



**DINÂMICA E MODELAGEM DO ESTOQUE DE CARBONO NO  
FUSTE DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO/ARBÓREA DE DUAS  
FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO EM MATO GROSSO -  
BRASIL**

**FLÁVIA RICHELLI PIRANI**

**TESE DE DOUTORADO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**DINÂMICA E MODELAGEM DO ESTOQUE DE CARBONO  
NO FSUTE DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO/ARBÓREA DE  
DUAS FITOFISIÔNIOMIAS DO BIOMA CERRADO EM  
MATO GROSSO - BRASIL**

**FLÁVIA RICHELLI PIRANI**

**ORIENTADOR: RENATO VINÍCIUS OLIVEIRA CASTRO  
COORIENTADOR: MARYLAND SANCHEZ**

**TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**BRASÍLIA/DF, FEVEREIRO DE 2016**

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

“DINÂMICA E MODELAGEM DO ESTOQUE DE CARBONO NO FUSTE DA  
VEGETAÇÃO ARBÓREA DE DUAS FISIONOMIAS DE BIOMA CERRADO  
EM MATO GROSSO – BRASIL”

FLÁVIA RICHELLI PIRANI

TESE DE DOUTORADO 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 DOUTOR.

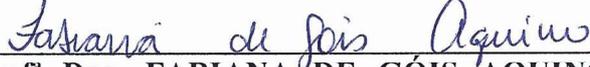
APROVADA POR:

  
Prof<sup>o</sup> Dr. RENATO VINÍCIUS OLIVEIRA CASTRO (Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ);  
(Orientador)

  
Prof<sup>o</sup> Dr. MAURO ELOI NAPPO (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);  
(Examinador Interno)

  
Prof<sup>o</sup> Dr. RICARDO DE OLIVEIRA GASPAR (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);  
(Examinador Interno)

  
Prof<sup>o</sup> Dr. REGINALDO SÉRGIO PEREIRA (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB).  
(Examinador Interno)

  
Prof<sup>a</sup> Dra. FABIANA DE GÓIS AQUINO (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa);  
(Examinador Externo)

Prof<sup>a</sup> Dra. ANA FLÁVIA NEVES MENDES CASTRO (Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ);  
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 26 de fevereiro de 2016.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

PP667d PIRANI, FLAVIA RICHELLI  
DINÂMICA E MODELAGEM DO ESTOQUE DE CARBONO NO  
FUSTE DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO/ARBÓREA DE DUAS  
FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO EM MATO GROSSO -  
BRASIL / FLAVIA RICHELLI PIRANI; orientador RENATO  
VINICIUS OLIVEIRA CASTRO; co-orientador MARYLAND  
SANCHEZ. -- Brasília, 2016.  
104 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Ciências  
Florestais) -- Universidade de Brasília, 2016.

1. ESTOQUE DE CARBONO. 2. MODELAGEM. 3. DINÂMICA.  
4. FOGO. 5. CERRADO. I. CASTRO, RENATO VINICIUS  
OLIVEIRA, orient. II. SANCHEZ, MARYLAND, co-orient.  
III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus criador que me abençoou no ingresso e permitiu a conclusão do doutoramento, que me sustentou e fortaleceu nos momentos de dificuldade e ausência da família.

Ao meu amado esposo Allan Ronald pelo amor, incentivo, apoio, tolerância, provisão financeira, por acreditar nos meus sonhos e me ajudar a realizá-los.

Aos meus pais Flávio e Ivanildes que desde cedo me incentivaram a buscar conhecimento, em especial, a minha mãe por ter me ajudado a cuidar da minha casa, filho e família diante da minha ausência.

Ao meu orientador Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro que confiou e acreditou em mim, mesmo morando e executando a pesquisa em outro estado, por me conduzir no desenvolvimento do projeto, por ser paciente e dedicado, por me atender prontamente mesmo em dias e horários impróprios, por respeitar minha condição de mãe de bebê e também momentos de saúde fragilizada, por ter sido amigo em momentos de tristeza, medo ou desânimo, por sempre responder minhas dúvidas, por me auxiliar nas análises e elaboração da tese, por ter contribuído grandemente com meu conhecimento, especialmente em estatística e modelagem, enfim por ter sido um excelente e muito competente orientador.

À professora Dra. Maryland Sanchez pelo apoio, coorientação, parceria, por ter cedido o banco de dados e, além disso, pela viabilização dos instrumentos de campo para a realização dos levantamentos.

À Michele Ribeiro e Karine Peixoto por disponibilizarem os dados de campo dos monitoramentos realizados nos anos anteriores.

Aos colegas João Paulo, Karine Peixoto e Sandersom Figueiredo pela ajuda de campo, especialmente ao Sandersom que me acompanhou em todas as coletas, do início ao fim, colaborando também com o reconhecimento das espécies da Floresta Estacional.

Ao colega Leo Murta que em alguns momentos me assistiu com análises de modelagem.

À amiga Karine Peixoto que me assistiu várias vezes durante a realização do trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), departamento de Engenharia Florestal, pelo empréstimo do trado de incremento para retirada das amostras de madeira, e também pela realização das análises de densidade.

À SEMA, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, que concedeu autorização para a realização da pesquisa no PESA.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Aos funcionários da secretaria do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Pedro, Chiquinho e Tiago que sempre me orientam, colaboram e esclarecem questões acerca de documentos, protocolos, normas.

Ao professor Dr. Reginaldo Sergio Pereira, ex-coordenador do programa de Pós-graduação em Ciências Florestais por ter ajudado no processo de mudança de orientador.

Aos professores Dr. Mauro Nappo e Dr. Ricardo Gaspar por terem participado da banca de qualificação e contribuído ricamente com o desenvolvimento da tese.

Aos professores Dr. Mauro Eloí Nappo, Dr. Ricardo de Oliveira Gaspar, Dr. Reginaldo Sergio Pereira, Dra. Fabiana de Gois Aquino, Dra. Ana Flávia Neves Mendes Castro por terem aceitado participar da banca de defesa de doutorado.

À querida amiga Priscila Sales que desde o início se fez presente quando dividíamos as mesmas disciplinas, trabalhos, dando apoio emocional, amizade, ajuda nas dificuldades referentes ao conteúdo da tese e disciplinas.

Aos colegas Ilvan, Genilda, Ângela, Leo, pelo apoio a distância na disciplina de Modelagem.

Aos amigos Geomarcos Santos e Rose Gomes que me hospedaram em Brasília com muito carinho e me deram toda assistência durante todo o período de disciplinas, inclusive obrigada pelo empréstimo de seu carro que me permitiu ter mais conforto para o pé que quebrei.

A todos os colegas pelas conversas, risadas, atenção, apoio, cuidado, companhia.

A todos que se fizeram presente em minha vida, que oraram por mim, torceram e colaboraram para a realização deste estudo e projeto de vida.

Ao meu amado esposo,

Allan Ronald

**DEDICO**

*“A natureza é o único livro  
que oferece um conteúdo valioso em  
todas as suas folhas”*

**Johann Goethe**

*“Porque há esperança para a árvore que,  
mesmo se for cortada, ainda se renovará, e não cessarão os  
seus renovos, se envelhecer na terra a sua raiz, e o seu  
tronco morrer no pó, ao cheiro das águas brotará, e dará  
ramos como uma planta”*

**Jó 14:7-9**

## RESUMO GERAL

### DINÂMICA E MODELAGEM DO ESTOQUE DE CARBONO NO FUSTE DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO/ARBÓREA DE DUAS FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO EM MATO GROSSO – BRASIL.

**Autor:** Flávia Richelli Pirani

**Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais**

**Brasília-DF, fevereiro de 2016.**

O ciclo global do carbono é diretamente influenciado pelos ecossistemas tropicais, pois as florestas e savanas tropicais são expressivas fontes de sequestro e armazenamento de carbono. No entanto, esses ambientes podem emitir grandes quantidades de CO<sub>2</sub> para atmosfera através do uso indevido da terra. O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro, considerado savana tropical, tem sido degradado, podendo assim causar grandes emissões de gases do efeito estufa. Nesta pesquisa, estudamos a dinâmica e modelagem do estoque de carbono no fuste da vegetação arbustivo/arbórea do Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual (formações do bioma Cerrado), com o objetivo de quantificar o estoque de carbono no fuste da vegetação, avaliar sua variação ao longo do tempo, e verificar a influência do fogo sobre os estoques. O estudo foi conduzido no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças – MT. Foram utilizadas parcelas permanentes implantadas nas duas fitofisionomias de estudo desde 2006 e que ocasionalmente foram impactadas por queimadas. Os estoques de carbono por indivíduo de todas as espécies arbóreas dentro das parcelas foram mensurados em cada ano de monitoramento. Modelos alométricos e de prognose (projetados em 60 meses) foram ajustados ao banco de dados com o intuito de encontrar a melhor equação para a estimativa dos estoques. Além disso, o índice de valor de importância ampliado (IVIA) considerando a variável carbono para cada espécie foi calculado. Os resultados mostraram que os estoques de carbono após ocorrência de fogo diminuíram e que quando o fogo teve intervalos curtos o estoque de carbono não se recuperou. Encontramos que, em nove anos de monitoramento, o incremento de carbono foi negativo para as duas vegetações. A respeito da projeção em 60 meses, considerando que a vegetação foi acometida por competição e fogo, a estimativa apresentou redução do estoque de carbono no Cerrado Típico e crescimento na Floresta Estacional. Ainda, pode-se inferir que houve mudanças no *ranking* de importância das espécies quando o potencial de estocagem de carbono por espécies foi avaliado. Concluiu-se que o regime de queimadas pode estar influenciando os estoques de carbono na vegetação de Cerrado Típico e Floresta Estacional e que as vegetações estudadas investem tanto em densidade quanto em dominância para a manutenção dos estoques de carbono.

**Palavras-chave:** Cerrado Típico, Floresta Estacional Semidecidual, CO<sub>2</sub>, Fitossociologia, Fogo.

**GENERAL ABSTRACT  
DYNAMICS AND MODELING OF CARBON STOCK IN THE STEM OF TWO  
WOODY VEGETATION TYPES IN THE CERRADO BIOMA IN MATO GROSSO  
- BRAZIL.**

**Author: Flavia Richelli Pirani  
Graduate program in Forest Sciences  
Brasilia-DF, February 2016.**

The tropical ecosystems directly influence the global carbon cycle because tropical forests and savannahs are great sources of carbon capture and storage. However, it can emit large amounts of CO<sub>2</sub> into the atmosphere through improper land use. Cerrado, the second largest biome in Brasil, considered tropical savannah, has been degraded and may thus cause large emissions of greenhouse gases. In this research, we studied the dynamics and modeling of carbon stock in the stem of the tree vegetation in the Cerrado Típico and seasonal semideciduous forest (Cerrado phytophysionomyes), with the objective of quantifying the carbon stock in the stems of vegetation and evaluate its variation over time, including future time, also check the influence of fire on stocks. The study was conducted in the Parque estadual da serra Azul, Barra do Garças – MT. We used permanent plots implemented in the two vegetation studied since 2006 and which fires occasionally affect. Carbon stocks of each individual of all tree species within the plots have been measured in all years of monitoring. Allometric and prognosis models (designed for 60 months), were adjusted to the database in order to find the best equation for estimating stocks. In addition, the value of the extended importance index (IVIA) considering the variable carbon was calculated for each species. The results showed that carbon stocks after fire episodes decreased and when fire had short intervals carbon stocks did not recover. It was founded that carbon growth was negative for both vegetation in nine years of monitoring. Regarding the projection in 60 months, considering that the vegetation is affected by competition and fire, the estimate shows a reduction of the carbon stock in the Cerrado Típico and growth in Semideciduous Forest. Still, we can infer that there were changes in the ranking of importance of the species when the carbon storage potential of the species was evaluated. The study concluded that the fire regime might be affecting the carbon stocks in vegetation of Typical Cerrado and Semideciduous Seasonal Forest. Besides, the studied vegetation have invested in both density and dominance in the maintenance of carbon stocks.

**Keywords:** Cerrado Típico, Semideciduous Forest, CO<sub>2</sub>, Phytosociology, fire.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Apresentação.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Referencial Teórico.....	5
<b>CAPÍTULO II - DINÂMICA DO ESTOQUE DE CARBONO DO FUSTE EM ÁRVORES DE CERRADO TÍPICO E FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL SUBMETIDAS A FOGO.....</b>	<b>12</b>
2.1 Resumo.....	12
2.2 Abstract.....	12
2.3 Introdução.....	13
2.4 Material e Métodos.....	15
2.5 Resultados.....	22
2.6 Discussão.....	30
2.7 Conclusões .....	33
<b>CAPÍTULO III - MODELAGEM DO ESTOQUE DE CARBONO EM NÍVEL DE ÁRVORE INDIVIDUAL EM CERRADO TÍPICO E FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL.....</b>	<b>34</b>
3.1 Resumo.....	34
3.2 Abstract.....	34
3.3 Introdução.....	35
3.4 Material e Métodos.....	37
3.5 Resultados.....	39
3.6 Discussão.....	48
3.7 Conclusões.....	50
<b>CAPÍTULO IV - POTENCIAL DE ESTOCAGEM DE CARBONO EM ESPÉCIES DE CERRADO TÍPICO E FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL.....</b>	<b>51</b>
4.1 Resumo.....	51

4.2	Abstract.....	51
4.3	Introdução.....	52
4.4	Material e Métodos.....	53
4.5	Resultados.....	54
4.6	Discussão.....	68
4.7	Conclusões.....	70
<b>CAPÍTULO V – CONCLUSÕES GERAIS.....</b>		<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>72</b>
<b>APÊNDICES .....</b>		<b>82</b>

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

**Tabela 2.1** - Estoque de carbono ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e porcentagem do estoque de carbono no fuste por classes de diâmetro (cm) em todos os períodos de monitoramento no Cerrado Típico. † significa que o intervalo entre as classes está aberto à direita.....27

**Tabela 2.2** - Estoque de carbono ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e porcentagem do estoque de carbono no fuste por classes de diâmetro (cm) em todos os períodos de monitoramento na Floresta Estacional Semidecidual. † significa que o intervalo entre as classes está aberto à direita.....27

**Tabela 2.3** - Taxas de ingresso e mortalidade por período e por ano, e seus respectivos estoques de carbono, observados no Cerrado Típico em cada período de monitoramento. Incremento bruto, líquido e periódico anual em carbono ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no fuste de árvores do Cerrado Típico.....28

**Tabela 2.4** - Taxas de ingresso e mortalidade por período e por ano, e seus respectivos estoques de carbono observados na Floresta Estacional Semidecidual em cada período de monitoramento. Incremento bruto, líquido e periódico anual em carbono ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no fuste de árvores da Floresta Estacional Semidecidual.....29

### CAPÍTULO III

**Tabela 3.1** – Parâmetros e estatísticas das equações ajustadas referentes ao Cerrado Típico.....42

**Tabela 3.2** – Parâmetros e estatísticas das equações ajustadas referentes a Floresta Estacional Semidecidual.....42

### CAPÍTULO IV

**Tabela 4.1** - Parâmetros populacionais e fitossociológicos de um Cerrado Típico incluindo o índice de valor de importância ampliado (IVIA) no PESA.....58

**Tabela 4.2** - Parâmetros populacionais e fitossociológicos de uma Floresta Estacional incluindo o índice de valor de importância ampliado (IVIA) no PESA.....62

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

**Figura 2.1** - Imagem da área de estudo. Parque Estadual da Serra Azul (PESA), localizado no município de Barra do Garças, leste do estado de Mato Grosso, Brasil. Imagens feitas pelo programa ArcGIS 9.3.....15

**Figura 2.2** - Imagens das áreas de Estudo. Cerrado Típico (A), Floresta Estacional Semidecidual (B). Fotos Cerrado: Michele Ribeiro. Fotos Floresta Estacional: Karine Peixoto.....17

**Figura 2.3** - Localização e distribuição das parcelas permanentes no Cerrado Típico (A) e Floresta Estacional Semidecidual (B) no PESA. Imagens feitas pelo programa ArcGIS 9.3.....19

**Figura 2.4** - Estoque de carbono total em cada ano de monitoramento no Cerrado Típico (A) e Floresta Estacional Semidecidual (B), e suas respectivas diferenças (a,b,c,d,e)..... 23

### CAPÍTULO III

**Figura 3.1** - Distribuição dos resíduos das equações ajustadas referentes aos modelos alométricos (M1-M3) para estimativa de carbono total no Cerrado Típico no PESA.....43

**Figura 3.2** - Distribuição dos resíduos das equações ajustadas referentes aos modelos de prognose (M4-M6) para estimativa de carbono total no Cerrado Típico no PESA.....44

**Figura 3.3** - Distribuição dos resíduos das equações ajustadas referentes aos modelos alométricos (M1-M3) para estimativa de carbono total na Floresta Estacional Semidecidual no PESA.....45

**Figura 3.4** - Distribuição dos resíduos das equações ajustadas referentes aos modelos de prognose (M4-M6) para estimativa de carbono total na Floresta Estacional Semidecidual no PESA.....46

**Figura 3.5** - (A) Estimção do estoque atual de carbono ( $C_1$ ) utilizando a equação alométrica ajustada para o Cerrado Típico do PESA pelo modelo alométrico M2 para cada ano de monitoramento; (B). Estimção do estoque atual de carbono ( $C_1$ ) utilizando a equação alométrica ajustada para a Floresta Estacional Semidecidual do PESA pelo modelo alométrico M3 para cada ano de monitoramento.  $C1_{obs}$  = carbono observado,  $C1_{est}$  = carbono estimado.....47

**Figura 3.6** - (A) projeção do estoque de carbono no Cerrado Típico ( $C_2$ ) após cinco anos (60 meses) da medição atual, utilizando o modelo M6, com ou sem presença de fogo; (B) projeção do estoque de carbono na Floresta Estacional ( $C_2$ ) após cinco anos (60 meses) da medição atual, utilizando o modelo M4, com ou sem presença de fogo,  $C1$  = carbono atual,  $C2$  = carbono projetado.....47

## CAPÍTULO IV

**Figura 4.1** - Espécies de maior (IVI%) e (IVIA%) observadas no Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual no PESA. DR = densidade relativa; FR = frequência relativa; DoR = dominância relativa; CR = carbono relativo; IVI = índice de valor de importância; IVIA = índice de valor de importância ampliado.....66

**Figura 4.2** - Percentual de espécies que mudaram de posição no *ranking* de importância da análise fitossociológica após a variável carbono ser inserida no Cerrado Típico e Floresta Estacional no PESA.....67

## LISTA DE APÊNDICES

**Apêndice 1** - Apêndice 1. Estoque de carbono (Mg) e porcentagem do estoque de carbono por espécie em cada ano de monitoramento no Cerrado Típico.....82

**Apêndice 2** - Estoque de carbono (Mg) e porcentagem do estoque de carbono por espécie em cada ano de monitoramento na Floresta Estacional Semidecidual.....86

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 Contextualização**

Um dos serviços ambientais que as florestas naturais realizam é a manutenção dos estoques de carbono (FEARNSIDE, 2006; FORSTER; MELO, 2007). A conservação das florestas tropicais naturais tem um papel importante para a minimização da emissão dos gases do efeito estufa, pois o efeito estufa, tema atual de discussões mundiais, é reduzido através do armazenamento de carbono (FEARNSIDE, 2008). Neste contexto, a redução das florestas tropicais resulta em desequilíbrio nos processos envolvidos na estocagem de carbono gerando, assim, maiores emissões de carbono (C), o que contribui efetivamente para o aumento da concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> (RAMANKUTTY et al., 2007). Diante disso, a quantificação do carbono nos ambientes tropicais tem recebido mais atenção (KAUFFMAN et al., 1994).

Como o desmatamento emite grandes quantidades de gases de efeito estufa, o vasto território de florestas preservadas no Brasil representa um valioso recurso para mitigação do aquecimento global (FEARNSIDE, 2008), além do mais, o país dispõe de milhares de quilômetros de terras desmatadas para recuperar.

O Cerrado brasileiro, por sua vasta extensão, é considerado um grande assimilador e acumulador de carbono (MIRANDA, 2012), contribuindo assim, com o ciclo global do carbono. Entretanto, este bioma tem enfrentado perdas significativas de área coberta por vegetação nativa, por causa de pastagens para criação de gado e agricultura (SANO et al., 2010), o que pode causar sérios impactos sobre a biodiversidade e alterar a dinâmica global de carbono e, conseqüentemente, de outros gases de efeito estufa (CASTRO; KAUFFMAN, 1998).

O bioma Cerrado ocupa uma área original de aproximadamente 2 milhões de Km<sup>2</sup> e é o segundo maior bioma no Brasil (SANO et al., 2008; FEARNSIDE, et al., 2009). Seu grande território compõe uma expressiva parte dos ecossistemas tropicais (PAIVA, 2011), sendo considerado a maior savana neotropical (CASTRO, 1966). A amplitude geográfica deste bioma proporciona grande variação fitofisionômica, apresentando formas florestais, savânicas e campestres (RIBEIRO; WALTER 2008).

O Cerrado é notável também pela grande diversidade de animais e plantas, assim como, por possuir um alto índice de endemismo em vários grupos de espécies (MACHADO et al., 2004), uma vez que, muitas espécies residem em fitofisionomias únicas, no caso da vegetação, 44% das plantas vasculares são endêmicas (SILVA; BATES, 2002). Sua vegetação exibe o maior número de espécies de plantas quando comparada a

outras savanas por todo o mundo (WALTER, 2006), dado que, há registros de mais de 12.000 espécies (MENDONÇA et al., 2008).

A diversidade de espécies encontrada no Cerrado está associada a heterogeneidade ambiental (FELFILLI et al., 2008), ou seja, a variedade de ambientes ou ecossistemas ao longo do espaço, por isso, manter o mosaico de vegetação natural é tão importante para a conservação da biodiversidade neste bioma (MACHADO et al., 2004).

Diante disso, podemos afirmar que existe grande necessidade de se conservar remanescentes no bioma Cerrado, bem como, executar projetos que recuperem áreas degradadas neste bioma, os quais visem restaurar a biodiversidade, para que os fragmentos recuperados possam fornecer benefícios e serviços ambientais que são característicos de vegetações preservadas (CHAZDON, 2008), como por exemplo, a estocagem de carbono. Além disso, o exercício do reflorestamento é considerado um potencial sumidouro de carbono atmosférico (MELO; DURIGAN, 2006).

A vegetação do bioma Cerrado apresenta longo histórico de fogo, e por isso, quantificar os estoques de carbono neste bioma tem grande relevância (MIRANDA, 2012). O fogo exerce importante papel ecológico nas savanas, pois estrutura a vegetação por seleção de espécies ao longo de milhares de anos, além disso, em escala local, altera a cobertura vegetal, podendo mudar a umidade do solo, todavia em escala maior afeta o clima, regimes de temperatura e a ciclagem de nutrientes, como o carbono (BOND et al. 2005).

Cada fitofisionomia do bioma Cerrado possui características estruturais e florísticas específicas, as quais as diferenciam das demais. Logo, quando tais características são mensuradas ou/e classificadas com exatidão, elas passam a representar a real diferença existente entre os diversos tipos de vegetação do Cerrado, inclusive os valores dos estoques de carbono de cada formação (FELFILI, 2008). Contudo, como as metodologias utilizadas para mensurar essas diferenças não são padronizadas por fitofisionomia, pode-se gerar resultados equivocados (CERQUEIRA; WASHINGTON, 2007; FELFILI, 2008).

Nesse sentido, nos deparamos com a necessidade de realizar estudos que visem quantificar o estoque de carbono em diferentes fitofisionomias do Cerrado e sua dinâmica ao longo do tempo.

## 1.2 Apresentação

O estudo foi conduzido no Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças – MT, no intuito de quantificar o estoque de carbono no fuste da vegetação e sua variação ao longo do tempo. Quantificamos os estoques de carbono por indivíduo em espécies arbóreas de Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual no bioma Cerrado durante o período de 9 anos. Para o desenvolvimento deste trabalho utilizamos dados de parcelas permanentes implantadas nas áreas de estudo e que foram ocasionalmente impactadas por queimadas durante o monitoramento. O trabalho discute a influência do fogo no estoque de carbono ao longo dos anos e, extraordinariamente, apresenta equações alométricas e de prognose que podem estimar o estoque de carbono atual, bem como, projetar o estoque de carbono futuro considerando os efeitos da competição e ocorrência de fogo na vegetação. As principais perguntas relacionadas ao estudo foram:

- Quanto o Cerrado Típico e a Floresta Estacional Semidecidual do PESA estocam de carbono?
- O Cerrado Típico e a Floresta Estacional Semidecidual do PESA estão perdendo ou acumulando carbono ao longo dos anos?
- Há variação no estoque de carbono quando a vegetação é submetida a queimadas?
- Quais classes de diâmetro mais estocam carbono?
- Quais espécies contribuem com maior fração de carbono no estoque total nas fitofisionomias estudadas?
- Espécies de maior IVI continuam no topo do *ranking* de importância quando a variável carbono é inserida nas análises?
- Quais espécies apresentam maior potencial para estocar /carbono? E possivelmente podem ser indicadas para compor planos de recuperação?

### **1.3 - Objetivos**

#### **1.3.1 - Objetivo Geral**

Avaliar a dinâmica do estoque de carbono durante o período de 9 anos, modelar o estoque de carbono presente e futuro e analisar o potencial que as espécies têm para estocar carbono nas fitofisionomias Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual do bioma Cerrado no Parque Estadual da Serra Azul – PESA, em Barra do Garças – MT.

#### **1.3.2 - Objetivos específicos**

- Avaliar a dinâmica do estoque de carbono, no período de 9 anos, em áreas de Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual submetidas a episódios de fogo (capítulo 2).
- Modelar o estoque de carbono em nível de árvore individual no tempo atual e futuro no Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual submetidas a episódios de fogo e competição (capítulo 3).
- Avaliar o potencial de estocagem de carbono das espécies de Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual (capítulo 4).

## **1.4 - Referencial Teórico (O carbono nos ecossistemas tropicais)**

### **1.4.1 - O Carbono e as Florestas Tropicais**

As florestas tropicais estão entre os biomas mais importantes na Terra, abrigando cerca de 50% de todas as espécies do planeta (LOSOS; LEIGH, 2004) e fornecendo uma variedade de recursos e serviços ambientais para os seres humanos, como alimentos, fibras, água limpa, regulação do clima, fontes de novos medicamentos e mitigação do risco de doença infecciosa (FOLEY et al., 2007) entre outros.

O ciclo de carbono tropical tem atraído especial interesse, pois as florestas tropicais têm uma enorme influência na mudança do ciclo global de carbono (TOWNSEND et al., 2011). As florestas desempenham papel primordial no ciclo global de carbono ao armazenar grandes quantidades de carbono na vegetação e no solo, da mesma forma quando se convertem em sumidouros mediante os processos de crescimento, produção e regeneração, e tornam-se também fontes de carbono atmosférico ao sofrerem perturbações, seja de causa natural ou antrópica (BROWN, 1997).

Florestas tropicais maduras tem acumulado taxas de 0,24 – 0,63 MgC/ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, valores que contribuem para uma estimativa líquida de acúmulo de ~ 1,3 PgC/ano<sup>-1</sup> em todo o mundo (LEWIS et al., 2009; CHAVE et al., 2008), o que representa metade das emissões globais por combustíveis fósseis (TOWNSEND et al., 2011). Estes ecossistemas governam a troca de dióxido de carbono entre a atmosfera e a biosfera terrestre, entretanto a compreensão dos processos que controlam o ciclo de carbono tropical ainda é insuficiente (TOWNSEND et al., 2011).

Embora as florestas tropicais ocupem apenas 12% da superfície terrestre do planeta, elas são responsáveis por quase 40% da produção primária líquida (NPP), além disso, contêm cerca de 25% da biomassa mundial (CLARK et al., 2001; TOWNSEND et al., 2011).

A biomassa controla o ciclo de carbono e o conhecimento de suas propriedades e funções é de fundamental interesse por uma série de razões. A biomassa está relacionada com a estrutura da vegetação que, por sua vez, influencia a biodiversidade, e ainda, determina a magnitude e taxa de respiração autotrófica. Finalmente, a densidade de biomassa (quantidade de biomassa por unidade de área, ou Mg ha<sup>-1</sup> de peso seco) determina a quantidade de carbono capturado e emitido pela atmosfera (como CO<sub>2</sub>, CO e CH<sub>4</sub>) através da queima e decomposição (HOUGHTON, 2009).

A densidade da biomassa varia espacialmente e temporariamente. A biomassa viva varia de menos de 5 MgC.ha<sup>-1</sup> em pastagens sem árvores, plantações e em desertos para mais de 300 MgC.ha<sup>-1</sup> em algumas florestas tropicais e florestas no Noroeste Pacífico da América do Norte. A densidade da biomassa também varia consideravelmente dentro dos tipos de ecossistemas. Esta variabilidade resulta em parte de limitações do ambiente (por exemplo, os nutrientes do solo ou a distribuição sazonal de precipitação e temperatura), e em parte, por distúrbios (HOUGHTON, 2009).

Florestas naturais estocam carbono por mais tempo (WATZLAWICK et al., 2002), entretanto, não acumulam biomassa indefinidamente, porque os distúrbios substituem as florestas antigas em pé por florestas jovens. No entanto, a maioria dos povoamentos florestais estão no processo de recuperação dos distúrbios naturais ou induzidas pelo homem e, assim, estão capturando carbono, embora em geral a taxas são baixas à medida que envelhecem (HOUGHTON, 2009).

Segundo Sedjo (2001), um ecossistema florestal pode capturar e reter grandes quantidades de carbono durante longos períodos. Ainda, uma floresta jovem sequestra maiores quantidades de carbono quando comparada a uma floresta madura. Já a floresta madura, embora não capture tanto carbono quanto uma floresta jovem, estoca maiores quantidades de carbono em sua biomassa por longos períodos, mesmo que seu crescimento líquido seja próximo de zero.

Provavelmente, mais importante que a biomassa para o ciclo de carbono global, é a mudança de estado da biomassa. A biomassa é dinâmica, embora, a média da biomassa de grandes regiões ou biomas mude pouco ao longo do tempo, a biomassa de indivíduos em pé ou de pequenos sítios está continuamente mudando (HOUGHTON, 2009). Com informações sobre a taxa de mudança da biomassa e as razões que levaram essas mudanças a acontecerem, seria possível num futuro próximo realizar inferências sobre os estoques de carbono, suas fontes e sumidouros (HOUGHTON, 2005).

Segundo Houghton (2009), mudanças na biomassa resultam de três processos: (1) mudanças no uso da terra: podem afetar a área de florestas, sua estrutura etária, composição da comunidade, e, portanto, as taxas de acúmulo e perdas de carbono; (2) eventos naturais e recuperação: têm semelhantes efeitos, atuam na idade das florestas, na sua estrutura e composição, logo, nas taxas de acúmulo e perdas de carbono; (3) fisiologia ou alterações metabólicas: dirigidas por mudanças ambientais, afetam as taxas de fotossíntese, respiração, crescimento, decomposição e, assim, as taxas de acúmulo e perdas de carbono.

No ponto de vista de Brown (1997), as mudanças na densidade da biomassa ocorrem através da sucessão natural; atividades antrópicas como a silvicultura, agricultura e degradação; e impactos naturais como o fogo e mudanças climáticas. Esta mesma autora sugere que a biomassa também é uma variável muito útil para comparar atributos estruturais e funcionais dos ecossistemas terrestres que se submetem a uma variedade de condições ambientais.

Brown (1997) ainda destaca que a biomassa florestal se torna de tamanha relevância em situações relacionadas a mudança climática. Por exemplo, o papel das florestas tropicais nos ciclos biogeoquímicos globais, especialmente o ciclo de carbono e sua relação com os gases do efeito estufa têm aumentado o interesse na estimativa de biomassa das florestas tropicais. Ainda, a biomassa florestal provê estimativas dos estoques de carbono na vegetação, pois cerca de 50% da biomassa em peso seco é constituída de carbono. Consequentemente, a biomassa representa o potencial acumulado de carbono, que pode ser adicionado a atmosfera como dióxido de carbono quando a floresta é desmatada ou queimada.

A conversão do estado natural para o estado degradado da terra causa profundos efeitos nos ciclos biogeoquímicos e no clima mundial (HOUGHTON, 2005). As mudanças no uso de terra, especialmente o desmatamento, estão entre as principais causas da emissão de gases do efeito estufa (GEE) para a atmosfera, particularmente CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Aumentos nas concentrações atmosféricas desses gases trazem inúmeras consequências ambientais negativas, entre elas aumento da temperatura, alterações no regime pluviométrico com eventos de precipitação mais intensos (WATSON, 2001).

Mais de 98% das emissões de CO<sub>2</sub> causadas por mudança do uso de terra são geradas pelo desmatamento, que converte o carbono estocado na biomassa em emissões (IPCC, 2007; TOAN et al., 2011). As altas taxas de desmatamento e de degradação nas florestas tropicais, mesmo com seus efeitos, continuam adicionando uma fração substancial de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera (RAMANKUTTY et al., 2007). As contribuições provenientes das florestas tropicais ao aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> atmosféricos por desmatamento e degradação representam cerca de 12% do total de emissões antropogênicas dos gases do efeito de estufa e são dominantes em muitos países em desenvolvimento, como Brasil e Indonésia (VAN DER WERF et al., 2009 citado por MARTIN; THOMAS, 2011).

O desmatamento e outras mudanças de cobertura da terra normalmente liberam carbono da biosfera terrestre para a atmosfera (como o CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono),

enquanto isso, a vegetação em terras agrícolas abandonadas, em processo de recuperação, remove CO<sub>2</sub> da atmosfera, sequestrando-o na biomassa da vegetação e no solo. As emissões provenientes do uso da terra e mudanças de cobertura da terra talvez sejam os mais incertos componentes do ciclo de carbono global, com enormes implicações para o equilíbrio do carbono hoje, e também, para prever a evolução futura da mudança climática (RAMANKUTTY et al., 2007).

Mecanismos de vigilância, tais como o REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação), têm recebido generalizada atenção e apoio como um meio de diminuir as emissões de carbono pelo desmatamento tropical (MARTIN; THOMAS, 2011). Sua implementação depende fundamentalmente de sistemas para monitorar as emissões de carbono devido à perda de biomassa a partir de desmatamento e degradação florestal (TOAN et al., 2011). O REDD+ foi introduzido na UNFCCC, no Comitê das Partes (COP-13) em Bali como um plano de ação, além disso impulsionou a geração de melhorias nos métodos de medição da biomassa mundial (TOAN et al., 2011).

Diante disso, a comunidade científica tem tentado estimar a densidade da biomassa em florestas tropicais com métodos mais confiáveis e precisos, inclusive, através do uso de modelos que avaliam a contribuição do desmatamento tropical e queima de biomassa no incremento de dióxido de carbono e outros gases para a atmosfera.

#### **1.4.2 – O carbono, as savanas tropicais e o Cerrado**

Atualmente, com o crescente aumento das concentrações do CO<sub>2</sub> na atmosfera e seu efeito potencial sobre o clima, pesquisas têm sido realizadas visando obter estimativas sobre a contribuição de cada ecossistema na absorção do carbono atmosférico (REZENDE et al., 2006).

Savanas são um componente importante da vegetação mundial, cobrindo um sexto da superfície terrestre e respondendo por cerca de 30% da produção primária de toda a vegetação terrestre, além disso, abrigam 1/5 da população humana mundial, fato que implica em elevado impacto humano sobre estes ecossistemas (GRACE et al., 2006). A mesma autora afirma que as vegetações savânicas estão sendo intensivamente utilizadas, porque os ecossistemas savânicos fornecem pastagem para gado, extração de madeira, carvão para fundição e terra para agricultura. Diante disso, a magnitude da mudança do uso da terra em savanas não é bem conhecida, e cada vez mais, riscos ambientais são gerados.

Qualquer alteração decorrente de distúrbios naturais ou antrópicos provoca mudanças nos fluxos de carbono para a atmosfera, ou seja, a maior parte do carbono guardado nas árvores é liberada na atmosfera rapidamente a partir do corte e degradação da vegetação, da queima da biomassa aérea visando à conversão da terra em agricultura e pastagem, do aumento da oxidação dos solos ou, mais lentamente, através da decomposição (REZENDE; FELIFILI, 2004). As savanas são muito produtivas, ocupam grandes áreas, e são submetidas a frequentes queimadas. Em razão disso, seu manejo pode influenciar os balanços de energia, água e carbono, em escala regional e global, além disso, os produtos da combustão podem significativamente alterar a química atmosférica (SANTOS et al., 2003, 2004).

Se as savanas fossem protegidas do fogo e pastejo, a maioria delas acumularia quantidades consideráveis de carbono e o estoque seria maior. No entanto, a forte pressão antrópica sofrida neste ecossistema tem sido muito menos divulgada do que o desmatamento nas florestas úmidas. A taxa de perda não está bem estabelecida, mas pode ser superior a 1% por ano, aproximadamente duas vezes mais rápido que o de florestas. Globalmente, o fluxo de CO<sub>2</sub> emitido para a atmosfera pelas savanas é tão grande como o decorrente do desmatamento nas florestas tropicais (GRACE et al., 2006).

Hall e Scurlock (1991) constataram baseado em dados de três áreas campestres terrestres, que o fluxo bruto de carbono da queima de pastagens tropicais fica na faixa de 2,4 a 4,2 GtC por ano ou 42% de toda fitomassa queimada mundialmente, uma quantidade significativa em comparação com os fluxos líquidos de 1,8 GtC para desmatamento e de 5,3 GtC de combustão fóssil.

Tilman et al. (2000), avaliando os efeitos da frequência de queimadas na vegetação nos Estados Unidos da América, verificaram que a diminuição de queimadas antropogênicas na vegetação pode significativamente influenciar a dinâmica global do carbono, pois houve um grande aumento no estoque de carbono. Com isso, ao longo do tempo, as diferentes frequências de fogo levaram a mudanças na estrutura da vegetação, visto que, houve aumento da biomassa arbórea, logo, o acúmulo de carbono.

Dados sobre estoque de carbono, produtividade e ciclagem em savanas são considerados ainda questionáveis quanto a sua acuracidade. Entretanto, evidências científicas indicam que os ecossistemas tropicais savânicos são notadamente produtivos, pois têm produtividade primária líquida entre 1 a 12 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, sendo que a média global é de 7,2 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (GRACE et al., 2006). Ainda assim, nas savanas de todo o mundo, os estoques de carbono acima do solo variam amplamente de acordo com o grau

de cobertura arbórea, de 1,8 Mg.ha<sup>-1</sup> onde as árvores estão ausentes, a mais de 30 Mg.ha<sup>-1</sup> onde há bastante cobertura (GRACE et al., 2006).

A vegetação do Cerrado, que abrange cerca de um quinto do Brasil, é frequentemente classificada e descrita em todo o mundo como parte dos biomas savânicos, sendo considerada uma savana sazonal úmida (FELFILI; SILVA JÚNIOR, 1993; EITEN, 1992) e da mesma forma que a Floresta Amazônica, este bioma fornece importantes serviços ambientais ao Brasil e ao mundo, tais como manutenção de biodiversidade, ciclo hidrológico e armazenamento de carbono (FEARNSIDE, 2008). Os serviços ambientais prestados pelo Cerrado ratificam a importância de se conservar este bioma, de ampliar as estratégias de uso sustentável e aumentar o número de unidades de conservação de proteção integral (MIRANDA, 2012).

A despeito da importância biológica e ambiental desse bioma no cenário mundial (BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008), observa-se, nas últimas décadas, um intenso processo de destruição com a conversão da cobertura vegetal por atividades antrópicas produtivas, particularmente, a pecuária e agricultura (KLINK; MACHADO, 2005). O MMA/IBAMA em 2009 publicaram que 51,5% dos remanescentes ainda estavam conservados. As principais formas de uso da terra são pastagens cultivadas, encontradas principalmente nos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, e culturas comerciais que ocupam significativas áreas de Goiás, Mato Grosso e São Paulo (SANO et al., 2010).

Mesmo que haja divergências acerca da dimensão de área vegetal original perdida no Cerrado, podemos verificar que a perda de habitat e da vegetação nativa não deixou de acontecer, o que nos garante graves prejuízos ao sistema climático global. Contudo, pouco se sabe sobre a produtividade lenhosa do Cerrado em termos de volume ou biomassa (REZENDE et al., 2006), bem como quase nenhum conhecimento tem-se sobre os estoques de carbono no sistema planta-solo ou sobre metodologias mais adequadas para quantificar o carbono estocado neste ecossistema brasileiro tão importante (MORAIS et al., 2013).

As árvores estocam carbono tanto na biomassa acima quanto abaixo do solo (HOUGHTON, 1994; BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008). No caso do Cerrado, o gradiente de tipos vegetacionais corresponde ao gradiente de biomassa e de capacidade de fixação de carbono, com significativa partição de biomassa entre sistema radicular e parte aérea (DURIGAN, 2004). Nos Cerrados sentido restrito os estoques de carbono da biomassa aérea registram valores entre 3,85 Mg.ha<sup>-1</sup> e 50 Mg.ha<sup>-1</sup> (PAIVA et al., 2011;

REZENDE; FELFILI, 2004; LOPES; MIOLA, 2010; SANTANA et al., 2013, CASTRO; KAUFFMAN, 1998; DURIGAN, 2004; PINHEIRO, 2008). Fearnside et al., (2009) compararam dados de biomassa de floresta e cerrado na região do “arco do desmatamento” no Mato Grosso. As estimativas mostraram que a biomassa aérea da floresta foi 269,3 Mg.ha<sup>-1</sup> e de cerrado 23 Mg.ha<sup>-1</sup>, enquanto a biomassa subterrânea na floresta foi 53,8 Mg.ha<sup>-1</sup> e no cerrado 36 Mg.ha<sup>-1</sup>.

O presente estudo avaliou o estoque de carbono apenas na parte aérea, no entanto, a capacidade de estocagem do Cerrado é bem maior quando se inclui componentes abaixo do solo, pois 70% do estoque de carbono encontrado pode estar estocado abaixo do solo (ADUAN et al., 2003; CASTRO; KAUFFMAN, 1998).

Estudos que estimaram o carbono total abrangendo compartimentos de solo e raiz em fitofisionomias do Cerrado (REZENDE; FELFILI, 2004; CASTRO, 1996; MELO; DURIGAN, 2006; PAIVA et al., 2011) concluíram que a biomassa acima do solo estoca quantidades bem menores de carbono do que os demais componentes do ecossistema (raízes e solos). Sendo assim, o maior percentual de carbono está concentrado no solo, seguido pela biomassa de raízes e pela biomassa aérea.

Tal fato evidencia uma característica bastante típica dessa vegetação quando comparada às outras formações vegetais tropicais, ou seja, alta proporção de biomassa subterrânea em relação à biomassa aérea (HARIDASAN, 2000). Segundo Kauffman (1994), Paiva e Faria (2007) a alta concentração de carbono abaixo do solo em todos os ecossistemas do Cerrado é uma eficiente estratégia para a conservação de nutrientes diante de distúrbios como o fogo, pois a condutividade térmica no solo é muito baixa.

No bioma Cerrado existe grande variação nas estimativas de biomassa encontrada. Provavelmente, este fato se deve à heterogeneidade na estrutura da vegetação, à sazonalidade climática, à frequência de queimadas, bem como, às diferentes metodologias aplicadas (BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008). Para este bioma, o conhecimento sobre a dinâmica interna de carbono ao que se refere ao tamanho dos estoques e à intensidade dos fluxos em relação a variação dos tipos fitofisionômicos da vegetação ainda é incipiente (). Portanto, faz-se necessário analisar o papel dos diferentes gradientes vegetacionais do Cerrado no ciclo do carbono e seu padrão de mudança no tempo, utilizando estimativas acuradas da biomassa vegetal.

## **2 – DINÂMICA DO ESTOQUE DE CARBONO DO FUSTE EM ÁRVORES DE CERRADO TÍPICO E FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL SUBMETIDAS A FOGO**

### **2.1 - RESUMO**

O equilíbrio do balanço global de CO<sub>2</sub> depende da manutenção e conservação dos ecossistemas florestais. A dinâmica da estocagem do carbono em florestas revela quais processos tem dirigido a entrada e saída deste elemento nas vegetações. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do carbono estocado no fuste de árvores de Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual no bioma Cerrado. Para esse estudo foram inventariadas duas vegetações por nove anos. Foram calculados os estoques de carbono total, por classe de diâmetro e por espécie, para todos os anos de monitoramento. Além disso, calculou-se o ingresso, mortalidade e incremento de carbono. Durante os nove anos de monitoramento (2006 – 2015) foram observados oscilação no estoque de carbono nas fitofisionomias estudadas. O estoque médio de carbono no Cerrado foi de 32,0 Mg.ha<sup>-1</sup>, na Floresta 74,7 Mg.ha<sup>-1</sup>. Ao final do período de monitoramento o estoque de carbono tinha valores inferiores ao início nas duas vegetações. O ingresso foi pequeno e a mortalidade alta, causando a redução nos níveis de carbono estocado. A classe de diâmetro que mais acumulou carbono foi de 15-24 cm em ambas as formações. A redução da estocagem de carbono e do número de indivíduos pode estar sendo influenciada pelos episódios de fogo que atingiram as áreas de estudo. Esta pesquisa em nove anos encontrou valores negativos de incremento periódico anual com ingresso, indicando que as duas formações estudadas têm perdido mais carbono do que acumulado.

**Palavras-chave:** ingresso, mortalidade, incremento, fogo.

### **2.2 - ABSTRACT**

The balance of the global CO<sub>2</sub> cycle depends on the maintenance and conservation of forest ecosystems. The dynamics of carbon storage in forests reveals which processes have driven the input and output of this element in the vegetation. The objective of this study is to evaluate the dynamics of the carbon stored in the stems of trees in the Cerrado Típico and Semideciduous Forest of Cerrado biome. The study used the database of two vegetation for nine years. Total carbon stock, species stock and diameter class stock were calculated for each year, in addition, it was calculated the carbon ingress, loss and increment. During the nine years of monitoring (2006 - 2015), oscillation in the stock of

carbon was detected in the two vegetation studied. At the end of the period, the carbon stock had lower values than at the beginning. The ingress was small and mortality high, which caused reduction on carbon levels. The diameter class that accumulated more carbon was 15-24 cm for both Cerrado and Forest. The reduction of carbon storage and number of individuals could be influenced by episodes of fire that reached the study areas. This research in nine years found negative annual periodic increment, indicating that the two formations studied had lost more carbon than stocked it.

**Keywords:** ingress, mortality, increment, fire.

### 2.3 - INTRODUÇÃO

O ciclo global do carbono está diretamente associado aos ecossistemas florestais que emitem e absorvem o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico (PAIVA et al., 2011). As florestas são fundamentais para o equilíbrio do ciclo global de CO<sub>2</sub>, pois armazenam carbono em sua biomassa aérea e subterrânea, na serapilheira e no solo (WEBER et al., 2006, WATZLAWICK et al., 2014). Os ambientes florestais trocam CO<sub>2</sub> com o ambiente por meio dos processos de fotossíntese, respiração, decomposição e distúrbios associados ao fogo e à exploração florestal (SEDJO, 2001). A quantidade de carbono estocado nas florestas é maior que a existente atualmente na atmosfera (WEBER et al., 2006), e compreende cerca de 70-80% de todo carbono terrestre (BACCINI et al., 2012).

A vegetação, independentemente de sua formação ou composição florística, sequestra aproximadamente 50% do carbono utilizado durante a fotossíntese, chamada de produção primária líquida, que é convertido em biomassa viva e em outros complexos moleculares (VICCA et al., 2012), constituindo, assim, aproximadamente 50% da biomassa (HOUGHTON et al., 2009). Segundo Martin e Thomas (2011), a conjectura de que 50% da biomassa consiste em carbono é amplamente utilizada, porém apoiada em uma pequena proporção de análises químicas. Em razão disso, o autor sugere que para quantificar os estoques de carbono (C) de florestas tropicais é necessário o conhecimento exato do teor de C na madeira. O conhecimento preciso da concentração de carbono na fitomassa arbórea é essencial para a conversão das estimativas da biomassa florestal em estoques de carbono (WATZLAWICK et al., 2014).

Nos ecossistemas terrestres, sobretudo em ambientes tropicais, o ciclo de carbono funciona em equilíbrio, ou seja, a quantidade de carbono fixada é basicamente a mesma liberada, no entanto, quando ocorrem mudanças no uso da terra esse equilíbrio pode ser afetado, de maneira que as emissões passam a serem maiores (MALHI et al., 2012). A

biomassa dirige o ciclo global do carbono, esta, por sua vez, pode sofrer mudanças devido a três processos principais: mudança no uso da terra; perturbações naturais; mudanças fisiológicas e metabólicas (HOUGHTON et al., 2009).

A variabilidade temporal e espacial do estoque de carbono nas diferentes tipologias florestais é grande, por causa das diferenças de idade, estágios de sucessão, regime de manejo, topografia, composição de espécies, solo e clima, bem como, distúrbios naturais e antropogênicos (BACCINI et al., 2012). O fogo é um distúrbio comum e característico do Cerrado durante a estação seca, sua ocorrência pode causar alterações na estrutura e composição da vegetação, apesar de ser um bioma resiliente a este distúrbio (FELFILI et al., 2000; HOFFMAN et al., 2009).

A necessidade de medidas que busquem soluções eficazes para controlar o aumento nos níveis de CO<sub>2</sub> atmosférico, aliado a características das espécies em acumular carbono em seus tecidos, aumentou a demanda por estudos sobre a dinâmica de florestas naturais, no sentido de quantificar o carbono estocado pelas espécies ao longo dos processos de sucessão (FIGUEIREDO, 2011). Entender a dinâmica e as variações na estrutura de florestas naturais permite prever o potencial dos ecossistemas em perder ou estocar carbono (VIEIRA et al., 2004). Além disso, as mudanças no estoque líquido de carbono determinam se uma floresta está agindo como fonte de emissão ou sumidouro de carbono.

A avaliação dos teores de carbono ao longo do tempo ou em um dado tempo futuro está associada ao crescimento e mortalidade das árvores na vegetação. Alder e Synnot (1992) sugerem três componentes para a avaliação do crescimento em florestas: incremento (crescimento em volume das árvores individuais); mortalidade (número de árvores/volume que morreram no período) e ingresso (número de árvores/volume que pelo seu desenvolvimento, foram incluídas nas classes de tamanho mensuráveis da regeneração). Esses parâmetros permitem a avaliação da dinâmica do estoque de carbono no ecossistema.

Nesse sentido, este trabalho objetivou: *i)* quantificar o estoque de carbono no fuste de árvores de Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual no bioma Cerrado; *ii)* avaliar a dinâmica do carbono estocado no fuste das árvores ao longo de nove anos; *iii)* Avaliar se a ocorrência de fogo interfere na dinâmica de crescimento e estocagem de carbono nas formações estudadas.

## 2.4 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.4.1 - Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual da Serra Azul (PESA), localizado no município de Barra do Garças, no leste do estado de Mato Grosso, aproximadamente entre 15°45′-15°53′S e 52°07′-52°17′W (Figura 2.1). O PESA ocupa área de aproximadamente 11.002 ha e está inserido no bioma Cerrado, pertence à bacia Araguaia-Tocantins e situa-se às margens do Rio Araguaia. Nele, ocorrem nascentes de mais de 20 córregos, com dezenas de cachoeiras, grande diversidade de espécies vegetais (VENERE; GARUTTI, 2011). O parque foi estabelecido como área de preservação ambiental em 31 de maio de 1994, de acordo com a lei estadual MT 6.439 e representa uma importante unidade de conservação (UC) na região leste do estado de Mato Grosso (FEMA, 2000).

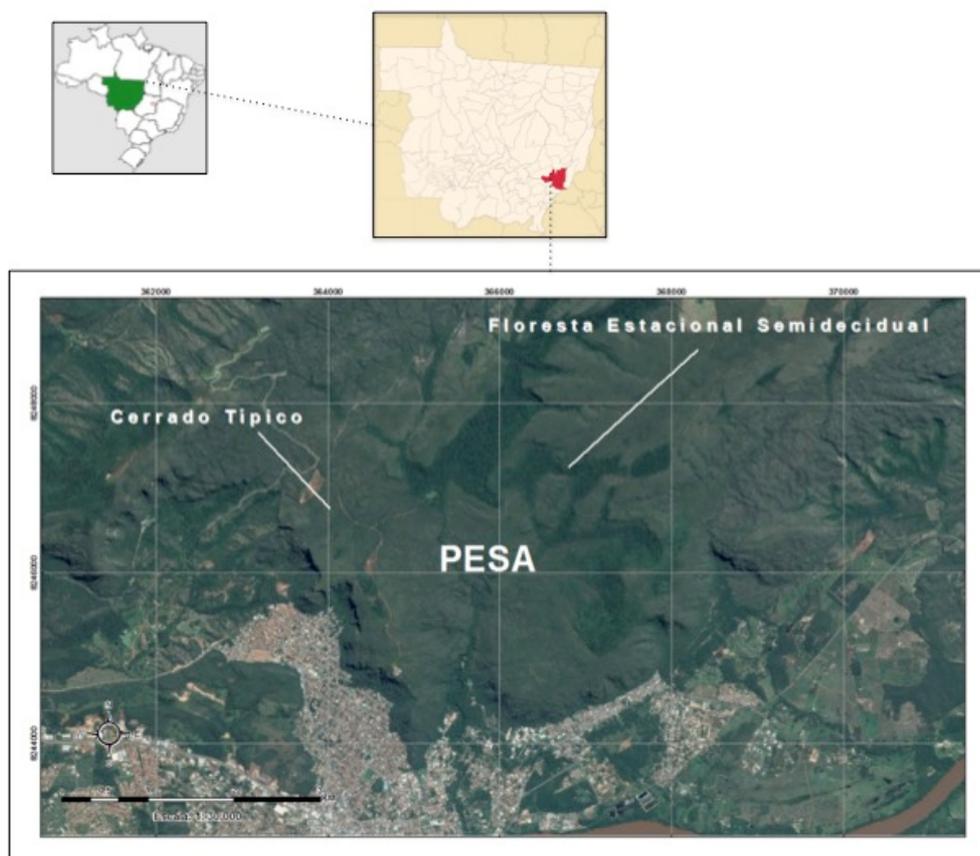


Figura 2.1 - Imagem da área de estudo. Parque Estadual da Serra Azul (PESA), localizado no município de Barra do Garças, leste do estado de Mato Grosso, Brasil. Imagens feitas pelo programa ArcGIS 9.3.

O solo é do tipo latossolo vermelho-amarelo distrófico de textura areno-argilosa profundo e com boa drenagem. Seu relevo suave apresenta formas tabulares amplas, com altitudes médias de 553 m (VENERE; GARUTTI, 2011).

O clima regional é do tipo tropical úmido Aw, na classificação de Köppen, e caracteriza-se por duas estações bem definidas: uma estação úmida (outubro – abril) e uma estação seca (maio – setembro), apresentando precipitação média anual de 1.528 mm, e temperatura média de 25,5 °C (PIRANI et al., 2009).

O Parque Estadual da Serra Azul apresenta diversas fitofisionomias do bioma Cerrado, como Florestas de Galeria, Florestas Semidecíduas, Cerrado Sentido Restrito, predominantemente, Cerrado Rupestre, dentre estas formações. Já foram identificadas 761 espécies vegetais, incluídas em 289 gêneros e 107 famílias (SANCHEZ; PEDRONI, 2011).

O presente estudo foi conduzido em duas fitofisionomias: Floresta Estacional Semidecidual – “Mata” (formação florestal) e Cerrado Sentido Restrito, subtipo Cerrado Típico – “Cerrado” (formação savânica), classificação segundo Ribeiro e Walter (1998, 2008) (Figura 2.2). O Cerrado Típico ocorre como pequenas manchas no alto da serra (557 a 562 m de altitude), em relevo relativamente plano (Figura 2.2 A). O solo predominante é o latossolo com textura areno-argilosa, profundo e com boa drenagem. As famílias com maior número de espécies são: Fabaceae, Myrtaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Malpighiaceae (SANCHEZ E PEDRONI, 2011). A Floresta Estacional Semidecidual localiza-se nas partes mais altas do PESA (648m) e ocorre em relevo com inclinação de 10° a 30°. O solo tem textura areno-argilosa com rochiosidade variando entre 2% a 10% (Figura 2.2 B). A superfície do solo é recoberta com serapilheira, o que propicia condições à propagação de fogo. A grande maioria das árvores apresenta altura entre 4 e 16 m, mas ocorrem indivíduos com até 32m. As famílias mais ricas são Fabaceae, Rubiaceae, Sapotaceae, Sapindaceae, Myrtaceae (SANCHEZ, PEDRONI, 2011).

As áreas de estudo e as demais fitofisionomias do PESA são ocasionalmente atingidas por incêndios. O fogo oriundo das atividades humanas tem origem principalmente nas propriedades localizadas na divisa do PESA e são decorrentes da queima de pastagens na área rural e de lixo no perímetro urbano (FEMA, 2000; PEIXOTO et al., 2012).



Figura 2.2 - Imagens das áreas de Estudo. Cerrado Típico (A), Floresta Estacional Semidecidual (B). Fotos Cerrado: Michele Ribeiro. Fotos Floresta Estacional: Karine Peixoto.

#### 2.4.2. Amostragem

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas parcelas permanentes implantadas nas duas áreas de estudo e inventariadas periodicamente de 2006 a 2015 (Figura 2.3). No Cerrado Típico todos os indivíduos arbóreos com circunferência (CAS)  $\geq 15$  cm, medido a 30 cm acima do solo foram amostrados, em uma área de 1 ha dividida em 10 parcelas de 20 m x 50 m distantes 100 m entre si (RIBEIRO et. al., 2012) (Figura 2.3 A). Os levantamentos aconteceram em 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2013 e 2015, em sua maioria no período de transição do fim das chuvas e início da seca quando pode-se observar o efeito das chuvas no crescimento. Na Floresta Estacional, seis parcelas de 0,30 ha (1,8 ha) foram amostrados e todos os indivíduos dentro das parcelas que possuíam circunferência a altura do peito (CAP)  $\geq 15$  cm foram incluídos no inventário (PEIXOTO et al., 2012) (Figura 2.3 B). Os inventários na Floresta Estacional ocorreram em 2006, 2008, 2009, 2014/1 (primeiro semestre), 2014/2 (segundo semestre). As árvores que entraram nos critérios de inclusão nos dois sítios de estudo tiveram circunferência e altura mensurados. Para árvores bifurcadas consideramos o diâmetro fundido, ou seja, neste trabalho cada indivíduo representa um fuste. Durante o período de monitoramento o PESA foi acometido por queimadas que atingiram as áreas de estudo nos anos de 2007, 2012 (apenas no Cerrado Típico) e 2014. Os inventários de 2008, 2013, 2014/2 e 2015 captaram o efeito do fogo nas vegetações. No cerrado, parte das parcelas não foram atingidas pelo fogo em 2012 e 2014.

Amostras de madeira com casca de todas as espécies do Cerrado Típico foram retiradas com um trado de incremento para determinação da densidade básica da madeira, entretanto, na Floresta Estacional, a coleta de madeira foi parcialmente executada devido à dificuldade na tradagem, sendo assim, para algumas espécies, adotou-se os valores de densidade básica do Global Wood Density Database (ZANNE et al., 2009). Para a realização da coleta, três classes de diâmetro (pequena, intermediária e grande) foram selecionadas de acordo com a distribuição diamétrica de cada espécie. Em seguida, três árvores-amostra foram escolhidas aleatoriamente, sendo um indivíduo por classe de diâmetro. As três amostras geraram um valor médio de densidade para aquela espécie. Espécies com menos de três indivíduos tiveram sua densidade representada por esta(s) amostra(s). A amostra de madeira retirada tinha formato de um cilindro de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro e com comprimento variado, correspondendo à distância da casca até o centro do cerne. A tradagem foi feita a altura do peito em árvores e a 30 cm acima do solo em arbustos.

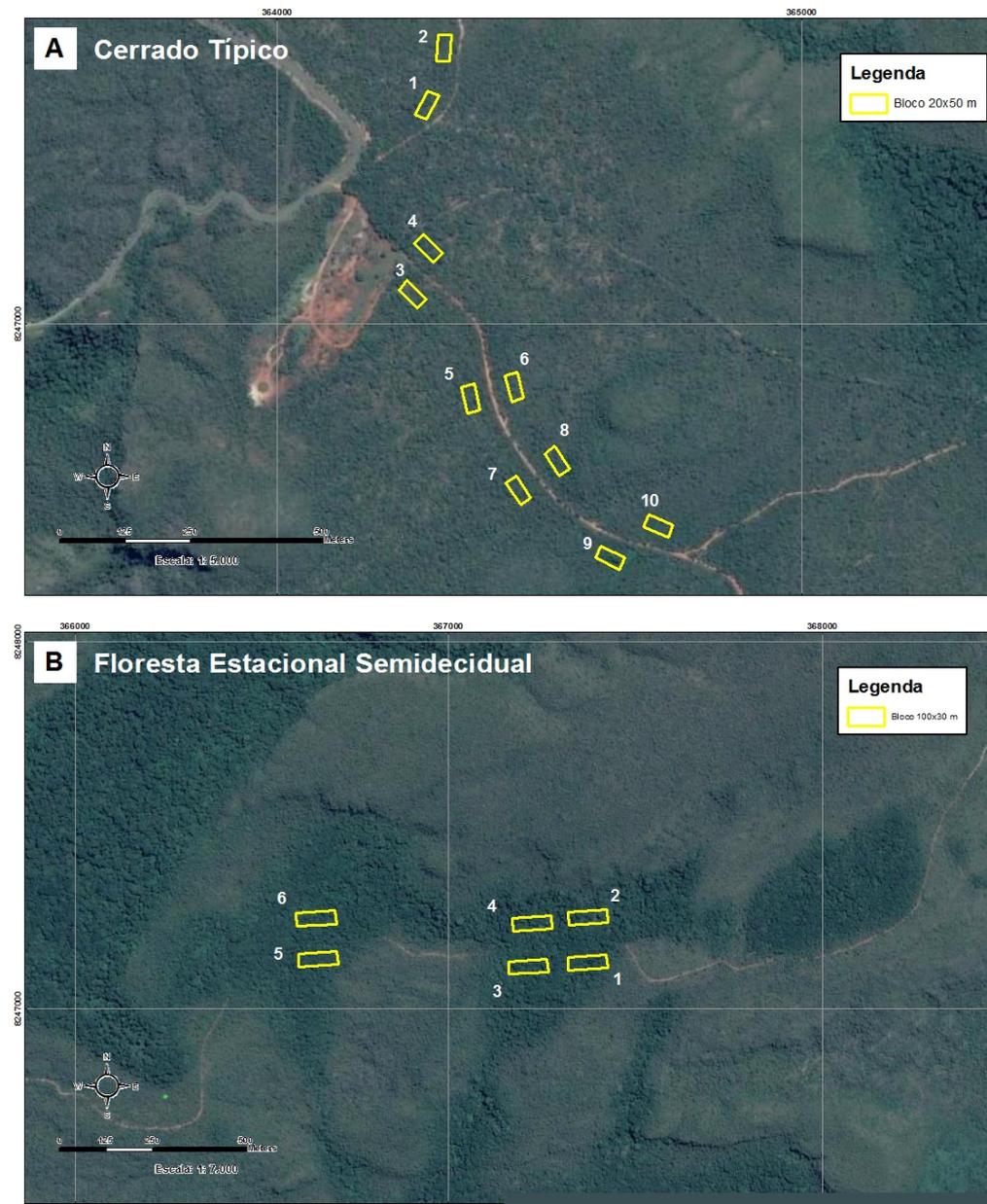


Figura 2.3 - Localização e distribuição das parcelas permanentes no Cerrado Típico (A) e Floresta Estacional Semidecidual (B) no PESA. Imagens feitas pelo programa ArcGIS 9.3.

## 2.4.3 Análise de dados

### 2.4.3.1 Quantificação do carbono

Para cada indivíduo amostrado foi calculado o volume total ( $m^3$ ) e utilizada a densidade básica média da madeira com casca ( $g.cm^{-3}$ ) daquela espécie para a determinação da biomassa (Mg) e carbono (Mg). Calculamos o diâmetro fundido para árvores bifurcadas.

Os procedimentos utilizados para a análise da densidade básica da madeira com casca estão de acordo com o método de imersão em água, descrito por Vital (1984). O cálculo da determinação da densidade básica foi feito em laboratório, segundo a Norma NBR 11941 (ABNT, 2003), a partir da equação:

$$D_b = m_3 / (m_2 - m_1) \quad (1)$$

Em que  $D_b$  = densidade básica da madeira com casca, em  $\text{g.cm}^{-3}$ ;  $m_3$  = massa da amostra seca em estufa a  $(102 \pm 3) \text{ }^\circ\text{C}$ , em kg;  $m_2$  = massa do recipiente com água e amostra imersa, em kg; e  $m_1$  = massa do recipiente com água, em kg.

Para quantificar o volume das árvores inventariadas foram utilizadas equações volumétricas já ajustadas para espécies de Cerrado Sentido Restrito (REZENDE, 2002) e Mata secundária (CETEC, 1995):

$$\text{Cerrado sentido restrito} \rightarrow V = 1,09.10^{-4} * \text{DAS}^2 + 4,51.10^{-5} * \text{DAS}^2 * \text{HT}; \quad R^2 = 98,0 \%; \quad (2)$$

$$\text{Mata secundária} \rightarrow V_{\text{tcc}} = 7,4.10^{-5} * \text{DAP}^{1,707348} * \text{Ht}^{1,16873}; \quad R^2 = 97,30\%. \quad (3)$$

A biomassa da madeira de cada indivíduo, em cada medição, foi obtida pela multiplicação da densidade básica média da madeira com casca daquela espécie pelo volume total daquele indivíduo (BRIANEZI et al., 2013).

A estimativa do carbono estocado na biomassa seca foi obtida pela multiplicação do fator 0,5, considerando-se que a biomassa seca contém em média 50% de massa representada pelo carbono (RIBEIRO et al., 2010; SOARES; OLIVEIRA, 2002; HOUGHTON, et al. 2009; GASPAR et al., 2014). Foi estimado ainda o estoque de carbono por hectare para cada ano de monitoramento nas duas áreas estudadas através da soma de valores de carbono das espécies.

Para verificar diferenças estatísticas entre os estoques de carbono em todos os levantamentos foi realizado o teste de Friedman com *post hoc* de Wilcoxon (ZAR, 2010).

### **2.4.3.2 – Dinâmica**

#### **2.4.3.2.1 - Ingresso**

Para o cálculo do ingresso em números de fustes e carbono estocado no fuste por hectare, por período de monitoramento, foram consideradas as árvores vivas na ocasião do monitoramento que apresentavam CAP (ou CAS, para cerrado) superior a 15 cm e que não foram mensurados na ocasião anterior (sem placa de identificação) (FIGUEIREDO, 2011).

A taxa de ingresso por período de monitoramento foi calculada pela seguinte expressão:

$$I(\%) = \frac{n_f}{N_f} \cdot 100$$

em que:  $I$  = taxa de ingresso;  $n_f$  = número de fustes classificados como ingresso, ao final do período de monitoramento;  $N_f$  = número total de fustes vivos no final do período de monitoramento.

#### 2.4.3.2.2 - Mortalidade

A taxa de mortalidade para cada período de monitoramento foi calculada ao descontar de cada classe de DAP (ou DAS, para cerrado), árvores que morreram desde a última medição, da seguinte forma:

$$M(\%) = \frac{m_f}{N_f} \cdot 100$$

em que:  $M$  = taxa de mortalidade;  $m_f$  = número de fustes mortos no final do período de monitoramento;  $N_f$  = número total de fustes vivos no início do período de monitoramento.

Para o período total de monitoramento (2006-2015 para Cerrado e 2006-2014/2 para Mata), a taxa de mortalidade foi calculada segundo (FERREIRA, 1997; FIGUEIREDO, 2011):

$$M(\%) = \frac{m_{af}}{N_f + m_{af} - I_{fn}} \cdot 100$$

Em que:  $m_{af}$  = número acumulado de fustes mortos entre 2006 e 2015;  $N_f$  = número de fustes vivos em 2006;  $I_m$  = número acumulado de fustes classificados como ingresso entre 2006-2015 para Cerrado e 2006-2014/2 para Mata.

#### 2.4.3.2.3 - Incrementos periódicos

As estimativas de incremento bruto e líquido em carbono estocado no fuste por hectare para cada uma das ocasiões de monitoramento foram obtidas utilizando-se as seguintes expressões (DAVIS; JOHNSON, 1987; FIGUEIREDO, 2011):

$$Ib = (C_f - I) - (C_i - M)$$

$$Ibi = C_f - (C_i - M)$$

$$IL = (C_f - I) - C_i$$

$$ILi = C_f - C_i$$

Em que:  $Ib$  = incremento bruto, excluindo o ingresso;  $Ibi$  = incremento bruto, incluindo o ingresso;  $IL$  = incremento líquido, excluindo o ingresso;  $ILi$  = incremento líquido, incluindo o ingresso;  $C_f$  = carbono ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) das árvores remanescentes (árvores vivas nos dois inventários) no final do período;  $C_i$  = carbono ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) das árvores remanescentes (árvores vivas nos dois inventários) no início do período;  $M$  = mortalidade ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no período;  $I$  = ingresso em carbono ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) no período.

As estimativas de incremento em carbono estocado no fuste ( $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) para o período total de monitoramento (2006-2015) foram feitas com base nas mesmas expressões. Porém, considerou-se a mortalidade acumulada nos 9 anos de monitoramento e o ingresso apenas das árvores remanescentes no final do período (FERREIRA, 1998).

As estimativas de incrementos periódicos líquidos anuais, por espécie, e por ocasião de monitoramento, foram obtidas pela seguinte expressão:

$$IPA_{li} = \frac{IL_i}{t}$$

em que:  $IPA_{li}$  = incremento periódico líquido anual;  $IL_i$  = incremento líquido incluindo o ingresso;  $t$  = intervalo de tempo, em anos.

Para os cálculos foi utilizado o software Excel, versão 2007.

## 2.5 - RESULTADOS

O Cerrado Típico do PESA apresentou estoque de carbono médio de  $32,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , enquanto na Floresta Estacional o estoque médio foi de  $74,7 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Durante os nove anos de monitoramento foi observado oscilação no estoque de carbono nas duas fitofisionomias estudadas. No Cerrado Típico houve uma variação de mais de 16% ao longo do tempo, com o maior estoque em 2010 ( $34,5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e o menor em 2015 ( $28,9 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (Figura 2.4 A). Entre 2006 e 2010 ocorreu um aumento gradativo do estoque de carbono, já nos levantamentos de 2013 e 2015, ambos realizados após ocorrência de fogo, notou-se um retrocesso no estoque de carbono, o qual voltou a igualar-se aos níveis dos anos iniciais (2006, 2007) (Figura 2.4 A).

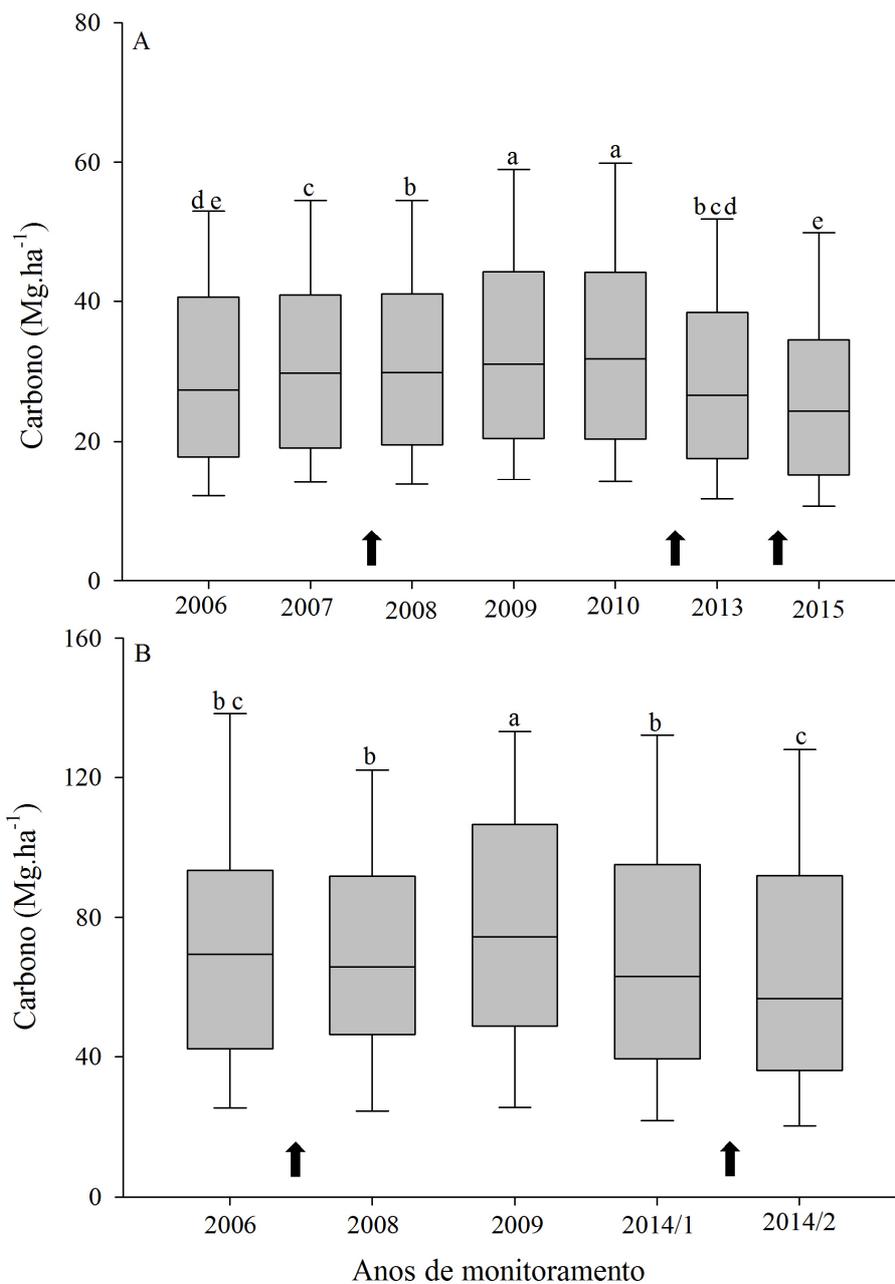


Figura 2.4 - Estoque de carbono total em cada ano de monitoramento no Cerrado Típico (A) e Floresta Estacional Semidecidual (B), e suas respectivas diferenças estatísticas (a,b,c,d,e). As setas indicam o período de ocorrência do fogo.

A Floresta Estacional Semidecidual registrou estoques de carbono entre 68,8 e 81,6  $\text{Mg.ha}^{-1}$ . Entre 2006 e 2009 constatou-se um ganho de 7,96% no estoque de carbono, embora tenha havido um evento de fogo em 2007. No entanto, a partir de 2009 observou-se uma redução gradativa no estoque de carbono, chegando a uma perda de mais de 15%.

Entre 2014/1 e 2014/2 um incêndio atingiu o parque e a vegetação apresentou 7,7% de redução do estoque de carbono (Figura 2.4 B).

Tanto no Cerrado Típico ( $\chi^2_{(100;6)} = 172,26$ ;  $p < 0,001$ ) como na Floresta Estacional Semidecidual ( $\chi^2_{(180;4)} = 89,196$ ;  $p < 0,001$ ) verificou-se diferenças entre os estoques de carbono antes e depois da passagem do fogo. Nas duas áreas, os estoques de carbono diminuíram nos anos posteriores aos que o fogo havia passado (Figura 2.4 A, 2.4 B).

A classe de diâmetro que estoca mais carbono no Cerrado Típico fica entre 15 | 25 cm de diâmetro, alcançando em média 35% de todo o carbono da vegetação, em seguida, a classe 4,77 | 15 cm, que abrange de 25 a 30 %, seguindo depois pela sequência das classes (Tabela 2.1). Em relação às espécies, as que mais se destacaram na estocagem de carbono em todo o período foram *Mezilaurus crassiramea* (10% – 12%), *Buchenavia tomentosa* (10% – 13%), *Licania humilis* (5% – 7%), *Pouteria ramiflora* (4% – 5%), aproximadamente 37% do total (Apêndice 1).

Na Floresta Estacional Semidecidual, a classe de diâmetro de maior colaboração foi a de 15 | 25 cm. Esta classe estocou de 30 a 38% durante os 9 anos. Na sequência, as classes de 25 | 35 cm e 4,77 | 15 cm se destacaram com estoques semelhantes, abrangendo de 15 a 21% cada (Tabela 2.2). Em relação às espécies, as que mais cooperaram com a absorção de carbono foram *Anadenanthera peregrina* (16 – 23%), *Cordia sellowiana* (7%), *Hymenaea courbaril* (6 – 8%), *Leptolobium araguaiense* (5%), *Myrcia hoffmannseggii* (5%), *Platypodium elegans* (4%), *Physocalymma scaberrimum* (4%), estas espécies representam 55% do todo (Apêndice 2).

Entre o primeiro inventário em 2006 e o último em 2015, o Cerrado Típico apresentou diminuição do número de indivíduos. Iniciou-se com 1.709 indivíduos vivos por hectare, que se distribuía em 80 espécies e 36 famílias, por fim, a vegetação contava com 1.220 indivíduos. Na Floresta Estacional ocorriam em 2006 em toda área amostrada (1,8 ha) 2.333 árvores vivas (1.296 por hectare), pertencentes a 99 espécies e 40 famílias, já em 2014/2 apenas 1.728 árvores (960 por hectare).

Em todo o período de acompanhamento das vegetações, o ingresso no Cerrado Típico foi de 192 indivíduos. O primeiro registro de recrutadas aconteceu em 2009 com 23 indivíduos, em 2010 surgiram mais 9 árvores, e no período entre 2010 e 2013 identificou-se um acréscimo de 160 recrutadas (Tabela 2.3). A taxa de ingresso anual para os nove anos foi de 1,74%, e do período completo de 15,73%. As taxas de ingresso anuais e por período referente aos diferentes intervalos de monitoramento estão detalhadas na Tabela 2.3. O

carbono total adquirido com o ingresso até o final do monitoramento corresponde a 0,562 Mg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 2.3).

No Cerrado Típico foi observado a morte de 681 indivíduos ao final do período. Os anos em que mais ocorreram mortalidades foram em 2010, 2013, 2015, sendo 162, 343, e 84 mortes respectivamente. A taxa de mortalidade por todo o período foi de 39,85%, enquanto a taxa anual chegou a 4,43% (Tabela 2.3). O estoque de carbono perdido foi de 6,93 Mg.ha<sup>-1</sup>.

O maior incremento líquido em carbono (1,98 Mg.ha<sup>-1</sup>) estocado no fuste das árvores do Cerrado Típico, incluindo o ingresso, foi encontrado no terceiro período, de 2008 a 2009. Valores negativos também foram calculados nos anos de 2013 (-3,08 Mg.ha<sup>-1</sup>) e 2015 (-2,51 Mg.ha<sup>-1</sup>). Já para o período inteiro de observação -1,72 Mg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 2.3). Os valores calculados para o incremento líquido sem ingresso são muito próximos aos valores do incremento líquido com ingresso, gerando no final, -2,28 Mg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 2.3). O incremento periódico anual de carbono no primeiro ano foi de 1,37 Mg.ha<sup>-1</sup>. Na sequência dos inventários, os valores foram de 0,28, 1,98, 0,24, -1,03, -1,25 Mg.ha<sup>-1</sup>. No final do período de monitoramento o Cerrado Típico apresentou o incremento negativo igual a -0,19 Mg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 2.3).

Na Floresta Estacional Semidecidual 45 árvores ingressaram, sendo 25 delas entre 2009 e 2014/1, gerando uma taxa anual de todo o intervalo de tempo de 0,3% e taxa para todo o período (nove anos) de 2,6% (Tabela 3.4). O estoque de carbono total até 2014/2 referente ao ingresso foi de 0,218 Mg.ha<sup>-1</sup>. As taxas de ingresso por período e ano, em cada intervalo de tempo, podem ser observadas na Tabela 3.4.

A mortalidade acumulada na Floresta Estacional alcançou 651 indivíduos, 27,9% de taxa em todo o período estudado e 3,5% de taxa anual média. Os períodos de mais mortes foram entre 2006 e 2008, com 142 mortes, sendo este um período com ocorrência de fogo. Outro período de grande mortalidade foi entre 2009 e 2014/1, totalizando 384 mortes. Porém foram cinco anos de intervalo (Tabela 3.4). A perda de carbono totaliza 13,5 Mg.ha<sup>-1</sup>. As taxas de mortalidade por cada período e por ano encontram-se na Tabela 3.4.

Na Floresta Estacional, o incremento líquido em carbono, incluindo o ingresso, variou entre valores de 8 Mg.ha<sup>-1</sup> a -5,78 Mg.ha<sup>-1</sup>, chegando a -6,33 Mg.ha<sup>-1</sup> para todos os anos. O incremento líquido sem ingresso em 2014/2 foi de -6,55 Mg.ha<sup>-1</sup>. No primeiro ano o incremento periódico anual de carbono foi de -1,0 Mg.ha<sup>-1</sup>, nos outros monitoramentos

valores de 8,0, -1,41, -23,11 Mg.ha<sup>-1</sup>. No final do período de monitoramento a Floresta Estacional apresentou perda de -0,79 Mg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 2.4).

Os resultados obtidos neste estudo constataam que tem ocorrido muito mais mortalidade do que ingresso nos sítios de estudo, como consequência há maior perda de carbono do que entrada através acima da superfície do solo, exceto serapilheira. A taxas de ingresso em nenhum momento superaram as taxas de mortalidade (Tabelas 2.3 e 2.4).

Tabela 2.1 - Estoque de carbono (Mg.ha<sup>-1</sup>) e porcentagem do estoque de carbono no fuste por classes de diâmetro (cm) em todos os períodos de monitoramento no Cerrado Típico. † significa que o intervalo entre as classes está aberto à direita.

Classe diâmetro (cm)	Ano de Monitoramento													
	2006		2007		2008		2009		2010		2013		2015	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
4,77 † 15	9,45	30,83	9,92	30,99	10,07	31,17	10,099	29,46	10,38	30,07	8,16	25,94	7,304	25,24
15 † 25	10,75	35,08	11,31	35,32	11,48	35,55	12,062	35,19	12,02	34,83	10,98	34,94	9,939	34,35
25 † 35	7,34	23,95	7,43	23,20	7,37	22,81	8,159	23,80	8,17	23,67	7,29	23,19	6,498	22,46
35 † 45	2,54	8,28	2,77	8,65	2,79	8,65	3,123	9,11	3,14	9,10	4,22	13,44	3,393	11,73
45 † 55	0,57	1,85	0,59	1,84	0,59	1,82	0,189	0,55	0,13	0,38	0,00	0,00	0	0,00
55 †	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,646	1,88	0,68	1,96	0,79	2,50	1,799	6,22
<b>Total</b>	<b>30,66</b>	<b>100</b>	<b>32,02</b>	<b>100</b>	<b>32,30</b>	<b>100</b>	<b>34,28</b>	<b>100</b>	<b>34,52</b>	<b>100</b>	<b>31,44</b>	<b>100</b>	<b>28,93</b>	<b>100</b>

Tabela 2.2 - Estoque de carbono (Mg.ha<sup>-1</sup>) e porcentagem do estoque de carbono no fuste por classes de diâmetro (cm) em os todos os períodos de monitoramento na Floresta Estacional Semidecidual. † significa que o intervalo entre as classes está aberto à direita.

Classe diâmetro (cm)	Ano de Monitoramento									
	2006		2008		2009		2014/1		2014/2	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
4,77 † 15	15,89	21,15	14,37	19,53	15,01	18,39	11,60	15,55	11,78	17,13
15 † 25	26,38	35,11	26,10	35,47	29,64	36,33	22,99	30,83	21,29	30,95
25 † 35	13,42	17,86	14,10	19,16	16,34	20,02	15,00	20,11	13,45	19,55
35 † 45	9,45	12,57	8,51	11,56	9,66	11,84	10,98	14,73	9,67	14,06
45 † 55	5,30	7,06	4,63	6,29	5,06	6,20	6,57	8,82	6,20	9,01
55 † 65	2,26	3,00	2,56	3,47	2,88	3,53	2,57	3,44	3,85	5,60
65 †	2,44	3,24	3,32	4,52	3,01	3,69	4,87	6,53	2,55	3,70
<b>Total</b>	<b>75,14</b>	<b>100</b>	<b>73,59</b>	<b>100</b>	<b>81,60</b>	<b>100</b>	<b>74,58</b>	<b>100</b>	<b>68,78</b>	<b>100</b>

Tabela 2.3 - Taxas de ingresso e mortalidade por período e por ano, e seus respectivos estoques de carbono, observados no Cerrado Típico em cada período de monitoramento. Incremento bruto, líquido e periódico anual em carbono (Mg.ha<sup>-1</sup>) no fuste de árvores do Cerrado Típico. *I* = ingresso; *M* = mortalidade; *Ibi* = incremento bruto com ingresso; *Ib* = incremento bruto; *Ili* = incremento líquido com ingresso; *IL* = Incremento líquido; *IPAi* = incremento periódico anual com ingresso.

<b>Ingresso</b>	<b>Período de Monitoramento</b>						
	<b>2006 - 2007</b>	<b>2007 - 2008</b>	<b>2008 - 2009</b>	<b>2009 - 2010</b>	<b>2010-2013</b>	<b>2013-2015</b>	<b>2006-2015</b>
Indivíduos (ha)	0	0	23	9	160	0	192
Taxa ingresso (período) %	0	0	1,40	0,61	12,27	0	15,74
Taxa ingresso (ano) %	0	0	1,40	0,61	4,09	0	1,75
Carbono total (Mg.ha <sup>-1</sup> )	0	0	0,055	0,013	0,49	0	0,562

<b>Mortalidade</b>	<b>Período de Monitoramento</b>						
	<b>2006 - 2007</b>	<b>2007 - 2008</b>	<b>2008 - 2009</b>	<b>2009 - 2010</b>	<b>2010-2013</b>	<b>2013-2015</b>	<b>2006-2015</b>
Mortalidade	3	11	78	162	343	84	681
Taxa mortalidade (período) %	0,18	0,65	4,76	10,89	26,30	6,89	39,85
Taxa mortalidade (ano) %	0,18	0,65	4,76	10,89	8,77	3,44	4,43
Carbono total (Mg.ha <sup>-1</sup> )	0,08	0,11	0,32	1,22	3,23	1,98	6,93

<b>Incremento (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>									
	<b>Carbono final</b>	<b><i>I</i></b>	<b>Carbono inicial</b>	<b><i>M</i></b>	<b><i>Ibi</i></b>	<b><i>Ib</i></b>	<b><i>Ili</i></b>	<b><i>IL</i></b>	<b><i>IPAi</i></b>
<b>2006 - 2007</b>	32,0	0,00	30,7	0,08	1,45	1,45	1,37	1,37	1,37
<b>2007 - 2008</b>	32,3	0,00	32,0	0,11	0,38	0,38	0,28	0,28	0,28
<b>2008 - 2009</b>	34,3	0,06	32,3	0,32	2,30	2,25	1,98	1,92	1,98
<b>2009 - 2010</b>	34,5	0,01	34,3	1,22	1,47	1,45	0,24	0,23	0,24
<b>2010-2013</b>	31,4	0,49	34,5	3,23	0,15	-0,35	-3,08	-3,58	-1,03
<b>2013-2015</b>	28,9	0,00	31,4	1,98	-0,53	-0,53	-2,51	-2,51	-1,25
<b>2006 - 2015</b>	28,9	0,56	30,7	6,93	5,21	4,65	-1,72	-2,28	-0,19

Tabela 2.4 - Taxas de ingresso e mortalidade por período e por ano, e seus respectivos estoques de carbono observados na Floresta Estacional Semidecidual em cada período de monitoramento. Incremento bruto, líquido e periódico anual em carbono (Mg.ha<sup>-1</sup>) no fuste de árvores da Floresta Estacional Semidecidual. *I* = ingresso; *M* = mortalidade; *Ibi* = incremento bruto com ingresso; *Ib* = incremento bruto; *ILi* = incremento líquido com ingresso; *IL* = Incremento líquido; *IPAi* = incremento periódico anual com ingresso.

<b>Ingresso</b>	<b>Período de Monitoramento</b>				
	<b>2006 – 2008</b>	<b>2008 - 2009</b>	<b>2009 - 2014/1</b>	<b>2014/1 - 2014/2</b>	<b>2006-2014</b>
Indivíduos	0	25	20	0	45
Taxa ingresso (período) %	0	1,2	1,1	0	2,6
Taxa ingresso (ano) %	0	1,2	0,2	0	0,3
Carbono total (Mg.ha <sup>-1</sup> )	0	0,055	0,114	0	0,218

<b>Mortalidade</b>	<b>Período de Monitoramento</b>				
	<b>2006 – 2008</b>	<b>2008 - 2009</b>	<b>2009 - 2014/1</b>	<b>2014/1 - 2014/2</b>	<b>2006-2014</b>
Mortalidade	142	69	384	56	651
Taxa mortalidade (período) %	6,1	3,1	17,9	3,1	27,9
Taxa mortalidade (ano) %	4,1	3,1	3,6	7,7	3,5
Carbono total (Mg.ha <sup>-1</sup> )	1,49	0,66	10,72	0,63	13,5

<b>Incremento (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>									
	<b>Carbono final</b>	<b><i>I</i></b>	<b>Carbono inicial</b>	<b><i>M</i></b>	<b><i>Ibi</i></b>	<b><i>Ib</i></b>	<b><i>ILi</i></b>	<b><i>IL</i></b>	<b><i>IPAi</i></b>
<b>2006 - 2008</b>	73,61	0,00	75,11	1,49	-0,01	-0,01	-1,50	-1,50	-1,00
<b>2008 - 2009</b>	81,61	0,06	73,61	0,66	8,66	8,60	8,00	7,94	8,00
<b>2009 - 2014/1</b>	74,56	0,11	81,61	10,72	3,67	3,55	-7,06	-7,17	-1,41
<b>2014/1 - 2014/2</b>	68,78	0,00	74,56	0,63	-5,15	-5,15	-5,78	-5,78	-23,11
<b>2006 - 2014/2</b>	68,78	0,22	75,11	13,50	7,17	6,95	-6,33	-6,55	-0,79

## 2.6 - DISCUSSÃO

O estoque de carbono do cerrado típico no presente estudo evidencia-se entre os mais altos já observados para o Cerrado. Em outra área de cerrado na Fazenda Água Limpa - DF, Paiva (2011) estimou 8,60 Mg.ha<sup>-1</sup>. Rezende e Felfili (2004) avaliaram o estoque de carbono nos troncos e galhos de plantas lenhosas do Cerrado *sensu stricto* em Alvorada do Norte (GO) e descobriram valores de 13,27 Mg.ha<sup>-1</sup>. Santana et al (2013) em um Cerrado *sensu stricto* no estado da Bahia encontraram 8,013 Mg.ha<sup>-1</sup>. As estimativas do estoque de carbono registrada neste estudo reflete as características do cerrado típico no PESA e se mostram superiores aos valores encontrados em outras regiões. Isso demonstra que o Cerrado Típico desempenha papel importante na manutenção do fluxo de carbono no bioma Cerrado. Todavia, é importante destacarmos que a variação entre os valores de estoque de carbono encontrados no Cerrado pode estar refletindo resultados de diferentes subtipos de Cerrado Sentido Restrito. Isso pode ocorrer, por causa da falta de padronização da nomenclatura empregada para designar as diferentes vegetações do cerrado (MEWS, 2014).

Na Floresta Estacional Semidecidual do PESA o valor de carbono estocado se assemelha com o de outras regiões do país. Gaspar (2014), na mesma fitofisionomia em Minas Gerais se deparou com valores de carbono de 58,3 Mg.ha<sup>-1</sup>. Boina (2008), em outra região de Minas Gerais, na mesma fitofisionomia, verificou valores de 76,17 Mg.ha<sup>-1</sup>. Faria et al. (2012) também em Minas Gerais encontraram 42,4 Mg.ha<sup>-1</sup>. Figueiredo (2011) durante o período de 14 anos, quantificou estoques de carbono no fuste em Floresta Estacional, e registrou valores entre 47,9 e 61,8 Mg ha<sup>-1</sup>. A disparidade observada entre os valores de carbono encontrados no Cerrado Típico e na Floresta Estacional estudados no PESA provavelmente se deve a diferença na composição florística e estrutura das duas vegetações estudadas, logo a desigualdade encontrada entre a mesma fitofisionomia em distintas localidades do país é proporcionada pela heterogeneidade ambiental, e heterogeneidade estrutural da vegetação nestas regiões, em razão de condições climáticas, edáficas e possível frequência do fogo (BUSTAMANTE; OLIVEIRA, 2008).

Na presente pesquisa, os estoques de carbono total ao longo do período de monitoramento oscilaram, apresentando redução após os episódios de fogo, bem como, aumento da mortalidade e conseqüente redução de indivíduos e espécies.

Surpreendentemente no Cerrado Típico, após a queimada de 2007, houve um pequeno acúmulo no estoque de carbono, situação que não se repetiu após o fogo de 2012,

já que em 2013 o estoque de carbono havia diminuído. Entre a queimada de 2007 e 2013, o longo intervalo de tempo possivelmente gerou maior acúmulo de material combustível, o que pode ter feito com que o fogo em 2012 fosse potencialmente mais destrutivo. Além disso, como o fogo atingiu a vegetação em um intervalo de 2 anos (2012-2014), o estoque de carbono que foi reduzido no primeiro levantamento pós-fogo (2013) não se recuperou, diminuindo ainda mais no inventário posterior pós-fogo (2015).

Semelhantemente ao observado no Cerrado Típico, na Floresta Estacional em menos de dois anos já foi possível perceber um incremento no estoque de carbono após a passagem do fogo em 2007. Contudo, em 2014, após um episódio de fogo, talvez em função do acúmulo de material combustível por aproximadamente 7 anos e pela intensidade da queimada, observamos em apenas cinco meses (julho/2014 a dezembro/2014) uma redução no estoque de carbono semelhante a que ocorreu em um intervalo de cinco anos (2009 a 2014).

Sato (2003) ao estudar o efeito do regime de queimadas no Cerrado *stricto sensu* também verificou acréscimo na densidade de indivíduos mortos e redução do número de indivíduos e espécies, assim como neste estudo. Possivelmente, a crescente perda de indivíduos levou a redução dos estoques de carbono no PESA. O Projeto Fogo, executado pela UnB e IBGE desde 1990, que visa conhecer o efeito do fogo na vegetação do Cerrado, sugere através dos resultados das pesquisas desenvolvidas na Reserva do IBGE, que queimadas regulares alteram a composição e a estrutura da vegetação, além disso, indicam que a recuperação dos cerrados e a manutenção de sua estrutura vegetal após queimadas depende, da extensão da área danificada, da composição de espécies local e do regime de queima (época e frequência) (CASTRO-NEVES, 2007).

Visto que dois episódios de fogo ocorreram em um intervalo de dois anos no Cerrado, em época de extrema seca e que a redução de carbono ocorreu nos inventários posteriores aos episódios, podemos inferir que a redução progressiva na estocagem de carbono na vegetação no PESA supostamente é provocada pelo efeitos das queimadas. Ao que tudo indica, o estoque de carbono parece ser influenciado não apenas pelos eventos de fogo, mas principalmente pela frequência em que eles ocorrem. Na área de Cerrado Típico estudada isso fica evidente ao observarmos um aumento gradativo do estoque de carbono entre 2006 e 2010, período no qual houve apenas um evento de fogo. A partir de 2013, inicia-se um decréscimo acentuado, provavelmente por sofrer o efeito de dois episódios consecutivos de queimadas.

Sato (2003), numa área submetida a três queimadas bienais consecutivas mostrou perda de cerca de 30% dos indivíduos no estrato arbustivo-arbóreo, semelhantemente ao Cerrado Típico e Floresta Estacional no PESA que reduziram de 30% a 40% em densidade, a autora também afirmou que essa porcentagem indica alteração na composição florística e na estrutura do ecossistema, podendo influenciar o balanço de carbono e de água, além da resistência e resiliência do sistema.

Os impactos da frequência do fogo em longo prazo sobre o balanço de carbono são complexos porque a frequência de incêndio é uma das variáveis controladoras da composição de espécies e funcionamento dos ecossistemas. Altas frequências de fogo não só convertem carbono dos ecossistemas para o CO<sub>2</sub>, mas também alteram as abundâncias e identidades das espécies de plantas dominantes (TILMAN et al., 2000).

As diferenças no padrão de estoque de carbono por classe de diâmetro entre as duas vegetações revelam que cada fitofisionomia utilizou estratégias distintas para estocagem, de acordo com sua estrutura. Jackson et al. (1999) afirma que espécies savânicas investem em casca no início do desenvolvimento, apesar de exigir um investimento considerável de carbono. Por outro lado, as espécies florestais adiam este investimento até a maturidade, o que corrobora com nossos resultados quando encontramos crescimento e investimento em carbono nas classes de diâmetro iniciais no Cerrado Típico e investimento em classes intermediárias nas espécies da Floresta. Hoffman et al., (2003) asseguram que há grandes diferenças na espessura da casca entre espécies de cerrado e espécies florestais, sendo a casca de espécies do cerrado mais espessa, medindo até 28% do raio do caule (o que confere maior teor de carbono), em relação as espécies da floresta, que alcançam 10%. Esta característica confere uma maior capacidade de evitar mortalidade durante o fogo. Por outro lado, na floresta onde a luz é considerada um recurso limitante as espécies se empenham em crescer em altura porque o investimento em casca requer muito esforço para as plântulas (HOFFMAN et al., 2003).

Felfili (2008) ao realizar análise da vegetação lenhosa de cerrado sentido restrito em 25 localidades, nos estados de Bahia, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais, mostrou que a distribuição da riqueza se concentra nas classes de diâmetro entre 5 e 11 cm, que abrigaram cerca de 90% das espécies lenhosas amostradas. O estoque de carbono da parte aérea por localidade variou de 3,71 Mg.C.ha<sup>-1</sup> a 13,27 Mg.C.ha<sup>-1</sup> e o estoque de carbono total variou de 14,66 Mg.C.ha<sup>-1</sup> a 50 Mg.C.ha<sup>-1</sup>. A análise integrada dos dados mostrou que o limite máximo de 29 cm de diâmetro incluiu mais de 85% da

riqueza, densidade, produção em área basal, volume e estoque de carbono do cerrado, padrão próximo ao encontrado no Cerrado Típico do PESA.

As taxas de ingresso foram bem inferiores às taxas de mortalidade, o que demonstra haver mais mortes do que recrutamento, padrão que pode ter sido acentuado por causa dos efeitos do fogo. Em comparação a outros estudos, os valores aqui encontrados são diferentes de outras formações e regiões. Existem autores que encontraram valores entre ingresso e mortalidade equivalentes (HIGUCHI, 2004; PANTALEÃO, 2008; SILVA; ARAÚJO, 2009); em outros estudos os valores de ingresso são superiores (FERREIRA et al., 1998; CORAIOLA, 2003), por fim, como em nossos resultados, há trabalhos em que a mortalidade foi superior (BRAGA; REZENDE, 2007).

Higuchi et al. (2004), estudando a dinâmica e balanço de carbono em vegetação primária na Amazônia central, encontram, em 12 anos de monitoramento, incremento de carbono de  $1,2 \text{ t.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ . Ao contrário, esta pesquisa em 9 anos encontrou valores negativos de incremento periódico anual com ingresso, indicando que as duas formações estudadas têm perdido mais carbono do que o acumulado.

## **2.7 – CONCLUSÕES**

A dinâmica do estoque de carbono do fuste no Cerrado Típico e na Floresta Estacional Semidecidual no PESA revelou que estas formações, ao longo dos 9 anos, não conseguiram manter ou acumular carbono. Todavia, acredita-se que o fogo que atinge o parque ocasionalmente e a frequência em que ele ocorre tem tido influência na redução do estoque de carbono nestas fitofisionomias.

### **3 - MODELAGEM DO ESTOQUE DE CARBONO EM NÍVEL DE ÁRVORE INDIVIDUAL EM CERRADO TÍPICO E FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

#### **3.1 – RESUMO**

O estudo teve como objetivo avaliar e comparar diferentes modelos para gerar equações que estimam o carbono estocado e equações para prognose do estoque de carbono em espécies arbóreas de Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual do bioma Cerrado. Foram avaliados seis modelos, três modelos alométricos para estimar o estoque de carbono no presente e três modelos de prognose para estimar o estoque de carbono no futuro. Os modelos alométricos utilizaram as variáveis diâmetro e altura para a estimativa do estoque de carbono atual, enquanto os modelos de prognose usaram, além do diâmetro e altura, as variáveis índice de competição, o intervalo de tempo para a projeção e ocorrência de fogo no intervalo de projeção. O modelo alométrico 2 para o Cerrado e 3 para a Floresta, bem como o modelo de prognose 6 para Cerrado e 4 para Floresta foram considerados os modelos mais eficientes. As estatísticas de precisão dos dois modelos escolhidos mostraram altos valores de correlação e ainda baixa estimativa de erro. O estoque de carbono atual e futuro foram calculados através das equações ajustadas, simulando diferentes condições, 60 meses após a última medição. Os resultados mostraram que para o Cerrado Típico haverá diminuição no estoque de carbono, enquanto para a Floresta Estacional haverá acréscimo de carbono ao longo do tempo, entretanto, com ocorrência de fogo, o crescimento é menor em ambas formações.

**Palavras-chave:** equações alométricas, projeção, índice de competição, fogo, Cerrado.

#### **3.2 – ABSTRACT**

The study aimed to evaluate and compare different models to generate equations that estimate stored carbon and also equations for carbon stock prognosis on tree species of Cerrado Típico and semi-deciduous forest in the Cerrado biome. We evaluated six models, three allometric models to estimate carbon storage in the present and three prognosis models to estimate the carbon stock in the future. The allometric models used diameter and height variables to estimate the current carbon stocks, while the prognosis model used, besides the diameter and height, independent distance competition index, the time interval for projection and occurrence of fire in the projection range. The allometric model 2 for cerrado and 3 for forest, as well as the prognosis model 6 for cerrado e 4 for forest were considered the most efficient models. Precision statistics of the two selected models

showed high correlation values and even low error estimate. The stock of current and future carbon were calculated using the adjusted equations, simulating different conditions, 60 months after the last mensuration. The results showed that the carbon reduced in the projected time in the Cerrado vegetation, in other hands, increased over time, in ther forest, however, the occurrence of fire reduce growth for both vegetation.

**Keywords:** Allometric equations, prognosis, competition index, fire, Cerrado.

### 3.3 - INTRODUÇÃO

Os ecossistemas florestais são considerados sumidouros de carbono (C), devido ao acúmulo desse elemento em sua biomassa. Em razão disso, as formações florestais têm sido apontadas como alternativa para redução de gases do efeito estufa, principalmente do CO<sub>2</sub>, um dos elementos responsáveis pelas mudanças climáticas globais (IMAZON, 2015). Diante disso, cresce a demanda por pesquisas que quantifiquem o potencial dos ecossistemas florestais em sequestrar carbono da atmosfera (MELO; DURIGAN, 2006), fazendo-se necessário o desenvolvimento de metodologias de quantificação do conteúdo de carbono fixado na biomassa florestal, facilitando o planejamento, o manejo e a valorização das tipologias florestais (RATUCHNE, 2010).

Uma das maneiras de se conhecer o estoque de carbono das florestas é por meio da determinação da biomassa e desenvolvimento de modelos matemáticos para sua estimativa (MOGNON, 2013). Atualmente, o desenvolvimento de modelos que quantifiquem o estoque de carbono presente em florestas tem se tornado uma tendência e necessidade, pois a partir destas informações projetos de recuperação ou reflorestamento, que tem a intenção de sequestrar carbono, poderão ser elaborados (SOARES et al., 2005). Segundo Koehler et al., (2005) o ideal é ter um modelo matemático para cada tipo florestal e para cada sítio, devendo ser ressaltado que, para o caso de estudos de mudanças climáticas, a prioridade deve ser dada às áreas mais sujeitas às intervenções.

Diversos problemas florestais são resolvidos utilizando-se de relações matemáticas através de equações de regressão (SCHNEIDER, 1997). Equações para estimativas podem ser ajustadas, correlacionando volume, biomassa e/ou carbono com variáveis de fácil medição, como o diâmetro à altura do peito, a área basal, a altura total da árvore ou a altura comercial (MARTINELLI et al., 1994). Equações tendo uma variável dependente, como por exemplo o carbono, e variáveis dendrométricas como independentes são chamadas de equações alométricas (RIBEIRO et al., 2011). Elas são recomendáveis na maioria dos

casos, pois oferecem predições diretas de “y”, em função das variáveis dendrométricas, que são de fácil medição e simples aplicação (SANQUETTA et al., 2014).

A implementação de qualquer iniciativa que envolva a redução de emissão do dióxido de carbono para atmosfera ou que quantifiquem o serviço ambiental prestado pelas florestas como o sequestro de carbono, requer um conhecimento detalhado do estoque atual, que é normalmente obtido através de inventários florestais, e do estoque futuro, projetado pelos modelos de crescimento e produção (SOARES et al., 2015).

A modelagem do crescimento e produção é uma representação simplificada da realidade, que pode ser esquemática ou matemática, e permite simular o comportamento futuro da vegetação ao longo do tempo, dado o estado presente e as condições locais (VANCLAY, 1994; MARTINS, 2011). Assim, destacam-se os modelos em nível de árvore individual, uma vez que simulam o crescimento e estimam a mortalidade em nível de árvore, além do ingresso de novas árvores (HASENAUER, 2000; CASTRO, et al., 2013), ademais, estes modelos podem incluir a competição entre indivíduos, e o efeito de intervenções silviculturais (CASTRO et al., 2014).

A modelagem do crescimento e produção permite simular a dinâmica natural de um povoamento, sob hipóteses de exploração ou sujeitos a agentes físicos e bióticos distintos (VANCLAY, 1994) como competição e fogo, de modo a prever o crescimento a longo do tempo.

Em florestas naturais tropicais brasileiras, especialmente no bioma Cerrado, estudos de modelagem do crescimento e produção que avaliam índices de competição e a sua relação com o crescimento das árvores ainda são escassos (CASTRO, 2012). A eficiência da modelagem do crescimento em nível de árvore individual pode ser maior com o uso de índices de competição (CASTRO et al., 2014), pois estão entre as variáveis explicativas mais utilizadas para se prever o crescimento e a mortalidade de árvores individuais (PELTONIEMI; MÄKIPÄÄ, 2011).

Da mesma maneira, a variável ocorrência de fogo ainda não foi avaliada em modelos em nível de árvore individual, sendo, portanto, inédita e, sobretudo, imprescindível para a modelagem no cerrado, pois faz parte da dinâmica do bioma. Os pesquisadores Hoffmann e Solbrig (2003) afirmam que o fogo é um dos fatores que mais contribui para as mudanças temporais na densidade de plantas, tornando-se fundamental a análise de seus efeitos em diferentes fitofisionomias vegetacionais.

Trabalhos que ajustam equações para florestas nativas, em sua maioria, estimam o carbono presente nas árvores no tempo atual (REZENDE et al., 2006; RIBEIRO et al.,

2010; RATUCHNE, 2010; AMARO, 2010; BRIANEZI et al., 2013) e não no tempo futuro. Este estudo objetivou avaliar e comparar diferentes modelos com o intuito de gerar equações para estimar o carbono presente e modelar o estoque de carbono futuro em espécies arbóreas do Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual no Bioma Cerrado, sujeitas a episódios de fogo.

### **3.4 - MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.4.1 - Área de estudo**

O presente trabalho foi realizado no Parque Estadual da Serra Azul, em Barra do Garças – MT (15°45′-15°53′S e 52°07′-52°17′W). O estudo desenvolveu-se em duas fitofisionomias do bioma Cerrado, sendo elas, Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual. A área de estudo está descrita detalhadamente no capítulo 2, ítem 2.4.1.

#### **3.4.2 - Amostragem**

Para a execução desta pesquisa, utilizou-se o banco de dados de parcelas permanentes implantadas no Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual inventariadas periodicamente desde 2006. Os últimos inventários aconteceram em dezembro de 2014 na Floresta Estacional e em março de 2015 no Cerrado Típico. Os valores de altura e diâmetro foram obtidos em todos os levantamentos realizados, obedecendo os critérios de inclusão para cada formação descritos no capítulo 2, ítem 2.4.2. Episódios de fogo ocorreram nos anos de 2007, 2012 e 2014.

Em 2014, amostras de madeira com casca das espécies existentes nas duas áreas de estudo foram retiradas para determinação da densidade básica da madeira, segundo a metodologia apresentada no ítem 2.4.2.

#### **3.4.3 - Análise de dados**

##### **3.4.3.1 - Quantificação do carbono**

Para cada indivíduo amostrado foi calculado o volume total ( $m^3$ ) e utilizada a densidade básica média da madeira com casca ( $g.cm^{-3}$ ) daquela espécie para a determinação da biomassa (Mg) e carbono (Mg), conforme ítem 2.4.3.1.

##### **3.4.3.2 - Modelagem**

Para estimar o estoque de carbono total nas duas áreas de estudo foram avaliados cinco modelos lineares e um modelo não linear (M2), entre eles, três modelos alométricos

para estimar o estoque de carbono atual e três modelos de prognose (projeção) para estimar o estoque de carbono futuro. Ajustou-se modelos de múltiplas variáveis, em destaque, os modelos M2 e M3 de Schumacher e Hall (1933) que têm sido um dos mais difundidos, possivelmente por suas propriedades estatísticas, uma vez que, resultam quase sempre em estimativas não tendenciosas (CAMPOS e LEITE, 2013). Os modelos utilizados foram:

Para estimar o estoque de carbono no presente ( $C_1$ ):

$$C_1 = \beta_0 + \beta_1 * Dap_1 + \beta_2 * Ht_1 + \varepsilon \quad (M1) \quad 3.1$$

$$C_1 = \beta_0 * Dap_1^{\beta_1} + Ht_1^{\beta_2} * \varepsilon \quad (M2) \quad 3.2$$

$$LnC_1 = \beta_0 + \beta_1 * LnDap_1 + \beta_2 * LnHt_1 + \varepsilon \quad (M3) \quad 3.3$$

Para estimar o estoque de carbono em um período futuro ( $C_2$ ):

$$C_2 = \beta_0 + \beta_1 * Dap_1 + \beta_2 * Ht_1 + \beta_3 * BAL_1 + \beta_4 * \Delta T + \beta_5 * Tx + \varepsilon \quad (M4) \quad 3.4$$

$$LnC_2 = \beta_0 + \beta_1 * Dap_1 + \beta_2 * Ht_1 + \beta_3 * BAL_1 + \beta_4 * \Delta T + \beta_5 * Tx + \varepsilon \quad (M5) \quad 3.5$$

$$LnC_2 = \beta_0 + \beta_1 * LnDap_1 + \beta_2 * LnHt_1 + \beta_3 * BAL_1 + \beta_4 * \Delta T + \beta_5 * Tx + \varepsilon \quad (M6) \quad 3.6$$

Em que  $C_1$  é o estoque de carbono das árvores, em t, no tempo presente;  $C_2$  é o estoque de carbono das árvores, em t, projetado para o futuro;  $Dap_1$  é o diâmetro, em cm, à 1,3 m (floresta), e à 0,30 cm do solo (cerrado) no tempo presente;  $Ht_1$  é a altura total, em cm, no tempo presente;  $BAL_1$  é o índice de competição independente da distância, relacionado à área basal total das árvores maiores que a árvore-objeto dentro da parcela;  $\Delta T$  é intervalo de tempo da projeção, entre o período “1” e “2”;  $Tx$  é a variável binária, onde 0 indica que no respectivo  $\Delta T$  de projeção não houve incêndio e 1 indica a existência de fogo na área;  $\varepsilon$  é o erro aleatório;  $\beta_0$  a  $\beta_5$  são os parâmetros do modelo;  $Ln$  é o logaritmo neperiano.

Os modelos de projeção consideram como variáveis independentes, além do diâmetro e altura, o intervalo de tempo da projeção ( $\Delta T$ ), o índice de competição independente da distância  $BAL$  (STAGE, 1973), onde  $BAL_i$  = a área basal total das árvores maiores que a árvore-objeto dentro da parcela e, como uma singularidade desta pesquisa, a variável binária ocorrência de fogo ( $Tx$ ). Os parâmetros foram estimados com o auxílio dos *softwares* Excel e Statistica 7.0 (STATSOFT, 2009).

As medidas de precisão das equações originadas dos modelos linearizados foram recalculadas para as suas unidades originais, para que pudessem ser comparadas com aquelas obtidas pelas equações lineares.

Como critério de avaliação dos modelos adotou-se as seguintes estatísticas: a) coeficiente de correlação entre valores observados e estimados ( $r$ ); b) coeficiente de

determinação ( $R^2$ ,  $R^2$  ajustado); c) erro-padrão da estimativa ( $Sy.x$ ,  $Sy.x$  %); d) Análise da significância dos coeficientes das equações pelo teste “t”, de Student; e) Distribuição gráfica dos resíduos, através de gráficos relacionando Carbono estimado x Carbono observado, Carbono observado x Erro (CAMPOS; LEITE, 2013; GUJARATI e PORTER, 2011).

Através das equações selecionadas ( $C_1$ ) estimou-se o estoque de carbono atual no Cerrado Típico e na Floresta Estacional. Outrossim, a projeção do estoque de carbono no futuro ( $C_2$ ), após cinco anos (60 meses) da medição atual, foi realizada utilizando a melhor equação ajustada entre os modelos de prognose. As equações foram simuladas para árvores individualmente, com suas respectivas alturas, diâmetros, índices de competição e presença ou não de fogo, gerando um valor total de carbono para a vegetação. Os valores de estocagem do carbono atual no Cerrado Típico e na Floresta Estacional Semidecidual foram comparados com os valores de estocagem de carbono futuro na ausência e na presença de apenas um episódio de fogo.

### **3.5 - RESULTADOS**

Verificou-se no Cerrado Típico e na Floresta Estacional Semidecidual, através dos valores das estatísticas de precisão, que as equações alométricas e de prognose se ajustaram bem ao banco de dados. Entre os três modelos alométricos avaliados para estimar o carbono total, o modelo 2, modelo não linear, foi o mais eficiente para a vegetação do Cerrado, enquanto para a floresta o M3 foi de melhor ajuste. Entre os modelos de prognose, o M6, foi o melhor modelo ajustado para o Cerrado, sendo o M4 o mais coerente para a floresta.

No cerrado típico, todos os coeficientes no modelo 2 foram estatisticamente significativos, considerando  $p < 0,05$  (Tabela 3.1). A correlação entre os valores observados e estimados neste modelo foi alta ( $r = 0,9928$ ), e o erro padrão da estimativa o mais baixo  $Sy.x = \pm 0,0016$ ,  $Sy.x$  (%) =  $\pm 7,57$  (Tabela 3.1). Nos gráficos de resíduos, o modelo 2 apresentou também melhor distribuição em relação aos outros modelos, mostrando padrão próximo a homocedasticidade (Figura 3.1). O modelo 6 (M6), sugerido como melhor ajuste para prognose no cerrado, mostra correlação  $r = 0,97$ , coeficiente de determinação  $R^2 = 0,95$ , e o valor de  $R^2$  ajustado =  $0,95$ , quanto ao erro padrão da estimativa encontrou-se valores de  $Sy.x = \pm 0,0056$ , e em porcentagem  $Sy,x$  % =  $\pm 25,88$  (Tabela 3.1). Este mesmo modelo demonstra pequena tendência a subestimação nos gráficos de resíduos (Figura 3.2).

No cerrado típico, o modelo 6 apresentou não significância nos parâmetros  $\beta_3$  e  $\beta_5$  (competição e fogo respectivamente), entretanto, estes parâmetros foram negativos, sugerindo consistência sob o ponto de vista biológico, o qual, indica que a competição e ocorrência de queimadas causam efeito negativo na estocagem de carbono. O modelo 4 resultou um  $\beta_3$  (competição) negativo e significativo, todavia, a distribuição dos resíduos do M4 revelou um modelo que, sobretudo, superestima valores menores e subestima indivíduos maiores (Figura 3.2). Diante disto, o M6 foi apontado como melhor modelo para prognose no cerrado típico.

Na Floresta Estacional, o modelo alométrico 3 gerou correlação de  $r= 0,95$ , e o erro padrão da estimativa  $Sy.x = \pm 0,0461$ ,  $Sy.x (\%) = \pm 64,88$  (Tabela 3.2). Em relação aos resíduos, à medida que se aumenta o valor de carbono, maior é o erro na estimativa (Figura 3.3). Na prognose, o M4 apresentou valor de correlação de  $r= 0,85$ ,  $R^2 = 0,72$ ,  $R^2$  ajustado =  $0,72$ , o erro padrão da estimativa  $Sy.x = \pm 0,0812$ , e em porcentagem  $Sy,x \% = \pm 113,39$  (Tabela 3.2). Na Floresta Estacional o modelo 4 apresentou distribuição mais regular dos resíduos (Figura 3.4).

No modelo 4 ajustado para a Floresta Estacional semidecidual todos os parâmetros foram significativos ( $p<0,05$ ) (Tabela 3.2). Observa-se que os sinais dos parâmetros foram positivos para diâmetro, competição e intervalo de tempo, sendo negativo para ocorrência de fogo. Portanto, quanto maior o Dap, período de tempo, e ausência de fogo, maior a estocagem (parâmetro positivo), já quanto maior a frequência de fogo menor a estocagem futura (sinal negativo do parâmetro). O modelo de prognose M6 apresentou valores de  $r$ ,  $R^2$  e  $R^2$  ajustado superiores ao M4 e os valores de erro padrão menores (Tabela 3.2), entretanto, todos coeficientes positivos e sendo a competição não significativa, este modelo indicou incoerência com os padrões biológicos apresentados em um ecossistema florestal, além disso, os gráficos de resíduos mostraram padrões heterocedásticos (Figura 3.4).

O ajuste e avaliação dos modelos alométricos geraram as seguintes equações para estimativa do estoque de carbono atual:

$$\text{Cerrado} \rightarrow C_1 = 0,000027 * Dap_1^{1,9101} * Ht_1^{0,9715}, (r= 0,9928); \quad 3.7$$

$$\text{Floresta} \rightarrow C_1 = \exp[-10,7559 + (1,7387 * \ln(Dap_1)) + (1,1888 * \ln(Ht_1))], (R^2= 0,9147); \quad 3.8$$

E as seguintes equações para estimativa do estoque de carbono no futuro:

$$\text{Cerrado} \rightarrow C_2 = \exp[-9,9936 + (1,9490 * \ln Dap_1) + (0,6635 * \ln Ht_1) + (-0,0005 * BAL_1) + (-0,0035 * \Delta T) + (-0,0088 * Tx)], R^2 (0,9572); \quad 3.9$$

$$\text{Floresta} \rightarrow C_2 = -0,1212 + (0,0178 * Dap_1) + (-0,0059 * Ht_1) + (0,0005 * BAL_1) + (0,0001 * \Delta T) + (-0,0072 * Tx), R^2 (0,7272). \quad 3.10$$

Na estimativa do estoque de carbono atual realizada com as equações ajustadas nos dois sítios de estudo, os resultados mostraram que em todos os anos de monitoramento houve uma pequena subestimação dos modelos em relação aos valores observados, gerando diferenças em torno de 3 a 5 % (Figuras 3.5 A e 3.5 B).

Sobre as equações de prognose selecionadas pode-se constatar após 60 meses no Cerrado Típico uma diminuição de aproximadamente 36% na estocagem de carbono, mesmo na ausência de fogo, da mesma forma, ocorre um decréscimo ainda maior na presença de fogo, chegando a 41%. Por outro lado, na Floresta Estacional estimou-se acréscimo de carbono na estocagem projetada após cinco anos (11%), todavia, quando há presença de fogo, o crescimento é inferior, reduzindo 3%, totalizando 8% de acréscimo, o que demonstra que o fogo não impede o crescimento, apenas retarda (Figuras 3.6 A e 3.6 B). O estoque de carbono encontrado na projeção (60 meses) considerou apenas 1 episódio de fogo durante o período.

Tabela 3.1 – Parâmetros e estatísticas das equações ajustadas referentes ao Cerrado Típico.

Modelagem / Variável estimada	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	r	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	S <sub>y,x</sub>	S <sub>y,x</sub> (%)
Modelos Alométricos / C1	M1	-0,0471 (0,000)	0,0059 (0,000)	0,0012 (0,000)				0,8713	0,75914	0,7591	0,0067	31,329
	M2	0,0000 (0,0000)	1,9101 (0,0000)	0,9715 (0,0000)				0,9928			0,0016	7,5715
	M3	-10,2269 (0,0000)	2,0203 (0,0000)	0,6577 (0,0000)				0,9902	0,9804	0,9804	0,0020	9,1547
Modelos de prognose / C2	M4	-0,0479 (0,0000)	0,0060 (0,0000)	0,0011 (0,0000)	0,000250 (0,0000)	-0,0002 (0,0000)	-0,0008 (0,1538)	0,8618	0,7426	0,7425	0,0107	49,8890
	M5	-6,9507 (0,0000)	0,1286 (0,0000)	0,1829 (0,0000)	-0,0027 (0,0000)	0,0002 (0,6799)	-0,0151 (0,0876)	0,5961	0,3553	0,3550	0,0462	215,1264
	M6	-9,9936 (0,0000)	1,9490 (0,0000)	0,6635 (0,0000)	-0,0005 (0,1524)	-0,0035 (0,0000)	-0,0088 (0,1214)	0,9783	0,9572	0,9571	0,0056	25,8836

Valores entre parênteses indicam o *p*-valor dos respectivos coeficientes

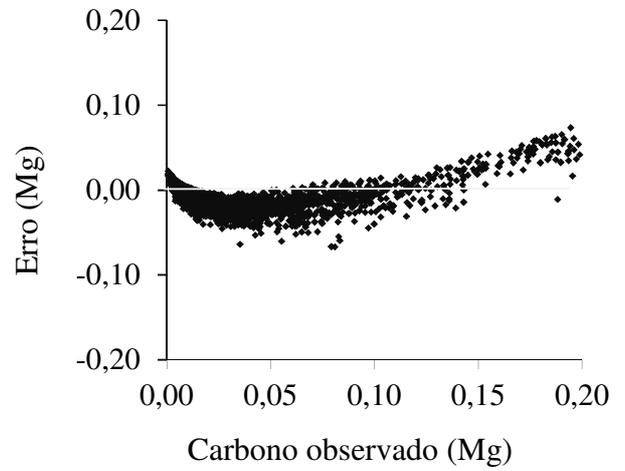
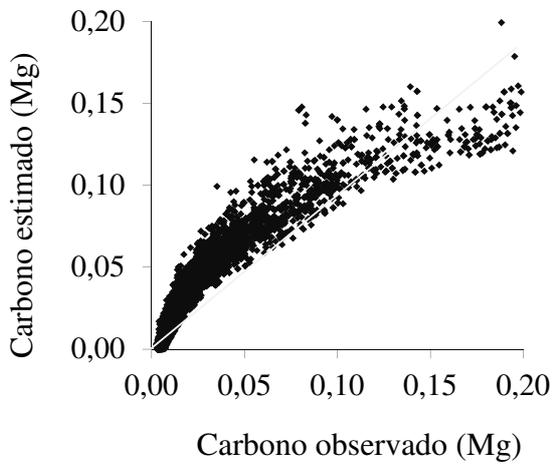
Tabela 3.2 – Parâmetros e estatísticas das equações ajustadas referentes a Floresta Estacional Semidecidual.

Modelagem / Variável estimada	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	r	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	S <sub>y,x</sub>	S <sub>y,x</sub> (%)
Modelos Alométricos / C1	M1	-0,1243 (0,0000)	0,0167 (0,0000)	-0,0037 (0,0000)				0,8559	0,73261	0,7325	0,0796	111,97475
	M2	0,0001 (0,0000)	1,7462 (0,0000)	0,8784 (0,0000)				0,9600			0,0436	61,2894
	M3	-10,7559 (0,0000)	1,7388 (0,0000)	1,1889 (0,0000)				0,9564	0,9147	0,9147	0,0461	64,8867
Modelos de prognose / C2	M4	-0,1212 (0,0000)	0,0178 (0,0000)	-0,0059 (0,0000)	0,0005 (0,0000)	0,0001 (0,0580)	-0,0072 (0,0014)	0,8528	0,7272	0,7272	0,0812	113,3959
	M5	-6,2043 (0,0000)	0,0857 (0,0000)	0,1242 (0,0000)	-0,0021 (0,0000)	0,0009 (0,0051)	0,0599 (0,0000)	0,4774	0,2279	0,2278	24,0575	33608,291
	M6	-10,4491 (0,0000)	1,8851 (0,0000)	0,8975 (0,0000)	0,0001 (0,6752)	0,0008 (0,0001)	0,0219 (0,0236)	0,9266	0,8587	0,8586	0,0587	81,9432

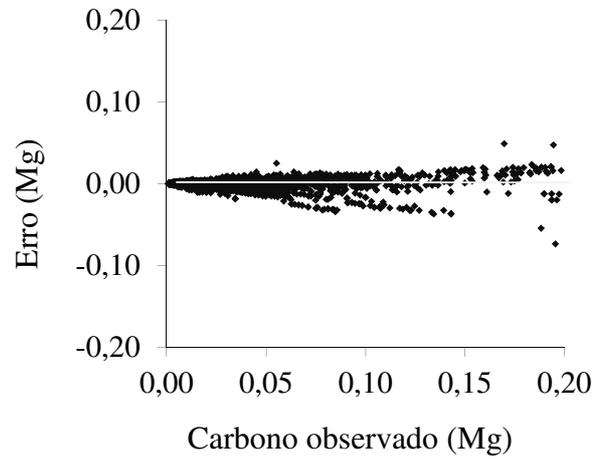
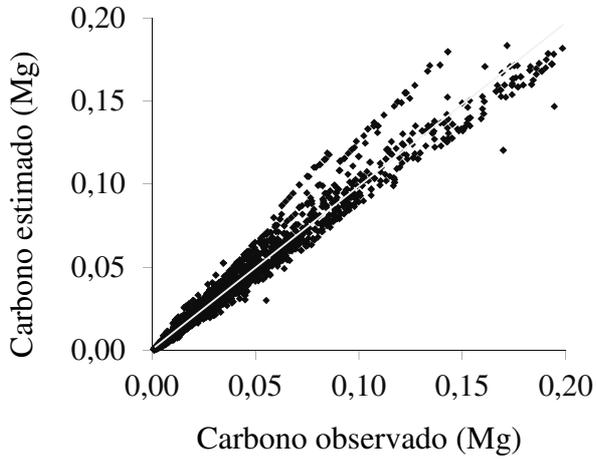
Valores entre parênteses indicam o *p*-valor dos respectivos coeficientes.

Modelos Alométricos

M1



M2



M3

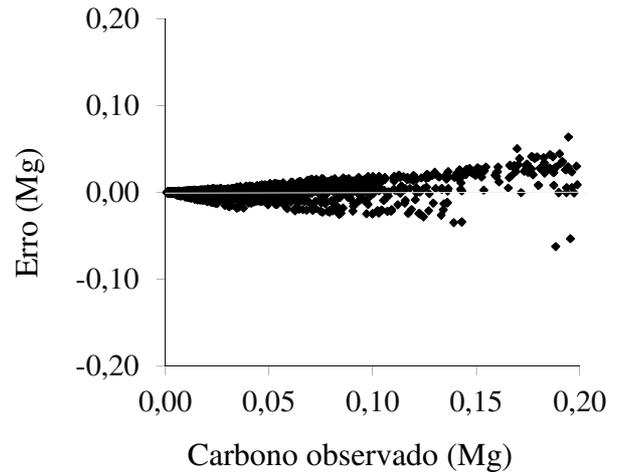
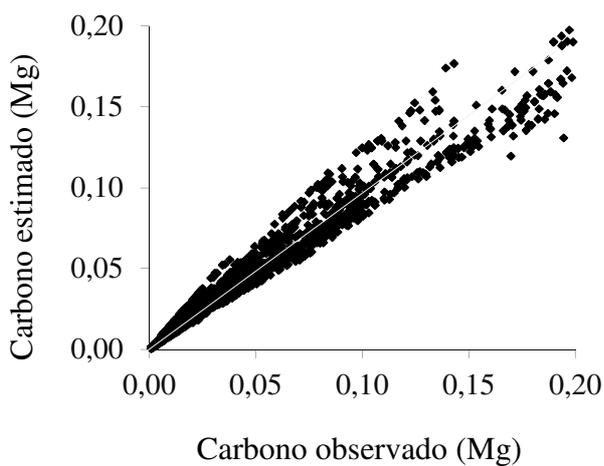


Figura 3.1 - Distribuição dos resíduos das equações ajustadas referentes aos 3 modelos alométricos (M1-M3) de estimativa de carbono total no Cerrado Típico no PESA.

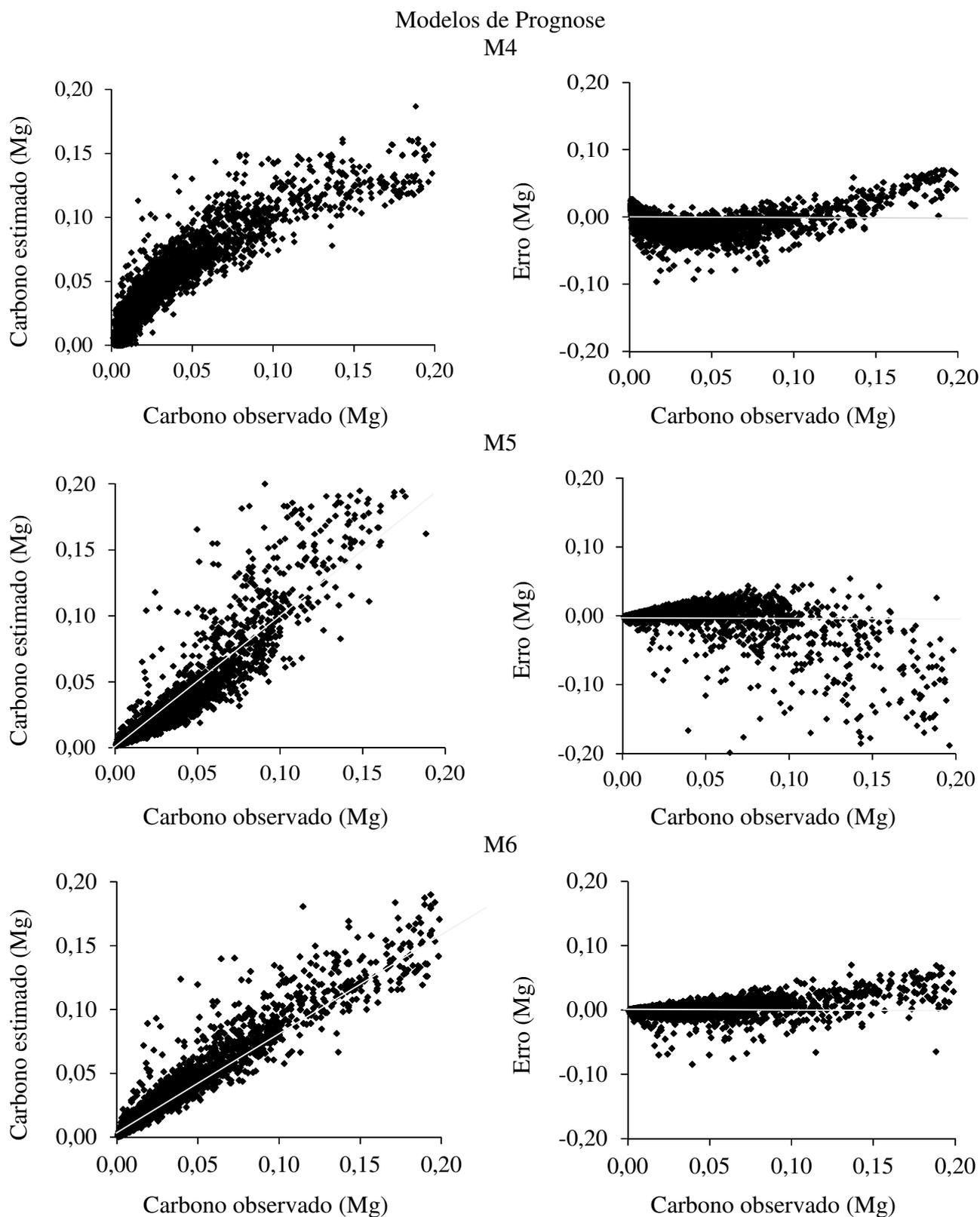


Figura 3.2 - Distribuição dos resíduos das equações ajustadas referentes aos 3 modelos de prognose (M4-M6) para estimativa de carbono total no Cerrado Típico no PESA.

### Modelos Alométricos

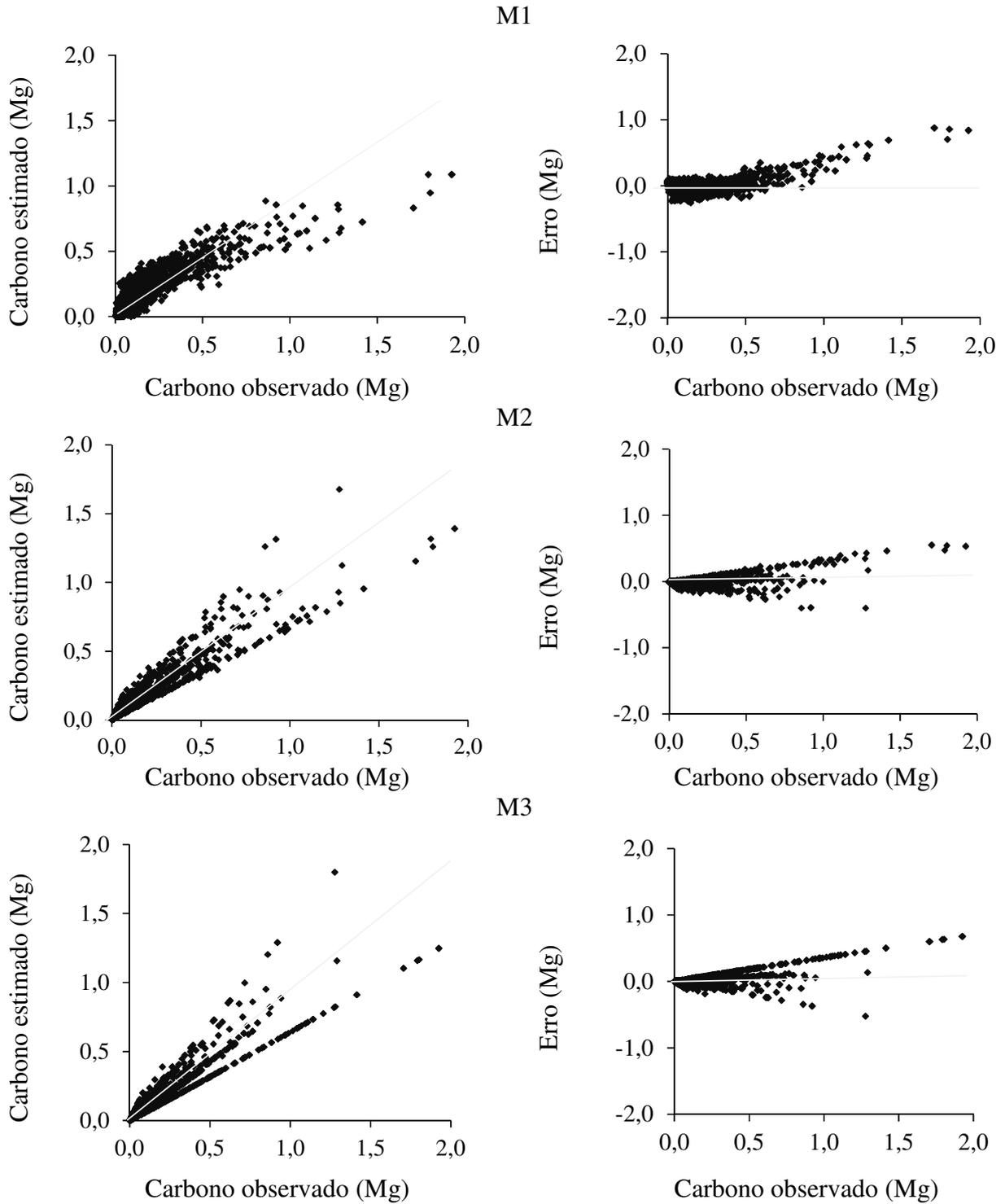


Figura 3.3 - Distribuição dos resíduos das equações ajustadas referentes aos 3 modelos alométricos (M1-M3) para estimativa de carbono total na Floresta Estacional no PESA.

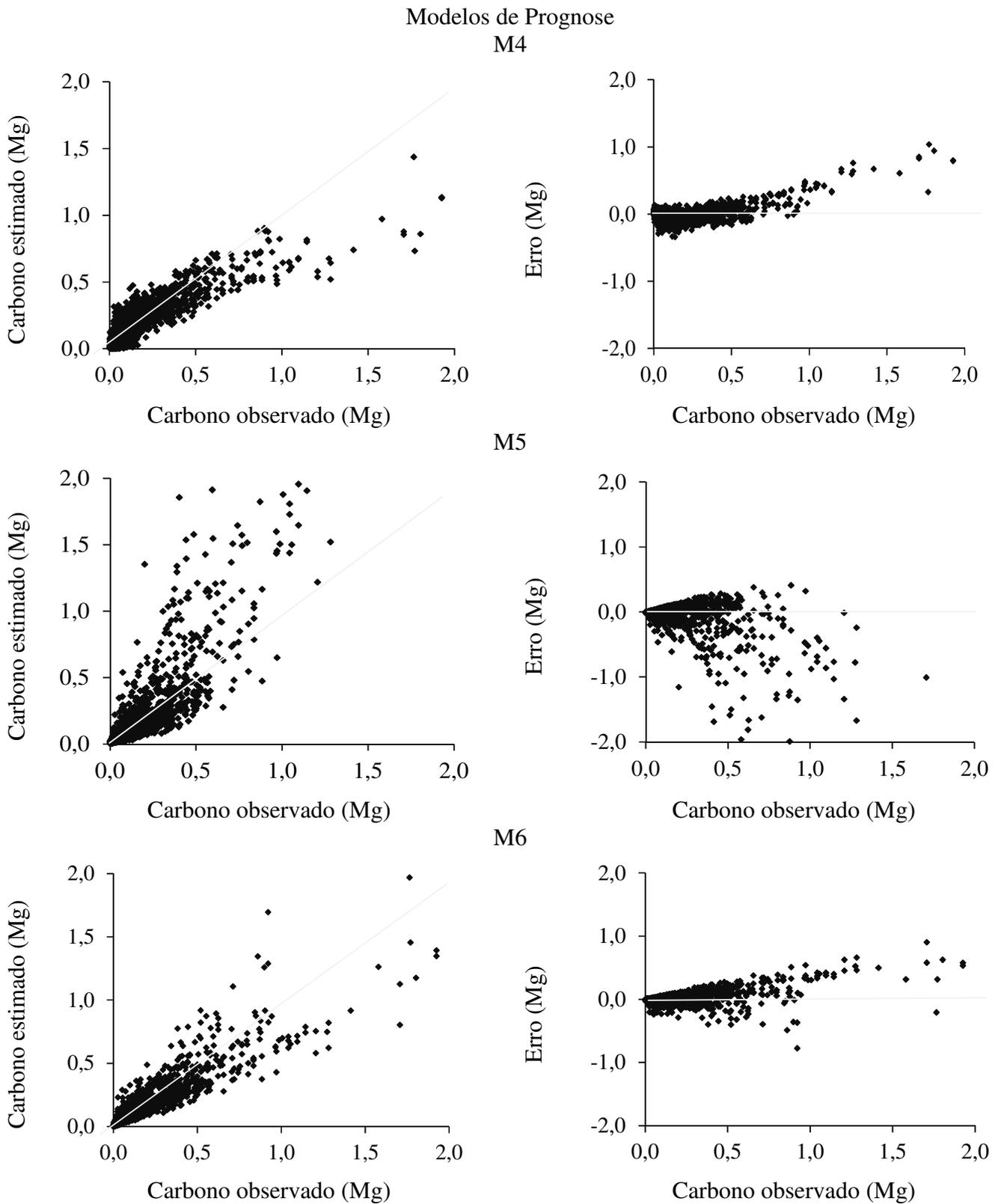


Figura 3.4 - Distribuição dos resíduos das equações ajustadas referentes aos 3 modelos de prognose (M4-M6) para estimativa de carbono total na Floresta Estacional no PESA.

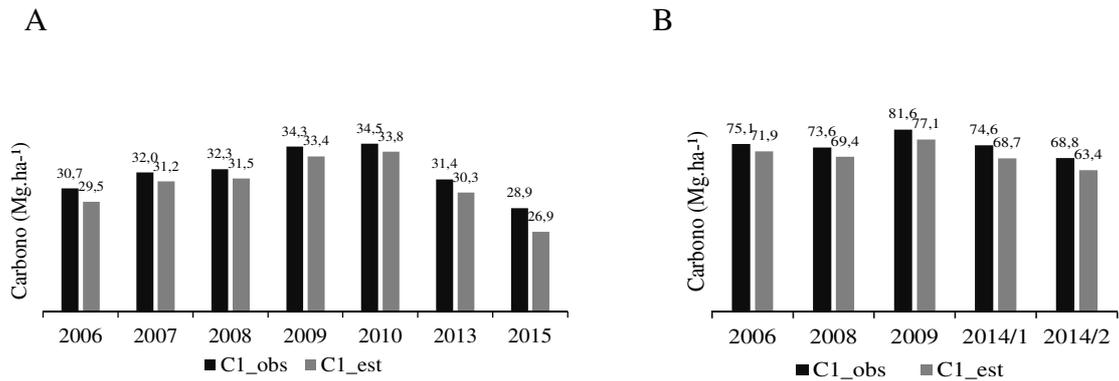


Figura 3.5 - (A) Estimação do estoque atual de carbono ( $C_1$ ) utilizando a equação alométrica ajustada para o Cerrado Típico do PESA pelo modelo alométrico M2 para cada ano de monitoramento; (B) Estimação do estoque atual de carbono ( $C_1$ ) utilizando a equação alométrica ajustada para a Floresta Estacional Semidecidual do PESA pelo modelo alométrico M3 para cada ano de monitoramento.  $C1_{obs}$  = carbono observado,  $C1_{est}$  = carbono estimado.

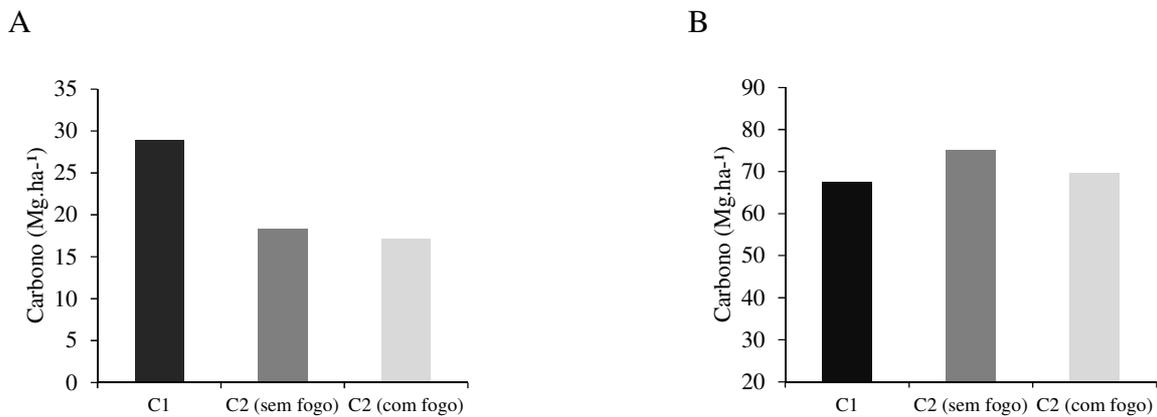


Figura 3.6 - (A) projeção do estoque de carbono no Cerrado Típico ( $C_2$ ) após cinco anos (60 meses) da medição atual, utilizando o modelo M6, com ou sem presença de fogo; (B) projeção do estoque de carbono na Floresta Estacional ( $C_2$ ) após cinco anos (60 meses) da medição atual, utilizando o modelo M4, com ou sem presença de fogo,  $C_1$  = carbono atual,  $C_2$  = carbono projetado.

### 3.6 DISCUSSÃO

Os modelos ajustados, tanto alométricos quanto de prognose, para a vegetação do cerrado típico e da Floresta Estacional Semidecidual mostraram, de forma geral, bons índices de ajuste e precisão, podendo ser comparados com outros trabalhos sobre a estimativa de carbono em diversos seguimentos florestais.

Rezende et al. (2006) avaliando modelos de estocagem de carbono em árvores do cerrado *sensu stricto* em Brasília encontraram valores de  $R^2$  ajustado variando entre 0,98% a 0,98 e os valores de  $Sy.x\%$  variaram de  $\pm 25,66$  a  $\pm 26,98$ . Amaro (2010), estudando uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, obteve uma equação para estimar carbono com  $R^2$  ajustado de 0,95 e  $Sy.x\%$  de  $\pm 23,6$ . Brianezi (2013) ao ajustar os modelos de Schumacher e Hall (1933) para árvores do perímetro urbano em Viçosa se deparou com  $R^2$  de 0,83 e  $Sy.x\%$  de  $\pm 58,88$ .

Em referência as florestas plantadas, Soares (2002) avaliou modelos para estimar carbono em árvores de Eucalipto, achando valores de  $R^2 = 98,90\%$   $CV = 14,98\%$ . O mesmo autor ajustando dados para verificar carbono em plantios de Eucalipto em 2005 encontrou estatísticas de precisão com valores de  $R^2$  maiores que 97,9% e  $Sy.x$  de  $\pm 0,1244$ . Miranda et al. (2011) ao ajustar modelos para áreas de reflorestamento de restauração descobriu  $R^2$  ajustado entre 0,90 e 0,91 e  $Sy.x\%$  entre  $\pm 43$  a  $\pm 46\%$ .

As equações alométricas escolhidas para estimativa de estoque de carbono atual geradas através dos ajustes realizados neste estudo são confiáveis quando comparadas aos demais estudos, pois pode-se observar que a estatísticas encontradas nas diferentes formações descritas anteriormente apresentaram resultados semelhantes, com valores de  $R^2$  maiores que 80 %.

Equações de projeção do carbono oriundas de fitofisionomias específicas do bioma Cerrado como Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual, abordadas neste trabalho, e ainda que, considerem competição e ocorrência de fogo são inéditas e, por isso, de difícil comparação. Contudo, pela análise dos coeficientes de determinação e erro padrão da estimativa, verificou-se que as equações de projeção de carbono indicadas no estudo, são apropriadas para prognose. Soares (2005) avaliou equações de crescimento e produção de carbono para plantios de Eucalipto, considerando como variáveis idade e índice de local, alcançando números de  $R^2$  entre 0,96 e 0,98 e  $Sy.x$  de  $\pm 0,44$  para três equações ajustadas.

A redução no estoque de carbono no Cerrado Típico apresentada pela projeção até o período proposto, diante da ocorrência ou não de fogo, pode ser provocada pela

competição e, ainda, pelo efeito da passagem intensa do fogo antes do último monitoramento. Esta resposta da vegetação foi evidenciada na equação de prognose ajustada que apresentou parâmetros  $\beta_3$  e  $\beta_5$  negativos indicando que quanto maior a competição e maior frequência de fogo menor será o crescimento e mais baixo o estoque de carbono acumulado. Como os parâmetros negativos são coerentes com o esperado biologicamente, a falta de significância dos mesmos não interferiu na eficácia do modelo, podendo ser considerado aplicável para a respectiva formação (GUJARATI; PORTER, 2011).

A Floresta Estacional, da mesma forma que o Cerrado, apresentou relação negativa com fogo, corroborando com os resultados obtidos na projeção, em que o estoque reduz quando a vegetação é submetida ao fogo.

A competição é uma variável de difícil mensuração, todavia de fundamental importância para a modelagem de crescimento e produção em florestas tropicais, pois permite a determinação do nível de supressão de cada árvore em relação às suas competidoras (MARTINS et al., 2011), e de seu efeito negativo sobre o crescimento e mortalidade das árvores (STERBA et al., 2002). A medida que as plantas crescem, elas modificam seu ambiente, e reduzem os recursos disponíveis para o crescimento de outros indivíduos (FORD; SORRENSEN, 1992), com isso, o crescimento das plantas é afetado, uma vez que, os recursos naturais pelos quais elas competem entre si, como água, luz e nutrientes, decrescem abaixo de sua demanda (MARTINS, 2011). Quando o nível de competição altera o crescimento da planta, a assimilação de carbono é comprometida.

Já o fogo afeta diretamente a sobrevivência, o crescimento e reprodução das plantas (HOFFMAN; MOREIRA, 2002), podendo alterar a estrutura, a composição florística, limitar o recrutamento, e dessa maneira, causar redução da densidade de árvores (COCHRANE; SCHULZE 1999), por conseguinte, o decréscimo do estoque de carbono total. Além disso, as respostas aos impactos do fogo variam conforme a intensidade, a frequência e a duração dos incêndios (HOFFMAN; MOREIRA, 2002).

A perda de carbono mais intensa no Cerrado Típico, principalmente durante os 60 meses seguintes estimados, possivelmente acontece porque a vegetação no cerrado foi submetida a 3 episódios de fogo durante os 9 anos de monitoramento e, portanto, está condicionada aos efeitos destes distúrbios, sendo que os dois últimos acontecimentos, mais recentes, tiveram intervalo de apenas dois anos. Hoffman e Solbrig, (2003) afirmam que o cerrado é muito inflamável, podendo queimar em intervalos de 1-3 anos. Segundo Sato (2003), áreas protegidas de cerrado sentido restrito tem mortalidade entre 5% e 6%, porém

quando acometidas pelo fogo esses valores alcançam de 10% a 30%. Se há mortes de indivíduos lenhosos e redução da densidade do estrato arbóreo, espera-se que isso reflita em decréscimo de biomassa, (CASTRO-NEVES, 2007), e conseqüentemente em redução de carbono estocado. Outra condição importante estimada por Eiten (1994), é que no Cerrado Típico a recuperação da vegetação com base em nutrientes pode demorar de 3 a 5 anos.

Na Floresta Estacional, apesar de uma perda significativa do estoque de carbono pós-fogo em 2014, este se recuperou e aumentou os estoques de carbono no intervalo de tempo futuro idealizado. A recuperação e crescimento pode refletir a baixa intensidade da queimada, pois a inflamabilidade é menor na floresta devido à densa cobertura que exclui gramíneas e mantém um sub-bosque mais úmido (HOFFMAN; SOLBRIG, 2003), causando menores efeitos na vegetação.

### **3.7 - CONCLUSÕES**

Metodologias que permitam medir e quantificar de maneira confiável o carbono armazenado nos ecossistemas, e também predizer seu comportamento em qualquer momento durante o crescimento da vegetação são essenciais para se alcançar êxito em projetos que visem a redução da emissão de gases do efeito estufa e sequestro de carbono. As equações ajustadas neste estudo para as fitofisionomias Cerrado típico e Floresta estacional Semidecidual no Bioma Cerrado mostraram-se confiáveis e adequadas para estimar o estoque de carbono atual e projeção do carbono futuro, sob condições de competição e incidência de fogo.

## **4 - POTENCIAL DE ESTOCAGEM DE CARBONO EM ESPÉCIES DE CERRADO TÍPICO E FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

### **4.1 - RESUMO**

Como o objetivo de conhecer melhor a contribuição de diferentes formações florestais e a contribuição individual das espécies arbóreas no sequestro de carbono, este estudo foi desenvolvido em duas áreas, uma de Cerrado Típico e outra de Floresta Estacional Semidecidual, no estado de Mato Grosso, Brasil. Para cada área foi quantificado o estoque de carbono presente na biomassa da parte aérea, realizadas as análises fitossociológicas e incorporado a variável estoque de carbono na análise da estrutura horizontal (EH) de cada vegetação. Foi também observado a mudança na ordem de importância das espécies comparado ao ranking da EH obtido pela metodologia padrão para cada vegetação. As duas vegetações estudadas apresentaram mudanças no ranking de importância das espécies ao se inserir o carbono. No Cerrado 32% das espécies subiram no ranking, enquanto na Floresta Estacional 35%. Pode-se observar espécies subindo até 10 posições no ranking, enquanto outras desceram até 6 lugares. Espécies que apresentaram maior índice de valor de importância ampliado (IVIA) destacaram por apresentar altos teores de carbono em sua biomassa e capacidade de aliar todos os parâmetros populacionais, especialmente dominância e densidade.

**Palavras-chave:** IVIA, *ranking* de importância, mudanças climáticas.

### **4.2 – ABSTRACT –**

To better understand the contribution of different forest types and the individual tree species in carbon storage, this study was conducted in two areas, Cerrado Típico and other Semi-deciduous Forest in the state of Mato Grosso, Brazil. Each area had the stock of carbon present in the aerial biomass quantified, and the phytosociological analysis incorporated the variable carbon stock in the horizontal structure analysis (EH) of both vegetation. It was also noted the change in the order of importance of species compared to the ranking obtained by standard methodology (EH). Both vegetation studied showed changes in the ranking of importance of the species when inserting carbon. In the cerrado 32% of the species have risen in the ranking, while the seasonal forest 35%. It was observed species climbing up to 10 positions in the ranking and also falling down to 6. Species with the highest magnified importance value index (IVIA), showed greater carbon storage potential stood out for presenting high levels of carbon in their biomass, but also

because they are species of greatest ability to combine all the parameters, especially dominance and density.

**Keywords:** IVIA, importance *ranking*, climate change.

### 4.3 - INTRODUÇÃO

O potencial armazenador de carbono através de sumidouros naturais é inegavelmente relevante, pois a partir destas informações serão elaborados novos projetos de florestamento ou reflorestamento, procedimentos visados para a mitigação das mudanças climáticas (WEBER et al., 2006). Segundo Balbinot et al. (2001), o florestamento, reflorestamento e o manejo otimizado das florestas são excelentes métodos mediante os quais, o carbono atmosférico pode ser retirado da atmosfera. Sendo assim, o conhecimento das espécies potenciais na absorção do carbono é essencial para efeito de sua neutralização, pois o mercado voluntário tem dado preferência a espécies nativas plantadas para esquemas de recuperação por serem usualmente mais permanentes (OLIVEIRA et al., 2011).

A estimativa de absorção de gás carbônico da atmosfera pelo crescimento das árvores deve ser feita a partir da determinação do estoque de carbono potencial das espécies ou do tipo de floresta que será plantada (OLIVEIRA, et al., 2011). Para Brun (2007), avaliar o potencial em sequestrar e acumular carbono de cada espécie individualmente é tão importante quanto avaliar o acúmulo de biomassa e/ou carbono na floresta natural como um todo. Por isso, Fonseca et al., (2012) acreditam que o desenvolvimento de dados específicos das espécies é a melhor maneira de adquirir estimativas precisas e reais sobre biomassa e, por conseguinte, de carbono. Nesse sentido, a quantificação da concentração de carbono em uma série de espécies é mandatória para se compreender o potencial da vegetação em capturar e acumular esse elemento (MARTIN e THOMAS, 2011).

A alocação de carbono nas plantas decorre de uma série de condições ambientais e de características morfofisiológicas intrínsecas, podendo variar conforme o sítio e espécie (WATZLAWICK et al., 2014). Cada espécie e cada tipo de floresta possui quantidades diferentes de carbono por indivíduo, por hectare, que é proporcional a quantidade, tamanho e composição de suas árvores (OLIVEIRA, et al. 2011). A resposta individual das espécies é importante porque são determinadas em escala local, mas interferem no funcionamento do ecossistema, em escala regional e global (CASTRO-NEVES, 2007).

Na análise da vegetação é importante encontrar um valor ou parâmetro que permita uma visão mais detalhada da estrutura e funções de cada espécie, ou ainda que, caracterize a importância de cada espécie no contexto ecológico global atual. Assim sendo, o conhecimento do potencial de estocagem de carbono nas diferentes espécies do Cerrado é imprescindível diante do quadro climático global e das ameaças sofridas por este bioma, por causa da redução da extensão de suas formações. Contudo, um grande desafio é a escolha de espécies a serem utilizadas ao se promover o reflorestamento, possivelmente, espécies que estocam uma maior fração de carbono irão compor planos de recuperação.

Como a fitossociologia possui um papel importante no embasamento de programas de gestão ambiental, manejo e recuperação de áreas degradadas (CHAVES, 2013), este trabalho contou com esta ferramenta para avaliar o potencial das espécies em estocar carbono. Procurou-se alcançar os seguintes objetivos: *i*) quantificar o estoque de carbono presente na biomassa aérea (fuste) das espécies residentes em Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual; *ii*) incluir a variável carbono no cálculo do valor de importância das espécies, no cálculo da estrutura horizontal (IVIA - índice de valor de importância ampliado) e comparar os resultados obtidos com a análise fitossociológica padrão (IVD); *iii*) verificar a mudança na ordem de importância no *ranking*; *iiii*) apontar espécies de importância e com maior potencial para estocar carbono nas duas fitofisionomias estudadas.

## **4.4 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.4.1 - Área de estudo**

A presente pesquisa foi conduzida no Parque Estadual da Serra Azul (PESA), localizado no município de Barra do Garças – MT (15°45′-15°53′S e 52°07′-52°17′W). O PESA está inserido no bioma Cerrado e o estudo desenvolveu-se em duas fitofisionomias, sendo uma formação savânica (Cerrado Típico) e outra formação florestal (Floresta Estacional Semidecidual). A área de estudo está descrita detalhadamente no capítulo 2, item 2.4.1.

### **4.4.2. Amostragem**

Para o desenvolvimento deste capítulo, as duas áreas de estudo foram inventariadas. Os levantamentos foram feitos em dezembro de 2014 na Floresta Estacional e em março de 2015 no Cerrado Típico. Diâmetro e altura foram mensurados obedecendo o critério de inclusão para cada fitofisionomia descritos no capítulo 2, item 2.4.2.

Em 2014, amostras de madeira com casca das espécies existentes nas duas áreas de estudo foram retiradas para determinação da densidade básica da madeira, segundo a metodologia apresentada no item 2.4.2.

#### **4.4.3 Análise de dados**

##### **4.4.3.1 Quantificação do carbono**

Para cada indivíduo amostrado foi calculado o volume total ( $m^3$ ) e utilizada a densidade básica média da madeira com casca ( $g.cm^{-3}$ ) daquela espécie para a determinação da biomassa (Mg) e carbono (Mg), conforme item 2.4.3.1.

##### **4.4.3.2 Parâmetros fitossociológicos**

Nos dois sítios de estudo, os seguintes parâmetros populacionais foram calculados: número de indivíduos por espécie (N), densidade absoluta (DA), que é o número de indivíduos por hectare de cada espécie; dominância absoluta (DoA), que se define como a soma das áreas basais dos fustes de todos os indivíduos da mesma espécie; frequência absoluta (FA), que é a proporção do número de unidades amostrais com presença de uma dada espécie em relação ao número total de unidades amostrais. Estes mesmos parâmetros são apresentados em termos relativos (DR; DoR e FR, respectivamente), ao se dividir o parâmetro absoluto de cada espécie pelo parâmetro de todas as espécies. Além disso, foi gerado o índice de valor de importância (IVI) representado pelo percentual de importância da média aritmética dos três valores relativos (SOARES et al., 2011; MORO e MARTINS, 2011; MUELLER-DOMBOIS e ELLENBERG, 1974).

A variável carbono por espécie (CA, em  $t.ha^{-1}$ ), bem como seu valor relativo (CR), foi inserida no cálculo do índice de valor de importância, a fim de avaliar o efeito dessa inclusão na valoração das espécies em comparação com o método tradicional (GASPAR et al., 2014). Consequentemente alcançamos pela média de todos os valores relativos, o índice de valor de importância ampliado (IVIA), incluindo o valor de carbono relativo das espécies na comunidade. Será avaliada a influência deste parâmetro na mudança do *ranking* de importância das espécies (GASPAR et al., 2014).

## **4.5 - RESULTADOS**

No Cerrado Típico foram observados 1.220 indivíduos vivos por hectare, que se distribuem em 83 espécies e 36 famílias, apresentando diâmetros (DAP) entre 4,77 e 60

cm, com alturas alcançando de 2 a 14 m. A Floresta Estacional apresentou em toda área amostrada (1,8ha) 1.728 árvores vivas (960 por hectare), pertencentes a 96 espécies e 40 famílias, cerca de 85% dos indivíduos apresentaram diâmetros variando entre 4,77 e 25 cm. A altura variou de 4 a 24 m. Os valores de densidade da madeira variaram entre 0,43 a 0,92 no Cerrado Típico e de 0,28 a 1,08 na Floresta.

As famílias que mais se destacaram por sua riqueza de espécies no Cerrado Típico foram Myrtaceae (16,5%) e Fabaceae (15,3%), da mesma maneira, na Floresta Estacional Fabaceae (17%) foi a família de maior expressão. As espécies com maior número de indivíduos no cerrado foram *Miconia albicans* (8,06%), *Davilla elliptica* (7,21%), *Kielmeyera coriacea* (5,5%), *Licania humilis* (4,96%) (Tabela 4.1). Na floresta estacional sobressaíram-se as espécies *Coussarea hydrangeifolia* (9,25%), *Aspidosperma subincanum* (8,65%), *Cordia sellowiana* (8,55%), *Leptolobium araguaiense* (7,51%) (Tabela 4.2). Treze espécies foram encontradas em ambas fitofisionomias, elas são: *Andira humilis*, *Astronium fraxinifolium*, *Casearia sylvestris*, *Curatella americana*, *Dipteryx alata*, *Diptychandra aurantiaca*, *Handroanthus ochraceus*, *Machaerium acutifolium*, *Qualea multiflora*, *Qualea parviflora*, *Roupala montana*, *Simarouba versicolor*, *Xylopia aromatica* (Tabela 4.1 e 4.2).

As análises fitossociológicas realizadas neste trabalho avaliaram a estrutura horizontal das comunidades observadas explorando os parâmetros de densidade, frequência e dominância, que geraram o índice de valor de importância relativa das espécies (IVI), entretanto, o objetivo principal deste estudo foi incluir nas análises o índice de valor de importância ampliado (IVIA), considerando a inclusão do parâmetro carbono (quantidade de carbono estocado na madeira com casca). Na Tabela 4.1 são apresentadas as análises referentes ao Cerrado Típico e a variação entre os dois rankings, considerando a ordem de importância pelo IVIA. Na Tabela 4.2 encontram-se as análises para a Floresta Estacional.

No cerrado as espécies *Miconia albicans* (7,6 %), *Davilla elliptica* (7 %), *Kielmeyera coriacea* (5,5 %) mostraram maior densidade relativa. Na frequência relativa distinguiram-se das outras as espécies *Davilla elliptica*; *Kielmeyera coriacea*; *Licania humilis*; *Qualea grandiflora* e *Pouteria ramiflora*, todas com o valor de 2,61%, e as espécies com maiores valores de dominância relativa foram *Mezilaurus crassiramea* (9,24%), *Buchenavia tomentosa* (7,77%), *Licania humilis* (6,96%). Assim como no parâmetro de dominância, o potencial em estoque de carbono relativo foi representado por *Buchenavia tomentosa* (13,07%), *Mezilaurus crassiramea* (12,43%), *Licania humilis* (6,20%) (Tabela 4.1).

Na Floresta Estacional, as espécies que exibiram maior densidade relativa foram *Cordia sellowiana* (8,85 %) *Coussarea hydrangeifolia* (8,74 %), *Aspidosperma subincanum* (8,74 %). Quanto a frequência relativa 10 espécies apresentaram valores iguais a 2,0 % (Tabela 4.2). As de maior dominância relativa foram *Anadenanthera peregrina* (13,76%), *Cordia sellowiana* (8,83 %), *Hymenaea courbaril* (6,64%). Em relação ao carbono relativo, *Anadenanthera peregrina* (22,83 %), *Hymenaea courbaril* (8,34%) e *Cordia sellowiana* (6,40%) apresentaram maior valor de carbono (Tabela 4.2).

As 10 espécies de maior IVI e IVIA tanto no Cerrado Típico quanto na Floresta Estacional estão listadas na Figura 4.1. No Cerrado a espécie em primeiro lugar no ranking de importância (IVI) é *Mezilaurus crassiramea*, esta espécie também lidera o ranking quando a variável carbono é inserida (IVIA), portanto permaneceu na mesma posição, sem variação no ranking. No IVI as espécies que seguem na ordem de importância são *Licania humilis*, *Davilla elliptica*, *Buchenavia tomentosa* e *Miconia albicans*, entre as demais. Quando comparamos IVI e IVIA, constatamos que várias espécies alteram sua posição no ranking de importância, decorrente de seu maior ou menor potencial na estocagem de carbono. Na Figura 4.1, em IVIA do cerrado, podemos ver que na sequência seguem as espécies *Buchenavia tomentosa*, *Licania humilis*, *Davilla elliptica*. A espécie *Buchenavia tomentosa* subiu de quarto para segundo lugar, as espécies *Licania humilis*, *Miconia albicans* desceram um degrau no ranking. Entre as principais espécies citadas no IVI na Figura 4.1, *Tachigali vulgaris* estava em 8º lugar, no entanto, na avaliação do IVIA esta espécie alcançou três posições posição acima. Vochysiaceae foi a família que mais conteve espécies (2) entre as dez de maior IVIA.

Na Figura 4.1 pode-se verificar que a espécie que ocupa o primeiro lugar no ranking de importância de IVI da Floresta Estacional é *Cordia sellowiana*, seguida das espécies *Anadenanthera peregrina*, *Aspidosperma subincanum*, *Leptolobium araguaiense*, *Coussarea hydrangeifolia*. Na mesma figura referente ao IVIA, a principal espécie é *Anadenanthera peregrina*, e as espécies *Cordia sellowiana*, *Aspidosperma subincanum*, *Hymenaea courbaril*, *Leptolobium araguaiense* estão na sequência entre as 10 primeiras ranqueadas. *Anadenanthera peregrina* alcançou o primeiro lugar no ranking subindo 1 ponto, por outro lado, *Cordia sellowiana* desceu um ponto, *Aspidosperma subincanum* subiu um degrau e *Hymenaea courbaril* dois degraus, *Leptolobium araguaiense* e *Coussarea hydrangeifolia* desceram um posicionamento. A família Fabaceae se destacou por apresentar maior número de espécies (4) que ocupam um dos 10 primeiros lugares no ranking de IVIA na Floresta Estacional.

A Figura 4.1 demonstra a contribuição dos diferentes parâmetros fitossociológicos nos índices de IVI e IVIA para as espécies mais importantes em cada fitofisionomia. Os resultados mostram que as espécies que se posicionam no topo do ranking como potenciais na estocagem de carbono (IVIA) são influenciadas pelos padrões de dominância principalmente, seguido, de densidade. Nota-se uma relação intrínseca entre carbono relativo e dominância, pois espécies dominantes agregam mais biomassa, logo, maior porção de carbono (Figura 4.1). Entretanto, os resultados revelam que espécies estrategicamente potenciais no sequestro e estocagem de carbono aliam densidade e dominância especialmente, por fim, frequência, (Figura 4.1).

Quando o parâmetro estoque de carbono foi inserido nas análises ocorreu uma grande alteração na ordem de importância das espécies. Existem espécies que desceram muitas posições no ranking, outras permaneceram na mesma posição e algumas espécies, ao subirem muitas posições, mesmo que não ocupem os primeiros lugares, passam a ser reconhecidas pelo seu potencial na captura e estocagem de carbono (Figura 4.2, Tabelas 4.1 e 4.2). No Cerrado Típico, espécies como *Andira cujabensis*, *Emmotum nitens*, *Pterodon pubescens*, *Bowdichia virgilioides* alcançaram 7, 8, 9, 10 degraus acima respectivamente, enquanto *Kielmeyera speciosa* desceu 7. Na Floresta Estacional destacaram-se ao subir no ranking de importância 7, 7, e 5 lugares as espécies *Andira humilis*, *Tachigali vulgaris*, *Jacaranda brasiliana*, respectivamente, *Cheiloclinium cognatum* regrediu 5 posições (Tabelas 4.1 e 4.2).

Ao verificarmos a mudança de *ranking* nas duas vegetações na Figura 4.2, constatamos que 20% das espécies do Cerrado Típico mantiveram suas posições quando calculados o IVIA, enquanto na Floresta o valor foi de 29%. Pode-se notar que no cerrado ocorreram alterações no ranking de importância de até 7 posições negativas chegando a 10 positivas. O padrão que o cerrado apresenta é de que a maior porcentagem das espécies desceu no ranking (48%), se 20 % mantiveram sua posição, isso significa que 32% sofreram mudanças positivas. Na floresta estacional, as posições variaram entre -5 a + 7. O padrão encontrado foi de porcentagem igual entre espécies que caíram no ranking (35 %) e espécies que subiram (35 %), restando assim 30 % de espécies que permaneceram em seu lugar no ranking. No Cerrado e na Floresta, aproximadamente 60 % e 70 % das espécies, respectivamente, se concentram mais entre as posições -2 a +2. As Tabela 4.1 e 4.2 descrevem a lista de ranking com valores de IVI e IVIA de todas as espécies do Cerrado e da Floresta estacional, respectivamente, já a porcentagem de espécies que tiveram suas posições no ranking alteradas encontra-se na figura 4.2.

Tabela 4.1 - Parâmetros populacionais e fitossociológicos de um Cerrado Típico incluindo o índice de valor de importância ampliado (IVIA) no PESA. Em que: N = número de indivíduos por hectare; DB = densidade básica da madeira (kg/cm<sup>3</sup>); VOL = volume (m<sup>3</sup>); BI = biomassa (Mg); DA = densidade absoluta (ind./ha); DR = densidade relativa (%); FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa (%); DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa (%); CA = estoque de carbono absoluto (Mg); CR = estoque de carbono relativo (%); IVI = índice de valor de importância (%); IVIA = índice de valor de importância ampliado (%), considerando a variável carbono; e Δ Ranking = deslocamento no ranking dada a inclusão da variável carbono. (↑) Subiu j posições no Ranking; (↓) Desceu j posições no Ranking; (#) espécies em comum; (\*) valores de densidade da madeira encontrados na literatura.

Família	Espécies	N	DM	VOL	BI	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	CA	CR	IVI	IVIA	Δ Ranking
Lauraceae	<i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. exMez	48	0,66	10,04	6,63	48	3,9	90	2,35	1,69	9,24	3,31	11,45	5,17	6,74	=
Combretaceae	<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler #	39	0,75	8,47	6,35	39	3,2	90	2,35	1,42	7,77	3,18	10,98	4,44	6,07	↑2
Chrysobalanaceae	<i>Licania humilis</i> Cham. & Schtdl.	60	0,60	5,06	3,04	60	4,9	100	2,61	1,27	6,96	1,52	5,25	4,83	4,93	↓1
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	85	0,63	2,41	1,52	85	7,0	100	2,61	0,86	4,74	0,76	2,63	4,77	4,24	↓1
Fabaceae	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	26	0,74	5,74	4,25	26	2,1	50	1,31	0,97	5,33	2,12	7,34	2,92	4,03	=
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	93	0,68	2,02	1,37	93	7,6	80	2,09	0,65	3,56	0,69	2,38	4,42	3,91	=
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	42	0,71	3,48	2,47	42	3,4	100	2,61	0,76	4,17	1,23	4,26	3,41	3,62	↑1
Sapotaceae	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	32	0,72	3,41	2,42	32	2,6	100	2,61	0,62	3,4	1,21	4,19	2,88	3,2	↑2
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	67	0,63	2,05	1,13	67	5,5	100	2,61	0,49	2,68	0,56	1,95	3,59	3,18	↓3
Ochnaceae	<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	36	0,56	2,47	1,38	36	3,0	90	2,35	0,6	3,28	0,69	2,39	2,86	2,74	=
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.#	32	0,67	2,12	1,42	32	2,6	90	2,35	0,49	2,66	0,71	2,46	2,54	2,52	=
Fabaceae	<i>Andira cujabensis</i> Benth.	15	0,63	2,89	1,82	15	1,2	80	2,09	0,49	2,69	0,91	3,15	2	2,29	↑7
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.#	22	0,53	2,82	1,49	22	1,8	50	1,31	0,62	3,38	0,75	2,58	2,16	2,27	↑3
Melastomataceae	<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	29	0,72	1,46	1,05	29	2,4	80	2,09	0,41	2,23	0,53	1,82	2,23	2,13	↑1
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	33	0,56	1,61	0,90	33	2,7	80	2,09	0,36	1,97	0,45	1,56	2,25	2,08	↓2
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera speciosa</i> A.St.-Hil.	34	0,55	1,36	0,86	34	2,8	90	2,35	0,3	1,66	0,43	1,48	2,27	2,07	↓7
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	24	0,68	1,81	1,23	24	2,0	80	2,09	0,36	1,99	0,61	2,12	2,02	2,04	↑3
Myrtaceae	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	46	0,72	0,61	0,44	46	3,8	90	2,35	0,2	1,11	0,22	0,76	2,41	2	↓6
Fabaceae	<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	9	0,79	2,44	1,93	9	0,7	60	1,57	0,35	1,94	0,96	3,33	1,42	1,89	↑9

Continua...

Continuação

Família	Espécies	N	DM	VOL	BI	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	CA	CR	IVI	IVIA	Δ Ranking
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. Ex Hayne	20	0,73	1,38	1,01	20	1,6	70	1,83	0,32	1,77	0,50	1,74	1,75	1,74	↑1
Malpighiaceae	<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	32	0,52	0,70	0,36	32	2,6	90	2,35	0,21	1,17	0,18	0,63	2,05	1,69	↓4
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i> Mart.#	20	0,71	1,44	1,02	20	1,6	60	1,57	0,27	1,5	0,51	1,77	1,57	1,62	↑1
Malvaceae	<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	9	0,49	2,11	1,03	9	0,7	70	1,83	0,33	1,8	0,52	1,79	1,46	1,54	↓2
Icacinaceae	<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	5	0,64	2,38	1,53	5	0,4	40	1,04	0,33	1,82	0,76	2,64	1,09	1,48	↑8
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	24	0,64	0,71	0,45	24	2,0	80	2,09	0,19	1,02	0,23	0,78	1,69	1,47	↓2
Myrtaceae	<i>Eugenia gemmiflora</i> O.Berg	25	0,62	0,75	0,46	25	2,1	70	1,83	0,21	1,12	0,23	0,79	1,67	1,45	↓5
Myrtaceae	<i>Eugenia ternatifolia</i> Cambess.	13	0,66	1,26	0,83	13	1,1	60	1,57	0,25	1,39	0,42	1,44	1,34	1,37	↑3
Vochysiaceae	<i>Vochysia rufa</i> Mart.	17	0,61	0,68	0,42	17	1,4	70	1,83	0,16	0,87	0,21	0,72	1,36	1,2	↓1
Lecythidaceae	<i>Eschweilera nana</i> (O.Berg) Miers	15	0,59	0,67	0,39	15	1,2	70	1,83	0,16	0,86	0,20	0,68	1,31	1,15	↓1
Myrtaceae	<i>Myrcia lanuginosa</i> O.Berg	25	0,53	0,21	0,11	25	2,1	70	1,83	0,08	0,43	0,06	0,19	1,44	1,13	↓5
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	16	0,56	0,43	0,24	16	1,3	70	1,83	0,14	0,79	0,12	0,41	1,31	1,09	↓3
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.	15	0,63	0,38	0,24	15	1,2	70	1,83	0,11	0,58	0,12	0,41	1,21	1,01	↓2
Annonaceae	<i>Xylopia aromática</i> (Lam.) Mart.#	12	0,57	0,91	0,52	12	1,0	50	1,31	0,15	0,81	0,26	0,89	1,03	1	↓3
Loganiaceae	<i>Strychno spseudo-quina</i> A.St.-Hil.	6	0,74	1,18	0,87	6	0,5	30	0,78	0,2	1,1	0,44	1,51	0,79	0,97	↑7
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.	9	0,63	0,57	0,36	9	0,7	70	1,83	0,12	0,66	0,18	0,62	1,08	0,96	↓3
Fabaceae	<i>Luetzelburgia praecox</i> (Harms) Harms	6	0,77	1,00	0,77	6	0,5	40	1,04	0,17	0,93	0,39	1,33	0,82	0,95	↑5
Vochysiaceae	<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	8	0,54	0,73	0,39	8	0,7	60	1,57	0,16	0,87	0,20	0,68	1,03	0,94	↓4
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.#	9	0,71	0,67	0,48	9	0,7	50	1,31	0,14	0,78	0,24	0,83	0,94	0,91	↓2
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	4	0,52	1,01	0,53	4	0,3	40	1,04	0,14	0,75	0,26	0,91	0,71	0,76	↑3
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	11	0,55	0,24	0,12	11	0,9	60	1,57	0,06	0,34	0,06	0,21	0,94	0,75	↑8
Malpighiaceae	<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	12	0,54	0,22	0,12	12	1,0	50	1,31	0,06	0,35	0,06	0,20	0,88	0,71	↓3
Fabaceae	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	2	0,76	0,95	0,73	2	0,2	20	0,52	0,14	0,76	0,36	1,25	0,48	0,67	↑10
Fabaceae	<i>Andira humilis</i> (Mart.) Benth.#	7	0,71	0,31	0,22	7	0,6	50	1,31	0,08	0,43	0,11	0,38	0,77	0,67	=
Connaraceae	<i>Rourea induta</i> Planch.	12	0,53	0,11	0,06	12	1,0	50	1,31	0,04	0,23	0,03	0,10	0,84	0,65	↓5
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	7	0,43	0,50	0,21	7	0,6	30	0,78	0,11	0,63	0,11	0,37	0,66	0,59	↓1
Myrtaceae	<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	5	0,61	0,37	0,23	5	0,4	30	0,78	0,08	0,45	0,11	0,39	0,55	0,51	↑3
Fabaceae	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	4	0,70	0,34	0,24	4	0,3	30	0,78	0,07	0,37	0,12	0,41	0,49	0,47	↑5

Continua...

Continuação

Família	Espécies	N	DM	VOL	BI	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	CA	CR	IVI	IVIA	Δ Ranking
Fabaceae	<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	7	0,69	0,19	0,13	7	0,6	30	0,78	0,05	0,3	0,07	0,23	0,55	0,47	↓3
Connaraceae	<i>Connarus suberosus</i> Planch.	7	0,56	0,20	0,11	7	0,6	30	0,78	0,05	0,3	0,06	0,20	0,55	0,46	↓3
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	5	0,65	0,14	0,09	5	0,4	40	1,04	0,04	0,2	0,05	0,16	0,55	0,45	↓3
Ebenaceae	<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	7	0,53	0,20	0,10	7	0,6	30	0,78	0,05	0,27	0,05	0,18	0,54	0,45	↓1
Myrtaceae	<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	5	0,62	0,10	0,06	5	0,4	40	1,04	0,03	0,16	0,03	0,10	0,54	0,43	↓2
Celastraceae	<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. Ex Schult.) G.Don	6	0,54	0,06	0,03	6	0,5	40	1,04	0,02	0,11	0,02	0,05	0,55	0,42	↓6
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. &Schltdl.) K.Schum.	2	0,74	0,39	0,29	2	0,2	20	0,52	0,07	0,41	0,15	0,50	0,36	0,4	↑7
Chrysobalanaceae	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. &Zucc.) Benth.	4	0,63	0,11	0,07	4	0,3	30	0,78	0,03	0,18	0,03	0,12	0,43	0,35	↓1
Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel #	4	0,66	0,08	0,05	4	0,3	30	0,78	0,02	0,12	0,03	0,09	0,41	0,33	↓2
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.#	3	0,51	0,26	0,13	3	0,3	20	0,52	0,06	0,32	0,07	0,23	0,36	0,33	↑4
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott #	4	0,74	0,07	0,05	4	0,3	30	0,78	0,02	0,11	0,02	0,09	0,41	0,33	↓1
Velloziaceae	<i>Vellozia seubertiana</i> Goehart & Henrard*	7	0,50	0,08	0,04	7	0,6	20	0,52	0,03	0,14	0,02	0,07	0,41	0,32	↓3
Asteraceae	<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	3	0,51	0,10	0,05	3	0,3	30	0,78	0,03	0,14	0,02	0,08	0,39	0,31	↓2
Annonaceae	<i>Annona coriácea</i> Mart.	3	0,55	0,21	0,11	3	0,3	20	0,52	0,04	0,24	0,06	0,20	0,34	0,3	↓1
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i> Vogel #	1	0,92	0,30	0,28	1	0,1	10	0,26	0,06	0,32	0,14	0,48	0,22	0,28	↑6
Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos#	2	0,75	0,16	0,12	2	0,2	20	0,52	0,03	0,18	0,06	0,21	0,29	0,27	↓2
Nyctagenaceae	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	3	0,51	0,12	0,06	3	0,3	20	0,52	0,03	0,18	0,03	0,10	0,32	0,26	↓3
Fabaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.#	2	0,74	0,14	0,11	2	0,2	20	0,52	0,03	0,18	0,05	0,19	0,29	0,26	↓2
Myrtaceae	<i>Myrcia variabilis</i> DC.	3	0,67	0,11	0,08	3	0,3	20	0,52	0,03	0,14	0,04	0,13	0,3	0,26	↓1
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	2	0,68	0,12	0,08	2	0,2	20	0,52	0,03	0,17	0,04	0,14	0,28	0,25	↑3
Arecaceae	<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	2	0,54	0,05	0,03	2	0,2	10	0,26	0,02	0,09	0,01	0,05	0,17	0,14	=
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	1	0,76	0,06	0,04	1	0,1	10	0,26	0,01	0,08	0,02	0,08	0,14	0,12	↓1
Myrtaceae	<i>Eugenia bimarginata</i> DC.	1	0,63	0,05	0,03	1	0,1	10	0,26	0,01	0,07	0,02	0,06	0,14	0,12	↑1
Apocynaceae	<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	2	0,53	0,01	0,01	2	0,2	10	0,26	0	0,03	0,00	0,01	0,15	0,12	=
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	1	0,64	0,02	0,01	1	0,1	10	0,26	0,01	0,04	0,01	0,02	0,13	0,1	=
Malvaceae	<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. &Zucc.) Schott & Endl.	1	0,50	0,02	0,01	1	0,1	10	0,26	0,01	0,03	0,01	0,02	0,12	0,1	=
Apocynaceae	<i>Aspidosperma nobile</i> Müll.Arg.	1	0,47	0,02	0,01	1	0,1	10	0,26	0	0,03	0,00	0,01	0,12	0,1	=
Nyctaginaceae	<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	1	0,46	0,02	0,01	1	0,1	10	0,26	0	0,03	0,00	0,01	0,12	0,1	↓2

Continua...

Continuação

<b>Família</b>	<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>DM</b>	<b>VOL</b>	<b>BI</b>	<b>DA</b>	<b>DR</b>	<b>FA</b>	<b>FR</b>	<b>DoA</b>	<b>DoR</b>	<b>CA</b>	<b>CR</b>	<b>IVI</b>	<b>IVIA</b>	<b>Δ Ranking</b>
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	1	0,54	0,02	0,01	1	0,1	10	0,26	0	0,02	0,00	0,01	0,12	0,09	↑1
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.#	1	0,49	0,01	0,00	1	0,1	10	0,26	0	0,02	0,00	0,01	0,12	0,09	↑1
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.2</i>	1	0,73	0,01	0,01	1	0,1	10	0,26	0	0,01	0,00	0,01	0,12	0,09	=
Myrtaceae	<i>Psidium salutare</i> (Kunth) O.Berg	1	0,61	0,01	0,00	1	0,1	10	0,26	0	0,01	0,00	0,01	0,12	0,09	=
Anacardiaceae	<i>Anacardium humile</i> A.St.-Hil.	1	0,46	0,01	0,00	1	0,1	10	0,26	0	0,01	0,00	0,01	0,12	0,09	=
Myrtaceae	<i>Myrcia sp.3</i>	1	0,58	0,01	0,00	1	0,1	10	0,26	0	0,01	0,00	0,01	0,12	0,09	=
Apocynaceae	<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	1	0,54	0,01	0,00	1	0,1	10	0,26	0	0,01	0,00	0,00	0,12	0,09	=
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	1	0,63	0,00	0,00	1	0,1	10	0,26	0	0,01	0,00	0,00	0,12	0,09	=
<b>Total</b>		1220		88	57,87	1220	100	3830	100	18,2	100	28,9	100	100	100	

Tabela 4.2 - Parâmetros populacionais e fitossociológicos de uma Floresta Estacional incluindo o índice de valor de importância ampliado (IVIA) no PESA. Em que: N = número de indivíduos por hectare; DB = densidade básica da madeira (kg/cm<sup>3</sup>); VOL = volume (m<sup>3</sup>); BI = biomassa (Mg); DA = densidade absoluta (ind./ha); DR = densidade relativa (%); FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa (%); DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa (%); CA = estoque de carbono absoluto (Mg); CR = estoque de carbono relativo (%); IVI = índice de valor de importância (%); IVIA = índice de valor de importância ampliado (%), considerando a variável carbono; e Δ Ranking = deslocamento no ranking dada a inclusão da variável carbono. (↑) Subiu j posições no Ranking; (↓) Desceu j posições no Ranking; (#) espécies em comum; (\*) valores de densidade da madeira encontrados na literatura.

Família	Espécie	N	DM	VOL	BIO	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	CA	CR	IVI	IVIA	Δ Ranking
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.*	58	1,08	29,085	31,412	32,20	3,36	100,00	2,00	3,14	13,76	15,706	22,835	6,37	10,49	↑1
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.*	153	0,52	16,951	8,814	85,00	8,85	100,00	2,00	2,01	8,83	4,407	6,408	6,56	6,52	↓1
Apocynaceae	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.*	151	0,82	9,206	7,549	83,90	8,74	100,00	2,00	1,16	5,08	3,775	5,488	5,27	5,33	=
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.*	48	0,80	14,343	11,474	26,70	2,78	100,00	2,00	1,52	6,64	5,737	8,341	3,81	4,94	↑2
Fabaceae	<i>Leptolobium araguaiense</i> Sch.Rodr. & A.M.G.Azevedo*	119	0,50	10,687	5,343	66,10	6,89	100,00	2,00	1,29	5,66	2,672	3,884	4,85	4,61	↓1
Rubiaceae	<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.*	151	0,62	5,634	3,493	83,90	8,74	100,00	2,00	0,86	3,77	1,747	2,539	4,84	4,26	↓1
Myrtaceae	<i>Myrcia hoffmannseggii</i> O.Berg*	67	0,81	7,397	5,992	37,20	3,88	100,00	2,00	0,95	4,17	2,996	4,356	3,35	3,60	=
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i> Vogel*	49	0,81	7,806	6,323	27,20	2,84	100,00	2,00	0,95	4,17	3,162	4,596	3,00	3,40	=
Lythraceae	<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl*	43	0,85	6,650	5,653	23,90	2,49	100,00	2,00	0,79	3,46	2,826	4,109	2,65	3,01	=
Lauraceae	<i>Licaria armeniaca</i> (Nees) Kosterm.*	49	0,55	3,982	2,190	27,20	2,84	100,00	2,00	0,50	2,20	1,095	1,592	2,35	2,16	=
Sapotaceae	<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.*	50	0,67	3,482	2,333	27,80	2,89	83,33	1,67	0,42	1,83	1,166	1,696	2,13	2,02	↑1
Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel #	40	0,81	3,359	2,721	22,20	2,31	83,33	1,67	0,46	2,03	1,360	1,978	2,00	2,00	↑1
Annonaceae	<i>Ephedranthus parviflorus</i> S.Moore*	41	0,82	3,128	2,565	22,80	2,37	83,33	1,67	0,41	1,78	1,282	1,864	1,94	1,92	↑1
Malvaceae	<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.*	50	0,53	2,509	1,330	27,80	2,89	100,00	2,00	0,36	1,58	0,665	0,967	2,16	1,86	↓3
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott #	39	0,85	2,761	2,347	21,70	2,26	100,00	2,00	0,32	1,42	1,174	1,706	1,89	1,85	=
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand*	43	0,47	3,227	1,517	23,90	2,49	66,67	1,33	0,39	1,73	0,758	1,103	1,85	1,66	=
Sapotaceae	<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.*	27	0,78	2,952	2,303	15,00	1,56	83,33	1,67	0,39	1,70	1,151	1,674	1,64	1,65	↑1
Vochysiaceae	<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm.*	4	0,65	4,920	3,198	2,20	0,23	50,00	1,00	0,64	2,82	1,599	2,325	1,35	1,59	↑3

Continua...

Continuação

Família	Espécie	N	DM	VOL	BIO	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	CA	CR	IVI	IVIA	Δ Ranking
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos *	22	0,50	3,612	1,806	12,20	1,27	100,00	2,00	0,40	1,76	0,903	1,313	1,68	1,59	↓2
Fabaceae	<i>Bauhinia holophylla</i> (Bong.) Steud.*	33	0,64	1,596	1,021	18,30	1,91	100,00	2,00	0,21	0,92	0,511	0,742	1,61	1,39	↓1
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. *	10	0,62	4,030	2,499	5,60	0,58	66,67	1,33	0,41	1,80	1,249	1,817	1,24	1,38	↑2
Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.*	28	0,95	1,486	1,412	15,60	1,62	83,33	1,67	0,18	0,81	0,706	1,026	1,37	1,28	↓2
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.*	17	0,75	1,672	1,254	9,40	0,98	83,33	1,67	0,21	0,93	0,627	0,912	1,19	1,12	↑1
Fabaceae	<i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart.*	15	0,58	1,647	0,955	8,30	0,87	100,00	2,00	0,20	0,90	0,477	0,694	1,26	1,12	↓2
Ebenaceae	<i>Diospyros brasiliensis</i> Mart. ex Miq.*	8	0,68	1,383	0,940	4,40	0,46	100,00	2,00	0,17	0,73	0,470	0,684	1,06	0,97	↑1
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.*	12	0,28	1,361	0,381	6,70	0,69	100,00	2,00	0,18	0,80	0,191	0,277	1,16	0,94	↓1
Euphorbiaceae	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.*	19	0,59	1,801	1,063	10,60	1,10	33,33	0,67	0,22	0,98	0,531	0,772	0,92	0,88	↑3
Fabaceae	<i>Swartzia macrostachya</i> Benth.*	13	0,84	1,541	1,294	7,20	0,75	50,00	1,00	0,18	0,79	0,647	0,941	0,85	0,87	↑4
Rubiaceae	<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.*	23	0,57	1,049	0,598	12,80	1,33	50,00	1,00	0,16	0,68	0,299	0,435	1,00	0,86	↓2
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i> Mart.#	12	0,65	1,622	1,054	6,70	0,69	50,00	1,00	0,22	0,98	0,527	0,766	0,89	0,86	↑1
Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i> Aubl.*	13	0,48	1,517	0,728	7,20	0,75	66,67	1,33	0,16	0,72	0,364	0,529	0,93	0,83	↓3
Fabaceae	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms *	14	0,62	1,116	0,692	7,80	0,81	66,67	1,33	0,14	0,63	0,346	0,503	0,92	0,82	↓3
Fabaceae	<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.#	4	0,74	1,847	1,367	2,20	0,23	50,00	1,00	0,23	1,02	0,684	0,994	0,75	0,81	↑7
Apocynaceae	<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.*	10	0,76	1,542	1,172	5,60	0,58	50,00	1,00	0,17	0,76	0,586	0,852	0,78	0,80	↑4
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.#	12	0,59	1,529	0,902	6,70	0,69	50,00	1,00	0,19	0,84	0,451	0,656	0,84	0,80	↓1
Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.*	8	0,70	1,615	1,130	4,40	0,46	50,00	1,00	0,20	0,89	0,565	0,822	0,78	0,79	↑1
Apocynaceae	<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) woodson *	13	0,40	1,242	0,497	7,20	0,75	50,00	1,00	0,16	0,68	0,248	0,361	0,81	0,70	↓2
Celastraceae	<i>Cheiloclinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.*	14	0,50	0,635	0,318	7,80	0,81	66,67	1,33	0,09	0,41	0,159	0,231	0,85	0,70	↓5
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.*	12	0,82	0,469	0,385	6,70	0,69	66,67	1,33	0,08	0,34	0,192	0,280	0,79	0,66	↓3
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith *	18	0,78	0,316	0,246	10,00	1,04	50,00	1,00	0,05	0,21	0,123	0,179	0,75	0,61	↑1
Myrtaceae	<i>Eugenia stictopetala</i> Mart. ex DC.*	9	0,76	0,124	0,095	5,00	0,52	83,33	1,67	0,03	0,11	0,047	0,069	0,77	0,59	↓2
Fabaceae	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima*	2	0,56	1,813	1,015	1,10	0,12	33,33	0,67	0,19	0,83	0,508	0,738	0,54	0,59	↑7
Bignoniaceae	<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.*	3	0,65	1,476	0,959	1,70	0,17	33,33	0,67	0,19	0,81	0,480	0,697	0,55	0,59	↑5
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crispera</i> A.Juss.*	8	0,55	0,773	0,425	4,40	0,46	50,00	1,00	0,10	0,44	0,213	0,309	0,63	0,55	=
Sapindaceae	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.*	7	0,75	0,365	0,274	3,90	0,41	66,67	1,33	0,04	0,19	0,137	0,199	0,64	0,53	↓2

Continua...

Continuação

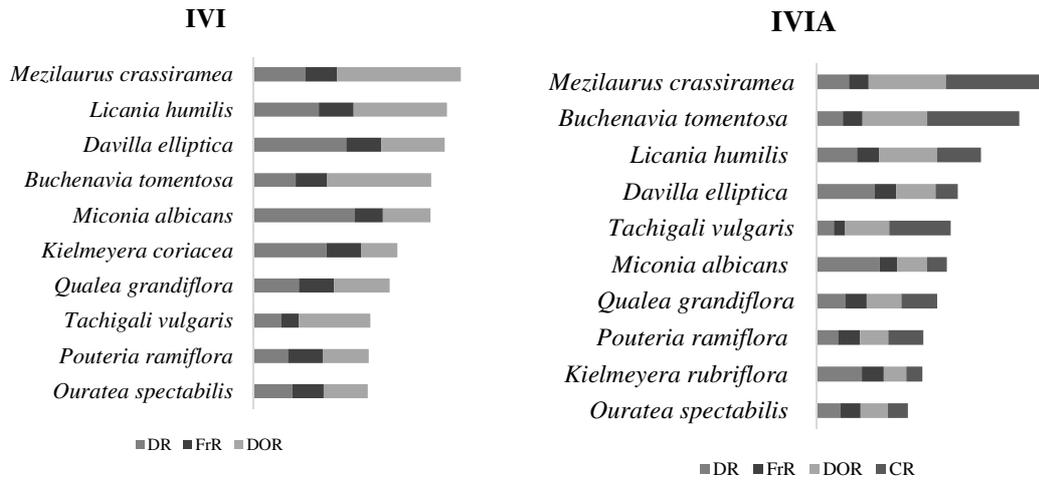
Família	Espécie	N	DM	VOL	BIO	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	CA	CR	IVI	IVIA	Δ Ranking
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum anguifugum</i> Mart *	10	0,81	0,131	0,106	5,60	0,58	66,67	1,33	0,02	0,10	0,053	0,077	0,67	0,52	↓4
Ochnaceae	<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.*	6	0,73	0,431	0,315	3,30	0,35	50,00	1,00	0,09	0,41	0,157	0,229	0,59	0,50	↓1
Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw. *	5	0,65	0,229	0,149	2,80	0,29	66,67	1,33	0,03	0,14	0,074	0,108	0,59	0,47	↓3
Indeterminada	<i>Indeterminada</i>	6	0,50	0,108	0,054	3,30	0,35	66,67	1,33	0,02	0,08	0,027	0,039	0,59	0,45	↓2
Indeterminada	<i>Indeterminada 02*</i>	5	0,50	0,566	0,283	2,80	0,29	50,00	1,00	0,07	0,29	0,142	0,206	0,53	0,45	=
Malvaceae	<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin *	4	0,48	0,519	0,249	2,20	0,23	50,00	1,00	0,07	0,29	0,124	0,181	0,51	0,43	=
Lamiaceae	<i>Vitex polygama</i> Cham.*	4	0,59	0,483	0,285	2,20	0,23	50,00	1,00	0,05	0,23	0,142	0,207	0,49	0,42	=
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.*	5	0,77	0,234	0,180	2,80	0,29	50,00	1,00	0,03	0,12	0,090	0,131	0,47	0,39	↑2
Euphorbiaceae	<i>Sapium glanduloson</i> (L.) Morong *	5	0,41	0,656	0,269	2,80	0,29	33,33	0,67	0,09	0,38	0,135	0,196	0,45	0,38	↑3
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.*	4	0,59	0,649	0,383	2,20	0,23	33,33	0,67	0,08	0,34	0,191	0,278	0,41	0,38	↑6
Bignoniaceae	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos #	6	0,50	0,135	0,067	3,30	0,35	50,00	1,00	0,03	0,11	0,034	0,049	0,49	0,38	↓3
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.*	6	0,73	0,117	0,085	3,30	0,35	50,00	1,00	0,02	0,08	0,043	0,062	0,48	0,37	↓3
Celastraceae	<i>Maytenus gonoclada</i> Mart.*	12	0,72	0,411	0,296	6,70	0,69	16,67	0,33	0,05	0,23	0,148	0,215	0,42	0,37	↑1
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão*	7	0,50	0,417	0,209	3,90	0,41	33,33	0,67	0,05	0,23	0,104	0,152	0,44	0,37	↓1
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.#	5	0,84	0,093	0,078	2,80	0,29	50,00	1,00	0,01	0,05	0,039	0,057	0,45	0,35	↓4
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.*	7	0,50	0,720	0,360	3,90	0,41	16,67	0,33	0,09	0,39	0,180	0,262	0,38	0,35	↑4
Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.*	5	0,74	0,346	0,256	2,80	0,29	33,33	0,67	0,05	0,21	0,128	0,186	0,39	0,34	↑1
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.#	3	0,36	0,741	0,267	1,70	0,17	33,33	0,67	0,07	0,30	0,133	0,194	0,38	0,33	↑1
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.#	3	0,65	0,132	0,086	1,70	0,17	50,00	1,00	0,02	0,09	0,043	0,062	0,42	0,33	↓4
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i> Vogel #	4	0,92	0,324	0,298	2,20	0,23	33,33	0,67	0,04	0,18	0,149	0,217	0,36	0,32	↑1
Myrsinaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.*	3	0,71	0,050	0,035	1,70	0,17	50,00	1,00	0,01	0,03	0,018	0,026	0,40	0,31	↓4
Lauraceae	<i>Aiouea piauhyensis</i> (Meisn.) Mez *	4	0,37	0,267	0,099	2,20	0,23	33,33	0,67	0,04	0,16	0,049	0,072	0,35	0,28	=
Annonaceae	<i>Duguetia marcgraviana</i> Mart.*	3	0,77	0,218	0,168	1,70	0,17	33,33	0,67	0,03	0,12	0,084	0,122	0,32	0,27	=
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.*	3	0,64	0,198	0,127	1,70	0,17	33,33	0,67	0,03	0,13	0,063	0,092	0,32	0,27	=
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.*	7	0,53	0,305	0,162	3,90	0,41	16,67	0,33	0,04	0,19	0,081	0,118	0,31	0,26	↑2
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.*	4	0,55	0,126	0,069	2,20	0,23	33,33	0,67	0,02	0,07	0,035	0,050	0,32	0,26	↓1
Rubiaceae	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltldl.*	9	0,71	0,154	0,109	5,00	0,52	16,67	0,33	0,02	0,09	0,055	0,079	0,31	0,25	↓1
Chrysobalanaceae	<i>Licania apetala</i> (E.Mey.) Fritsch *	3	0,71	0,171	0,122	1,70	0,17	33,33	0,67	0,02	0,09	0,061	0,088	0,31	0,25	=

Continua...

Continuação

Família	Espécie	N	DM	VOL	BIO	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	CA	CR	IVI	IVIA	Δ Ranking
Fabaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.#	2	0,50	0,157	0,078	1,10	0,12	33,33	0,67	0,02	0,08	0,039	0,057	0,29	0,23	↑2
Myrtaceae	<i>Eugenia lambertiana</i> DC.*	3	0,76	0,062	0,047	1,70	0,17	33,33	0,67	0,01	0,04	0,024	0,034	0,29	0,23	=
Arecaceae	<i>Astrocaryum huaimi</i> Mart.*	3	0,51	0,052	0,027	1,70	0,17	33,33	0,67	0,01	0,05	0,013	0,019	0,30	0,23	↓2
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.#	2	0,85	0,071	0,061	1,10	0,12	33,33	0,67	0,01	0,04	0,030	0,044	0,28	0,22	=
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.*	3	0,50	0,392	0,196	1,70	0,17	16,67	0,33	0,05	0,21	0,098	0,142	0,24	0,21	↑1
Myrtaceae	<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.*	2	0,81	0,036	0,029	1,10	0,12	33,33	0,67	0,00	0,02	0,015	0,021	0,27	0,21	↓1
Polygonaceae	<i>Coccoloba mollis</i> Casar.*	4	0,61	0,147	0,090	2,20	0,23	16,67	0,33	0,02	0,10	0,045	0,065	0,22	0,18	=
Chrysobalanaceae	<i>Licania kunthiana</i> Hook.f. *	2	0,88	0,180	0,159	1,10	0,12	16,67	0,33	0,02	0,08	0,079	0,115	0,18	0,16	=
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul *	1	0,41	0,200	0,082	0,60	0,06	16,67	0,33	0,03	0,12	0,041	0,059	0,17	0,14	=
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.*	2	0,82	0,091	0,075	1,10	0,12	16,67	0,33	0,01	0,06	0,037	0,054	0,17	0,14	=
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.*	1	0,93	0,105	0,097	0,60	0,06	16,67	0,33	0,01	0,05	0,049	0,071	0,15	0,13	↑3
Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose *	1	0,50	0,138	0,069	0,60	0,06	16,67	0,33	0,02	0,07	0,035	0,050	0,15	0,13	=
Sapotaceae	<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre *	1	0,81	0,108	0,088	0,60	0,06	16,67	0,33	0,01	0,05	0,044	0,064	0,15	0,13	↑2
Chrysobalanaceae	<i>Hirtella bicornis</i> Mart. & Zucc.*	2	0,90	0,029	0,026	1,10	0,12	16,67	0,33	0,00	0,02	0,013	0,019	0,16	0,12	↓3
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.*	1	0,63	0,090	0,057	0,60	0,06	16,67	0,33	0,01	0,05	0,029	0,041	0,15	0,12	↑1
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.#	1	0,65	0,088	0,057	0,60	0,06	16,67	0,33	0,01	0,04	0,029	0,042	0,14	0,12	↑1
Annonaceae	<i>Unonopsis guatterioides</i> (A.DC.) R.E.Fr.*	2	0,45	0,022	0,010	1,10	0,12	16,67	0,33	0,00	0,01	0,005	0,007	0,15	0,12	↓4
Fabaceae	<i>Connarus perrottetii</i> (DC.) Planch.*	1	0,50	0,088	0,044	0,60	0,06	16,67	0,33	0,01	0,04	0,022	0,032	0,14	0,12	=
Dichapetalaceae	<i>Tapura amazonica</i> Poepp. & Endl.*	1	0,66	0,046	0,030	0,60	0,06	16,67	0,33	0,01	0,02	0,015	0,022	0,14	0,11	=
Combretaceae	<i>Terminalia argentea</i> Mart.*	1	0,80	0,030	0,024	0,60	0,06	16,67	0,33	0,00	0,02	0,012	0,018	0,14	0,11	=
Malvaceae	<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns*	1	0,29	0,026	0,008	0,60	0,06	16,67	0,33	0,00	0,02	0,004	0,005	0,14	0,10	=
Euphorbiaceae	<i>Mabea fistulifera</i> Mart	1	0,62	0,003	0,002	0,60	0,06	16,67	0,33	0,00	0,01	0,001	0,001	0,13	0,10	=
Combretaceae	<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler #	1	0,59	0,003	0,002	0,60	0,06	16,67	0,33	0,00	0,01	0,001	0,001	0,13	0,10	=
<b>Total</b>		<b>1728</b>		<b>188,4</b>	<b>137,6</b>	<b>960,8</b>	<b>100</b>	<b>5000</b>	<b>100</b>	<b>22,77</b>	<b>100</b>	<b>68,78</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>	

## Cerrado Típico



## Floresta Estacional Semidecidual

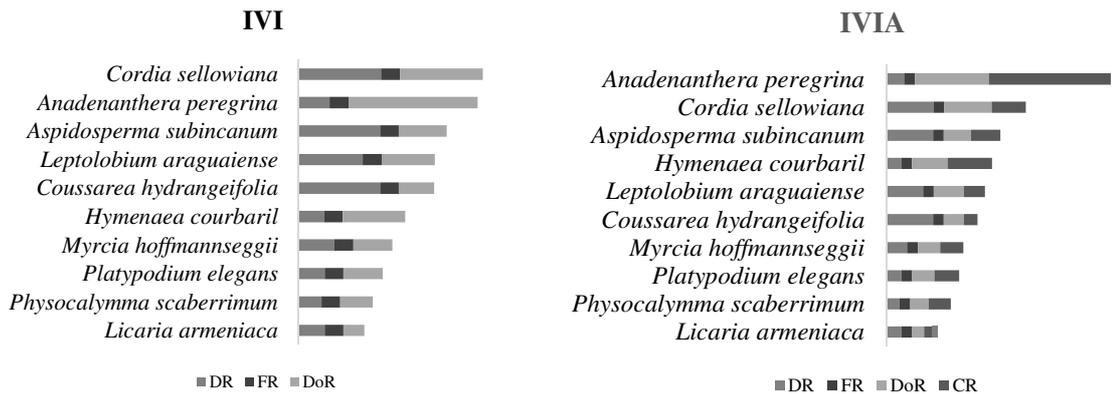


Figura 4.1 - Espécies de maior (IVI%) e (IVIA%) observadas no Cerrado Típico e Floresta Estacional Semidecidual no PESA. DR = densidade relativa; FR = frequência relativa; DoR = dominância relativa; CR = carbono relativo; IVI = índice de valor de importância; IVIA = índice de valor de importância ampliado.

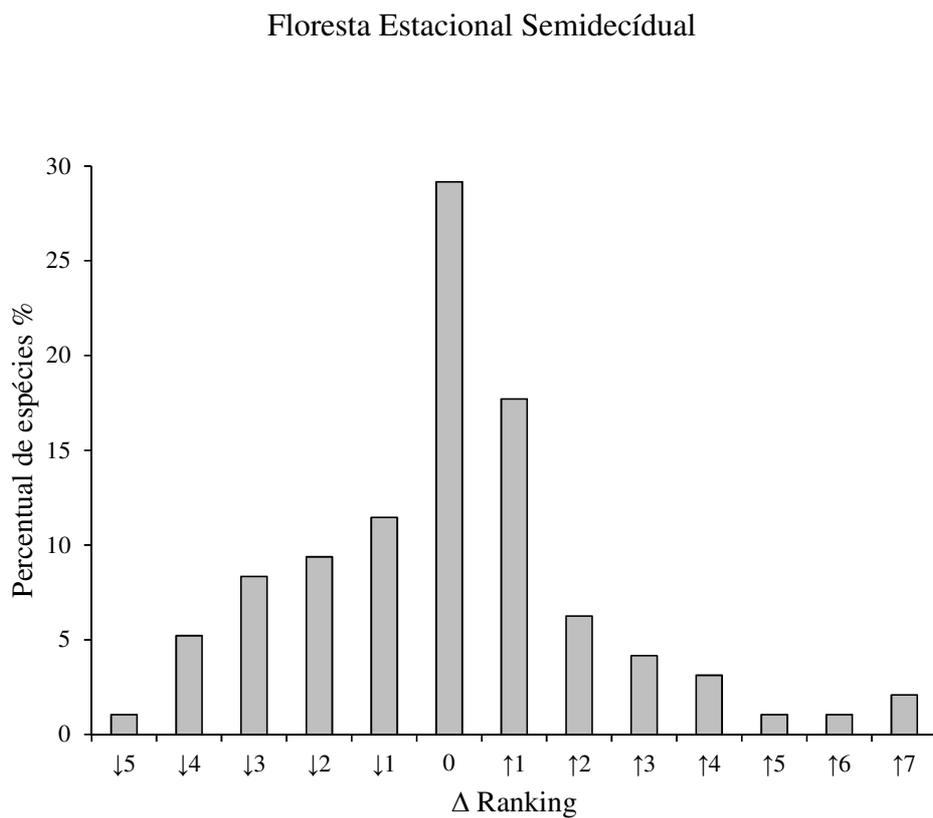
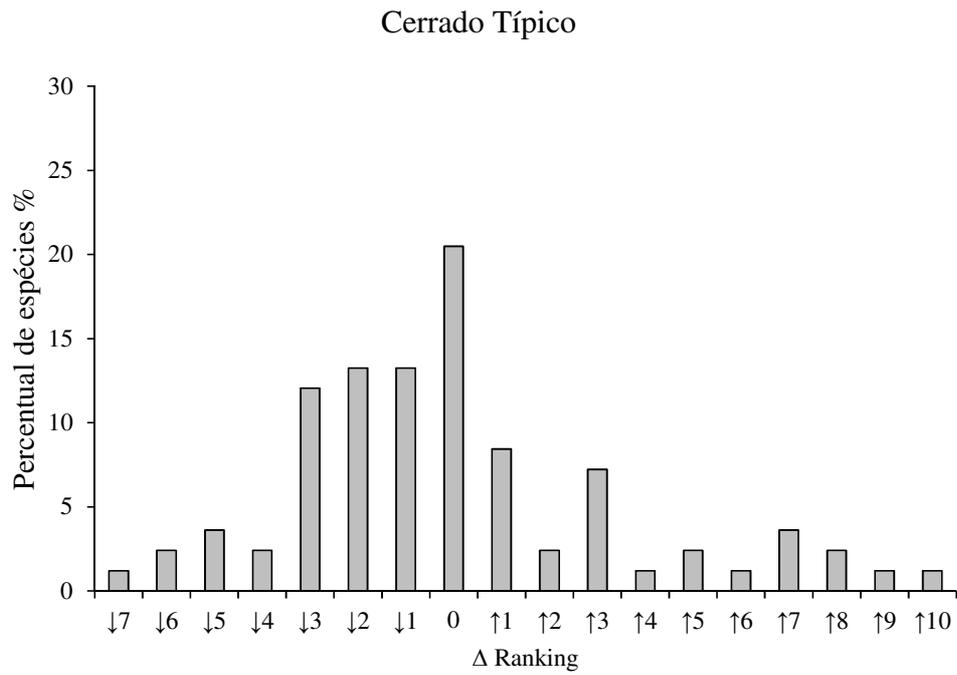


Figura 4.2 - Percentual de espécies que mudaram de posição no *ranking* de importância da análise fitossociológica após a variável carbono ser inserida no Cerrado Típico e Floresta Estacional no PESA.

#### 4.6 – DISCUSSÃO

Nas duas fitofisionomias estudadas, a introdução do carbono como parâmetro nas análises fitossociológicas ocasionou mudanças no *ranking* de importância das espécies. As duas fitofisionomias apresentaram espécies que permaneceram na mesma posição, outras desceram e subiram no *ranking*. Gaspar (2014), estudando o potencial que as espécies de uma floresta estacional semidecidual em Minas Gerais tinham para sequestrar carbono, contemplou resultados semelhantes aos deste trabalho, com espécies subindo e descendo no ranking de importância, sendo que a maioria apresentou mudanças negativas na ordem de importância. Este mesmo autor sugere que a grande variabilidade existente na mudança de *ranking* entre as espécies representa a oscilação dos valores de densidade da madeira e/ou da biomassa, pois, quanto maior a biomassa maior será a concentração de carbono.

No cerrado típico, as espécies *Mezilaurus crassiramea*, *Buchenavia tomentosa*, *Licania humilis*, ocuparam o topo do ranking no parâmetro carbono relativo e juntas, contribuíram com 31,70% do estoque de carbono total no fragmento. Embora não tenham sido as espécies de maior densidade absoluta, estas espécies foram as de maior dominância e também de maior biomassa, fator que justifica os altos teores de carbono encontrados. Entre as dez espécies mais importantes, também encontramos aquelas que tem alta densidade relativa, porém, baixo teor de carbono, por exemplo, *Davilla elliptica* e *Miconia albicans*. Já as espécies *Tocoyena formosa*, *Pterodon pubescens*, *Dipteryx alata*, possuem alta densidade da madeira a altos valores de biomassa, e por isso, sobressaíram-se no ranking, pois avançaram 7, 9, 6 posições respectivamente, sendo consideradas potenciais na captura de carbono, mesmo sendo populações pequenas, como por exemplo, *Dipteryx alata* que tem apenas um indivíduo. Espécies que compõem o topo da lista na estocagem de carbono neste estudo também foram encontradas em pesquisas realizadas em cerrados de outras regiões, como na FAL em Brasília/DF (PAIVA, 2011; REZENDE et al., 2006), e no Pantanal (FERNANDES, 2008), porém não se identificaram como topo nos valores de carbono.

Em relação as espécies na Floresta, nota-se as mesmas características, uma vegetação que explora os diferentes atributos de suas espécies para manter em equilíbrio o ciclo de carbono. Assim sendo, encontramos entre as de maior IVIA espécies com alto teor de carbono associada a baixa densidade ou valores maiores de densidade combinados com baixa proporção de carbono, porém a dominância sempre agregada com valores bem expressivos. Algumas das espécies de maior IVIA neste estudo também se destacam na

estocagem de carbono em demais regiões. As espécies *Anadenanthera peregrina* e *Leptolobium araguaiense*, típicas de Floresta Estacional Semidecidual se destacam por terem um dos maiores teores de carbono tanto no PESA quanto em Viçosa/MG (FIGUEIREDO, 2011), a espécie *Platypodium elegans* também se destaca neste estudo e em Minas Gerais (GASPAR, 2014). Os altos estoques de carbono por espécie variam entre as regiões devido a incompatibilidade na estrutura e composição da vegetação.

De uma maneira geral, as espécies de maior IVIA traduzem a atuação de todos os parâmetros de forma equilibrada, ou seja, são espécies que dispõem de altos valores de densidade aliada a dominância ou dominância associada ao carbono. Este padrão mostra que a capacidade de armazenar carbono pelas espécies nas formações estudadas, isto é, seu potencial de capturar carbono não está associado a apenas a dominância, apesar de ser o parâmetro com maior poder influenciador, mas também são influenciados pelos parâmetros de densidade, frequência e conteúdo de biomassa. Por esta razão, consideramos que todos os parâmetros, cada um com sua particularidade, influenciam a estocagem de carbono nas duas vegetações estudadas.

As alterações nos *rankings* de importância e a diversidade de mecanismos que as espécies mais importantes apresentaram neste estudo indicam que a vegetação utiliza uma variedade de estratégias para alocação de carbono total. Quando a densidade se torna o parâmetro de maior intensidade ou valor em uma dada espécie que ocupa os primeiros lugares no *ranking* de importância, conclui-se que a estratégia das espécies foi de investir no rápido crescimento e em um maior número de indivíduos, gerando sequestro de carbono em massa. Enquanto isso, uma outra fração de espécies se dedica lentamente a produção de madeira de elevada densidade, que irá compor maiores quantidades de carbono na biomassa total.

Portanto, a elaboração de planos de recuperação ou reflorestamento que almejam o sequestro de carbono devem ser feitos, verificando o teor de carbono na biomassa, mas além disso, avaliando as características e/ou estratégias que cada espécie usa para contribuir com o funcionamento do ecossistema e serviços que ele oferece. Sugerimos, como nas vegetações avaliadas nesta pesquisa, que o grupo de espécies escolhidas contenha os padrões aqui descritos, associando parâmetros e funções diferentes que atendam às necessidades exigidas, ou seja, no contexto deste trabalho, que consigam capturar carbono com maior eficiência.

#### **4.7 - CONCLUSÕES**

A utilização do parâmetro carbono influenciou potencialmente o valor de importância das espécies, uma vez que, aliou parâmetros de densidade, frequência, dominância e capacidade de capturar carbono. Esta nova abordagem pode servir como base para a escolha de espécies arbóreas com maior potencial para sequestrar carbono, podendo subsidiar programas de recuperação ou reflorestamento nas distintas fitofisionomias do bioma Cerrado que visem a redução de gases do efeito estufa e a geração de créditos de carbono, viabilizando seu comércio no mercado mundial. Considerando o parâmetro capacidade de estocagem de carbono, as espécies que obtiveram maior IVIA ou que subiram consideravelmente no ranking são espécies que possivelmente tem grande capacidade para sequestrar e capturar carbono nestas fitofisionomias. Por isso, devem ser analisadas como espécies potenciais para serem incluídas em projetos de recuperação ou restauração em Cerrado Típico e Floresta Estacional no bioma Cerrado.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

Com este estudo pode-se concluir que:

- ✓ As fitofisionomias estudadas no PESA estão perdendo mais carbono do que acumulando ao longo dos anos.
- ✓ A presença do fogo e/ou a periodicidade em que ocorrem as queimadas provavelmente influenciam a dinâmica do carbono nas formações estudadas no PESA.
- ✓ As equações ajustadas neste estudo para as fitofisionomias Cerrado típico e Floresta estacional Semidecidual no Bioma Cerrado mostraram-se confiáveis e adequadas para estimar o estoque de carbono atual e projeção do carbono futuro, sob condições de competição e incidência de fogo.
- ✓ Tanto na formação savânica quanto na formação florestal as espécies que ocupam o topo do *ranking* se destacam por utilizar estratégias distintas para a estocagem de carbono, e assim, compõem um mosaico de estruturas que permitem manter o ciclo de carbono em equilíbrio.
- ✓ Não pode-se afirmar ainda se as fitofisionomias estudadas agem na íntegra como emissoras ou como sumidouro de carbono, pois consideramos que os nove anos de monitoramento não são ainda suficientes para descrever os padrões que dirigem o fluxo de carbono em áreas submetidas a perturbações pelo fogo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAN, ROBERTO ANGEL; VILELA, MARINA DE FÁTIMA; KLINK, CARLOS AUGUSTO. **Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres: o caso do Cerrado brasileiro**. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, documentos 105, ISS 1517 – 5111. EMBRAPA: dezembro, 2003.

ALDER, D.; SYNNOT, T. J. **Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest**. Oxford Forestry Institute. Oxford, UK.

AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 168f. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11941: Madeira – Determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro. 6p. 2003.

BACCINI, A. et al. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. **Nature Climate Change**. v.2, March 2012.

BALBINOT, JR. A. A. et al. Velocidade de emergência e crescimento inicial de cultivares de arroz irrigado influenciando a competitividade com as plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.3, p.305-316, 2001.

BOINA A. **Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em floresta estacional semidecidual, vale do rio doce, Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais – Brasil.89f. 2008.

BOND, W. J.; WOODWARD, F. I.; MIDGLEY, G. F. The global distribution of ecosystems in a world without fire. **New Phytologist**. 165: 525-538. 2005.

BRAGA, F. M. S.; REZENDE, A. V. Dinâmica da vegetação arbórea da mata de galeria do Catetinho, Brasília-DF. **Cerne** 13(2): 138-148. 2007.

BRIANEZI, D.; JACOVINE L. A. G.; SOARES, C. P. B; CASTRO, R. V. O.; BASSO, V. M. Equações alométricas para estimativa de carbono em árvores de uma área urbana em viçosa-mg. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.6, p.1073-1081, 2013.

BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of Tropical Forests, A Primer. **FAO Forestry Paper**. n.134. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome. pp.55, 1997.

BRUN, E. J. **Biomassa e nutrientes na Floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS**. 136 f. Dissertação de mestrado. Pós Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

BUSTAMANTE, M. M. C.; OLIVEIRA, E. L. Impacto das atividades agrícolas, florestais e pecuárias nos recursos naturais. In FALEIRO, F.G., AND A.L. FARIAS NETO (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados. p. 303-33. 2008.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. Viçosa, MG: UFV. 548 p. 2013.

- CASTRO, E. A. **Biomass, nutrient pools and response to fire in the Brazilian Cerrado**. 1996. 118f. (MS Thesis) – Oregon State University, Corvallis, 1996.
- CASTRO, E.; KAUFFMAN, J. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**. V. 14: 263-283.1998.
- CASTRO, R. V. O. et al. Individual growth model for *eucalyptus* stands in Brazil using artificial neural network. **Forestry**. V. 2013.
- CASTRO, R. V. O. **Modelagem de árvore individual para uma floresta estacional semidecidual utilizando redes neurais**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, VIÇOSA-MG. 2012.
- CASTRO, R. V. O.; SOARES, C.; LEITE, H.; SOUZA, A.; MARTINS, F.; NOGUEIRA, G.; OLIVEIRA, M.; SILVA, F. Competição em Nível de Árvore Individual em uma Floresta Estacional Semidecidual. **Silva Lusitana**. 22(1): 43 - 66, 2014.
- CASTRO-NEVES, B.M. **Efeito de queimadas em áreas de cerrado *stricto sensu* e na biomassa de raízes finas**. PhD tese. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. 82p. 2007
- CERQUEIRA, D. B.; WASHINGTON, F. R. Relação entre tipos de vegetação e fluxo de CO<sub>2</sub> no bioma Caatinga: Estudo de caso em Rio de Contas – BA. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil**, INPE, p. 2413-2419.2007.
- CETEC - Fundação centro tecnológico de minas gerais. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país**. Belo Horizonte: SAT/CETEC, 295p. 1995.
- CHADZON, R. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science** 320:1458. 2008.
- CHAVE, J.; CONDIT, R.; MULLER-LANDAU, H. C.; THOMAS, S. C.; ASHTON, P. S. Assessing evidence for a pervasive alteration in tropical tree communities. **PLoS Biol** 6: 455–462. 2008.
- CHAVES, A. D. C. G. et al. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 9, n. 2, p. 43-48, abr - jun, 2013.
- CLARK, D. A.; BROWN, S.; KICKLIGHTER, D. W. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. **Ecological Applications**. 11: 356–70. 2001.
- COCHRANE, M. A.; SCHULZE, M. D. Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: effects on forest structure, biomass, and species composition. **Biotropica** 31: 2-16. 1999.
- CORAIOLA, M. **Dinâmica de uma floresta estacional semidecidual – MG: abordagem com processos de amostragem em múltiplas ocasiões**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.2003.
- DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N. **Forest Management**. New York: McGraw-Hill Book, 3ed., 790p.1987.

DURIGAN, G. Estimativas de estoque de carbono na vegetação natural do estado de São Paulo. In G. DURIGAN (Ed.) **Oportunidades de negócios em segmentos produtivos nacionais**. pp. 1-6. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2004.

EITEN, G. Habitat flora of Fazenda Campininha, São Paulo, Brasil. **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, SP, p.181-231. 1992.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: PINTO, N. M. (Ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: UnB/SEMATEC. p. 17–73. 1994.

FARIA, R. A. V. B.; MELLO, J. M.; ALVARENGA, S. B. Parâmetros fitossociológicos e estimativa de volume, biomassa e estoque de carbono em floresta estacional semidecidual. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v.8, n.15; p. 1 2 6 9. 2012.

FEARNSIDE, P. M. et al. Biomass and greenhouse-gas emissions from land-use change in Brazil 's Amazonian “ arc of deforestation ””: The states of Mato Grosso and Rondônia. **Forest Ecology and Management**. v. 258: 1968-1978.2009.

FEARNSIDE, P. M. Mitigation of climatic change in the Amazon. P. 335-375. In:W.F. Laurance & C.A. Peres (eds.). **Emerging Threats to Tropical Forests**. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, E. U. A. 563p. 2006.

FEARNSIDE, P. Quantificação do serviço ambiental do carbono nas florestas amazônicas brasileiras. **Oecologia Brasileira** 12(4): 743-756, 2008.

FELFILI, J. M. et al. Padrões Fitogeográficos e sua Relação com Sistemas de Terra no Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 213–228, 2008.

FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; SILVA-JUNIOR, M. C.; SILVA, M. A. Changes in floristic composition of cerrado *sensu stricto* in Brazil over a nine year period. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.16, n.4, p.579-590, 2000.

FELFILI, J.M., AND M.C. SILVA JÚNIOR. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** 9: 277-289. 1993.

FELFILI, J. M. et al. Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, 175: 37-46. 2004.

FELFILI, M. **Proposição de critérios florísticos, estruturais e de produção para o manejo do cerrado sensu stricto do Brasil Central**. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, 133p. Brasília, DF. 2008.

FEMA- Fundação Estadual do Meio Ambiente de Mato grosso. **Diagnóstico ambiental do Parque Estadual da Serra Azul**. Barra do Garças, MT. 2000

FERNANDES, A. H. B. M., et al. Estoques de Carbono do Estrato Arbóreo de Cerrados no Pantanal da Nhecolândia. **Comunicado Técnico**. 2008.

FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG**. 1997. 208f. Tese de doutorado. Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal de Viçosa, MG, 1997.

FERREIRA, R. L. C.; SOUZA, A. L.; REGAZZI, A. J. Ingresso e mortalidade em floresta secundária de transição. **Revista Árvore**, v22, n2, p.155-162, 1998.

FIGUEIREDO, L. T. M. **Dinâmica do estoque de carbono do fuste das árvores de uma Floresta Estacional Semidecidual**. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Ciências Florestais. Universidade Federal de Viçosa. 2011.

FOLEY, J. A.; ASNER, G. P.; COSTA, M. H., et al. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology Environment**. 5:25–32. 2007.

FONSECA W.; ALICE, F. E.; REY-BENAYAS, J. M. Carbon accumulation in aboveground and belowground biomass and soil of different age native forest plantations in the humid tropical lowlands of Costa Rica. **New Forests**. 43:197-211. 2012.

FORSTER, P. et al. Changes in atmospheric constituents and radiative forcing. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University. 2007.

Fundação centro tecnológico de minas gerais - CETEC. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país**. Belo Horizonte: SAT/CETEC, 1995. 295p.

GASPAR, R. O. et al. Análise fitossociológica e do estoque de carbono no estrato arbóreo de um fragmento de floresta estacional semidecidual. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 313-324, abr.-jun., 2014.

GRACE, J. et al. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. **Journal of Biogeography** 33: 387-400. 2006.

GUJARATI, D.; PORTER, D. **Econometria Básica**. 5. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

HALL, D. O.; SCURLOCK, J. M. O. Climate change and productivity of natural grasslands. **Annals of Botany**. 67 (suppl.), 49-55. 1991.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 12, n. 1, p. 54-64, 2000.

HASENAUER, H. “Princípios para a modelagem de ecossistemas florestais. **Revista Ciência & Ambiente**. vol. 20, pp. 53–69, 2000.

HIGUCHI, N. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da amazônia central. **Floresta** 34 (3), p.295-304, 2004.

HOFFMANN W. A.; ADASME R.; HARIDASAN M. Tree top kill, not mortality, governs the dynamics of alternate stable states at savanna–forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology** 90, 1326– 37. 2009.

HOFFMANN, W. A.; MOREIRA. A. G. The role of fire in population dynamics of woody plants. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). **The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna**. pp. 159-177. Columbia University Press, Nova York. 2002.

- HOFFMANN, W. A.; SOLBRIG, O. T. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. **Forest Ecology and Management** 180: 273-286. 2003
- HOUGHTON, R. A. Aboveground forest biomass and the global carbon cycle. **Global Change Biology**, 11, 945–958. 2005.
- HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. **In: Emissão x sequestro de CO<sub>2</sub> –uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Anais...** Rio de Janeiro, p. 38-76. 1994.
- HOUGHTON, R. A. et al. Importance of biomass in the global carbon cycle. **Journal of Geophysical Research**. V. 114. 2009.
- IMAZON. <http://imazon.org.br/estimativas-de-biomassa-e-carbono-e-indicadores-para-restauracao-de-florestas-secundarias-em-paragominas-para>. Visitado em:10/02/2015.
- IPCC. In S. Solomon, D. Qin, M. Marquis, K. B. Averyt, & M. Tignor (Eds.), **Climate Change 2007: The physical basis. Working group I contribution to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press 996 pp. 2007
- JACKSON, P.C.; MEINZER, F.C.; BUSTAMANTE, M.; GOLDSTEIN, G.; FRANCO, A.; RUNDEL, P.W.; CALDAS, L.; INGLER, E.; CAUSIN, F. Partitioning of soil water among tree species in a Brazilian cerrado ecosystem. **Tree Physiology**, v. 19, p. 717-724, 1999.
- KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Relationships of fire, biomass and nutritional dynamics along vegetation gradient in the Brazilian Cerrado. **Journal of Ecology**. v.82, n.3, p.519-531, 1994.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.
- KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; VALÉRIO, A. F. Fontes de erros nas estimativas de biomassa e carbono fixado na Floresta Ombrófila Mista. **Revista Biomassa & Energia**, v. 2, n. 1, p. 68 - 77, 2005.
- LEWIS, S. L.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; SONKÉ, B. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. **Nature**. 457: 1003–06. 2009.
- LOPES R. B; MIOLA D. T. B. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do Cerrado. **SynThesis, Revista Digital**. FAPAM. 2:127-143. 2010.
- LOSOS, E. C.; LEIGH, J. R. **Tropical forest diversity and dynamism: findings from a large-scale plot network**. Chicago, IL: University of Chicago Press. 2004.
- MACHADO, R. B. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília, 2004.
- MALHI, Y. The productivity, metabolism and carbon cycle of tropical forest vegetation. **Journal of Ecology**, 100: 65–75. 2012.
- MARTIN, A. R.; THOMAS, S. C. A Reassessment of carbon content in tropical trees. **PloS One**. v. 6 (8): e 23533. doi:10.1371/journal.pone.0023533. 2011.

- MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. **Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais: o exemplo de uma floresta situada no estado de Rondônia.** In: Seminário Emissão x Sequestro de CO<sub>2</sub>. Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 221p. 1994.
- MARTINS, F. B. **Modelagem do crescimento em nível de árvore individual para plantios comerciais de eucalipto. Tese de doutorado.** Universidade de Viçosa. Viçosa-Mg. 2011
- MARTINS, F. B.; SOARES, C.P.B.; LEITE, H.G.; SOUZA, A.L. de; CASTRO, R.V.O. Índices de competição em árvores individuais de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1089-1098, 2011.
- MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia forestalis**. n. 71, p. 149-154, 2006.
- MENDONÇA, R. C. et al. Flora vascular do bioma Cerrado: Check list com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 421–1181.2008
- MEWS, H. A. **O Cerrado sentido restrito sobre dois substratos no Brasil central: padrões da flora lenhosa e correlações com variáveis geodafoclimáticas.** Tese de doutorado. Universidade de Brasília. Brasília – DF Brasil. 2014.
- MIRANDA, D. L. C.; MELO, A. C. G.; SANQUETTA, C. R. Equações alométricas para estimativa de biomassa e carbono em árvores de reflorestamentos de restauração. **Revista Árvore**, v.35, n.3, Edição Especial, p.679-689, 2011.
- MIRANDA, S. C. **Variação espacial e temporal da biomassa vegetal em áreas de Cerrado.** Tese de doutorado. Programa de pós graduação em Ecologia. Universidade de Brasília. DF. 2012.
- MOGNON, F. Uma década de dinâmica da fixação de carbono na biomassa arbórea em Floresta Ombrófila Mista no sul do Pará. **Floresta**. v. 43, n. 1, p. 153-164. 2013.
- MORAIS, V. A. et al. Carbon stocks in a fragment of Cerradão in Minas Gerais state, Brazil. **Cerne**, Lavras, v.19, n.2, p.237-245, abr/jun. 2013.
- MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA-NETO, J. A. A. **Fitossociologia no Brasil – Métodos e estudos de casos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p. 175-208. 2011.
- MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. (Ed.). **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley. 574 p. 1974.
- OLIVEIRA, E. B; NAKAJIMA, N.Y.; CHANG, M; HALISKI, M. **Determinação da quantidade de madeira, carbono e renda da plantação florestal.** Embrapa florestas, Colombo-PR. 2011.
- PAIVA A. O; FARIA, G. E. Estoque de carbono do solo sob cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal, Brasil. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**. 1:59-65. 2007.

PAIVA, A. O. et al. Estoque de carbono em cerrado *sensu stricto* do distrito federal. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.527-538, 2011.

PANTALEÃO, J. C. et al. Avaliação da estrutura, crescimento, mortalidade e recrutamento em uma floresta estacional semidecidual na Amazônia Mato-Grossense. **Amazônia, CI & Desenvolvimento**. v. 4, n. 7, 2008.

PEIXOTO, K. S.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; RIBEIRO, M. N.; FACURE, K. G.; GOMES-KLEIN, V. L.; GUILHERME, F. A. G. Dinâmica da comunidade arbórea em uma floresta estacional semidecidual sob queimadas recorrentes. **Acta Botanica Brasilica**. 26(3): 697-708. 2012.

PELTONIEMI, M.; MÄKIPÄÄ, R. Quantifying distance-independent tree competition for predicting Norway spruce mortality in unmanaged forests. **Forest Ecology and Management**. 261: 30–42. 2011.

PINHEIRO, E.S. **Análises Ecológicas e sensoriamento remoto aplicados à estimativa de fitomassa de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP**. Tese de Doutorado. Universidade de São Carlos. 191p.2008.

PIRANI, F. R.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. Fenologia de uma comunidade arbórea em cerrado típico, Barra do Garças, MT. **Acta Botanica Brasilica**. 23: 1096-1109, 2009.

PRIMACK, R.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, Gráfica Editora Midiograf, 2001.

RAMANKUTTY, N.; GIBBS, H. K; ACHARD, F. 2007. Challenges to estimating carbon missions from tropical deforestation. **Global Change Biology**. v. 13:51–66.

RATUCHNE, L. C. **Equações alométricas para a estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma Floresta ombrófila mista**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro – PR. 2010.

REZENDE, A. V. Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado *sensu stricto* submetido a diferentes distúrbios por desmatamento. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2002

REZENDE, A. V.; FELFILI, J. M. Avaliação do estoque de carbono do cerrado *sensu stricto* do Brasil Central. **Comunicações Técnicas Florestais**. v.6, n.2, p.1-27, 2004.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T. do; 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**, Piracicaba, n.71, p.65-76, ago. 2006

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**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 151–21. 2008

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa - CPAC, p. 89–166. 1998.

- RIBEIRO, M. N.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; PEIXOTO, K. S. Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso. **Acta Bot. Bras.** vol.26, n.1. 2012.
- RIBEIRO, S. C.; FEHRMANN, L.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G; KLEINN, C.; GASPAR, R. O. Above-and belowground biomass in a Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and management**, v.262, n.3, p.491-499, 2011.
- RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V; NARDELLI, A. M. B; SOUZA, A. L. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma capoeira da zona da mata mineira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 495-504, 2010.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de Florestas Nativas: Princípios Gerais e Subsídios para uma Definição Metodológica.. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, SP., v. 2, n. 1, p. 4-15, 2001.
- SANCHEZ, M.; PEDRONI, F. Fitofisionomias. In: Venere, Paulo Cesar; Garutti, Valdener. **Peixes do Cerrado – Parque Estadual da Serra Azul – Rio Araguaia, MT**. São Carlos: RiMa Editora, FAPEMAT, 220p., 2011.
- SANO, E. E. et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 153–156, 2008.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 166, n.1, p. 113-124, 2010.
- SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; MOGNON, F.; MASS, G. C. B.; RODRIGUES, A. L. Estimativa de carbono individual para Araucaria angustifolia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 44, n. 1, p. 1-8, 2014.
- SANTANA A. O; IMAÑA-ENCINAS J.; INÁCIO E. S. B.; AMORIM L. B.; VILAVERDE J. L. J. Relação entre o índice de avermelhamento do solo e o estoque de carbono na biomassa aérea da vegetação de Cerrado. **Ciência Florestal**. 23:783-794. 2013.
- SANTOS, A. J. B. et al. Effects of fire on surface carbon, energy and water vapour fluxes over campo sujo savanna in central Brazil. **Functional Ecology**, 17, 711–719.2003.
- SANTOS, A. J. et al. High rates of net ecosystem carbon assimilation by Brachiara pasture in the Brazilian cerrado. **Global Change Biology**, 10, 877–885. 2004.
- SATO, M. N. **Efeito a longo prazo de queimadas prescritas na estrutura de lenhosas da vegetação do cerrado senso stricto**. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, Brasília-DF Brasil. 2003
- SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. Santa Maria: UFSM. 217p. 1997.
- SEDJO, R. A. Forest carbon sequestration:some issues for forest investments. **Discussion Paper** 01-34. Washington: Resourcers for the Future, ago. 2001.
- SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225, 2002.

SILVA, M. R.; ARAÚJO, G. M. Dinâmica da comunidade arbórea de uma Floresta Semidecidual em Uberlândia, MG, Brasil. **Acta bot. bras.** 23(1): 49-56. 2009.

SOARES, C. P. B. et al. **Dendrometria e inventário florestal – 2ª edição.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 272p. 2011.

SOARES, C. P. B.; GEZAN, S. A.; SILVA, G. F.; CASTRO, R. V. O. Individual-tree growth and mortality models for a semideciduous Atlantic forest in Brazil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, 9(11), Pages: 542-552. May 2015.

SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GORGENS, E. B. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.5, p.711-718, 2005.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.533-539, 2002.

STERBA, H.; BLAB, A.; KATZENSTEINER, K. Adapting an individual tree growth model for Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) in pure and mixed species stands. **Ecology and Management**.159: 101–110. 2002.

TILMAN, D. et al. Fire Suppression and Ecosystem Carbon Storage. **Ecology** 81: 2680-2685. 2000.

TOAN, T. LE. ET AL. The biomass mission: Mapping global forest biomass to better understand the terrestrial carbon cycle. **Remote Sensing of Environment**. v. 115 (2850-2860). 2011.

TOWNSEND, A. R. ET AL. Multi-element regulation of the tropical forest carbon cycle. **Frontiers in Ecology Environment**. V. 9 (1):9-17. 2011.

VAN DER WERF, G. R.; MORTON, D. C.; DEFRIES, R. S.; OLIVIER, J. G. J., KASIBHATLA, P. S. CO<sub>2</sub> emissions from forest loss. **National Geoscience** 2: 737–738. 2009.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests.** International, Wallingford, UK. 312p.1994

VENERE, P. C.; GARUTTI, V. **Peixes do Cerrado – Parque Estadual da Serra Azul – Rio Araguaia, MT.** São Carlos: RiMa Editora, FAPEMAT, 220p., 2011.

VICCA, S. et al. Fertile forests produce biomass more efficiently. **Ecology Letters**. 15: 520–526. 2012.

VIEIRA, S. et al. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. **Oecologia**: 140:468-479. 2004.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da Madeira.** Viçosa, MG: SIF. 21 p. (SIF, Boletim Técnico, 1)1984.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas.** Universidade de Brasília, 2006.

WATSON, R. T. **Climate Change 2001: synthesis report: an assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York: Cambridge University. 184p. 2001.

WATZLAWICK, L. F. et al. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista e efeito do grupo ecológico. **Cerne**. v. 20 n. 4, p. 613-620, 2014.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHUMACHER, M. V. Fixação de carbono em Floresta Ombrófila Mista em diferentes estágios de regeneração. In: **As Florestas e o Carbono**. Cap. 8. Curitiba, p. 153-173. 2002.

WEBER, K. S. et al. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência Guarapuava, PR** v.2 n.2 p. 167-177 jul/dez 2006. ISSN 1808 – 0251.

ZANNE, A. E. et al. **Global wood density database**. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>. 2009.

Apêndice 1. Estoque de carbono (Mg) e porcentagem do estoque de carbono por espécie em cada ano de monitoramento no Cerrado Típico.

Espécies	Ano de Monitoramento													
	2006		2007		2008		2009		2010		2013		2015	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
<i>Mezilaurus crassiramea</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	3,33	10,87	3,57	11,16	3,59	11,13	3,78	11,04	3,75	10,86	3,90	12,40	3,31	11,45
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler #	3,10	10,13	3,57	11,13	3,58	11,08	3,93	11,47	4,02	11,63	4,10	13,05	3,18	10,98
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	0,82	2,67	0,94	2,94	0,94	2,92	1,04	3,03	1,09	3,15	1,22	3,87	2,12	7,34
<i>Licania humilis</i> Cham. & Schtdl.	2,36	7,70	2,36	7,38	2,36	7,32	2,40	6,99	2,28	6,60	1,96	6,23	1,52	5,25
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	1,17	3,82	1,25	3,90	1,27	3,93	1,42	4,15	1,41	4,09	1,35	4,31	1,23	4,26
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	1,64	5,36	1,68	5,26	1,68	5,21	1,76	5,12	1,68	4,86	1,60	5,08	1,21	4,19
<i>Pterodon pubescens</i> (Benth.) Benth.	1,15	3,76	1,14	3,55	1,13	3,51	1,20	3,51	1,27	3,68	1,16	3,70	0,96	3,33
<i>Andira cujabensis</i> Benth.	0,93	3,05	1,01	3,15	1,02	3,15	1,11	3,23	1,10	3,19	0,99	3,16	0,91	3,15
<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers	0,59	1,94	0,64	1,99	0,64	1,99	0,72	2,09	0,72	2,08	0,89	2,82	0,76	2,64
<i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.	0,74	2,41	0,73	2,29	0,76	2,36	0,77	2,25	0,78	2,25	0,55	1,74	0,76	2,63
<i>Curatella americana</i> L.#	0,85	2,76	0,89	2,79	0,90	2,77	0,97	2,83	1,10	3,18	0,81	2,58	0,75	2,58
<i>Qualea parviflora</i> Mart.#	0,61	2,00	0,65	2,02	0,65	2,01	0,74	2,16	0,65	1,88	0,79	2,52	0,71	2,46
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	1,14	3,72	0,87	2,71	0,87	2,70	0,91	2,66	0,90	2,62	0,64	2,03	0,69	2,39
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	0,98	3,21	1,04	3,24	1,05	3,25	1,17	3,42	1,01	2,92	0,79	2,50	0,69	2,38
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	0,67	2,19	0,75	2,35	0,76	2,34	0,76	2,23	0,80	2,32	0,69	2,19	0,61	2,12
<i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.	0,42	1,39	0,54	1,69	0,54	1,68	0,57	1,65	0,55	1,59	0,55	1,74	0,56	1,95
<i>Mouriri elliptica</i> Mart.	0,55	1,81	0,59	1,83	0,59	1,81	0,63	1,84	0,67	1,93	0,65	2,07	0,53	1,82
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	0,45	1,48	0,47	1,47	0,47	1,45	0,50	1,45	0,53	1,54	0,42	1,32	0,52	1,79
<i>Qualea multiflora</i> Mart.#	0,38	1,25	0,47	1,46	0,47	1,45	0,51	1,49	0,49	1,42	0,55	1,74	0,51	1,77
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. Ex Hayne	0,85	2,79	0,87	2,72	0,88	2,72	0,82	2,39	0,78	2,27	0,55	1,76	0,50	1,74
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	0,41	1,33	0,49	1,53	0,49	1,52	0,48	1,40	0,49	1,41	0,40	1,27	0,45	1,56
<i>Strychno pseudo-quina</i> A.St.-Hil.	0,35	1,13	0,39	1,22	0,46	1,42	0,49	1,44	0,44	1,28	0,47	1,50	0,44	1,51
<i>Kielmeyera rubriflora</i> Cambess.	0,36	1,18	0,40	1,24	0,40	1,23	0,44	1,29	0,45	1,32	0,44	1,41	0,43	1,48

Continua...

Continuação

Espécies	Ano de Monitoramento													
	2006		2007		2008		2009		2010		2013		2015	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
<i>Eugenia ternatifolia</i> Cambess.	0,58	1,90	0,55	1,70	0,55	1,69	0,54	1,58	0,58	1,68	0,56	1,78	0,42	1,44
<i>Luetzelburgia praecox</i> (Harms) Harms	0,44	1,43	0,45	1,42	0,45	1,40	0,47	1,38	0,48	1,40	0,44	1,41	0,39	1,33
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	0,40	1,30	0,38	1,20	0,38	1,19	0,42	1,22	0,37	1,06	0,39	1,24	0,36	1,25
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	0,16	0,52	0,17	0,52	0,17	0,52	0,21	0,62	0,06	0,16	0,23	0,73	0,26	0,91
<i>Xylopia aromática</i> (Lam.) Mart.#	0,22	0,70	0,25	0,79	0,26	0,80	0,24	0,71	0,26	0,76	0,13	0,42	0,26	0,89
<i>Roupala montana</i> Aubl.#	0,17	0,57	0,26	0,80	0,26	0,80	0,27	0,79	0,27	0,79	0,24	0,76	0,24	0,83
<i>Eugenia gemmiflora</i> O.Berg	0,27	0,88	0,24	0,75	0,25	0,78	0,26	0,77	0,31	0,90	0,23	0,73	0,23	0,79
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	0,35	1,16	0,35	1,10	0,35	1,10	0,39	1,15	0,43	1,24	0,30	0,97	0,23	0,78
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	0,42	1,38	0,33	1,02	0,32	0,98	0,33	0,98	0,34	0,98	0,22	0,70	0,22	0,76
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	0,20	0,66	0,22	0,68	0,22	0,68	0,24	0,70	0,23	0,68	0,22	0,71	0,21	0,72
<i>Eschweilera nana</i> (O.Berg) Miers	0,18	0,58	0,19	0,60	0,20	0,61	0,21	0,63	0,23	0,68	0,18	0,59	0,20	0,68
<i>Salvertia convallariodora</i> A.St.-Hil.	0,18	0,59	0,18	0,55	0,18	0,55	0,20	0,58	0,22	0,63	0,22	0,70	0,20	0,68
<i>Byrsonima pachyphylla</i> A.Juss.	0,14	0,47	0,14	0,44	0,14	0,43	0,15	0,45	0,18	0,51	0,18	0,56	0,18	0,63
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. &Hook.	0,14	0,47	0,11	0,35	0,11	0,34	0,16	0,46	0,16	0,47	0,18	0,58	0,18	0,62
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. &Schltdl.) K.Schum.	0,20	0,66	0,20	0,62	0,20	0,62	0,21	0,61	0,18	0,54	0,19	0,62	0,15	0,50
<i>Dipteryx alata</i> Vogel #	0,19	0,63	0,21	0,65	0,21	0,64	0,23	0,67	0,26	0,77	0,17	0,54	0,14	0,48
<i>Ouratea hexasperma</i> (A.St.-Hil.) Baill.	0,20	0,64	0,21	0,64	0,21	0,64	0,21	0,61	0,20	0,59	0,12	0,39	0,12	0,41
<i>Myrcia</i> sp.	0,20	0,64	0,15	0,47	0,15	0,47	0,15	0,44	0,17	0,48	0,13	0,42	0,12	0,41
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	0,15	0,48	0,14	0,45	0,14	0,45	0,15	0,45	0,18	0,52	0,14	0,43	0,12	0,41
<i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.	0,15	0,48	0,16	0,49	0,16	0,49	0,17	0,50	0,17	0,50	0,12	0,38	0,11	0,39
<i>Andira humilis</i> (Mart.) Benth.#	0,25	0,80	0,25	0,79	0,26	0,80	0,26	0,76	0,23	0,67	0,13	0,40	0,11	0,38
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	0,20	0,66	0,21	0,65	0,21	0,64	0,21	0,62	0,17	0,50	0,13	0,40	0,11	0,37
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	0,10	0,33	0,10	0,30	0,10	0,30	0,08	0,23	0,12	0,34	0,08	0,26	0,07	0,23
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.#	0,10	0,31	0,09	0,29	0,09	0,29	0,10	0,28	0,10	0,28	0,10	0,31	0,07	0,23

Continua...

Continuação

Espécies	Ano de Monitoramento													
	2006		2007		2008		2009		2010		2013		2015	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
<i>Indeterminada</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,15	0,06	0,21
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos#	0,03	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10	0,05	0,14	0,05	0,15	0,06	0,21
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	0,06	0,20	0,06	0,18	0,06	0,18	0,07	0,19	0,19	0,55	0,06	0,17	0,06	0,20
<i>Annona coriácea</i> Mart.	0,07	0,23	0,07	0,21	0,07	0,22	0,08	0,24	0,08	0,23	0,06	0,19	0,06	0,20
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	0,05	0,16	0,05	0,16	0,05	0,16	0,06	0,17	0,06	0,18	0,06	0,20	0,06	0,20
<i>Myrcia lanuginosa</i> O.Berg	0,19	0,63	0,21	0,65	0,23	0,71	0,20	0,57	0,20	0,59	0,06	0,20	0,06	0,19
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.#	0,03	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10	0,04	0,13	0,05	0,14	0,05	0,15	0,05	0,19
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	0,04	0,14	0,05	0,14	0,05	0,15	0,06	0,16	0,04	0,13	0,04	0,13	0,05	0,18
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	0,03	0,11	0,03	0,11	0,04	0,11	0,04	0,12	0,04	0,12	0,04	0,14	0,05	0,16
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	0,09	0,29	0,10	0,30	0,10	0,30	0,10	0,30	0,11	0,31	0,08	0,26	0,04	0,14
<i>Myrcia variabilis</i> DC.	0,05	0,17	0,05	0,17	0,05	0,17	0,06	0,16	0,06	0,18	0,04	0,14	0,04	0,13
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	0,03	0,11	0,03	0,10	0,03	0,10	0,03	0,10	0,04	0,11	0,04	0,11	0,03	0,12
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	0,03	0,11	0,04	0,11	0,04	0,11	0,03	0,09	0,03	0,09	0,03	0,09	0,03	0,10
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	0,05	0,15	0,04	0,14	0,04	0,14	0,04	0,12	0,04	0,13	0,02	0,08	0,03	0,10
<i>Rourea induta</i> Planch.	0,05	0,15	0,04	0,14	0,05	0,15	0,05	0,16	0,20	0,58	0,03	0,09	0,03	0,10
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel #	0,03	0,08	0,03	0,09	0,03	0,09	0,03	0,09	0,04	0,10	0,03	0,10	0,03	0,09
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott #	0,04	0,12	0,04	0,12	0,04	0,13	0,04	0,11	0,16	0,46	0,03	0,09	0,02	0,09
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	0,07	0,24	0,07	0,22	0,07	0,22	0,08	0,24	0,08	0,22	0,02	0,06	0,02	0,08
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,08
<i>Vellozia seubertiana</i> Goethart & Henrard*	0,01	0,05	0,01	0,04	0,01	0,04	0,02	0,04	0,02	0,05	0,01	0,05	0,02	0,07
<i>Eugenia bimarginata</i> DC.	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,04	0,02	0,07	0,02	0,06
<i>Salacia crassifolia</i> (Mart. Ex Schult.) G.Don	0,02	0,05	0,01	0,04	0,01	0,05	0,02	0,05	0,02	0,06	0,01	0,04	0,02	0,05
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,06	0,01	0,05
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	0,02	0,05	0,01	0,04	0,01	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05	0,00	0,01	0,01	0,02

Continua...

Continuação

Espécies	Ano de Monitoramento													
	2006		2007		2008		2009		2010		2013		2015	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
<i>Aspidosperma nobile</i> Müll.Arg.	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	0,09	0,30	0,08	0,26	0,08	0,26	0,08	0,24	0,06	0,17	0,03	0,10	0,00	0,01
<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
<i>Myrcia sp.2</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
<i>Psidium salutare</i> (Kunth) O.Berg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.#	0,02	0,05	0,01	0,04	0,01	0,04	0,02	0,05	0,01	0,04	0,01	0,02	0,00	0,01
<i>Anacardium humile</i> A.St.-Hil.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
<i>Myrcia sp.3</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
<i>Eugenia sp.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hil) Saff	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ficus broadwayi</i> Urb	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	0,02	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05	0,02	0,05	0,02	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,04	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>30,655</b>	<b>100</b>	<b>32,02</b>	<b>100</b>	<b>32,304</b>	<b>100</b>	<b>34,280</b>	<b>100</b>	<b>34,522</b>	<b>100</b>	<b>31,439</b>	<b>100</b>	<b>28,933</b>	<b>100</b>

Apêndice 2. Estoque de carbono (Mg) e porcentagem do estoque de carbono por espécie em cada ano de monitoramento na Floresta Estacional Semidecidual.

Espécies	Ano de Monitoramento									
	2006		2008		2009		2014/1		2014/2	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg. *	12,38	16,47	13,92	18,92	15,22	18,65	17,49	23,45	15,71	22,83
<i>Hymenaea courbaril</i> L. *	4,48	5,96	5,05	6,86	5,55	6,81	5,68	7,61	5,74	8,34
<i>Cordia sellowiana</i> Cham. *	5,70	7,58	5,31	7,22	5,82	7,13	4,72	6,33	4,41	6,41
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart. *	4,66	6,20	4,54	6,16	4,96	6,08	4,33	5,81	3,77	5,49
<i>Platypodium elegans</i> Vogel *	3,58	4,76	3,57	4,85	3,57	4,38	3,23	4,33	3,16	4,60
<i>Myrcia hoffmannseggii</i> O.Berg *	4,37	5,82	3,66	4,97	4,26	5,22	3,30	4,43	3,00	4,36
<i>Physocalymma scaberrimum</i> Pohl *	3,31	4,40	3,18	4,32	3,84	4,70	2,85	3,83	2,83	4,11
<i>Leptolobium araguaiense</i> Sch.Rodr. & A.M.G.Azevedo*	3,99	5,31	3,50	4,76	3,69	4,53	2,83	3,80	2,67	3,88
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg. *	2,29	3,05	2,30	3,12	2,22	2,73	1,79	2,40	1,75	2,54
<i>Qualea dichotoma</i> (Mart.) Warm. *	1,50	2,00	1,56	2,12	2,01	2,46	2,02	2,71	1,60	2,32
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel #	1,61	2,14	1,73	2,35	1,92	2,35	1,55	2,08	1,36	1,98
<i>Ephedranthus parviflorus</i> S.Moore *	1,68	2,23	1,43	1,94	1,49	1,82	1,30	1,74	1,28	1,86
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. *	1,03	1,37	0,81	1,11	0,91	1,12	1,14	1,53	1,25	1,82
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott #	1,25	1,66	1,29	1,75	1,56	1,91	1,23	1,65	1,17	1,71
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.*	1,07	1,43	1,15	1,56	1,30	1,59	1,30	1,74	1,17	1,70
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.*	1,62	2,16	1,29	1,75	1,39	1,70	1,32	1,77	1,15	1,67
<i>Licaria armeniaca</i> (Nees) Kosterm.*	1,09	1,45	1,04	1,41	1,25	1,53	1,30	1,75	1,10	1,59
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos *	1,01	1,35	0,92	1,24	1,04	1,28	1,05	1,41	0,90	1,31
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand *	0,89	1,19	0,82	1,12	0,94	1,16	0,72	0,96	0,76	1,10
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.*	0,97	1,30	0,89	1,22	0,99	1,22	0,77	1,03	0,71	1,03
<i>Andira humilis</i> Mart. ex Benth.#	0,74	0,98	0,64	0,87	0,85	1,04	0,78	1,04	0,68	0,99
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.*	0,83	1,10	0,77	1,05	0,95	1,16	0,72	0,97	0,66	0,97
<i>Swartzia macrostachya</i> Benth.*	0,57	0,75	0,56	0,76	0,75	0,92	0,66	0,88	0,65	0,94
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.*	0,62	0,82	0,65	0,88	0,70	0,86	0,60	0,80	0,63	0,91

Continua...

Continuação

Espécies	Ano de Monitoramento									
	2006		2008		2009		2014/1		2014/2	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC.*	0,71	0,95	0,50	0,67	0,62	0,76	0,71	0,95	0,59	0,85
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.*	0,84	1,12	0,67	0,91	0,75	0,92	0,68	0,91	0,57	0,82
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.*	0,84	1,12	0,66	0,90	0,77	0,94	0,60	0,80	0,53	0,77
<i>Qualea multiflora</i> Mart.#	0,54	0,71	0,56	0,76	0,65	0,80	0,59	0,79	0,53	0,77
<i>Bauhinia holophylla</i> (Bong.) Steud.*	0,57	0,75	0,63	0,86	0,71	0,87	0,65	0,87	0,51	0,74
<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima*	1,15	1,53	1,18	1,61	0,92	1,13	0,63	0,85	0,51	0,74
<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.*	0,46	0,61	0,46	0,63	0,57	0,70	0,56	0,75	0,48	0,70
<i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart.*	0,84	1,12	0,82	1,12	0,85	1,04	0,61	0,81	0,48	0,69
<i>Diospyros brasiliensis</i> Mart. ex Miq.*	0,38	0,51	0,36	0,49	0,52	0,64	0,42	0,57	0,47	0,68
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.#	0,65	0,86	0,58	0,79	0,76	0,94	0,45	0,61	0,45	0,66
<i>Virola sebifera</i> Aubl.*	0,44	0,59	0,37	0,50	0,42	0,51	0,36	0,49	0,36	0,53
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms *	0,62	0,83	0,49	0,66	0,49	0,60	0,40	0,54	0,35	0,50
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.*	0,26	0,35	0,26	0,35	0,31	0,38	0,30	0,40	0,30	0,43
<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) woodson *	0,17	0,23	0,18	0,25	0,24	0,29	0,28	0,38	0,25	0,36
<i>Byrsonima crispa</i> A.Juss.*	0,17	0,22	0,21	0,29	0,27	0,33	0,24	0,33	0,21	0,31
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.*	0,15	0,20	0,17	0,24	0,18	0,22	0,22	0,30	0,19	0,28
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.*	0,16	0,21	0,17	0,23	0,20	0,24	0,22	0,29	0,19	0,28
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.*	0,22	0,29	0,23	0,31	0,29	0,35	0,19	0,25	0,19	0,28
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.*	0,30	0,39	0,23	0,31	0,30	0,37	0,15	0,21	0,18	0,26
<i>Cheilochlinium cognatum</i> (Miers) A.C.Sm.*	0,14	0,19	0,17	0,23	0,17	0,21	0,16	0,22	0,16	0,23
<i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl.*	0,27	0,36	0,28	0,39	0,36	0,44	0,28	0,37	0,16	0,23
<i>Dipteryx alata</i> Vogel #	0,24	0,32	0,25	0,34	0,36	0,44	0,17	0,23	0,15	0,22
<i>Maytenus gonoclada</i> Mart.*	0,09	0,12	0,13	0,17	0,15	0,19	0,14	0,18	0,15	0,22
<i>Vitex polygama</i> Cham.*	0,10	0,13	0,15	0,20	0,13	0,16	0,14	0,18	0,14	0,21
<i>Indeterminada 02*</i>	0,12	0,16	0,11	0,15	0,10	0,13	0,14	0,18	0,14	0,21
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.*	0,11	0,14	0,10	0,14	0,11	0,14	0,14	0,19	0,14	0,20

Continua...

Continuação

Espécies	Ano de Monitoramento									
	2006		2008		2009		2014/1		2014/2	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
<i>Sapium glanduloson</i> (L.) Morong *	0,16	0,22	0,16	0,21	0,18	0,22	0,18	0,24	0,13	0,20
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.#	0,29	0,39	0,22	0,29	0,24	0,29	0,11	0,15	0,13	0,19
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.*	0,14	0,19	0,14	0,19	0,15	0,19	0,15	0,20	0,13	0,19
<i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin *	0,19	0,25	0,18	0,24	0,16	0,20	0,13	0,18	0,12	0,18
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith *	0,10	0,13	0,13	0,18	0,12	0,15	0,12	0,17	0,12	0,18
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão*	0,28	0,37	0,22	0,29	0,25	0,30	0,11	0,15	0,10	0,15
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.*	0,08	0,11	0,08	0,11	0,11	0,14	0,11	0,14	0,10	0,14
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.*	0,11	0,14	0,09	0,13	0,10	0,12	0,09	0,12	0,09	0,13
<i>Duguetia marcgraviana</i> Mart.*	0,07	0,10	0,11	0,15	0,08	0,09	0,07	0,09	0,08	0,12
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.*	0,13	0,17	0,16	0,22	0,17	0,21	0,09	0,12	0,08	0,12
<i>Licania kunthiana</i> Hook.f. *	0,12	0,16	0,07	0,10	0,09	0,11	0,09	0,12	0,08	0,12
<i>Trichilia pallida</i> Sw. *	0,04	0,05	0,06	0,08	0,07	0,09	0,08	0,10	0,07	0,11
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.*	0,10	0,14	0,10	0,14	0,12	0,15	0,07	0,09	0,06	0,09
<i>Licania apetala</i> (E.Mey.) Fritsch *	0,13	0,17	0,10	0,13	0,14	0,17	0,06	0,07	0,06	0,09
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltdl.*	0,07	0,09	0,09	0,12	0,09	0,11	0,05	0,07	0,05	0,08
<i>Erythroxylum anguifugum</i> Mart *	0,07	0,10	0,06	0,08	0,06	0,07	0,07	0,09	0,05	0,08
<i>Aiouea piauhyensis</i> (Meisn.) Mez *	0,18	0,24	0,11	0,15	0,14	0,17	0,04	0,05	0,05	0,07
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.*	0,06	0,08	0,04	0,06	0,03	0,03	0,06	0,08	0,05	0,07
<i>Eugenia stictopetala</i> Mart. ex DC.*	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.*	0,14	0,18	0,09	0,13	0,08	0,10	0,05	0,07	0,04	0,07
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre *	0,05	0,07	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,06	0,04	0,06
<i>Curatella americana</i> L.#	0,04	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04	0,06
<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich.*	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,06
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul *	0,08	0,10	0,07	0,10	0,09	0,11	0,05	0,07	0,04	0,06
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.#	0,05	0,07	0,05	0,07	0,07	0,08	0,05	0,06	0,04	0,06
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.#	0,05	0,06	0,04	0,06	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,06

Continua...

Continuação

Espécies	Ano de Monitoramento									
	2006		2008		2009		2014/1		2014/2	
	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%	Mg.ha <sup>-1</sup>	%
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.*	0,10	0,13	0,09	0,12	0,10	0,13	0,07	0,10	0,04	0,05
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.*	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose *	0,14	0,19	0,11	0,15	0,09	0,11	0,03	0,04	0,03	0,05
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos #	0,04	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,04	0,05	0,03	0,05
<i>Roupala montana</i> Aubl.#	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04
<i>Qualea parviflora</i> Mart.#	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.*	0,07	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04
Indeterminada 01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,03	0,04
<i>Eugenia lambertiana</i> DC.*	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03
<i>Connarus perrottetii</i> (DC.) Planch.*	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.*	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03
<i>Tapura amazonica</i> Poepp. & Endl.*	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
<i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC.*	0,03	0,04	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
<i>Astrocaryum huaimi</i> Mart.*	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
<i>Hirtella bicornis</i> Mart. & Zucc.*	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02
<i>Terminalia argentea</i> Mart.*	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
<i>Unonopsis guatterioides</i> (A.DC.) R.E.Fr.*	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart. & Zucc.) A.Robyns*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
<i>Mabea fistulifera</i> Mart	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler #	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Diospyros sericea</i> A. DC. *	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Miconia albicans</i> (SW) Triana *	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl. *	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>75,14</b>	<b>100</b>	<b>73,59</b>	<b>100</b>	<b>81,60</b>	<b>100</b>	<b>74,58</b>	<b>100</b>	<b>68,78</b>	<b>100</b>