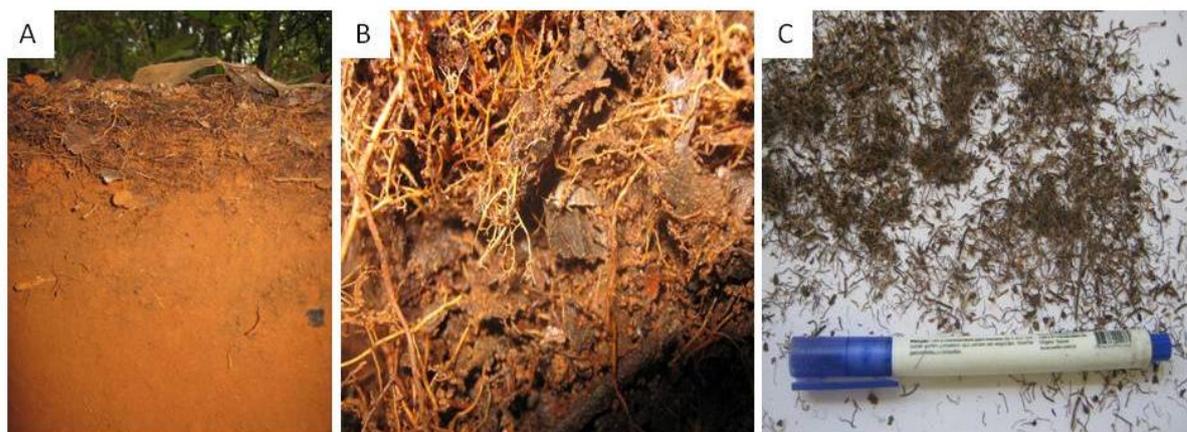


Figura 7 - Subclasse radicular exclusiva da fitofisionomia cerradão. A: Porção superior do solo de cerradão com acúmulo de folhas em decomposição nos primeiros centímetros de solo; B: Detalhe das raízes retiradas nos primeiros centímetros de solo; C: Subclasse RFF posterior ao processamento.

Durante a lavagem e separação das raízes, fragmentos de carvão (Figura 8) que estavam misturados nas amostras foram separados para quantificar a massa. O estoque de carbono radicular foi estimado por meio da multiplicação dos valores encontrados na biomassa subterrânea pelo percentual 0,47, de acordo com as diretrizes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006). Já o estoque de carbono na massa de carvão foi estimado segundo Eckmeirer et al., (2007) por meio da multiplicação dos valores encontrados por 0,775.

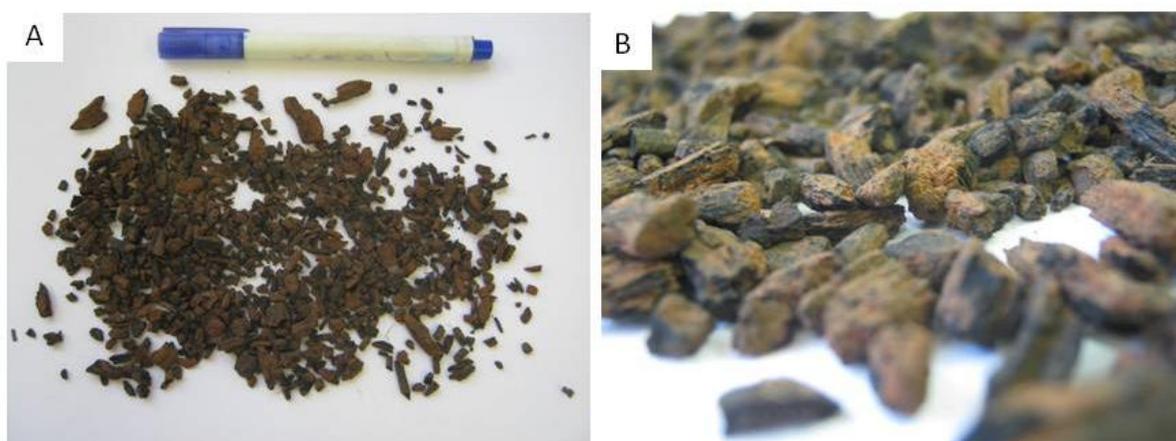


Figura 8 - Fragmentos de carvão encontrados até 30 cm de profundidade.

As amostras de raízes separadas por parcelas e classes de diâmetros foram moídas e enviadas ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Foram determinados os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), através da digestão nítrico-perclórica e a concentração de nitrogênio (N) pelo método de Kejdhal.

Análises de Solo

No cerrado, com auxílio de trado (10 a 20 cm de profundidade), o solo foi coletado em três pontos (centro e dois vértices), em seguida as amostras foram misturadas e compuseram uma amostra composta por parcela. As análises químicas e físicas foram feitas na “Solocria Laboratório Agropecuário Ltda”, em Goiânia (GO).

No cerrado sentido restrito as amostras de solo foram coletadas com trado (0 a 10 cm de profundidade), no ponto central de cada parcela onde a vegetação foi amostrada. Estas amostras foram enviadas ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa para análises químicas. A análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Solos da Universidade de Brasília (UnB). Os teores percentuais de areia, silte e argila foram obtidos pelo método Densímetro Simplificado (BOUYOUCOS, 1926).

O percentual de matéria orgânica (MO) foi determinado pelo método Walkley-Black. Os elementos P e K foram extraídos com o extrator Mehlich1, a concentração de P disponível foi determinada por colorimetria e K trocável por fotometria de chama. Os elementos Ca, Mg e Al foram extraídos com o extrator KCl (1mol/L), Ca e Mg trocáveis foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, e Al por titulometria. O teor de S foi determinado pelo extrator fosfato monocálcico em ácido acético. As análises realizadas seguiram o protocolo estabelecido pela EMBRAPA (1997).

2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi avaliada através do teste Shapiro-Wilk. Comparações entre os dados de fitofisionomias do Jardim Botânico de Brasília foram avaliadas pela análise de variância (ANOVA) seguido pelo teste de Tukey

ou pelo teste não-paramétricos de Kruskal-Wallis. As variáveis foram representadas pela média seguido do coeficiente de variação (%) entre parênteses ou desvio padrão na forma de barras.

Comparações entre classes de solo na fitofisionomia de cerrado sentido restrito (subtipo cerrado típico) em interflúvio no Jardim Botânico de Brasília e parcelas na região oeste da Bahia, foram submetidas ao teste *t* de Student ou pelo teste não-paramétricos de Mann-Whitney. As variáveis foram representadas pela média seguidas do coeficiente de variação (%) entre parênteses ou desvio padrão na forma de barras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPARAÇÃO ENTRE FITOFISIONOMIAS

Caracterização do solo

As parcelas analisadas possuem textura predominantemente argilosa e o solo é classificado como Latossolo Vermelho Escuro (Tabela 2). A concentração de MO foi significativamente distinta nas três áreas, sendo que os valores mais elevados foram encontrados nas parcelas de interflúvio.

A concentração de P disponível foi mais elevada nas áreas de cerrado sentido restrito. Em relação às bases trocáveis, a fitofisionomia cerradão apresentou as concentrações mais altas. O teor de enxofre foi mais elevado em cerrado sentido restrito. As características químicas e físicas do solo estão resumidas na Tabela 2. De modo geral, o solo das parcelas são argilosos, ácidos e distróficos.

O cerrado sentido restrito apresenta grande variação na densidade arbórea e por isso é subdividida em cerrado denso, cerrado típico, cerrado ralo e o cerrado rupestre. No cerrado sentido restrito a forma de agrupamento e o espaçamento entre os indivíduos são desencadeados por vários fatores, como condições edáficas, fertilidade, condições hídricas, profundidade do solo e frequência de queimadas (RIBEIRO; WALTER, 2008).

O cerrado sentido restrito, em geral, está associado às classes de solo Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo, são solos profundos, com carência de nutrientes essenciais e altos teores de alumínio (MARIMON-JÚNIOR; HARIDASAN, 2005).

Os solos do cerradão geralmente são profundos, bem drenados e pertencentes às classes Latossolo Vermelho ou Latossolo Vermelho-Amarelo. Em relação à fertilidade, encontram-se solos distróficos (pobres) e mesotróficos (mais ricos), fator que reflete na composição florística das comunidades que habitam estes ambientes (HARIDASAN, 2000 e OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995 e RIBEIRO; WALTER, 2008).

Tabela 2 - Variáveis químicas e físicas de amostras coletadas em Latossolo Vermelho Escuro em 30 parcelas de Cerrado no Jardim Botânico de Brasília

Fitofisionomia	Cerradão	cerrado protegido	cerrado não protegido
Areia (%)	35,60	34,86	19,34
Argila(%)	54,00	59,20	73,58
Silte (%)	10,40	5,94	7,08
MO(g.Kg ⁻¹)	37,50 (16,73) ^c	52,85 (20,70) ^b	68,93 (15,95) ^a
P _{disp} (mg. Kg ⁻¹)	0,77 (110,38) ^c	1,21 (16,27) ^b	1,47 (14,36) ^a
S (mg. Kg ⁻¹)	8,84 (15,23) ^c	12,69 (14,30) ^a	10,56 (16,12) ^b
K ⁺ (mg. Kg ⁻¹)	47,90 (15,07) ^a	41,30 (31,05) ^{ab}	36,40 (17,72) ^b
Ca ²⁺ (mg. Kg ⁻¹)	-	2,61 (115,03)	4,81 (134,94)
Mg ²⁺ (mg. Kg ⁻¹)	12,16 (0,00) ^a	11,31 (22,14) ^{ab}	11,18 (13,38) ^b
Al ³⁺ (mg. Kg ⁻¹)	123,21 (10,35) ^a	79,05 (23,99) ^b	75,37 (29,20) ^b
pH CaCl ₂	3,82	-	-
H ₂ O	-	4,87	4,84

Coeficiente de variação (%) entre parênteses. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,05$).

Biomassa e estoque de carbono

O Cerrado é notável por sua grande variação fitofisionômica, apresenta onze tipos principais que se enquadram em formações florestais, savânicas e campestres. Esta classificação baseou-se primeiramente na fisionomia (forma), depois nos aspectos do ambiente (fatores edáficos) e da composição florística, além do clima e aspectos pedológicos (RIBEIRO; WALTER, 2008). Teorias apontam outros fatores na formação da vegetação do Cerrado ou destacam a combinação entre os fatores bióticos e abióticos (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Neste estudo, as características estruturais analisadas nas fitofisionomias do JBB apresentaram padrão esperado, onde os valores mais elevados para altura do dossel, diâmetro da base, área basal e densidade foram encontrados no cerradão que é formação florestal (Tabela 3). Os maiores valores em relação às características estruturais fizeram com que a biomassa aérea também fosse maior no cerradão, uma vez que diâmetro e altura são utilizados no cálculo de biomassa (Figura 9).

Tabela 3 - Características estruturais da vegetação lenhosa de Cerrado no Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. Valores médios da altura e área basal.

Área	Altura (m)	DAS (cm)	AB (m ² . ha ⁻¹)	Densidade (ind.ha ⁻¹)
cerradão	7,23 (6,72) ^a	10,74 (9,10) ^a	20,03	2.412
cerrado protegido	2,93(13,17) ^b	8,67 (7,09) ^b	14,36	2.043
cerrado não protegido	2,69 (14,49) ^b	8,60 (4,93) ^b	9,63	1.376

DAS=Diâmetro a 30 cm do solo; AB=Área basal. Coeficiente de Variação (%) entre parênteses. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,05$).

Assim, a biomassa aérea também seguiu o gradiente de adensamento da vegetação e a fitofisionomia cerradão apresentou os valores mais elevados 76,47 Mg.ha⁻¹, seguido pelo cerrado protegido com 19,60 Mg.ha⁻¹ e cerrado não protegido com 12,23 Mg.ha⁻¹. Estes valores de biomassa aérea encontrados nas parcelas de cerrado sentido restrito e cerradão estão próximos aos encontrados em cerrados do Brasil Central (ABDALA et al., 1998 e CASTRO; KAUFFMAN, 1998 e PINHEIRO, 2008 e VALE; FELFILI, 2005).

Os fatores que ocasionam essa diversidade de formas e ambientes encontrados no Cerrado são bem relatados na literatura, mas a ação antrópica ganhou destaque nas últimas décadas, principalmente em função de atividades agropecuárias que causam grandes alterações na paisagem (SANO et al., 2002) através do fogo, pastejo de animais e corte seletivo. Naturalmente, as formações savânicas apresentam áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem a formação de dossel contínuo (RIBEIRO; WALTER, 2008). O cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença de árvores baixas, tortuosas e irregularmente ramificadas, a cobertura arbórea varia de 5% a 70% e a altura média de 2 m a 8 m (RIBEIRO; WALTER, 2008) e por ser a formação savânica predominante na paisagem, ocupando originalmente cerca de 70% de sua extensão (EITEN, 1972) é a formação mais estudada (MIRANDA, 2012).

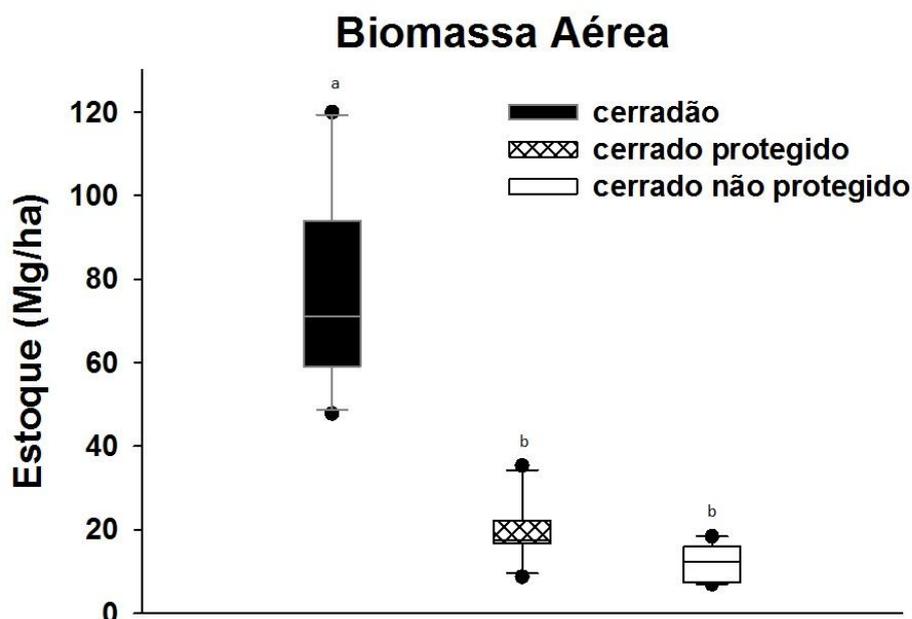


Figura 9 - Biomassa aérea no Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,001$).

No entanto, estudos nas demais fitofisionomias são importantes para o entendimento dos padrões de distribuição e ocorrência das espécies, elaboração de estratégias de manutenção, estudo das relações entre comunidades de plantas e fatores ambientais (SILVA JÚNIOR, 2005). O cerradão é uma formação florestal que apresenta dossel contínuo, a cobertura arbórea pode variar de 50% a 90%, o que permite a formação de sub-bosque composto por pequenos arbustos e espécies herbáceas, a altura média do estrato arbóreo varia de 8 m a 15 m (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995 e RIBEIRO; WALTER, 2008). A composição florística é bastante variável e encontram-se espécies que ocorrem em outras fitofisionomias como cerrado sentido restrito, mata seca semidecídua e mata de galeria não inundável (FELFILI et al., 1994 e OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995 e SOLÓRZANO et al., 2012).

No JBB a proteção por mais de 20 anos no centro de visitantes tem influenciado o adensamento da vegetação nativa, e grande incremento de carbono tem ocorrido através do recrutamento de indivíduos jovens (MIRANDA et al. 2013) de acordo com a metodologia de parcelas permanentes adotada por Felfili et al., (2005). As três áreas apresentaram grande variação nos valores de

biomassa aérea e estoque de carbono (Tabela 4), e a heterogeneidade do Cerrado foi observada dentro e entre as áreas estudadas. Diferenças significativas foram observadas na biomassa aérea ($F_{2,27}=58,65$; $p < 0,001$), onde o cerradão apresentou média superior ao cerrado sentido restrito protegido, e também, em relação ao cerrado sentido restrito não protegido.

A ausência de fogo aumentou consideravelmente a densidade de indivíduos no cerrado sentido restrito (Figura 2), mas duas décadas não foram suficientes para causar o mesmo efeito significativo em relação à biomassa, altura e DAS, isso se deve principalmente ao longo período de desenvolvimento de espécies arbóreas nativas, que num primeiro momento investem em estruturas radiculares capazes de suprir as necessidades básicas e situações de estresse, posteriormente investem em altura e área basal para saírem do risco a ocorrência do fogo. Ainda assim, o estoque médio de carbono armazenado na vegetação aérea quase dobrou nesse período (Tabela 4) e diante das graves condições de desequilíbrio no ciclo do carbono, medidas de proteção ao fogo são alternativas viáveis para atenuar os efeitos antrópicos.

Tabela 4 - Valores médios de biomassa ($Mg \cdot ha^{-1}$), estoque de carbono ($MgC \cdot ha^{-1}$) e razão de biomassa de três áreas de Cerrado no JBB, Brasília DF.

Área	BA	BST	EC	ECS	BST:BA
cerradão	76,47 ^a (31,11)	18,50 ^a (39,93)	35,94	8,70	0,28
cerrado protegido	19,60 ^b (35,00)	20,62 ^a (46,71)	9,21	9,69	1,30
cerrado não protegido	12,23 ^b (35,67)	16,46 ^a (36,94)	5,75	7,74	1,42
Média total	36,10	18,53	16,97	8,70	-

BA=Biomassa aérea (vegetação lenhosa); BST=Biomassa subterrânea total (0-30 cm); EC=Estoque de carbono aéreo; ECS=Estoque de carbono subterrâneo; BST:BA= Razão entre Biomassa subterrânea total e Biomassa aérea. Coeficiente de Variação (%) entre parênteses. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,001$).

A maioria dos trabalhos que contemplam a vegetação do Cerrado tem como objeto de estudo a parte aérea e informações sobre a biomassa subterrânea ainda são escassas, um dos motivos que levam ao pouco conhecimento sobre as raízes se deve às dificuldades em retirá-las do solo, lavá-las e classificá-las (ABDALA et al., 1998 e MIRANDA, 2012). Contudo, a falta de informação não é justificável, já que uma das características marcante na vegetação do Cerrado é a alta proporção de biomassa subterrânea em relação à aérea (ABDALA et al., 1998 e CASTRO; KAUFFMAN, 1998 e HARIDASAN, 2000 e MIRANDA, 2012 e RODIN, 2004).

Adicionalmente, os poucos trabalhos sobre a biomassa subterrânea e o sistema radicular são descritivos, justificando assim a realização de estudos quantitativos com foco na produtividade e práticas de manejo do carbono no solo (ABDALA et al., 1998). Assim, estimativas da biomassa radicular são importantes visto que o sistema subterrâneo é responsável pela sustentação estrutural, considerável estoque de carbono e ainda, captação de água e nutrientes para a vegetação (FITTER, 1991).

O cenário de Mudança Climática Global, associado ao interesse da comunidade científica pela alteração no ciclo do carbono, tem gerado demandas sobre dados de biomassa nos ecossistemas (DIXON et al., 1994 e VOGT et al., 1996) BUSTAMANTE & OLIVEIRA, 2008). Mas o papel do Cerrado ainda é incerto diante a pouca atenção dada ao componente subterrâneo (CAIRNS et al., 1997 e JOHN et al., 2001), mesmo com o desempenho de funções importantes no funcionamento dos ecossistemas e ciclo global do carbono (MATAMALA et al., 2003). Assim, mensurações são importantes na detecção de fontes e sumidouros potenciais de carbono atmosférico.

A biomassa subterrânea total amostrada (até 30 cm) não diferiu entre as áreas estudadas (Figura 10), exibindo valores médios de biomassa e estoque de carbono semelhantes (Tabela 4). O cerrado sentido restrito protegido apresentou maior biomassa radicular ($20,62 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), o cerradão apresentou $18,50 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de biomassa radicular e o cerrado sentido restrito não protegido do fogo, que possui vegetação mais rala, exibiu $16,46 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Por apresentar paisagem bem heterogênea, o Cerrado apresenta grande variação nos dados de biomassa e estoque de carbono, mas segundo Miranda (2012) a falta de padronização nas metodologias dificulta comparações entre os trabalhos e aumenta as incertezas nas estimativas. Ainda assim, observamos grande quantidade de carbono armazenado nos sistemas radiculares até esta profundidade. Alguns estudos realizados em áreas de cerrado indicam que o maior percentual de raízes está acumulada nos primeiros centímetros de solo, Abdala et al. (1998) por exemplo escavou até 620 cm de profundidade e constatou que 70% das raízes se encontram de 0-50 cm e 80% nos primeiros 100 cm. Em outro trabalho, pesquisadores realizaram escavações até 200 cm em várias fitofisionomias de cerrado concluíram que a maioria das comunidades acumula 80% da biomassa em até 30 cm de profundidade, exceto cerrado denso que acumula em torno de 71 % (CASTRO; KAUFFMAN, 1998).

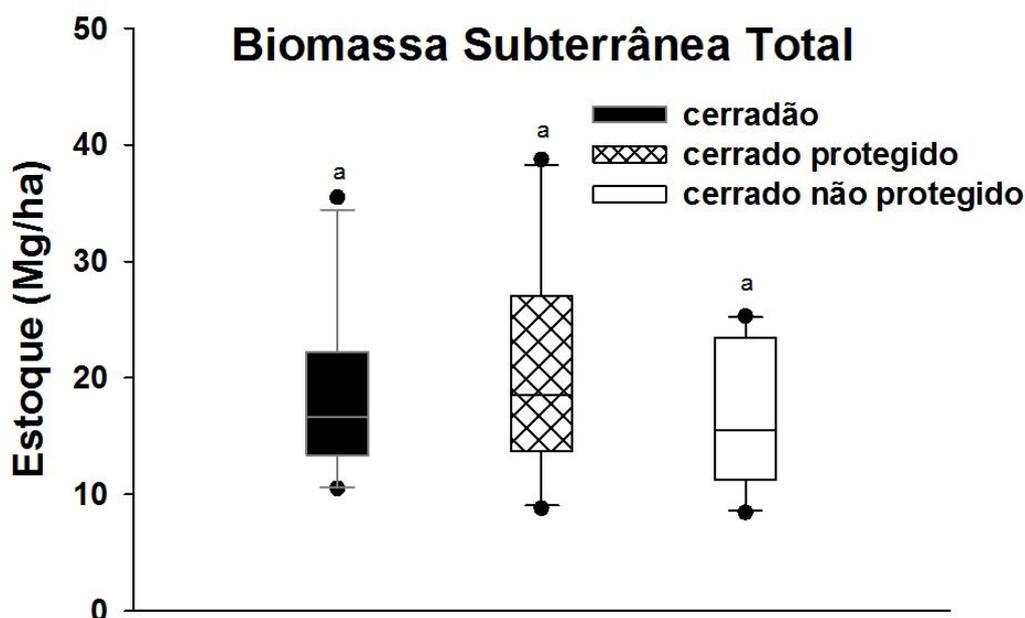


Figura 10 - Biomassa subterrânea no Jardim Botânico de Brasília, Brasília - DF. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,001$).

A razão entre as partes áreas e subterrâneas evidenciou a relevância do componente subterrâneo em formações savânicas no que diz respeito ao armazenamento de carbono (Tabela 4). Autores como Cairns et al. (1997) e Castro; Kauffman (1998) também indicaram que a biomassa subterrânea corresponde a importante fração da biomassa total dos ecossistemas. O cerrado

sentido restrito apresentou razão mais elevada em parcelas não protegidas da ocorrência de fogo, seguida das parcelas protegidas e por último as de cerradão que é formação florestal e possui maior investimento em biomassa aérea. Segundo Abdala et al. (1998), ocorrências de fogo, baixa disponibilidade de nutrientes e estresse sazonal induzem maior alocação em biomassa radicular e representam grande parte do estoque total do cerrado.

A partição da biomassa subterrânea em classes (Figura 11) mostrou que raízes finas e grossas contribuem com a maior parte da biomassa radicular que fica estocada no solo do cerrado, sendo esta observação importante para compreender a ciclagem de biomassa neste compartimento. As três áreas do JBB só foram distintas significativamente na classe fina, onde o cerradão apresentou maior estoque que as parcelas do cerrado sentido restrito não protegido. Experimento análogo foi realizado em cerrado sentido restrito da FAL-UnB e encontrou valores semelhantes para as classes fina, intermediária e grossa (PAIVA; FARIA, 2007).

Os monólitos extraídos das parcelas de cerradão apresentaram estoque de raízes finas ($F_{2;27}=3,79$; $p < 0,05$) superiores ao cerrado sentido restrito não protegido, sendo $8,69 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $6,41 \text{ Mg.ha}^{-1}$, respectivamente (Figura 11A). O cerrado sentido restrito protegido apresentou valores intermediários nos estoques de raízes finas, exibindo $7,42 \text{ Mg.ha}^{-1}$ de biomassa. Estudos sobre sistemas radiculares são raros devido às dificuldades na coleta de dados, no entanto, a demanda por conhecimento sobre os estoques e produtividade de biomassa aumentou nas últimas décadas em decorrência do efeito estufa e mudanças climáticas (ABDALA et al., 1998 e CASTRO; KAUFFMAN, 1998 e KAUFFMAN et al., 1994). No caso de raízes finas, elas são responsáveis pela maior parte da produção total que é produzida anualmente (VOGT et al., 1998), sendo estas a fração dinâmica do sistema pois possuem um tempo de vida curto e acelerada decomposição (GILL; JACKSON, 2000), contribuindo assim, com grande mobilidade de nutrientes e carbono no compartimento do solo.

O cerradão, apesar de ser uma formação florestal e apresentar pouco componente herbáceo, de modo surpreendente, apresentou maior acúmulo em raízes finas quando comparado às demais parcelas de cerrado sentido restrito.

Considerando que a camada superficial do solo é mais nutritiva devido aos processos de decomposição de serapilheira, não é estranho encontrar este resultado, principalmente por que os solos do Cerrado apresentam pouca disponibilidade de nutrientes (MARIMON-JÚNIOR; HARIDASAN, 2005 e HARIDASAN, 2000), então muitas raízes sobem até a superfície e se misturam às folhas (Figura 7). Em função disso, e dada às dificuldades na triagem das amostras, foi necessário criar a subclasse RFF (raízes finas + fragmentos foliares em decomposição), que é exclusiva das parcelas de cerradão e exibiu biomassa média de $1,59 \text{ Mg.ha}^{-1}$ (Figura 11E), este valor foi incorporado ao computo da biomassa total desta fitofisionomia.

A biomassa de raízes intermediárias (5 - 10 mm) não diferiu expressivamente entre as áreas de estudo (Figura 11B). Os valores médios em cerradão e em parcelas de cerrado sentido restrito protegido do fogo foram semelhantes, sendo $2,94 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $2,98 \text{ Mg.ha}^{-1}$ respectivamente. O cerrado sentido restrito não protegido do fogo obteve a média mais alta, sendo $3,91 \text{ Mg.ha}^{-1}$ de biomassa. Acerca de raízes grossas, a biomassa também não diferiu entre as áreas estudadas (Figuras 11C), o cerrado sentido restrito protegido do fogo apresentou $9,50 \text{ Mg.ha}^{-1}$, seguido do cerrado não protegido e cerradão que exibiram médias próximas entre elas, sendo $5,51 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $5,44 \text{ Mg.ha}^{-1}$ respectivamente. As raízes grossas, em sua maioria, são raízes estruturais, permanecem por mais tempo no sistema e acumulam grande quantidade de carbono (FITTER, 1991).

A miscelânea (Figura 11D), por sua vez, também não apresentou diferenças significativas nos estoques de biomassa e exibiu valores muito próximos entre as áreas, cerrado sentido restrito protegido do fogo apresentou a média mais alta $0,72 \text{ Mg.ha}^{-1}$, seguido do cerradão e cerrado sentido restrito não protegido do fogo com $0,68 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $0,64 \text{ Mg.ha}^{-1}$ respectivamente. A classe miscelânea é formada por estruturas diversas que também armazenam carbono, a contribuição no total de biomassa é baixa, mas possuem grande relevância em situação de estresse hídrico e eventos de fogo.

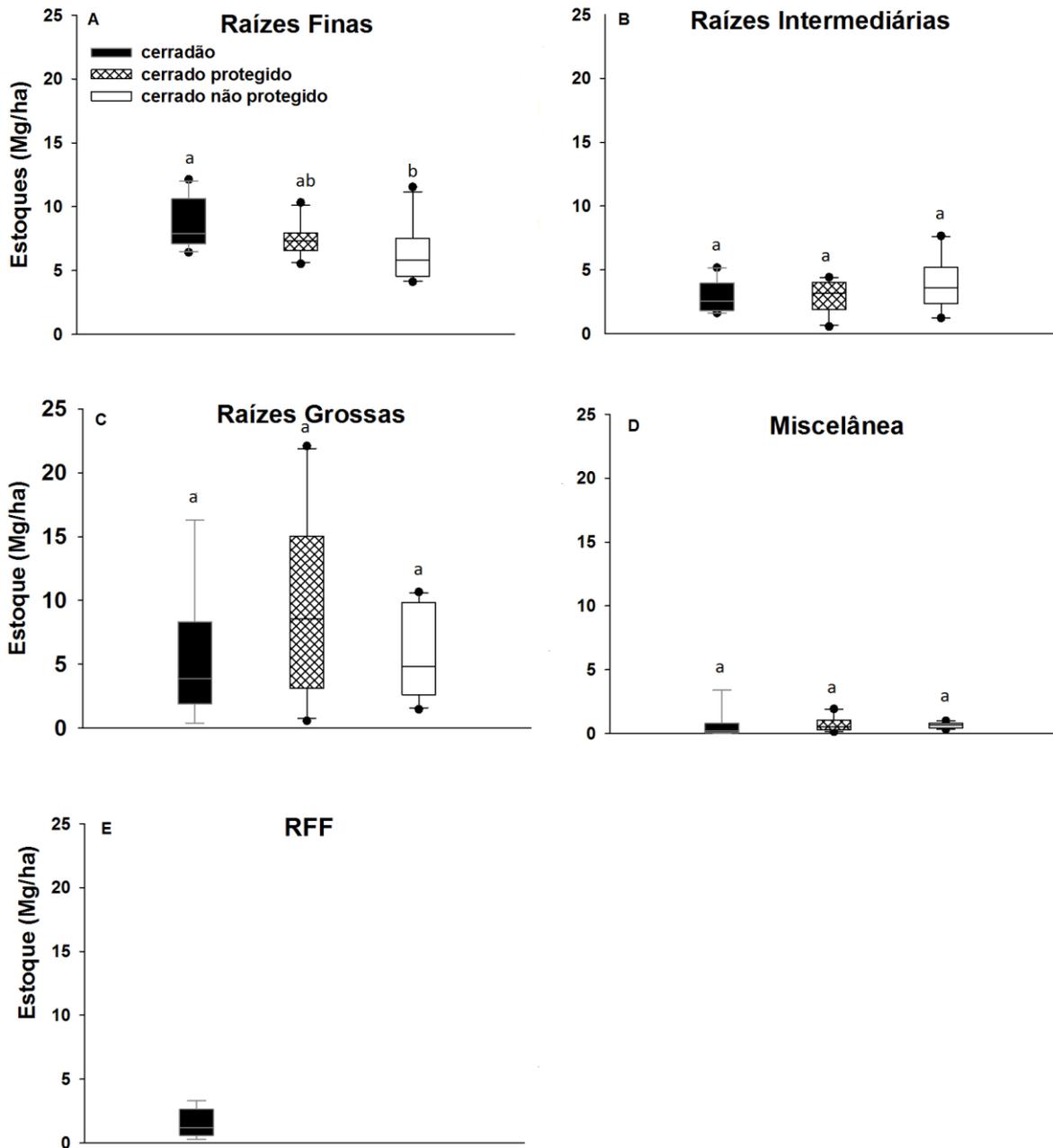


Figura 11 - Biomassa subterrânea separada em classe de diâmetro nas fitofisionomias cerrado e cerrado sentido restrito do Jardim Botânico de Brasília, Brasília-DF. A: Raízes finas; B: Raízes intermediárias; C: Raízes grossas; D: Miscelânea; E: RFF (raízes finas + fragmentos foliares em decomposição). Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,05$).

Amostras de carvão que ficam retidas no solo após a passagem de fogo acumulam, um percentual médio de 77% de carbono, a massa restante é material biológico não carbonizado (ECKMEIER et al., 2007). Estudos que quantificam esse acúmulo de carbono recalcitrante são escassos para o Cerrado e considerando a importância desses dados, os fragmentos que estavam misturados aos resíduos de solo e amostras radiculares foram separados.

As parcelas do JBB acumulam considerável quantidade de carbono nesses fragmentos de carvão (Tabela 5) e cálculos segundo relatório do IPCC (2006) indicam que, em savanas, 3% da biomassa aérea ficam retidos na forma de carvão após a passagem de fogo. Os valores encontrados até 30 cm de profundidade coincidiram com as porcentagens apontadas pelo IPCC, exceto as parcelas do interflúvio, que exibiram retenção em torno de 4,5% da biomassa na forma de carvão, provavelmente, isso se deve a incêndio recente (em 2011) que ocorreu na área. As parcelas de cerradão e cerrado sentido restrito do Centro de Visitantes são protegidas do fogo há mais de 20 anos e o carvão que permanece na área deve ser fragmentos remanescentes de incêndios anteriores a proteção.

Tabela 5 - Biomassa ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), estoque de carbono ($\text{MgC}\cdot\text{ha}^{-1}$) e carvão ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos compartimentos aéreo e armazenado no solo (até 30 cm de profundidade) em três áreas do JBB, Brasília DF.

	Cerradão	Cerrado Protegido	cerrado não protegido
BA	76,47 (31,11) ^a	19,60 (35,00) ^b	12,23 (35,67) ^b
EC	35,94	9,21	5,75
Carvão*	2,03 (99,88) ^a	0,53 (154,04) ^b	0,54(130,67) ^b
Carvão**	2,29	0,59	0,37
Carbono***	1,57	0,41	0,42

* mensurado; ** estimado (IPCC, 2006); *** estimado (ECKMEIER et al., 2007); CDAO = cerradão; BA=Biomassa aérea (vegetação lenhosa); EC=Estoque de carbono aéreo. Coeficiente de Variação (%) entre parênteses. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,05$).

Nutrientes na biomassa radicular

Concentração

Em relação à distribuição dos nutrientes nos compartimentos radiculares de cada fitofisionomia, observamos alta variação nas concentrações, no entanto,

diferenças estatísticas só foram observadas em algumas classes de nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre (Anexo A).

A concentração de nitrogênio ($F_{2,27} = 6,89$; $p < 0,01$) difere na classe de raízes intermediárias, a menor média (5,64 g/Kg) foi encontrada no cerradão, sendo semelhante, entretanto, as médias entre o cerrado protegido e não protegido do fogo, que exibiram 8,84 g/Kg e 8,25 g/Kg respectivamente. As demais classes apresentaram concentrações de nitrogênio semelhantes entre áreas.

A concentração de potássio, também diferiu em apenas uma das classes. Raízes grossas ($F_{2,26} = 5,81$; $p < 0,01$) de cerrado protegido mostraram concentrações mais altas (2,43 g/Kg) que as das demais áreas. Cerradão e o cerrado não protegido exibiram concentrações semelhantes, sendo 1,70 g/Kg e 1,67 g/Kg respectivamente.

As concentrações de cálcio diferiram bastante entre as áreas. De modo geral, cerradão exibiu médias mais altas em todas as classes de diâmetro, o cerrado protegido exibiu valores intermédios e o cerrado não protegido os menores (Anexo 1). A classe de raízes finas ($F_{2,27} = 5,44$; $p < 0,05$) de cerradão exibiram média 2,43 g/Kg, diferindo de 1,92 g/Kg e 1,90 g/Kg, exibidos pelo cerrado protegido e não protegido respectivamente.

Diferenças significativas também foram encontradas em raízes intermediárias ($F_{2,27} = 4,74$; $p < 0,05$), onde a baixa concentrações de cálcio no cerrado sentido restrito não protegido do fogo (1,95 g/Kg) diferiu do encontrado em cerradão (3,08 g/Kg) e cerrado protegido (2,97 g/Kg). Em miscelânea ($\chi^2 = 6,84$; $p < 0,05$), os teores de cálcio foram substancialmente diferentes entre cerradão (2,51 g/Kg) e o cerrado não protegido do fogo (0,63 g/Kg).

A concentração de enxofre, por sua vez, só diferiu significativamente na classe miscelânea ($F_{2,25} = 5,95$; $p < 0,01$). O cerrado protegido exibiu a média mais alta (1,02 g/Kg) e cerrado não protegido o valor intermédio (0,70 g/Kg), não sendo significativas as diferenças entre elas. Cerradão apresentou a média mais baixa (0,52 g/Kg) e foi diferente do cerrado protegido do fogo.

Estoque

Os estoques de nutrientes encontrados na biomassa radicular do Jardim Botânico de Brasília podem ser observados na Figura 12. Diferenças significativas só foram encontradas na classe raízes finas para os nutrientes cálcio (Figura 12B) e fósforo (Figura 12F). As raízes finas das parcelas de cerradão apresentaram valores mais elevados que os encontrados no cerrado sentido restrito e conhecer estes resultados identificam a disponibilidade de nutrientes que estão nesta fração lábil da biomassa radicular.

No caso do fósforo, esse resultado provavelmente está relacionado à eficiente ciclagem de nutrientes na camada de serapilheira, pois análises de solo evidenciaram valores mais baixos nas áreas de cerradão. Considerando o somatório de todas as classes radiculares também não encontramos diferenças entre as áreas, mas de um modo geral, as médias encontradas no cerrado protegido do fogo foram mais alta para todos os nutrientes analisados (Figura 12).

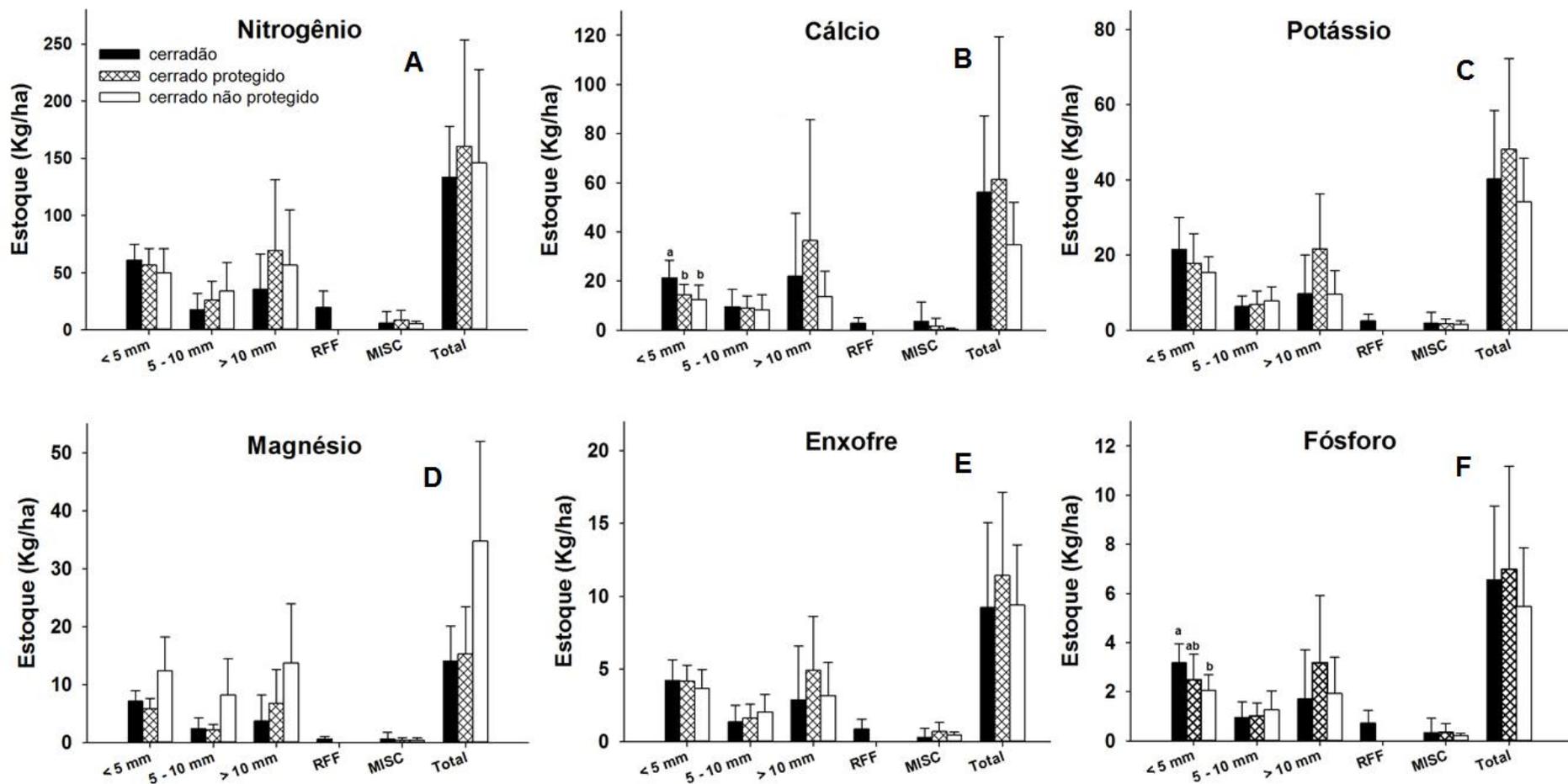


Figura 12 - Médias dos estoques ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) dos nutrientes encontrados na biomassa subterrânea, separados em classes e somatório das mesmas. \pm Desvio padrão evidenciado em barras. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre áreas ($p < 0,05$). -

3.2. COMPARAÇÃO ENTRE CLASSES DE SOLO

Caracterização do solo

Análises de solo confirmou a classificação argilosa nas parcelas sobre Latossolo Vermelho Escuro do JBB e arenosa nas parcelas sobre Neossolo Quartzarênico nas áreas da Bahia (Tabela 6), esta caracterização é importante, pois indica a capacidade do solo em reter água e disponibilizá-la à vegetação (REATTO et al., 2008). A concentração de MO foi mais elevada nas parcelas sobre solo argiloso, a concentração de P disponível, no entanto, foi maior sobre Neossolo Quartzarênico.

Tabela 6 - Características físico-químicas do solo entre 0 e 10 cm de profundidade amostrados em cerrado típico no Distrito Federal e região oeste da Bahia.

Local	Distrito Federal	Bahia
Classe de solo	Latossolo Vermelho Escuro	Neossolo Quartzarênico
Areia (%)	19,34	84,09
Argila (%)	73,58	14,20
Silte (%)	7,08	1,70
MO (g.Kg ⁻¹)	68,93 (15,95) ^a	16,66 (39,09) ^b
P _{disp} (mg.Kg ⁻¹)	1,47 (14,35) ^b	2,14 (39,07) ^a
S (mg.Kg ⁻¹)	10,56 (16,11) ^a	12,38 (32,37) ^a
K ⁺ (mg.Kg ⁻¹)	36,40 (17,71) ^a	11,29 (32,34) ^b
Ca ²⁺ (mg.Kg ⁻¹)	4,81 (134,93) ^b	13,91 (84,24) ^a
Mg ²⁺ (mg.Kg ⁻¹)	11,18 (13,37) ^a	9,58 (57,25) ^b
Al ³⁺ (mg.Kg ⁻¹)	75,37 (29,19) ^a	69,78 (32,54) ^a
pH (H ₂ O)	4,84	4,84

MO=Matéria Orgânica. Coeficiente de Variação (%) entre parênteses. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre de solo ($p < 0,05$).

Em relação às bases trocáveis, as concentrações foram maiores em cerrado típico sobre solo argiloso, exceto cálcio que apresentou concentração mais elevada nas parcelas de cerrado típico da Bahia. Alumínio trocável foi maior

no Distrito Federal, mas não houve diferenças significativas entre as áreas, sendo que a acidez expressa pelo pH médio também não foi distinta entre as classes de solos. Magnésio e potássio foram significativamente mais elevados em solos argilosos do Distrito Federal. Enxofre não apresentou distinção entre as classes de solo analisadas.

As duas classes de solo estudadas são as mais abundantes no Cerrado (HARIDASAN, 2005), e conseqüentemente, suportam a fitofisionomia predominante que é o cerrado sentido restrito (RATER, 1972). Latossolos argilosos em geral, são profundos, bem drenados, altamente intemperizados e resultam da remoção de sílica e bases trocáveis (RESENDE et al., 1995), quimicamente são distróficos, ácidos, apresentam de baixa a média capacidade de troca catiônica, baixo pH e maior disponibilidade de água (REATTO et al., 2008). Os Neossolos Quartzarênicos, também são profundos, estão condicionados aos baixos teores de argila (máximo 15%) e matéria orgânica, e conseqüentemente, à baixa capacidade de agregação de partículas (REATTO et al., 2008).

Biomassa e estoque de carbono

Em relação às classes de solo na fitofisionomia cerrado sentido restrito (subtipo típico), não foi observado diferenças estatísticas na biomassa aérea e subterrânea (Figura 13) e os valores encontrados são mais baixos que os relatados por Abdala et al., (1998) e Castro ; Kauffman (1998). Em Neossolo Quartzarênico, a biomassa aérea foi $15,01 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e a subterrânea $19,01 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, conotando uma razão alta (1,58) entre os compartimentos (Tabela 7). O Latossolo, por sua vez, exibiu valores mais baixos, a biomassa aérea foi $12,23 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e a subterrânea $16,46 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, mas a razão entre os compartimentos também foi alta (1,42), refletindo assim, a importância da biomassa radicular no ciclo global do carbono.

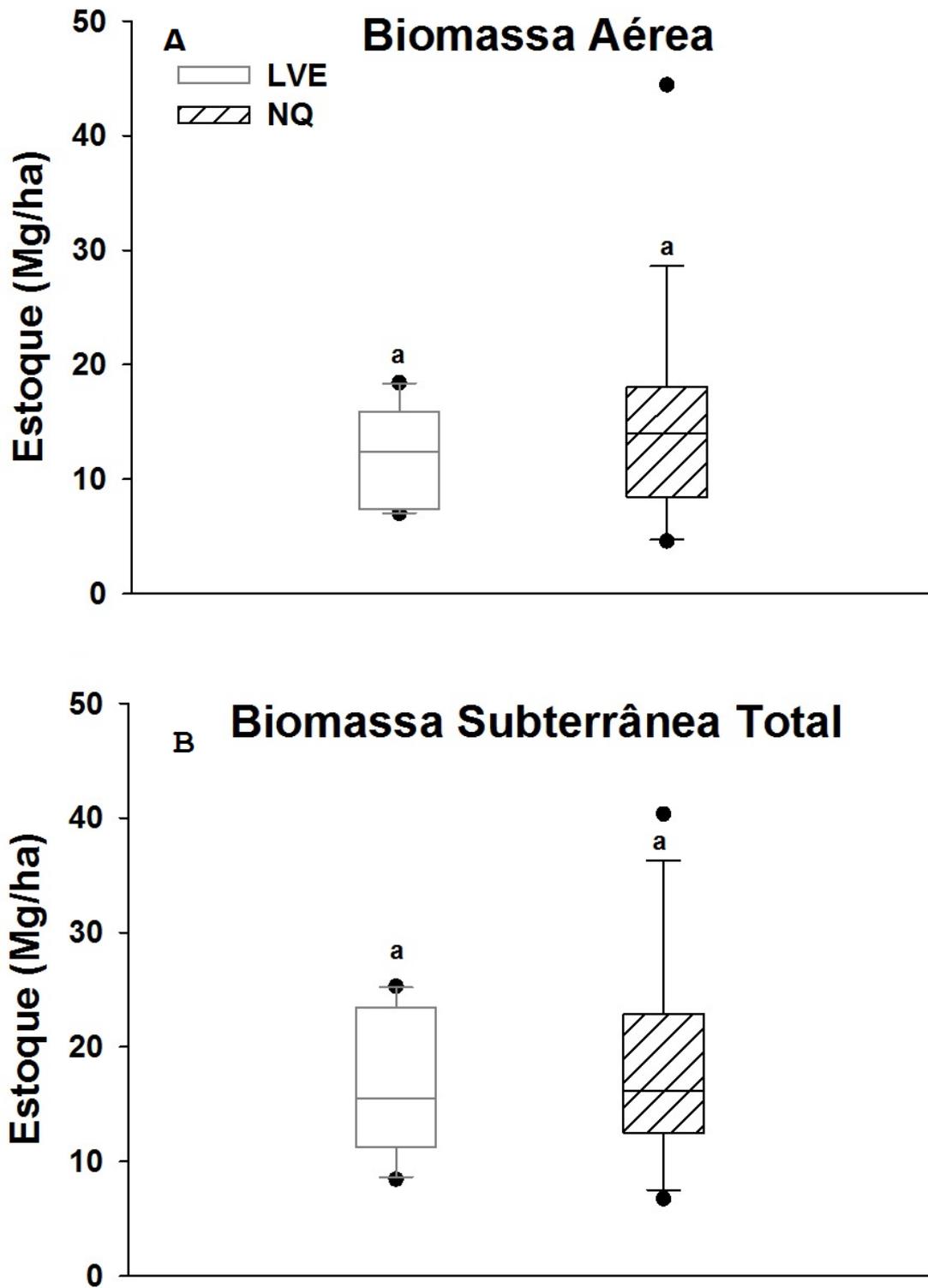


Figura 13 - Biomassa em cerrado sentido restrito (subtipo cerrado típico) sobre solos arenoso e argiloso. A: Biomassa aérea. B: Biomassa subterrânea (0-30 cm). Onde: LVE=Latossolo Vermelho Escuro; NQ=Neossolo Quartzarênico.

Estudos que contemplem a biomassa subterrânea do Cerrado são raros e na maioria das vezes utilizam diferentes metodologias, o que dificulta a comparação de dados (MIRANDA, 2012). Os trabalhos levantados na literatura não utilizaram metodologia padronizada (Tabela 8) e apresentaram grande variação quanto à profundidade de amostragem (30 – 700 cm) e classificação das raízes com base no diâmetro (MIRANDA, 2012). Diante da carência de dados comparativos, este estudo utiliza metodologia padronizada e permite relacionar a biomassa subterrânea ao funcionamento dos ecossistemas, possibilitando assim a predição de cenários futuros, no que diz respeito aos estoques de biomassa e carbono em ambientes de Cerrado.

Tabela 7 - Valores médios de Biomassa ($Mg \cdot ha^{-1}$) e Estoque de Carbono ($MgC \cdot ha^{-1}$) em cerrado típico sobre solos arenoso e argilosos.

Local	Classes de solos	BA	BST	ECA	ECS	BST:BA
Distrito Federal	Latosolo Vermelho Escuro	12,23	16,46	5,75	7,74	1,42
		(35,68)	(36,94)			
Bahia	Neossolo Quartzarênico	15,01	19,01	7,06	8,93	1,58
		(62,69)	(51,18)			
Média total		13,98	18,06	6,57	8,49	

BA=Biomassa aérea (vegetação lenhosa), BST=Biomassa subterrânea total (0-30 cm); ECA=Estoque de carbono aéreo; ECS=Estoque de carbono subterrâneo; BST:BA= Razão entre Biomassa subterrânea total e Biomassa aérea; Coeficiente de Variação (%) entre parênteses.

Para estimar a biomassa, o método mais utilizado é coleta de determinado volume de solo (monólitos, cores e escavação de todo sistema radicular de indivíduos) seguida da separação das raízes (BÖHM, 1979). Espera-se maior acúmulo de raízes até 100 cm de profundidade, em função da disponibilidade de matéria orgânica (serapilheira) e água, e raramente ultrapassam 2 m de profundidade em áreas tropicais (ABDALA et al., 1998).

A partição da biomassa subterrânea em classes mostrou grande acúmulo de biomassa nas raízes finas ($\emptyset < 5$ mm) e grossas ($\emptyset > 10$ mm). De um modo geral, não exibiram diferenças expressivas nos estoques ao comparar as duas classes de solo (Figura 14), exceto miscelânea ($W=48,5$; $p < 0,05$) que

apresentou média mais alta em solo arenoso (Figura 14D). A explicação pode ser a alta incidência de fogo nas parcelas da Bahia (MIRANDA, 2012), onde a produção de órgãos de reserva pode ser um mecanismo importante para regenerar a parte aérea da vegetação após a passagem de fogo (EITEN, 1972 e RIZZINI, 1965). O fogo apesar de causar redução da parte aérea, não provoca aumento elevado da temperatura do solo, especialmente na camada que fica abaixo de 5 cm de profundidade (MIRANDA et al., 2002). Deste modo, a miscelânea exibida em maior quantidade nas parcelas da Bahia, podem ser estratégias adaptativas importantes que a vegetação possui para resistir aos efeitos do fogo.

Tabela 8 - Metodologias para classificação e amostragem da biomassa subterrânea encontradas em trabalhos realizados no Cerrado (MIRANDA, 2012).

Estado	Classe de Diâmetro (mm)	Profundidade de amostragem (cm)	Referências
DF	≤ 5, 6 – 10, ≥ 10	30	Paiva & Faria 2007
SP	≤ 20	36	Delitti <i>et al.</i> 2001
DF	≤ 5	50	Castro-Neves 2007
DF	≤ 5, 6 – 10, 11 – 20, 21 – 30 e tubérculos	200	Castro & Kauffman 1998
MG	< 10	100	Ribeiro <i>et al.</i> 2011
DF	< 2	300	Rodin 2004
DF	<2, 2 – 10, > 10	620	Abdala <i>et al.</i> 1998
DF	≤ 2, > 2	700	Oliveira 1999

Os estoques de raízes finas em cerrado típico foram semelhantes nas duas classes de solo, em NQ a média foi 5,90 Mg.ha⁻¹ e em LVE 6,41 Mg.ha⁻¹. As raízes intermediárias também exibiram estoque semelhante entre as classes, sendo em NQ 3,15 Mg.ha⁻¹ e LVE 3,91 Mg.ha⁻¹. Raízes grossas são responsáveis por grandes estoques de biomassa no solo, em NQ exibiu 8,53 Mg.ha⁻¹ e em LVE 5,51 Mg.ha⁻¹.

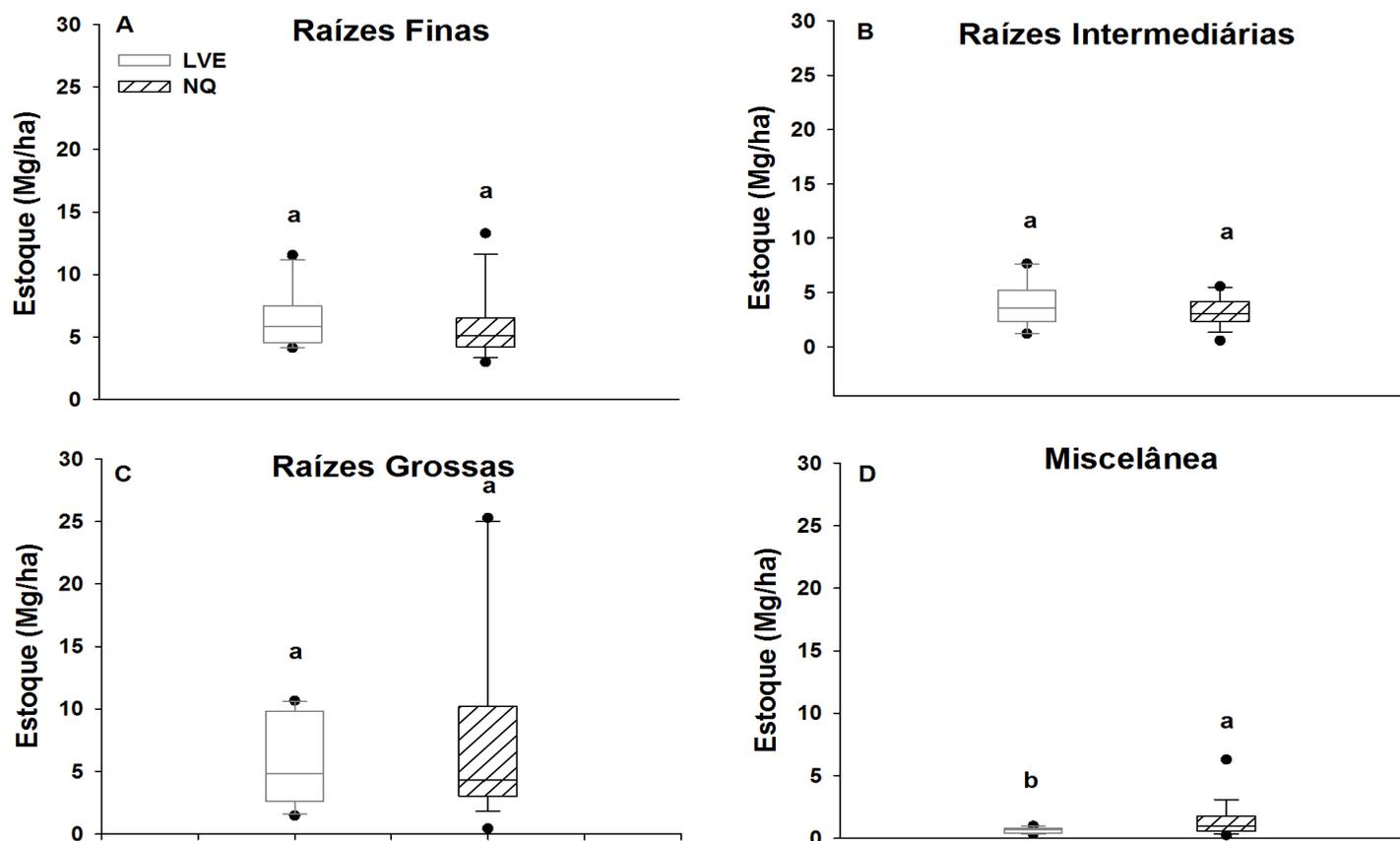


Figura 14 - Biomassa subterrânea (Mg.ha⁻¹) separada em classes na fitofisionomia cerrado típico sobre solos arenosos da Bahia e argilosos do Distrito Federal. A: Raízes finas; B: Raízes intermediárias; C: Raízes grossas; D: Miscelânea. Onde: LVE=parcelas em Latossolo Vermelho Escuro; NQ=parcelas em Neossolo Quartzarênico. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre de solo ($p < 0,05$).

Nutrientes na biomassa radicular

Concentração

Os teores médios e coeficientes de variação dos nutrientes presentes na biomassa radicular de cerrado típico estão resumidos no Anexo B. Diferenças estatísticas, em relação à classificação de solo, foram observadas em várias classes de raízes, exceto para o fósforo, que apresentou teores semelhantes em todas as classes de raízes.

Os teores médios de nitrogênio foram mais elevados nas parcelas de Latossolo Vermelho Escuro. No entanto, diferenças significativas ocorreram em apenas duas classes de raízes, a intermediária ($t=2,60$; $p < 0,05$) exibiu 8,25 g/Kg em LVE e NQ 6,42 g/Kg, miscelânea ($t=2,06$; $p < 0,05$) apresentou teores de 8,80 g/Kg em LVE e NQ 7,15 g/Kg.

A biomassa radicular também apresentou potássio em concentrações mais elevadas nas parcelas sobre Latossolo e diferenças significativas ocorreram em três classes de raízes. Raízes finas ($t=8,0467$; $p < 0,001$) apresentaram 2,45 g/Kg em LVE e 1,37 g/Kg em NQ, as intermediárias ($t=4,2574$; $p < 0,001$) exibiram 2,00 g/Kg em LVE e 1,40 g/Kg em NQ, e miscelânea ($t=3,9415$; $p < 0,001$) exibiu 2,21 g/Kg em LVE e 1,00 em NQ.

Os teores de cálcio foram significativamente ($t=2,1509$; $p < 0,05$) mais altos sobre solo argiloso na classe fina, exibindo 1,90 g/Kg em LVE e 1,63 g/Kg em NQ. As demais classes apresentaram teores de cálcio mais altos em raízes sobre o solo arenoso, mas diferenças expressivas ($t=-3,5347$; $p < 0,001$) só ocorreram em miscelânea onde LVE exibiu 0,63 g/Kg e NQ 2,01 g/Kg.

As concentrações de magnésio em sistemas radiculares foram significativamente mais altas nas parcelas sobre solo Neossolo Quartzarênico. Em raízes finas ($t=-2,2667$; $p < 0,05$) LVE exibiram 0,77 g/Kg e NQ 0,94 g/Kg, as intermediárias ($t=-3,1515$; $p < 0,01$) apresentaram LVE 0,65 g/Kg e NQ 0,95 g/Kg, as raízes grossas ($t=-4,4648$; $p < 0,001$) exibiram concentrações de 0,57 g/Kg em LVE e 0,94 g/Kg em NQ, e por último, miscelânea ($t=-4,5874$; $p < 0,001$) exibiu LVE 0,34 g/Kg e NQ 0,68 g/Kg.

Enxofre foi distinto em relação aos solos nas classes fina e intermediária. Nas raízes finas ($t=-5.1471$; $p < 0,001$), os teores de enxofre foram 0,58 g/Kg em LVE e 0,83 g/Kg em NQ. Nas intermediárias ($t=-3.763$; $p < 0,001$) as concentrações exibidas em LVE foram 0,53 g/Kg e 0,65 g/Kg em NQ.

Estoque

Os estoques de nutrientes da biomassa subterrânea não diferiram significativamente em relação às classes de solo analisadas neste estudo (Figura 15), mesmo as parcelas arenosas exibiram maior disponibilidade de fósforo e cálcio no solo. Em relação aos estoques separados em classes radiculares, foi observada a importância das classes finas e grossas, sendo que as finas disponibilizam com mais rapidez os nutrientes armazenados.

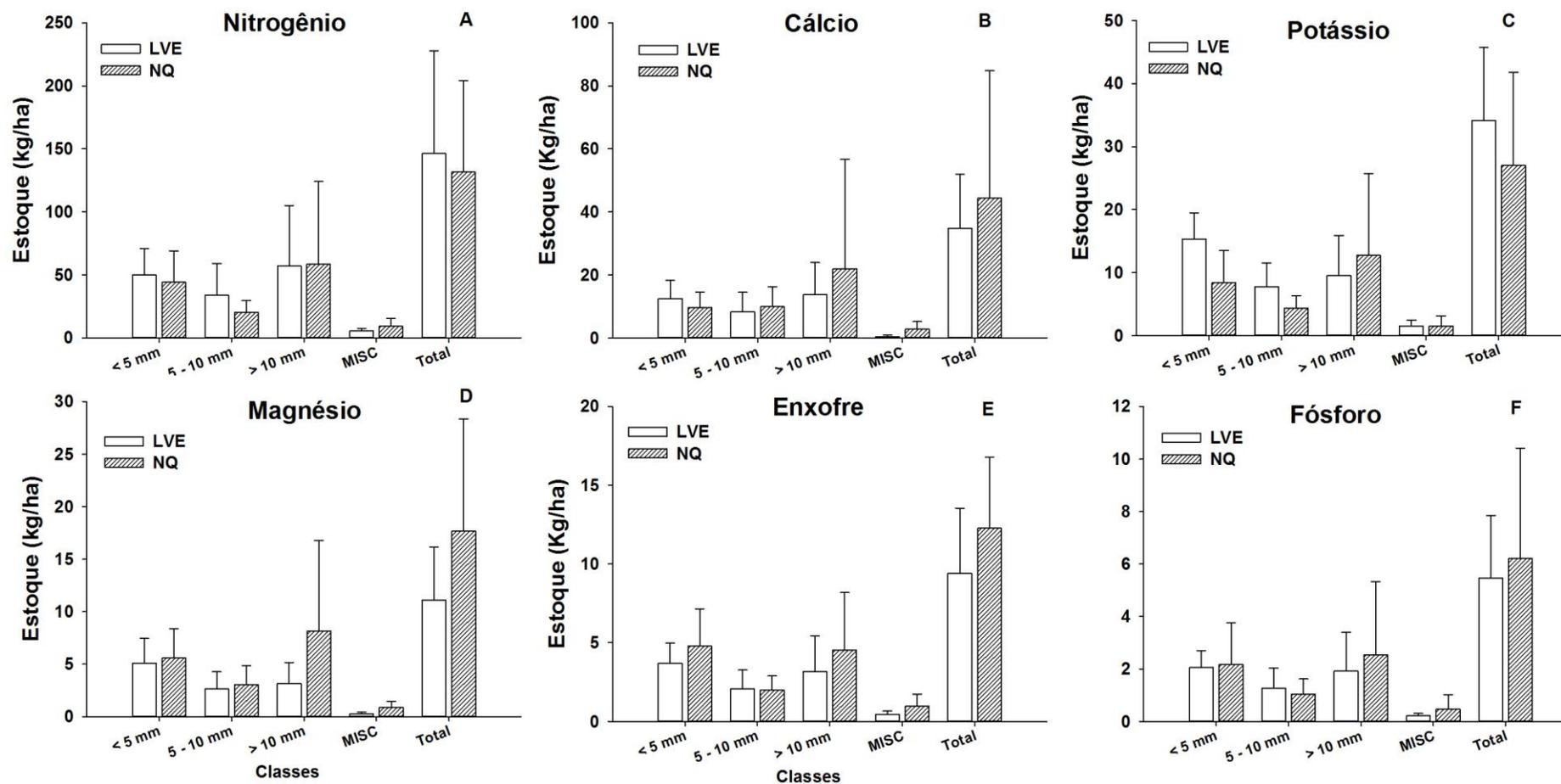


Figura 15 - Médias dos estoques (Kg/ha) dos nutrientes encontrados na biomassa subterrânea separada em classes na fitofisionomia cerrado típico sobre solos arenosos da Bahia e argilosos do Distrito Federal. \pm Desvio padrão evidenciado em barras.

4. CONCLUSÕES

Os resultados do trabalho permitiram concluir que as fitofisionomias de cerrado sentido restrito e cerradão não apresentam diferenças nos estoques de biomassa e carbono presentes nos sistemas radiculares até 30 cm de profundidade, e ambientes com vegetação menos densa apresentam maior razão entre componente subterrâneo e aéreo. Já os estoques de fósforo e cálcio radiculares, foram mais elevados na classe de raízes finas das parcelas de cerradão. Demais classes não apresentaram diferenças entre as fitofisionomias.

Em relação aos compartimentos radiculares, a formação florestal surpreendeu ao exibir grande importância das raízes finas na porção superficial do solo, justamente onde coexiste com a serapilheira, esta classe mobiliza grande quantidade de nutrientes proveniente das folhas e posteriormente são disponibilizados novamente, pois raízes finas possuem uma ciclagem rápida. Em contrapartida, nas formações savânicas, as raízes grossas possuem maior importância e armazenam grande quantidade de carbono na porção superficial.

Diferenças na classe de solo não influenciaram de forma diferencial os estoques de biomassa aérea e subterrânea na fitofisionomia cerrado típico, mas a classe miscelânea foi mais importante nas parcelas sobre Neossolo Quartzarênico, possivelmente por apresentar maior incidência de fogo naquela região. Alguns nutrientes do solo foram mais elevados nas parcelas sobre Neossolos Quartzarênicos e podem ser relacionados à fertilização via lixiviação das culturas que margeiam as áreas de vegetação nativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Above and belowground organic matter and root: shoot ratio in a cerrado in Central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology**, [S.l.], 1998. v. 2, n. 1, p. 11–23.

AGUIAR, S. N. F.; MARTINS, R. C.; CHACON, R. G.; et al. Vegetação e Flora do JBB e EEJBB. In: SALLES, A. J. H. (Ed.). **Jardim Botânico de Brasília - Diversidade e conservação**. Brasília: SOBOTÂNICA, 2007. p. 32–68.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. **Morfologia de sistemas subterrâneos: histórico e evolução do conhecimento no Brasil**. Ribeirão Preto - SP: A. S. S. Pinto, 2003.

BLOOM, A. J.; CHAPIN, F. S.; MOONEY, H. A. Resource limitation in plants—an economic analogy. **Annual review of Ecology and Systematics**, [S.l.], 1985. v. 16, p. 363–392.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. New York: Springer-Verlag, 1979.

BOUYOUCOS, G. J. Rapid determination of the moisture content of soils. **Science**, [S.l.], 1926. v. 64, n. 1670, p. 651–652. . Acesso em: 8 abr. 2014.

BRASIL. **Monitoramento do desmatamento nos Biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA monitoramento do bioma cerrado 2008-2009**. Brasília: MMA/IBAMA, 2011.

CAIRNS, M. A.; BROWN, S.; HELMER, E. H.; BAUMGARDNER, G. A. Root biomass allocation in the world's upland forests. **Oecologia**, [S.l.], 1997. v. 111, p. 1–11.

CASEIRO, R. A. **O cerradão e o cerrado sentido restrito no Jardim Botânico de Brasília**. Brasília, DF: Departamento de Botânica - Universidade de Brasília, 2013. Dissertação de Mestrado.

CASTRO, E. A.; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of tropical ecology**, [S.l.], 1998. v. 14, n. 3, p. 263–283.

CASTRO NEVES, B. M. **Efeitos de queimadas em áreas de cerrado Stricto Sensu e na biomassa de raízes finas**. Brasília: Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília, 2007. Dissertação de Mestrado.

COLLINSON, A. S. **Introduction to world vegetation**. London: Unwin Hyman Ltd, 1988.

DELITTI, W. B. C.; PAUSAS, J. G.; BURGER, D. M. Belowground biomass seasonal variation in two Neotropical savannahs (Brazilian Cerrados) with

different fire histories. **Annals of Forest Science**, [S.l.], 2001. v. 58, n. 7, p. 713–721.

DIXON, R. K.; BROWN, S.; HOUGHTON, R.; et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. **Science**, [S.l.], 1994. v. 263, n. 5144, p. 185–189.

ECKMEIER, E.; ROSCH, M.; EHRMANN, O.; et al. Conversion of biomass to charcoal and the carbon mass balance from a slash-and-burn experiment in a temperate deciduous forest. **The Holocene**, [S.l.], 2007. v. 17, n. 4, p. 539–542.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, [S.l.], 1972. v. 38, n. 2, p. 139–148.

EMBRAPA, C. N. DE P. DE S. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997.

FALEIRO, F. G.; GAMA, L. C.; FARIAS-NETO, A. L.; SOUSA, E. S. O Simpósio Nacional sobre o Cerrado e o Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS-NETO, A. L. (Eds.). **Savana: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina - DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 31–46.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005.

FELFILI, J. M.; FILGUEIRAS, T. S.; HARIDASAN, M.; et al. Projeto biogeografia do bioma cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências**. [S.l.: s.n.], 1994. v. 12, p. 75–166.

FERRI, M. G. Transpiração de Plantas Permanentes do « Cerrado ». **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica**, [S.l.], 1944. v. 4, n. 1, p. 155–224.

FITTER, A. H. Characteristics and functions of root systems. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Eds.). **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Dekker, 1991. v. 2, p. 3–38.

FOLCH, R.; CAMARASA, J. M. **Encyclopedia of the Biosphere: Savannahs**. Detroit: Gale, 2000.

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, [S.l.], 1988. v. 15, p. 97–108.

GILL, R. A.; JACKSON, R. B. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems. **New Phytologist**, [S.l.], 2000. v. 147, n. 1, p. 13–31.

GOEDERT, W. J.; WAGNER, E.; BARCELLOS, A. O. Savanas tropicais: dimensão, histórico e perspectivas. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS-NETO, A. L. (Eds.). **Savana: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina - DF: Embrapa Cerrados, 2008. v. 1, p. 49–77.

GRACE, J.; SAN JOSE, J.; MEIR, P.; MIRANDA, H. S.; MONTES, R. A. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography**, [S.l.], 2006. v. 33, n. 3, p. 387–400.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, [S.l.], 2000. v. 12, n. 1, p. 54–64.

HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. In: SCARIOT, A.; FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C. (eds.) **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p. 167-178.

HILL, M. J.; ROMÁN, M.; SCHAAF, C. B. Biogeography and Dynamics of Global Tropical and Subtropical Savannas: A Spatiotemporal View. In: HILL, M. J.; HANAN, N. P. (Eds.). **Ecosystem function in savannas: Measurement and modeling at landscape to global scales**. Florida: Taylor & Francis US, 2011. p. 3–37.

IPCC. Agriculture, Forestry and Other Land Use. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japan: IGES, 2006. v. 4.

JOHN, B.; PANDEY, H. N.; TRIPATHI, R. S. Vertical distribution and seasonal changes of fine and coarse root mass in *Pinus kesiya* Royle Ex. Gordon forest of three different ages. **Acta Oecologica**, [S.l.], 2001. v. 22, n. 5, p. 293–300.

KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Relationships of Fire, Biomass and Nutrient Dynamics along a Vegetation Gradient in the Brazilian Cerrado. **Journal of Ecology**, [S.l.], 1994. v. 82, p. 519–531.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, [S.l.], 2005. v. 1, n. 1, p. 147–155.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. Past and current human occupation, and land use. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). **The Cerrados of Brasil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 69–90.

LOPES, A. S.; DAHER, E. Agronegócio e recursos naturais no cerrado: desafios para uma coexistência harmônica. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS-NETO, A. L. (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina - DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 173–209.

MARIMON-JÚNIOR, B. H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerrado e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S.l.], 2005. v. 19, n. 4, p. 913–926.

MATAMALA, R.; GONZÁLVIZ-MELER, M. A.; JASTROW, J. D.; NORBY, R. J.; SCHLESINGER, W. H. Impacts of Fine Root Turnover on Forest NPP and Soil C Sequestration Potential. **Science**, [S.l.], 2003. v. 302, p. 1385–1387.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T. .; et al. Flora vascular do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Planaltina - DF: Embrapa CPAC, 2008. v. II, p. 876.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The fire factor. **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**, [S.l.], 2002. p. 51–68.

MIRANDA, S. C. **Variação espacial e temporal da biomassa vegetal em áreas de Cerrado**. Brasília - DF: Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília, 2012. Tese de Doutorado.

MIRANDA, S. C.; SILVA-JÚNIOR, M. C.; DE-CARVALHO, P. S. Efeito da proteção do fogo na estrutura da vegetação lenhosa de uma áreas de cerrado sentido restrito no Brasil Central. **Heringeriana**. 2013. v. 7, n. 1, p. 61-72.

MITTERMEIER, R. A.; GIL, R. P.; HOFFMANN, M.; et al. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. 2.^a ed. Boston: University of Chicago Press, 2005.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, [S.l.], 2000. v. 403, n. 6772, p. 853–858.

OLIVEIRA, R. S. **Padrões sazonais de disponibilidade de água nos solos de um cerrado denso e um campo sujo e evapotranspiração**. Brasília: Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília, 1999. Dissertação de Mestrado.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, [S.l.], 1995. v. 52, n. 2, p. 141–194.

PAIVA, A. O.; FARIA, G. DE. Estoque de carbono do solo sob cerrado sensu stricto no Distrito Federal, Brasil. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**, [S.l.], 2007. v. 1, n. 1, p. 59. . Acesso em: 8 mai. 2014.

PINHEIRO, E. S. **Análises ecológicas e sensoriamento remoto aplicados à estimativa de fitomassa de Cerrado na estação ecológica de Assis, SP**.

São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos, 2008. Tese de Doutorado.

RACHID, M. Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão dos campos cerrados de Emas. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica**, [S.l.], 1947. v. 80, n. 5, p. 5–140.

RAWITSCHER, F.; FERRI, M. G.; RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. Anais Academia brasileira de Ciências. **Anais...** [S.l: s.n.], 1943. v. 4, p. 267–294.

RAWITSCHER, F.; RACHID, M. Troncos subterrâneos de plantas brasileiras. **An. Acad. Bras. Ciênc**, [S.l.], 1946. v. 18, n. 4, p. 161–80.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C.; ZINN, Y. L. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 2º ed., p. 359–417.

REATTO, A.; COREIA, J.R.; SPERA, S.T.; MARTINS, E.S. Solos do bioma cerrado: aspectos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. [S.l.]: Embrapa Cerrados, 2008. v. 1, p. 107–149.

REZENDE, A. V.; PAPA, D. A. Revegetação natural de áreas antropizadas. In: FONSECA, F. O. (Ed.). **Águas Emendadas**. Brasília, DF: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2008. p. 199–2005.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, [S.l.], 2006. v. 71, p. 65–76.

RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S.; RATTER, J. A.; SOUSA-SILVA, J. C. Ocupação do bioma Cerrado e conservação da sua diversidade vegetal. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Eds.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - MMA., 2005. p. 383–399.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. [S.l.]: Embrapa Cerrados, 2008. v. 1, p. 151–212.

RIZZINI, C. T. Estudos experimentais sobre o xilopódio e outros órgãos tuberosos de plantas do cerrado. Anais da Academia brasileira de Ciências. **Anais...** [S.l: s.n.], 1965. v. 37, p. 87–113.

RODIN, P. **Distribuição da biomassa subterrânea e dinâmica de raízes finas em ecossistemas nativos e em pastagem plantada no Cerrado do**

Brasil central. Brasília: Departamento de Ecologia - Universidade de Brasília, 2004. Dissertação de Mestrado.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C. Adoção. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTE, C. Z. (Eds.). **Sistema de plantio direto. Brasília, Embrapa Agropecuária Oeste.** Brasília - DF: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. p. 21–35.

SANO, E. E.; BEZERRA, H. S.; BARCELLOS, A. O.; ROSA, R. **Metodologias para mapeamento de pastagens degradadas no Cerrado - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 70.** Planaltina - DF: Embrapa Cerrados, 2002.

SILVA JÚNIOR, M. C. Fitossociologia e estrutura diamétrica na Mata de Galeria do Pitoco, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. **Cerne**, [S.I.], 2005. v. 11, n. 2, p. 147–158.

SOLÓRZANO, A.; PINTO, J. R. R.; FELFILI, J. M.; HAY, J. D. V. Perfil florístico e estrutural do componente lenhoso em seis áreas de cerradão ao longo do bioma Cerrado. **Acta Botanica Brasilica**, [S.I.], 2012. v. 26, n. 2, p. 328–341.

VALE, A. T. DO; FELFILI, J. M. Dry biomass distribution in a cerrado sensu stricto site in Brazil central. **Revista Árvore**, [S.I.], 2005. v. 29, n. 5, p. 661–669. . Acesso em: 8 mai. 2014.

VOGT, K. A.; VOGT, D. J.; BLOOMFIELD, J. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forests at an ecosystem level. **Root Demographics and Their Efficiencies in Sustainable Agriculture, Grasslands and Forest Ecosystems.** [S.I.]: Springer, 1998. p. 687–720. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-5270-9_61>. Acesso em: 30 out. 2013.

VOGT, K. A.; VOGT, D. J.; BLOOMFIELD, J. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forests at an ecosystem level. **Plant and Soil**, [S.I.], 1998. v. 200, p. 71–89.

VOGT, K. A.; VOGT, D. J.; PALMIOTTO, P. A.; et al. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. **Plant and soil**, [S.I.], 1996. v. 187, n. 2, p. 159–219.

WALTER, B. M. T.; CARVALHO, A. M.; RIBEIRO, J. F. O conceito de savana e de seu componente Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora.** Planaltina, DF: Embrapa CPAC, 2008. v. 1, p. 21–45.

WALTER, H.; MUELLER-DOMBOIS, D. **Ecology of tropical and subtropical vegetation.** Edinburgh, UK: Oliver & Boyd, 1971.

Anexo A - Concentração (g/Kg) de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre, na biomassa radicular (separada em classes) das três áreas de Cerrado no Jardim Botânico de Brasília.

Classe	Nitrogênio			Fósforo			Potássio			Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	CDAO	CVIS	INTE	CDAO	CVIS	INTE	CDAO	CVIS	INTE	CDAO	CVIS	INTE	CDAO	CVIS	INTE	CDAO	CVIS	INTE
< 5 mm	7,22 ^a	7,59 ^a	7,73 ^a	0,37 ^a	0,33 ^a	0,33 ^a	2,41 ^a	2,35 ^a	2,45 ^a	2,43 ^a	1,92 ^b	1,90 ^b	0,84 ^a	0,78 ^a	0,77 ^a	0,49 ^a	0,56 ^a	0,58 ^a
	(22,04)	(14,11)	(11,36)	(10,98)	(22,90)	(15,84)	(20,48)	(33,75)	(14,08)	(17,57)	(18,63)	(22,62)	(21,84)	(17,29)	(19,20)	(31,03)	(14,49)	(9,91)
5-10 mm	5,64 ^a	8,84 ^b	8,25 ^b	0,30 ^a	0,34 ^a	0,32 ^a	2,19 ^a	2,43 ^a	2,00 ^a	3,08 ^a	2,97 ^a	1,95 ^b	0,78 ^a	0,79 ^a	0,65 ^a	0,43 ^a	0,56 ^a	0,53 ^a
	(33,52)	(36,35)	(26,14)	(24,85)	(30,33)	(19,36)	(24,11)	(34,09)	(17,17)	(38,83)	(27,26)	(30,90)	(38,52)	(25,86)	(29,58)	(40,53)	(29,90)	(9,66)
> 10 mm	6,92 ^a	7,65 ^a	9,15 ^a	0,29 ^a	0,35 ^a	0,32 ^a	1,70 ^a	2,43 ^b	1,67 ^a	4,01 ^a	3,18 ^a	2,38 ^a	0,67 ^a	0,73 ^a	0,57 ^a	0,43 ^a	0,56 ^a	0,54 ^a
	(54,76)	(46,52)	(39,05)	(31,88)	(38,31)	(34,70)	(18,19)	(35,31)	(19,02)	(46,40)	(79,45)	(52,45)	(51,40)	(61,74)	(32,10)	(37,62)	(37,06)	(36,15)
RFF	12,45	-	-	0,47	-	-	1,62	-	-	1,77	-	-	0,50	-	-	0,56	-	-
	(6,67)	-	-	(13,43)	-	-	(16,58)	-	-	(25,58)	-	-	(30,67)	-	-	(26,24)	-	-
MISC	8,19 ^a	10,34 ^a	8,80 ^a	0,43 ^a	0,41 ^a	0,34 ^a	2,79 ^a	2,92 ^a	2,21 ^a	2,51 ^a	1,32 ^{ab}	0,63 ^b	0,62 ^a	0,82 ^a	0,34 ^a	0,52 ^a	1,02 ^b	0,70 ^{ab}
	(20,53)	(22,20)	(17,15)	(35,61)	(32,75)	(17,07)	(21,19)	(47,36)	(34,15)	(87,18)	(119,88)	(90,18)	(73,88)	(110,56)	(48,72)	(34,30)	(48,43)	(12,98)

CDAO=cerradão; CVIS=cerrado sentido restrito do Centro de Visitantes (protegido do fogo); INTE= cerrado sentido restrito do interflúvio (não protegido do fogo); RFF= raízes finas+fragmento foliares em decomposição; MISC=miscelânea; Coeficiente de variação (%) entre parênteses.

Anexo B - Concentração (g/Kg) de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre, presente na biomassa radicular (separada em classes) em fitofisionomia cerrado sentido restrito (subtipo cerrado típico) sobre solos arenosos da região oeste do estado da Bahia e argilosos do Jardim Botânico de Brasília, Distrito Federal.

Classe de Raízes	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Cálcio		Magnésio		Enxofre	
	LVE	NQ										
< 5 mm	7,73 ^a	7,39 ^a	0,33 ^a	0,35 ^a	2,45 ^a	1,37 ^b	1,90 ^a	1,63 ^b	0,77 ^b	0,94 ^a	0,58 ^b	0,83 ^a
	(11,36)	(21,76)	(15,84)	(38,90)	(14,08)	(22,35)	(22,62)	(45,96)	(19,20)	(30,76)	(9,91)	(29,91)
5 - 10 mm	8,25 ^a	6,42 ^b	0,32 ^a	0,33 ^a	2,00 ^a	1,40 ^b	1,95 ^a	2,95 ^a	0,65 ^b	0,95 ^a	0,53 ^b	0,65 ^a
	(26,14)	(21,99)	(19,36)	(36,99)	(17,17)	(16,08)	(30,90)	(45,86)	(29,58)	(37,89)	(9,66)	(17,85)
> 10 mm	9,15 ^a	6,57 ^a	0,32 ^a	0,29 ^a	1,67 ^a	1,42 ^a	2,38 ^a	2,46 ^a	0,57 ^b	0,94 ^a	0,54 ^a	0,59 ^a
	(39,05)	(35,87)	(34,70)	(31,52)	(19,02)	(24,88)	(52,45)	(72,91)	(32,10)	(28,47)	(36,15)	(22,45)
Miscelânea	8,80 ^a	7,15 ^b	0,34 ^a	0,31 ^a	2,21 ^a	1,00 ^b	0,63 ^b	2,01 ^a	0,34 ^b	0,68 ^a	0,70 ^a	0,71 ^a
	(17,15)	(34,42)	(17,07)	(82,62)	(34,15)	(33,51)	(90,18)	(52,88)	(48,72)	(33,80)	(12,98)	(20,42)

LVE=parcelas sobre Latossolo Vermelho Escuro; NQ=parcelas sobre Neossolo Quartzarênico. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre solo ($p < 0,05$); Coeficiente de variação (%) entre parênteses.

