**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Biodiversidade e estoques de carbono de um Cerrado *stricto sensu*
na Reserva Biológica de Mogi Guaçu-SP**

Ana Paula de Oliveira Risante

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Ecologia Aplicada

**Piracicaba
2017**

Ana Paula de Oliveira Risante
Bacharela em Gestão Ambiental

**Biodiversidade e estoques de carbono de um Cerrado *stricto sensu* na
Reserva Biológica de Mogi Guaçu-SP**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **CIRO ABBUD RIGHI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Ecologia Aplicada

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Risante, Ana Paula de Oliveira

Biodiversidade e estoques de carbono do Cerrado stricto sensu na Reserva Biológica de Mogi Guaçu-SP/ Ana Paula de Oliveira Risante.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

87 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

1. Diversidade 2. Biomassa aérea 3. Biomassa de raízes 4. Matéria orgânica 5. Carbono orgânico 6. Densidade do solo I. Título

DEDICATÓRIA

*A toda minha família (pais, avós e tio padrinho) e as minhas cachorrinhas Nalla e
Prenda (em memória).*

AGRADECIMENTOS

À minha família (pais, avós e tio padrinho) que sempre me ensinou a ir atrás dos meus objetivos e realizar minhas aspirações com muita determinação.

Às minhas cachorrinhas Nalla e Prenda (em memória), que mesmo sem saberem me trouxeram muita alegria e me faziam relaxar nos momentos de estresse.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ciro Abbud Righi, por me ensinar a melhorar de todas as formas possíveis, pela amizade, paciência, dedicação, sinceridade, carinho, conselhos e toda estrutura e conhecimento possível para elaboração desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto, pela sua contribuição para que todo o meu trabalho fosse possível.

À pesquisadora Paula Packer e a equipe da EMBRAPA Meio Ambiente de Jaguariúna, pelo auxílio nas coletas das amostras de solos para que parte da minha pesquisa fosse finalizada com sucesso.

Aos Professores Doutores Luis Reynaldo Ferracciú Aleoni e Álvaro Pires da Silva (em memória) por me disponibilizarem os respectivos laboratórios para que pudesse realizar as análises de solo com todo cuidado necessário.

À minha colega de mestrado Mariane Rodrigues, pelos desabafos, conversas e realização de parte dos trabalhos de campo.

Aos meus estagiários queridos, Eduardo Molina Rodriguez e Alessandra Monteiro Correr, por toda ajuda e esforço nos trabalhos de campo.

Ao Sr. Alcebíades, pela paciência, amizade e ajuda com a parte mais pesada dos trabalhos de campo.

À todo o pessoal da Reserva Biológica de Mogi Guaçu envolvido, pela receptividade e simpatia.

Finalmente, agradeço a Deus e todos acompanhantes desta jornada.

*"De tudo ao meu amor serei atento
Antes, e com tal zelo, e sempre, e tanto
Que mesmo em face do maior encanto
Dele se encante mais meu pensamento.*

*Quero vivê-lo em cada vão momento
E em seu louvor hei de espalhar meu canto
E rir meu riso e derramar meu pranto
Ao seu pesar ou seu contentamento*

*E assim, quando mais tarde me procure
Quem sabe a morte, angústia de quem vive
Quem sabe a solidão, fim de quem ama*

*Eu possa me dizer do amor (que tive):
Que não seja imortal, posto que é chama
Mas que seja infinito enquanto dure."*

Vinícius de Moraes

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Mudanças do uso terra	13
2.1.1 A agricultura e a pecuária	13
2.1.2 O desmatamento e o efeito do fogo na vegetação	14
2.2 Emissões de Gases do Efeito Estufa	17
2.3 Bioma Cerrado	19
2.3.1 Características gerais	19
2.3.2 Biodiversidade do cerrado	21
2.3.3 Distribuição do cerrado no Brasil	23
2.3.4 Desmatamento do cerrado	25
2.4 Estoque de carbono na vegetação nativa	27
2.4.1 Estoques de carbono na biomassa aérea	29
2.4.2 Estoques de carbono na biomassa subterrânea	31
2.4.3 Estoques de carbono no solo	33
3. MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 Área de estudo	35
3.2 Instalação das parcelas	37
3.3 Determinação dos Diâmetros à Altura do Peito (DAP)	38
3.4 Determinação da biomassa e estoques de carbono aéreos	38
3.5 Determinação da biomassa e estoques de carbono subterrâneos	39
3.5.1 Biomassa e estoques de carbono das raízes	39
3.5.2 Estoques de carbono orgânico do solo	40
3.5 Determinação da densidade do solo	43
3.6 Determinação da biodiversidade do local	45
3.6.1 Riqueza de espécies	46
3.6.2 Equitabilidade	46
3.6.3 Diversidade de Shannon-Wiener	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Biodiversidade local	49
4.2 Diâmetro à altura do peito (DAP)	53
4.3 Biomassa e estoques de carbono aéreos	55
4.4 Biomassa e estoques de carbono subterrâneos	58
4.4.1 Biomassa e estoques de carbono das raízes	58

4.4.2 Densidade do solo	59
4.4.3 Carbono orgânico no solo	60
4.4.4 Estoques de carbono do solo.....	63
4.5 Teores de carbono totais.....	64
4.6 Análise estatística dos dados.....	66
5. CONCLUSÕES	73
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS.....	77

RESUMO

Biodiversidade e estoques de carbono do Cerrado *stricto sensu* na Reserva Biológica de Mogi Guaçu-SP

O desmatamento para uso agrícola é uma das principais causas da devastação dos biomas brasileiros como a floresta amazônica, o cerrado e a mata atlântica. A grande extensão do desmatamento com a derrubada e a queima das vegetações é a principal fonte de emissão de gases do efeito estufa do Brasil - quarto maior emissor mundial. Uma grande porcentagem do carbono estocado encontra-se na biomassa aérea das fisionomias florestais, enquanto que, nas vegetações de cerrado, a biomassa subterrânea corresponde à maior parte. São ainda poucos os estudos realizados a respeito de estimativas de carbono na biomassa subterrânea, ou mesmo na biomassa aérea, de vegetações de cerrado. O objetivo desta pesquisa foi relacionar os estoques de carbono aéreos e subterrâneos de um cerrado *stricto sensu* existente na Reserva Biológica de Mogi Guaçu (Martinho Prado – SP) com sua biodiversidade. Para isso estabeleceu-se, de modo sistemático, 10 parcelas de 10x50m subdivididas a cada 10m. Todas as plantas com diâmetros à altura do peito (DAPs) dos troncos maiores que 5 cm foram medidas e identificadas ao nível de espécie calculando-se posteriormente os índices de diversidade de Shannon-Wiener, equitabilidade de Pielou e riqueza. A biomassa e o carbono aéreo destas árvores foram calculados com o auxílio de equações estabelecidas pela literatura. Foram coletadas amostras de raízes utilizando-se uma cavadeira manual para determinar seus estoques de biomassa e de carbono. Também se retirou amostras indeformadas de solo em diferentes profundidades (0-30cm) para cálculo de densidade do solo e determinação do carbono orgânico. A área de estudo apresentou um total de 64 espécies distintas e 773 indivíduos. A espécies vegetais mais recorrentes foram: *Xylopia aromatica* (pimenta de macaco) (10,9%), seguida por *Syagrus flexuosa* (coco babão) (8,8%), *Copaifera langsdorffii* (pau de óleo) (8,67%), *Qualea grandiflora* (pau-terra) (8,41%). Houve uma correlação positiva e significativa entre diversidade de Shannon e biomassa e carbono aéreos. Os maiores índices de diversidade de Shannon apresentados foram 2,966 e 2,927. A biomassa área média de foi 37,412 Mg.ha⁻¹ e o carbono aéreo médio foi de 19,65 Mg.ha⁻¹. Já a biomassa média de raízes foi de 3,20 Mg.ha⁻¹ com um teor de carbono variando de 48 a 54%. O estoque médio de carbono do solo foi de 8,51 Mg.ha⁻¹. A porção do solo nas profundidades de 0-10cm apresentaram as maiores concentrações de carbono orgânico. Por outro lado, a densidade do solo apresentou os maiores valores nas camadas de 20-30 cm de profundidade. Houve uma relação negativa significativa entre a densidade e o carbono orgânico do solo.

Palavras-chave: Diversidade; Biomassa aérea; Biomassa de raízes, Matéria orgânica; Carbono orgânico; Densidade do solo

ABSTRACT

Biodiversity and carbon stocks of the *stricto sensu* cerrado in the Mogi Guaçu (SP) Biological Reserve

Deforestation for agricultural use is one of the main causes of the devastation of Brazilian biomes such as the Amazon forest, the cerrado and the Atlantic forest. The big extension of the deforestation with the felling and burning of vegetation is the main cause of the greenhouse gas emissions in Brazil - 4th largest worldwide issuer. A large percentage of the stored carbon is found in the aerial biomass of the vegetable physiognomy, while, in the cerrado vegetation, the underground biomass corresponds the most of part. There are few studies carried out about the carbon stimulates in the underground biomass, or even in the aerial biomass, of the cerrado vegetation. The purpose of this research was to relate aerial and underground carbon stocks of a *stricto sensu* cerrado existing in the Mogi Guaçu- SP Biological Reserve (Martinho Prado Junior-SP) with your biodiversity. For this has been established, systematically, ten plots of 10X50 meters subdivided every 10 meters. All the plants with breast height diameters (DAPs) of the trunks larger than 5 centimeters were measured and identified at the species level calculating the indices of: Shannon-Wiener diversity, Pielou equitability and species richness. The aerial biomass and carbon of these trees were calculated with the aid of equations established in the literature. Root samples were collected with the use of a manual digger for to determine their biomass and carbon stocks. Undisturbed soil samples were collected in different depths for calculating of the soil density and the determination of the soil organic carbon. The study area presented 65 different species and 773 trees. The most recurrent plant species were: *Xylopia aromatica* (monkey pepper) (10,9%), seguida por *Syagrus flexuosa* (coconut baboon) (8,8%), *Copaifera langsdorffii* (oil dick) (8,67%), *Qualea grandiflora* (dick-sand) (8,41%). There was a significant positive correlation between Shannon diversity and aerial biomass and carbon. The highest indices of the Shannon diversity presented were 2,966 and 2,927. The medium aerial biomass was 37,412 Mg.ha⁻¹ and the medium aerial carbon was 19,65 Mg.ha⁻¹. The medium roots biomass was 3,20 Mg.ha⁻¹ with a carbon content is varying from 48 to 54%. The medium soil carbon was 8,51 Mg.ha⁻¹. The portion of the soil in the depths of the 0-10 centimeters presented the highest organic carbon concentration. On the other side, the soil density presented the higher values in layers of 20-30 cm depth. There was a significant negative correlation between soil density and the soil organic carbon.

Keywords: Diversity; Aerial biomass; Roots biomass; Organic matter; Organic carbon; Soil density

1. INTRODUÇÃO

As florestas são ecossistemas de extrema relevância ambiental, consideradas fonte de frutos, substâncias medicinais, madeira e fibras (BERAGELDIN, 1992). A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (2004) define floresta como uma área maior que 0,5 hectares onde existam árvores medindo mais que 5 m de altura e com cobertura de copa superior a 10%. Na parte ambiental, as florestas controlam a erosão do solo, reciclam o gás carbônico, contribuem na regulação do clima e regime de chuvas, sendo necessárias à manutenção dos ciclos ecológicos (PNUMA, 2010).

Nas últimas décadas o desmatamento das florestas contribuiu em 25% das emissões globais anuais de CO₂. No entanto, no Brasil as mudanças do uso da terra e os desmatamentos atuam como os principais fatores responsáveis pelo fluxo de carbono para a atmosfera (MATTHEWS et al., 2014). No estado de Minas Gerais, por exemplo, o desmatamento e as mudanças do uso solo resultam em 54% das emissões de gases de efeito estufa (BRASIL, 2010).

Além do desmatamento ocorrido nas florestas tropicais, há destruição de outros ecossistemas, dentre eles, os que constituem o bioma Cerrado. Um estudo de 2002, que utilizou imagens do satélite MODIS, concluiu que na época 55% de área de cerrado já havia sido desmatada ou transformada pela ação humana (MACHADO et al., 2004). O equivalente a uma área de 880.000km², ou seja quase três vezes a área desmatada na Amazônia brasileira.

O cerrado *stricto sensu* é considerado a fisionomia mais representativa do bioma, já tendo ocupado cerca de 65% da área geográfica desse bioma no Brasil (MARIMON JUNIOR; HARIDASAN, 2005). Apesar da sua importância para a manutenção da biodiversidade e do intenso desmatamento corrente, pouco se sabe a respeito da fitomassa e estoques de carbono existentes nesse bioma. Consequentemente, é de extrema importância estudos a respeito da quantidade de carbono estocado em vegetação de cerrado. É muito importante realizar medidas diretas em campo para determinar a fitomassa com precisão na vegetação nativa.

Este trabalho mensurou os estoques aéreos e subterrâneos de carbono do cerrado *stricto sensu* existente na Reserva Biológica de Mogi Guaçu (Martinho Prado – SP) relacionando-os com sua biodiversidade. Especificamente objetivou-se: i) estabelecer a relação entre a biomassa aérea e a subterrânea da vegetação do local

de estudo, *ii*) identificar as espécies presentes nas áreas amostradas e calcular os principais índices de biodiversidade.

Nessa pesquisa hipotetizou-se que: *i*) a biomassa subterrânea corresponde a uma grande parte da biomassa total existente no cerrado e, dessa forma, é possível estabelecer uma relação matemática para sua estimativa de modo a auxiliar no computo da biomassa total do cerrado; *ii*) a biomassa subterrânea é subestimada nos estudos realizados a respeito de estoques de carbono.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mudanças do uso terra

2.1.1 A agricultura e a pecuária

O desenvolvimento de áreas florestadas historicamente tem sido sinônimo de desmatamento (COCHRANE, 2003). A derruba e a queima de florestas tropicais prática de sistemas agrícolas e a intensificação do uso da terra (PYNE, 1997). Fearnside (1989) alertava que no caso do Brasil, já havia a conversão há tempo e com rapidez de extensas áreas de florestas em pastagens de baixo valor e com pouca sustentabilidade. Segundo a FAO (2004), há quase duas décadas atrás 31% da superfície terrestre do globo ainda estava coberta por florestas com os mais variados estágios de conservação, sendo aproximadamente 22% delas ainda intocadas. Estima-se que entre 2000 e 2010 foram perdidos 130 milhões de hectares de florestas em todo o mundo. Grande porcentagem da totalidade das perdas florestais ocorre em regiões tropicais como resultado da transformação de áreas naturais para uso agropecuário e urbanização.

No estado de Mato Grosso, por exemplo, as plantações de soja continuavam no ano de 2001 avançando na direção norte, a partir das áreas de cerrado em um processo já iniciado na década de 1970. A parte norte e diversas áreas das partes sul e leste do Pará são dominadas por grandes fazendas agropecuárias que seguiram o mesmo padrão de desenvolvimento (FEARNSIDE, 2001).

Cochrane (2003) afirma que a existência de florestas cada vez mais sensíveis e o manejo agrícola dependente do fogo fazem com que os incêndios florestais sejam inevitáveis. Nas fronteiras agrícolas onde a quantidade de áreas abertas é relativamente pequena, a grande quantidade de áreas florestadas faz com que fogo florestal de grande abrangência seja pouco recorrente.

A modernização da agricultura trouxe a destruição do Cerrado, que pela intensificação das práticas de mecanização agrícola culminou na transformação das paisagens naturais do Planalto Central Brasileiro em áreas antropizadas. Esse processo tem-se revelado bastante prejudicial ao ambiente resultando em solos esgotados, mananciais contaminados e reduzidos, espécies vegetais e animais sob ameaça de extinção dentro outros problemas ambientais, sociais e econômicos (MESQUITA, 1993; MATOS, 2006).

De acordo com os resultados de um estudo realizado pelo Banco Mundial (2010) as emissões diretas da pecuária foram responsáveis por cerca de 18% das emissões nacionais brutas, estando predominantemente relacionadas à criação de gado de corte. A principal fonte de emissões oriundas da pecuária no Brasil é o metano (CH_4) gerado pelo processo digestivo dos ruminantes.

Segundo a Comunicação Nacional Inicial à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (1994) as emissões de metano provenientes do gado de corte foram responsáveis por mais de quatro quintos do total de emissões entéricas geradas pela pecuária brasileira. No ano de 2012 a fermentação entérica do gado de corte foi a principal fonte sendo responsável por 75% das emissões, seguida pelo gado de leite com 12%. As contribuições restantes, da fermentação entérica de outros animais, do manejo de dejetos animais, da queima de resíduos agrícolas da cana-de-açúcar e do cultivo de arroz totalizam 13% das emissões.

2.1.2 O desmatamento e o efeito do fogo na vegetação

O desmatamento tem como característica marcante o desaparecimento rápido e quase total das florestas. Esse processo é considerado como uma perda de área e se diferencia da degradação florestal, com consequente uma perda da biodiversidade, estrutura ou função de uma floresta (LANLY, 2003).

Há tempo, Aubréville (1947) afirmava que está muito clara a ação do homem, com o uso do fogo e do cultivo industrial, na transformação das florestas tropicais úmidas em matas alteradas, com flora introduzida. Deste modo, as áreas antes florestadas se transformam em savanas com plantas xeromórficas típicas de zonas áridas. Para o mesmo autor, a floresta poderia se recuperar caso o solo mantivesse seu conteúdo em húmus e uma boa estrutura. Assim, Aubréville (1947) já há mais de 50 anos asseverava que éramos testemunhas da morte por sufocamento do mundo vegetal em lentos estágios, secando e degenerando a floresta tropical na África. Dessa forma, a mesma situação vem ocorrendo no Brasil a uma velocidade cada vez maior com o desmatamento acelerado e a implantação das culturas industriais.

A derruba e a queima de florestas tropicais também alteram sua composição e estrutura (COCHRANE; SCHULZE, 1999; GERWING, 2002). As espécies mais recorrentes sofrem o maior número de mortalidade enquanto que as espécies raras são praticamente extintas. As atividades de retirada seletiva de árvores com a abertura de estradas e de clareiras dentro da mata tornam as florestas

extremamente vulneráveis ao fogo. Segundo Slik et al. (2002), mesmo após alguns anos da ocorrência do incêndio, as florestas tropicais não apresentam evidências de recuperação das espécies perdidas.

A retirada da cobertura florestal das áreas tropicais influencia o clima, a conservação do solo e as reservas hídricas de um modo muito mais severo do que em qualquer outro ecossistema (AUBRÉVILLE, 1947). Por se tratar de um fenômeno que está ocorrendo em larga escala, o desmatamento das florestas tropicais brasileiras torna-se um dos principais responsáveis pelo aumento das emissões de GEE. Ademais, as áreas desmatadas com seu solo desprotegido devido ao efeito do fogo são expostas diretamente ao sol gerando um calor intenso e aumentando a taxa de evaporação, tanto devido ao aquecimento direto do solo como pela maior ação dos ventos. O resultado principal deste processo é a mudança da estrutura física do solo, tornando-os mais susceptíveis à erosão expondo os mesmos a violentas chuvas de verão ao final do período seco. A erosão laminar e em voçorocas leva à perda de produtividade pela rápida degradação da matéria orgânica antes existente e a destruição da estrutura coloidal do solo. Há ainda a intensa perda de carbono e nitrogênio como resultado da queima da vegetação durante os incêndios florestais.

Cochrane (2003) afirma que o fogo é responsável pela dificuldade de regeneração das florestas tropicais por diminuir em 60% a quantidades das sementes presentes na camada superficial do solo. O florescimento e a frutificação das árvores e de outras espécies remanescentes em localidade próximas às áreas que são queimadas também são reduzidos. Segundo o mesmo autor, o aumento de gramíneas e lianas nas áreas queimadas também dificulta a reestruturação destas áreas. Consequentemente, os fragmentos florestais e as florestas de galeria são de extrema importância na recuperação de áreas após o evento do fogo. Entretanto tais fragmentos são rapidamente reduzidos em tamanho, diversidade e densidade por seguidos incêndios, diminuindo o processo de recuperação.

A probabilidade de fogo e sua intensidade estão diretamente relacionadas à possível quantidade de material inflamável disponível, o qual geralmente não está mais vivo. A decomposição pode ser controlada por secas frequentes, falta de nutrientes ou a presença de substâncias inibidoras. Com uma maior quantidade de biomassa, incêndios por um longo período ocasionarão uma maior elevação da

temperatura do solo e uma maior destruição da matéria orgânica, podendo espalhar-se para áreas maiores (COCHRANE, 2003).

Cochrane (2003) constatou que em decorrência dos milhões de hectares atingidos pelo fogo ao redor dos trópicos, são necessários estudos de recuperação inutilizando um manejo natural. Para este autor é de extrema importância determinar qual a taxa de recuperação e o tempo necessário para retornar ao estágio anterior à queimada. Além disto, seria de grande valia estudar alternativas de manejo e de intervenção para aumentar o processo de recuperação dos ecossistemas.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2013) afirma que de agosto de 2012 a fevereiro de 2013 o desmatamento da Amazônia Legal subiu 26% e que de agosto de 2011 a julho 2012 teriam sido perdidos um total de 4.656 km² de floresta nativa. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013), no total, 1.695 km² da floresta foram destruídos ou degradados nos últimos sete meses, área pouco maior do que o tamanho da cidade de São Paulo (1.521 km²).

O desmatamento não afeta apenas a floresta amazônica, mas também os outros biomas como o cerrado e a mata atlântica. Alguns estudos realizados pela ONG Conservação Internacional mostram que aproximadamente 55% do bioma cerrado já foi convertido em área para a agricultura. Já a mata atlântica, considerada também como um dos biomas de maior biodiversidade do mundo, encontra-se extremamente fragmentada devido à intensa expansão das áreas de cultivo como cana-de-açúcar e café e o histórico de ocupação humana (MACHADO et al., 2004). Esse bioma já perdeu mais de 93% de sua área (MYERS et al., 2000). Comparando-se a quantidade de animais e espécies de toda a Alemanha com um hectare de Mata Atlântica esta possui maiores quantidades. Antes cobrindo áreas enormes, as florestas remanescentes foram reduzidas a diversos fragmentos florestais muito pequenos e bastante separados entre si (GASCON et al., 2000). Nas últimas três décadas a derrubada desse bioma foi bastante severa, com um valor de 11.650 km², equivalente a 284 km² por dia (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2013).

No ano de 2002, as pastagens cultivadas e as culturas agrícolas, ocuparam 26,5 e 10,5% do cerrado, respectivamente. As áreas mais extensas de uso da terra foram encontradas na porção sul. São consequências do histórico de ocupação das terras do Brasil. O bioma começou a ser ocupado na década 1920, quando a indústria de café estava no seu auge, principalmente no Estado de São Paulo. Alguns anos depois, com o escassez de terras férteis do Sul e Sudeste do Brasil e

com o crescimento populacional, o governo Vargas (1930-1945) incentivou a ocupação do sul do Estado de Goiás, por meio de fornecimento de subsídios necessários aos pecuaristas da região (KLINK; MOREIRA, 2002).

No bioma cerrado as taxas anuais desmatamento são elevadas. Entre os anos de 1970 e 1975, o desmatamento médio foi de 40.000km² por ano, 1,8 vezes a taxa de desmatamento da Amazônia durante o período 1978–1988 (KLINK; MOREIRA, 2002). No ano de 2004 essas taxas aumentaram ainda mais variaram de 22.000 a 30.000km² por ano (MACHADO et al., 2004), superiores àquelas da Amazônia.

A porção central do estado de São Paulo, área coberta anteriormente por cerrado denso, sofreu sucessivas influências de queimadas antes de 1960, foi ocupada e utilizada para atividades agropecuárias até 1964 e por último sofreu queimada mais intensa, numa parte limitada, no ano de 1975 (MANTOVANI; MARTINS, 1993). A drenagem ineficiente do solo, o corte de várias espécies, as queimadas localizadas e as exposições às geadas são os fatores responsáveis pela existência de diversas fisionomias de cerrado na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, desde cerradão a cerrado *stricto sensu*, com predomínio das fisionomias abertas (GIBBS et al. 1983; MANTOVANI; MARTINS 1993).

2.2 Emissões de Gases do Efeito Estufa

A temperatura média da superfície da permanece em torno de 15 °C, emitindo cerca de 390 W.m⁻² de radiação infra-vermelha termal, dos quais 236 W.m⁻² são emitidos para o espaço sendo retidos cerca de 154 W.m⁻² no sistema solo-atmosfera. O vapor d'água, as nuvens e o CO₂ são responsáveis por cerca de 90% do efeito estufa enquanto os 10% restantes são devidos ao ozônio, metano, óxido nitroso, etc. (RAMANATHAN et al., 1985).

Durante o período pré-industrial (1800 a 1990) a concentração do CO₂ atmosférico subiu de 280 para 354 ppm, representando um aumento de 25% ou de aproximadamente 0,5% ao ano devido às emissões antropogênicas (Watson et al., 1990; IPCC, 1995). Rowland (1989) afirma que devido principalmente à queima de combustíveis fósseis e ao desmatamento tropical, a concentração de dióxido de carbono atmosférico aumentou de 315 para 406,4 ppm de 1957 a 2017. O crescimento da quantidade dos gases de efeito estufa pode causar um aquecimento do planeta (IPCC, 1995 e 2001; MEIRELES, 1994; WATSON et al., 1990;

SHNEIDER, 1989; RAMANATHAN et al., 1985). Meireles (1994) constatou em seus estudos que o CO₂ foi o principal responsável por 51% da intensificação do efeito estufa durante toda década de 80.

Houghton (2003) sustenta que a agricultura é um agravante da conjuntura do clima terrestre pela alteração dos fluxos de nitratos, fosfatos e compostos de carbono. A previsão para o ano de 2100 é de que a Terra estará aquecida em cerca de 2,1 °C, deste total 1,4 °C está associado ao CO₂ (MEIRELES, 1994). Calcula-se que as emissões globais de carbono, devido à mudança no uso da terra variaram consideravelmente em relação às emissões na década de 90, mudando de 0,5 para 3,0 Gt de C ao ano.

Segundo Cicerone et al. (2001), caso as emissões de GEE continuem no ritmo de alguns atrás pode haver indicações de que o equilíbrio do clima no planeta possa ser alterado com consequências ainda imprevisíveis. Com o aumento da concentração do CO₂ atmosférico e a elevação da temperatura do ar a ele associada, há um aumento das taxas de respiração (emissão de CO₂) e da fotossíntese (absorção de CO₂) dos vegetais e microrganismos (MEIRELES, 1994). Porém, segundo Leggett (1990), a respiração aumentaria mais rapidamente do que a fotossíntese fazendo com que ocorresse um “*feedback*” positivo no processo de aquecimento global. Watson et al. (1990) afirmam que as mudanças climáticas devido aos incrementos na concentração do CO₂ atmosférico poderão determinar variações no tipo e na localização geográfica da vegetação.

No ano de 1995 o Brasil ocupava a 21ª posição na emissão do GEE. Devido à emissão de CO₂ resultante das queimadas e desmatamentos, o Brasil passou fazer parte dos seis primeiros emissores do GEE e ao mesmo tempo (CERRI, 2006; MOUTINHO; BUENO, 2002). A média de emissão de GEE para a década de 1990 foi de 0.2 Pg C/ano (bilhões de toneladas por ano de carbono) resultante unicamente do desmatamento na região Amazônica, o que representa de 2 a 3% do total global (HOUGHTHON, 2005). Se forem comparados à queima de combustíveis fósseis, os desmatamentos apresentam contribuições muito menores, porém são significativamente grandes para modificar o equilíbrio natural (WATSON et al., 1990).

A combinação de desmatamento e aquecimento global resultante da emissão de GEE se continuarem na mesma intensidade podem futuramente trazer para a região Amazônica fortes períodos de seca juntamente com a redução nos volumes de chuva de 20% a 30% (NOBRE et al. 1991). Como principal resultado poderia

ocorrer um processo de *savanização* de grande porção da região Amazônica (MALHI et al. 2008) .

O principal gás de efeito estufa emitido pelas atividades humanas e industriais é o dióxido de carbono (CO_2), representando 71,8% do total das 2 emissões de GEE. Já o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O) representaram 34% e 29% das emissões, respectivamente. Atualmente, o inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa (2014) apresentou um total de 15,4 t de CO_2 emitidas. O transporte aéreo e terrestre por veículos leves foram as principais fontes de emissão de GEE, contribuindo respectivamente com 34,7% e 33,8% do total emitido.

Segundo o relatório final do IPCC (2014), no período 2000 e 2010 as emissões cresceram mais rapidamente do que na década anterior, sobretudo em razão do aumento do uso de carvão para geração de energia. Recentemente, a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera desde últimos milhares de anos. Com esse ritmo de crescimento, a previsão é de que até 2100 a temperatura média global aumente 5°C. Para evitar essa tendência, é de extrema importância a adoção de energias renováveis.

2.3 Bioma Cerrado

2.3.1 Características gerais

O Cerrado brasileiro ocupa 207 milhões de ha, representando aproximadamente 4% da região tropical do mundo (RESCK, 1997). Este bioma abrange os Estados de GO, MG, TO, BA, MA, PI, MT, MTS, PA, CE, RO e Distrito Federal, além de áreas restritas de Roraima, Amazonas, Amapá, Pará e São Paulo (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O Cerrado recebe nomes diversos nas mais variadas partes do mundo: Savana (EUA e África), Cerrados ou Sertões (Brasil), Lhanos (Venezuela), Parque (África Oriental), Chaparral (México), Bosques (Sudão Africano) e Jungle (Índia) (ABRAMOVAY, 1999). Este bioma é o segundo maior bioma brasileiro e concentra um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e da fauna mundial. Ocupava uma extensão total em cerca de 22% do território brasileiro. Além de sua importância em extensão e biodiversidade, o cerrado é considerado o divisor de águas brasileiro,

compreendendo os nascedouros das grandes bacias hidrográficas do país (WWF, 1995).

Troppmair (2002) afirma que o cerrado caracteriza-se por uma faixa intertropical em direção norte e sul com declínio da precipitação e o aumento da estação seca alternada por uma estação úmida. A estação seca dura de 3 a 5 meses enquanto a chuvosa e mais úmida concentra-se nos meses da primavera e do verão.

Ferri (1977) que durante o período de estiagem, o solo se desseca, mas apenas em sua parte superficial (1,5 a 2 metros de profundidade). Consequência disto é a deficiência hídrica apresentada pelo estrato herbáceo-subarbustivo, cuja parte epígea se desseca e morre, embora suas partes hipógeas se mantenham vivas.

O cerrado foi submetido a importantes flutuações climáticas, as quais contribuíram para a instalação e adaptação de inúmeras espécies animais e vegetais (AB'SABER, 1957). O cerrado participa da formação das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul além de ocupar uma posição geográfica que se caracteriza pela riqueza dos recursos biológicos.

Os solos existentes no cerrado podem ser descritos como planos a suave ondulados, profundos, pobres em nutrientes e praticamente sem minerais primários facilmente intemperizáveis, sendo classificados em sua maioria como latossolos. Estes, ao contrário dos amazônicos, tendem a ser ricos em gipsita e a apresentar uma estrutura granular bem desenvolvida, facilitando a infiltração de água, a erosão em sulcos e a baixa condutividade capilar quando o solo deixa de estar saturado (DIAS, 1990).

O relevo no cerrado é marcado por intercalações de planaltos, depressões e planícies. Os planaltos compreendem superfícies de 600-1.600 m e possuem diversas áreas mais planas, denominadas chapadas, que se intercalam com áreas onduladas. As depressões compreendem os compartimentos formados pelos processos erosivos e nelas estão os solos mais jovens e férteis do bioma. As planícies de maior extensão estão inclusas nas depressões e correspondem aos terraços aluviais, já bastante antigos (AB'SÁBER, 1981; BRASIL; ALVARENGA, 1989).

A coexistência de cerrados, campos e florestas, em um mesmo bioma, chamou a atenção de Warming (1908), um dos autores pioneiros no estudo do bioma

cerrado. A quantidade de árvores e de herbáceas varia conforme o tipo de fitofisionomia, desde cerrado completamente aberto denominado de campo limpo, o qual possui uma vegetação dominada por gramíneas sem a presença dos elementos lenhosos, até o cerrado fechado, denominado cerradão, que possui aspecto florestal devido a grande quantidade de árvores e formação de dossel fechado. As formas intermediárias, o campo sujo, o campo cerrado e o cerrado *stricto sensu* apresentam uma densidade crescente de árvores (GOODLAND, 1971).

2.3.2 Biodiversidade do cerrado

A biodiversidade do bioma cerrado é muito rica, porém geralmente desconsiderada. Dias (1990) quando trata a respeito da vegetação, a partir de estimativas da biodiversidade mundial considera que a riqueza mínima da região do cerrado é da ordem de 320.000 espécies distribuídas por 38 filos e 89 classes. Já Mendonça et al. (2008) afirma que plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós, totalizam 12.356 espécies e uma flora vascular nativa (pteridófitas e fanerógamas) somando 11.627 espécies sendo aproximadamente 44% da flora endêmica (KLINK & MACHADO, 2005). Igualmente, a diversidade da fauna é elevada. Existem cerca de 320.000 espécies de animais na região. Dentre eles os insetos têm posição de destaque com cerca de 90.000 espécies, representando 28% de toda a biota do Cerrado (AGUIAR et al., 2004).

Os autores também destacam que uma grande variedade de plantas do Cerrado são usadas pela população. Em torno de 220 espécies têm uso medicinal e mais 416 podem ser usadas na recuperação de solos degradados. Há mais de dez frutos comestíveis que são regularmente consumidos como os frutos do pequi (Caryocar brasiliensis), buriti (Mauritia flexuosa) e mangabeira (Hancornia speciosa) e as sementes do marú (Dypteryx alata). Diversas servem como base para a alimentação humana, entre elas, o pequi, o baru, a cagaita, o jatobá e tantas outras, e medicamentos, como o velame, a lobeira, a calunga, o barbatimão.

Ferri (1977) dividiu a vegetação em três diferentes grupos: o das plantas permanentes que apresentam raízes profundas, o das espécies efêmeras com raízes superficiais e o das gramíneas que podem ser efêmeras ou permanentes. As árvores do cerrado que compõem a vegetação permanente, são muito peculiares,

com troncos tortuosos, cobertos por uma cortiça grossa, cujas folhas são geralmente grandes e rígidas.

A vegetação do cerrado não possui uma fisionomia vegetal única, possuindo características diversificadas, podendo apresentar desde formas campestres bem abertas, como os campos limpos de cerrado, até formas relativamente densas e florestais, como os cerradões. Entre os dois extremos fisionômicos, são encontradas formas de transição com fisionomia savânica, como campos sujos, os campos cerrados e cerrado “*sensu stricto*” (s.s.). Assim, o cerrado apresenta um mosaico de fisionomias. Essa diversidade é caracterizada por solos pouco ou muito pobres, pela irregularidade dos regimes e características das queimadas de cada local (frequência, época, intensidade) e também ação humana. As diferentes formas de cerrado são, portanto, pedoclimaxes ou piroclimaxes, a depender ser o solo ou o fogo o seu fator limitante. As principais áreas de cerrado do país envolvem três ecossistemas naturais principais: a floresta tropical úmida, o cerradão, o cerrado e suas variações locais (COUTINHO, 2000).

O cerradão é uma formação constituída por uma expressiva quantidade de espécies de cerrado misturadas a um número de espécies de mata. Sua estrutura e fisionomia são florestais com dossel fechado devido à elevada densidade de árvores. Os cerrados são constituídos por uma vegetação xeromorfa, semi-decídua. Possuem três estratos nítidos (um herbáceo, um arbustivo e outro arbóreo) e apresentam-se sob as formas de campo cerrado e cerrado *stricto sensu* ou cerrado típico.

Os campos são formados por um estrato herbáceo-arbustivo contínuo, composto, sobretudo por gramíneas. Apresentam-se sob as formas de campo limpo (vegetação herbácea) que ocorre, geralmente, nas baixadas, e de campo sujo (vegetação herbácea mesclada por arbustos e pequenas árvores). As distintas comunidades vegetais, com uma sobreposição surpreendentemente baixa de espécies, estão ligadas à topografia local e ao tipo de solo onde ocorrem (GUILLAUMET, 1987).

Há diversas teorias que tentam explicar a origem das formações existentes no cerrado. Algumas consideram que a vegetação do cerrado teve importante influência antrópica. Dentre elas temos o uso frequente do fogo, importante fator ecológico responsável pela composição florística, fisionomia e estrutura da vegetação (RAWITSCHER, 1948; COUTINHO 1992). O efeito do fogo pode potencializar a

mineralização da fitomassa e a passagem dos nutrientes minerais para a superfície do solo sob a forma de cinzas. Dessa forma, os nutrientes nas cinzas tornam-se disponíveis, principalmente na camada superficial do solo, facilitando sua reabsorção pelas raízes das plantas herbáceas (CAVALCANTI, 1978; COUTINHO, 2002).

A maioria das árvores é protegida de incêndios em função da existência de súber espesso. Entretanto, as espécies mais jovens podem não ter produzido a proteção necessária a tempo para garantir maior sobrevivência a tais eventos (GUEDES, 1993). Como consequência, incêndios frequentes reduzem a densidade da vegetação arbórea com a morte dos indivíduos mais jovens alterando os níveis de regeneração (FROST; ROBERTSON, 1987; HOFFMAN, 1998). Moreira (1996) afirmou, de forma distinta que a ausência de fogo no cerrado levaria a uma homogeneidade na sua fisionomia, ocasionando mudanças graduais na densidade das árvores lenhosas para formações mais densas que as existentes.

Goodland e Ferri (1979) defendem xeromorfismo aluminotrófico, o qual explica a visível redução em densidade e estrutura da vegetação nas fisionomias do cerrado. Os autores discutem que o aumento no teor de alumínio causa a deficiência de nutrientes, o que provoca o nanismo facilmente observável no cerrado. Já Rizzini (1997) afirma que as plantas apresentam adaptações para acumular alumínio. Além disso, a radiação solar pode ser responsável pelo espessamento parietal das células com conseqüente lignificação, suberização e cutinização da vegetação. Das plantas do cerrado tolerantes e acumuladoras de alumínio pode-se dar como exemplo o gênero *Qualea*.

2.3.3 Distribuição do cerrado no Brasil

O Probio (2004) realizou o Mapeamento da cobertura vegetal do cerrado tendo sido constatado, com frequência, na porção norte de cerrado, taxas superiores a 90% de preservação. Já na porção sul esse índice diminui para porcentagens inferiores a 10% de preservação. As áreas com índices mais elevados de preservação correspondem à porção nordeste do bioma, mais especificamente no oeste de Tocantins e sul dos estados do Maranhão e do Piauí. Os estados do Piauí e do Maranhão também são estados que possuem uma alta porcentagem de cobertura vegetal natural, com 89% e 92%, respectivamente (PROBIO, 2004).O

estado de Tocantins que, depois do DF e de GO, é o estado que possui a maior área coberta pelo bioma cerrado, apresentou um índice de 79% de cobertura vegetal natural. As áreas com menor preservação são encontradas em maior extensão no sul de Goiás, Triângulo Mineiro, São Paulo e Mato Grosso do Sul. O estado de Goiás, por exemplo, possui predominância de formação savânica, cobrindo cerca de 28% da área estadual pertencente ao bioma cerrado. Com relação ao estado do Mato Grosso do Sul, restam apenas 32% de cobertura vegetal natural na porção estadual coberta pelo bioma Cerrado. Nesse estado predominam as fisionomias florestal e campestre, os quais ocupam 13 e 17% da área total do Cerrado, respectivamente. As pastagens cultivadas no MS são as principais representantes das coberturas vegetais antrópicas aí existentes. No Brasil, o maior contingente bovino é encontrado nesse estado (SANO et al., 1999).

A cobertura vegetal natural do bioma cerrado existente no estado de Mato Grosso é de 66%. Nela, predomina a fisionomia savânica (44% de cobertura), enquanto que as fisionomias florestais aparecem principalmente na porção central, área correspondente a uma região de transição com o bioma da Amazônia (PROBIO, 2004). O estado da Bahia apresenta o predomínio da fisionomia savânica na sua porção central, sendo uma região de transição com a formação savana-estépica do bioma caatinga. São Paulo é o estado que apresenta a menor porcentagem de cobertura vegetal natural, com apenas 13%. Já no estado do Paraná o bioma cerrado cobre apenas 2% de toda sua área estadual (PROBIO, 2014). Na Figura 1 é apresentada a distribuição do cerrado brasileiro para cobertura vegetal nativa e antrópica segundo estudo realizado pelo PROBIO (2007).

Figura 1- Distribuição das áreas no bioma Cerrado com cobertura vegetal nativa e antrópica (PROBIO-MMA, 2007).

2.3.4 Desmatamento do cerrado

O desmatamento atual do cerrado pode ser atribuído principalmente à crescente abertura de novas áreas para agricultura. Este por possuir clima adequado e topografia plana o coloca em condições excelentes para o cultivo de culturas anuais, principalmente a soja. Estima-se que há cerca de 90 milhões ha intactos e aptos ao cultivo que poderiam ser incorporados imediatamente no complexo produtivo da soja (EMBRAPA, 2004). Uma área superior a 12 milhões ha é cultivada com culturas anuais com diversos sistemas de preparo do solo. O revolvimento intenso do solo tem acelerado o processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas dos solos no Cerrado (RESCK, 1997).

O projeto Probio (2007) encontrou que 60,5% da área total do cerrado brasileiro ainda continua com sua vegetação nativa apesar de apresentar diferentes graus de antropização. Tal valor é muito superior ao encontrado pela ONG

Conservação Internacional (MACHADO et al., 2004) de 45% para o bioma. De acordo com seus relatórios, o Estado de Mato Grosso ainda apresenta 40% de sua área coberta por este bioma. No Mato Grosso, Fearnside et al. (2009) encontraram que 32% da biomassa original da vegetação foi perdida.

Um estudo realizado no município de Feliz Natal no Estado do Mato Grosso mostra que a região passou por um “boom” da soja e assim uma aceleração do desmatamento das áreas de cerrado existentes na região (RIGHI et al., 2008). Feliz Natal está localizada na porção nordeste de Mato Grosso, onde a maior parte do desmatamento no Estado ocorre (AGÊNCIA BRASIL, 2009). A conversão desenfreada do Cerrado em áreas de pastagens e de cultivo de leguminosas traz inúmeros prejuízos ambientais. Os principais deles são: fragmentação dos habitats, extinção na biodiversidade, degradação dos ecossistemas naturais, desequilíbrio nos ciclos biogeoquímicos do carbono e do nitrogênio, invasão de espécies exóticas e poluição de aquíferos (KLINK; MACHADO, 2005).

No processo de formação das pastagens, os cerrados têm inicialmente sua vegetação derrubada e enleirada com o auxílio de tratores de esteira. Posterior a isso, com a secagem do material, é ateado fogo sendo sucessivamente enleirado e queimado até a redução quase que completa da vegetação. Após esse processo procede-se à sementeira a lanço da área com gramíneas exóticas, normalmente de origem africana (BARCELLOS, 1996). Estas invasoras são as maiores responsáveis pela modificação da estrutura do cerrado. O tipo mais comum de gramínea é o capim gordura que possui um impacto relevante para a biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas (MACK et al., 2000). Estas podem alcançar biomassas extremamente elevadas e, quando secas, são altamente inflamáveis, iniciando uma relação gramíneas-fogo capaz de impedir o reaparecimento da vegetação nativa (BERARDI, 1994). Os incêndios frequentes mais frequentes (geralmente de origem antrópica) afetam o estabelecimento de árvores e arbustos (HOFFMANN; MOREIRA, 2002) além de causar a liberação de dióxido de carbono para atmosfera (CO_2) e outros gases causadores do efeito estufa.

Dentre as mais consideráveis ameaças à biodiversidade do cerrado estão a difusão de espécies exóticas e o empobrecimento do solo e dos ecossistemas nativos. Os fragmentos de cerrado existentes atualmente desenvolveram-se sobre solos muito antigos, intemperizados, ácidos e deficientes em nutrientes. (HARIDASAN, 1982). A partir de um manejo deficiente do solo, a erosão pode ser

alta. Em plantios convencionais de soja, a perda da camada superficial do solo é, em média, de $25 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

2.4 Estoque de carbono na vegetação nativa

Os ecossistemas florestais acumulam grandes quantidades de carbono na vegetação e no solo, trocando carbono com a atmosfera por meio da fotossíntese e respiração. Estes ecossistemas acabam sendo fontes de carbono atmosférico e ao serem perturbados por ações antrópicas ou naturais, transformam-se em sumidouros durante a recuperação de áreas degradadas (BRONW, 1997). Neste processo, a planta captura o CO_2 fixando o carbono na biomassa vegetal e libera oxigênio para o meio ambiente (ORTIZ, 1997). As estimativas dos estoques de carbono em florestas são muito variáveis. Aproximadamente, dois terços deste carbono estocado acaba voltando para atmosfera após a derruba e a queima das florestas (REZENDE et al., 2001).

Independente da sua baixa concentração na atmosfera, o carbono está incluído em todos os processos bioquímicos existentes. Os ecossistemas tropicais apresentam grande quantidade de biomassa e os estoques de carbono subterrâneos constituem a maior porcentagem (LAL et al., 2000). Dos ecossistemas tropicais, a floresta amazônica tem grande importância no estoque e liberação de carbono (CERRI et al., 1994).

Os ecossistemas tropicais são importantes para o ciclo global do carbono, no entanto há uma escassez de estudos de medições sistemáticas dos estoques e fluxos de carbono durante a conversão de ecossistemas naturais em ambientes modificados (LAL et al., 2000). Embora sejam parâmetros chave para a modelagem dos fluxos de carbono, os dados atualmente disponíveis ainda são bastante incompletos. Estudos referentes a cálculos da biomassa e carbono na região Amazônica começaram a ser realizados há pouco tempo (GRAÇA et al. 1999; CUMMINGS et al. 2002; BARBOSA; FEARNSIDE 2004; BARBOSA; FEARNSIDE, 2005b; RIGHI et al., 2009).

Graça et al. (1999) estimou a biomassa da floresta tropical aberta na região central do estado de Rondônia em 306 Mg.ha^{-1} antes da derrubada e queima da vegetação. Aplicando um coeficiente de combustão por eles calculado em 36,8%, os

autores concluíram que houve uma perda de aproximadamente 90 Mg.ha^{-1} durante a queima para converter a floresta em pastagem. De outro modo, Righi et al. (2009) em estudo de uma floresta tropical semidecídua em Feliz Natal–MT encontraram valores de fitomassa aérea de $219,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ possuindo uma eficiência de queima de 65%, muito superior ao normalmente encontrado na região. Assim concluiu-se que há uma adição instantânea de gases do efeito estufa à atmosfera pela queima desta vegetação. Em outro estudo, Cummings et al. (2002) mediram a biomassa e a estrutura de diferentes tipos de floresta tropical do sudoeste da Amazônia e constataram que a floresta tropical aberta, observada na fronteira entre a floresta densa e o cerrado apresentou uma biomassa total acima do solo de $350,2 \text{ Mg.ha}^{-1}$. Manfrinato (2002) cita que uma estimativa grosseira para a conversão de volume para massa seca de madeira seja em torno de 50% e desta para o estoque de carbono de mais 50%.

Segundo Miranda et al. (1996), para se compreender alterações dos estoques de carbono em cerrado é necessária uma noção da distribuição dos valores de biomassa nas diferentes fisionomias de vegetação. Para tal, os autores analisaram 26 estudos, os quais incluíam 170 diferentes áreas de cerrado. Em áreas de campo limpo foram encontrados valores de biomassa total de 24 Mg.ha^{-1} , estimou-se que em torno de 70% dessa biomassa estava alocada na parte subterrânea. Nas áreas de campo sujo, os valores totais foram de 58 Mg.ha^{-1} , sendo 58% destes valores referentes a porção subterrânea. Em cerradão, os valores totais encontrados são de 98 Mg.ha^{-1} , sendo 18% encontrado na parte subterrânea.

Barbosa e Fearnside (2005a) afirmam que o cerrado amazônico apresenta características florísticas e estruturais próprias, diferentes das do cerrado do Brasil Central. Os autores analisaram oito tipos de cerrado de pequena biomassa, localizados no Estado de Roraima e encontraram resultados de 1,627 a 4,045 Mg.ha^{-1} para os campos abertos e 10,246 a 11,731 Mg.ha^{-1} para o cerrado aberto. Após a queima da vegetação cada área demarcada emitiu de 0,551 a 1, 474 Mg.ha^{-1} , o que é muito menor do que o valor encontrado para o Brasil central (2,909 kg.ha^{-1}), sendo este último valor utilizado como base para o cálculo das emissões brasileiras de GEEs devido à derruba e queima destas florestas. O maior valor encontrado é cerca da metade do valor utilizado nos cálculos. Barbosa e Fearnside (2005a) sugerem que o cálculo das emissões brasileiras dos GEEs devido à derruba e queima dos cerrados deve ser separado por regiões devido às características e

dinâmica do fogo próprias. Só recentemente os ecossistemas do cerrado vêm recebendo maior atenção com estudos para quantificar a biomassa e os estoques de carbono.

As principais dúvidas a respeito do balanço de carbono são devido a incertezas nas estimativas de taxas de desmatamento tropicais em relação a biomassa florestal (HOUGHTON et al., 2001 ; DEFRIES et al., 2002). Dados incertos a respeito de estoques de carbono em florestas tropicais levam a uma grande quantidade de possíveis valores de carbono emitidas decorrentes do desmatamento e degradação. As imprecisões envolvendo estimativas de biomassa e desmatamento para os trópicos tem aproximadamente o mesmo peso nas incertezas das emissões finais (HOUGHTON, 2005). No caso da Amazônia brasileira elas foram responsáveis por 60% da variação no fluxo líquido do carbono estimado para a região (HOUGHTON et al., 2000).

2.4.1 Estoques de carbono na biomassa aérea

A fitomassa aérea viva é composta por todos os órgãos visíveis acima do solo. Esta é responsável pela geração e regulação da maioria dos processos que compõem o ciclo do carbono. Landsberg e Waring (1997) elaboraram um modelo de crescimento da floresta baseado em processos fisiológicos, com nome de *Physiological Principles for Predicting Growth* (3-PG). Este consiste basicamente em cinco submodelos: produção de fitomassa; balanço de água no solo; alocação de biomassa entre folhas, raízes e lenho (incluindo galhos e cascas); mortalidade de árvores; e módulo para converter biomassa de tronco em variáveis de interesse para o manejo florestal.

As estimativas da biomassa aérea das florestas tropicais, em especial a amazônica, são envoltas em grandes controvérsias. As planilhas de cálculos, as equações alométricas existentes, o método de amostragem ou medição direta e as considerações tomadas em conta durante sua feitura trazem invariavelmente erros de maiores ou menores magnitudes. Tais diferenças já renderam intensos debates entre pesquisadores com considerações muito divergentes (FEARNSIDE, 1985; BROWN et al., 1985). A cada ano novas estimativas de biomassa são realizadas pela importância que as florestas têm como reservatórios de carbono, além de todas as implicações biofísicas e sócio-ambientais. Fearnside (1997) já salientou tais

problemas de estimativa há bastante tempo, como por exemplo, os erros advindos nos cálculos de densidade da madeira e das equações alométricas (Nogueira et al., 2008).

Somado aos pontos apresentados, os métodos de estimativa direta da fitomassa existente acima do solo e de fatores de queima são trabalhosos e cansativos. Isto sem contar o grande volume de dinheiro necessário e o tempo gasto pelos pesquisadores em situações, digamos, insalubres. De qualquer modo, são os métodos diretos de estimativa que tem dado mais precisão e confiança para o uso em inúmeras extrapolações.

Alguns estudos realizados a respeito da biomassa aérea do cerrado apresentaram valores de 11 à 52 Mg.ha⁻¹ para savana arborizada (FEARNSIDE, 1992), de 12 a 38 Mg.ha⁻¹ para savana gramíneo lenhosa (SANTOS 1998), de 25 Mg.ha⁻¹ para savana arborizada (CASTRO; KAUFFMAN, 1998) e de 26 Mg.ha⁻¹ para essa mesma vegetação em local diferente (ABDALA et al., 1998). Essas disparidades de valores ocorrem devidas à heterogeneidade da vegetação do bioma, às diferenças climáticas, tipos de solos, aos diferentes tipos de metodologias adotadas para as medições e aos regimes de queima nas áreas estudadas.

Os dados existentes na literatura mostram que a biomassa acima do solo é específica e muito variável espacialmente. Castro e Kauffman (1998) determinaram que a biomassa aérea aumenta cerca de 4,5 vezes de campo limpo para cerrado denso, sendo que a estimativa de biomassa aérea total para campo limpo é de 5,5 Mg.ha⁻¹. Estes autores afirmam também que a biomassa de gramíneas representa 72% da biomassa aérea total no campo limpo, 45% no campo sujo e cerca de 8% em cerrado denso e cerrado *stricto sensu*. Abdala et al. (1998) estimaram valores próximos para o cerrado *stricto sensu*, em que as gramíneas representam 15% da biomassa total. Visto que o cerrado contempla uma ampla gama de variações, é imprescindível a quantificação pontual de cada tipo para apurar os dados que alimentarão os modelos de abrangência regional e global, obtendo-se assim uma estimativa mais precisa.

2.4.2 Estoques de carbono na biomassa subterrânea

O solo é o maior reservatório de carbono orgânico do planeta, com exceção das reservas fósseis. Dependendo do tipo de uso designado pelas atividades humanas pode funcionar tanto como fonte quanto como dreno de carbono. Outros fatores que podem influenciar na quantidade de carbono presente no solo são: qualidade do material vegetal, clima e, textura e acidez do solo (HOUGHTON, 2005).

Nos últimos 150 anos o padrão global de mudanças no uso da terra tem sido caracterizado pela retirada da vegetação nativa para o estabelecimento de culturas agropecuárias, havendo uma tendência de redução dos estoques de carbono terrestre. Estima-se que no período de 1850 a 2000, estes padrões de mudanças no uso da terra geraram um fluxo líquido de 156 Pg C dos estoques terrestres de C para a atmosfera (HOUGHTON, 2003).

Devido à retirada da fitomassa da parte aérea, a matéria orgânica presente nos solos é lentamente degradada com a formação e liberação de gases (MANFRINATO, 2002). Este autor encontrou um maior estoque de carbono na profundidade de 0 a 10 cm em uma área de pastagens de 20 anos com 59,47 Mg.ha⁻¹ do que em solos sob florestas com 36,33 Mg.ha⁻¹. Porém, o autor observou que 70% do carbono do solo sob pastagem ainda era remanescente do incorporado pela floresta.

A adição anual de fitomassa das florestas tropicais úmidas (madeiras, liteira, galhos e raízes mortas) é cerca de cinco vezes (5 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹) a de uma floresta temperada (1 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹), enquanto que a matéria orgânica que retorna ao solo da primeira é praticamente o dobro da segunda - cerca de 3 a 15 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ para a floresta tropical comparada com 1 a 8 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ das florestas temperadas. De outro modo, as florestas tropicais apresentam uma taxa de decomposição cerca de cinco vezes maior (LAL; KIMBLE, 2000), sendo que no equilíbrio, o carbono armazenado em solos sem distúrbios é similar em ambos os casos como observado por Sanches et al. (1982). Porém, o cultivo faz com que o teor de C armazenado no solo decresça mais rapidamente nos climas tropicais.

No que diz respeito ao bioma cerrado, as estimativas de estoques de carbono para a fitomassa subterrânea são raras. Já em 1948 Rawitscher destacou a existência de raízes lenhosas a 18 m de profundidade no solo. Castro e Kauffmann (1998) mostram uma estimativa a respeito do cerrado. Os resultados obtidos para

uma fitomassa subterrânea de até 2 m de profundidade apenas foram os seguintes: 16, 3 t ha⁻¹ para campo limpo; 30, 1 t ha⁻¹ para campo sujo; 46,6 t ha⁻¹ para o cerrado *stricto sensu* e 52, 9 t ha⁻¹. Segundo os mesmos autores, 80% da fitomassa radicular está localizada nos primeiros 30 cm de profundidade contra 71% de cerrado denso. Os resultados obtidos de fitomassa subterrânea foram comparados com os de fitomassa aérea sendo obtidos os seguintes valores para razão raiz/parte aérea: 5,5 em campo limpo; 7,7 em campo sujo; 2,6 em cerrado *stricto sensu* e 2,9 em cerrado denso. Conclui-se que no cerrado o grande estoque de carbono na fitomassa está contido nos órgãos subterrâneos.

Lilienfein et al. (2001) de forma semelhante, encontraram valores maiores de fitomassa subterrânea (30,36 Mg C ha⁻¹) em relação à fitomassa aérea (22,7 Mg C ha⁻¹), em uma área de cerrado *stricto sensu* em Uberlândia, MG, com uma razão raiz/parte aérea de 1,3. Rezende (2002) estimou o estoque de carbono com o uso de equações alométricas nesta mesma fisionomia no Distrito Federal tendo alcançado uma estimativa de 11,6 Mg C.ha⁻¹ para a fitomassa aérea e de 18,6 Mg C.ha⁻¹ para a porção subterrânea, em uma proporção razão raiz/parte aérea de 1,6. Os resultados destes estudos também indicam haver um maior estoque de carbono em fitofisionomias arbóreas de cerrado, bem como um maior estoque de carbono na biomassa subterrânea.

Abdala et al. (1998) estudaram um solo até a profundidade de 6,2 m em uma área de cerrado selecionada aleatoriamente. Os autores encontraram um valor total de 33,4 Mg.ha⁻¹ de raízes, sendo 80% desta localizada na profundidade de até 1m. Os valores da fitomassa radicular encontrados para o bioma cerrado são superiores aos comumente encontrados para outros tipos de savanas, estando mais próximos aos de florestas úmidas (SARAMIENTO; VERA, 1979).

Em estudo realizado em cerrado *stricto sensu* no Estado do Distrito Federal, foram encontrados teores de carbono (C) na camada de 20-40 cm substancialmente maiores que aqueles obtidos nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. Os maiores teores de C obtidos na camada de 20-40 cm de profundidade está relacionado em parte à ciclagem e deposição das raízes de espécies vegetais presente no bioma Cerrado, as quais apresentam uma elevada fitomassa subterrânea diante da parte aérea (HARIDASAN, 2000). No estado de Minas Gerais, comparativamente, o teor de carbono sob mata nativa, pastagem e povoamento de

eucalipto foram maiores na camada superficial do solo do que nas camadas mais profundas (LIMA, 2004).

2.4.3 Estoques de carbono no solo

A matéria orgânica presente nos solos (MOS) sob florestas tem grande importância na disponibilidade de nutrientes às plantas, acúmulo de cátions, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e atividade microbiana. Dessa forma, é um fator de importância e condicionante da capacidade produtiva de solos que sofrem ação do intemperismo (SILVA; MENDONÇA, 2007). O potencial de fixação e estoques de carbono no solo sofre influência das condições climáticas, do tipo de relevo, da drenagem e do tipo de manejo de solo adotado, fatores que ditam a quantidade carbono orgânico existentes no solo (LAL, 2005; FALLOON et al., 2007; SMITH, 2008).

Com relação às mudanças climáticas globais, o solo e suas formas de uso são destaques, sobretudo na agricultura. Os solos destinados à atividade agrícola atuam como dreno ou fonte de gases de efeito estufa (GEE) dependendo da forma de manejo a que forem submetidos (IPCC, 2001). No caso de sistemas de manejo que aumentem a adição de resíduos vegetais, esses podem ser alternativas importantes para aumentar a capacidade de estoque carbono no solo e como possível opção contra o aumento do aquecimento global (AMADO et al., 2001; BAYER et al., 2006).

Wilcke e Lilienfein (2004) estudaram solos argilosos em Uberlândia / MG antigamente cobertos por vegetação de cerrado e substituído pelo plantio de *Pinus caribaea*. O local ficou por vinte anos recoberto pela espécie, como consequência houve o restabelecimento do teor de carbono na superfície (0–30 cm), enquanto que o carbono na camada mais inferior (30–200 cm) não foi afetado pela mudança do uso do solo. Já Roscoe et al. (2001) não observaram diferenças significativas nos estoques de carbono na vegetação natural de cerrado e de uma pastagem de *Brachiaria spp.* com 23 anos de implantação em solo na região de Minas Gerais

Uma das maiores reservas de carbono é o solo. Em uma profundidade de um metro de solo, por exemplo, podemos encontrar aproximadamente 1500-2000 Pg C em diversas formas orgânicas (AMUNDSON, 2001). No caso da vegetação de cerrado, Ajtay et al. (1979), constatou valores de 66 Pg C para as plantas e 264 Pg C para o solo.

Gatto et al. (2010) realizaram um estudo em cinco regiões distintas quanto às características edafoclimáticas, situadas na parte centro-leste do Estado de Minas Gerais. Os maiores teores de carbono orgânico foram encontrados nas camadas superficiais dos solos dos locais estudados. A principal causa apontada foi o aporte de material orgânico resultante da queda de folhas, galhos e da casca das árvores, formando a manta orgânica e a maior densidade de raízes finas (NEVES, 2000; PULROLNIK et al., 2009).

Alguns trabalhos indicaram que os solos de regiões tropicais podem desempenhar papel importante como depósito de C, reduzindo o efeito estufa (LAL et al., 1995). No entanto, a região dos cerrados, além das queimadas naturais, que liberam grande quantidade de CO₂ para atmosfera, há um considerável aproveitamento do solo utilizado para culturas anuais, pastagens e reflorestamento, que também são responsáveis pelas perdas de carbono.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Núcleo de Pesquisa Reserva Biológica de Mogi Guaçu o qual possui uma área de 470 ha. Esta faz parte da Fazenda Campininha que pertence ao Instituto de Botânica do Estado de São Paulo, localizada no distrito de Martinho Prado Junior, município de Mogi Guaçu - SP coordenadas geográficas 22°18'S e 47°11'W. A Fazenda Campininha está dividida em três diferentes núcleos: Reserva Biológica, Instituto Florestal e Estação Experimental (Figura 2). A área possui uma hospedaria destinada a alunos e pesquisadores dos mais variados locais que realizam trabalhos. A altitude do local varia 600 a 640 metros com topografia levemente ondulada. O clima segundo Köppen é do tipo tropical de altitude (Cwa) com chuvas no verão e seca no inverno e estações bem definidas. A seca de inverno ocorre geralmente nos meses de abril a setembro, e outra estação, quente de verão, nos meses de outubro a março (Tabela 1). A precipitação média anual é 1.335 mm sendo a temperatura média 20,5 °C (Tabela 1). A vegetação nativa da área possui variações do cerrado a campo cerrado, incluindo as matas ciliares. (INSTITUTO DE BOTÂNICA, 2014). O estudo foi realizado em áreas ocupadas naturalmente pelo cerrado *stricto sensu*.

Tabela 1- Valores de precipitação (mm), temperaturas médias, máximas e mínimas (°C) no município de Martinho Prado-SP.

MÊS	Precipitação (mm)	C°	C° min	C° máx
Janeiro	247	22,8	17,7	28
Fevereiro	219	22,9	17,7	28,2
Março	164	22,5	17,1	27,9
Abril	58	20,8	14,9	26,7
Maio	40	18,3	12	24,7
Junho	38	16,8	10,1	23,6
Julho	21	16,6	9,6	23,7
Agosto	26	18	11	25,1
Setembro	48	19,9	13,4	26,4
Outubro	117	21	15,2	26,9
Novembro	152	22	16,5	27,6
Dezembro	214	22,6	17,3	27,9

Figura 2- A) Localização da Fazenda Campininha, Martinho Prado-SP e suas divisões: Reserva Biológica, Estação Experimental, Estação Ecológica B) Trilha para área em que o trabalho foi realizado (Reserva Biológica).

3.2 Instalação das parcelas

No mês de outubro de 2014, as áreas foram mapeadas sendo definidos os pontos de amostragem de modo sistemático. Dentre esses foram escolhidos dez pontos para a delimitação de parcelas (Figura 3). Em dezembro de 2014, nas proximidades destes pontos foram instaladas dez parcelas sistemáticas de A a J, com medidas de 10x50 m, com cinco sub-parcelas de 10 em 10 e enumeradas de 1 a 5, estas foram marcadas com barbante e medidas com uma trena (Figura 4).

Figura 3- Gleba A. Área em destaque- parte da gleba onde foram demarcadas aproximadamente as parcelas de A a J na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP.

Figura 4- Esquema das parcelas de A a J, sub- parcelas de 1 a 5 e dos buracos para retirada de amostras para determinação de biomassa e estoques de carbono subterrâneos na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP.

3.3 Determinação dos Diâmetros à Altura do Peito (DAP)

Em janeiro de 2015, nas dez parcelas existentes, foram medidas com o auxílio de uma fita métrica as Circunferências à Altura do Peito (CAP) que quando divididas por $\pi = 3,1415$ encontra-se o valor do Diâmetro à Altura do Peito (DAP) das árvores. Todas as espécies florestais maiores do que 15 cm de CAP foram marcadas com pedaços de latinha penduradas em um arame. Em cada pedaço de latinha foram marcados a letra da parcela (A a J), o número da sub-parcela (1 a 5) e o número da árvore. Todas as árvores marcadas foram identificadas ao nível de espécie com o auxílio de um mateiro da Reserva Biológica de Mogi Guaçu com larga experiência na identificação de plantas do local.

3.4 Determinação da biomassa e estoques de carbono aéreos

Para a determinação da fitomassa aérea, foram utilizadas as equações de Lacerda et al. (2009) utilizando-se o DAP como variável independente. Obtiveram-se três resultados de biomassa seca: Biomassa do Tronco mais Galhada (bT), Biomassa do Tronco com Casca (bF) e, Biomassa da Galhada (bG). Desse modo os modelos selecionados foram:

$$\ln(bT) = -1,19829 + 1,98391 \ln(DAP) \quad (1)$$

$$\ln(bF) = -1,96521 + 1,99688 \ln(DAP) \quad (2)$$

$$\ln(bG) = -1,96722 + 1,99320 \ln(DAP) \quad (3)$$

onde:

$\ln$ – logaritmo neperiano;

bT – biomassa total da parte aérea: tronco + galhada (kg);

bF – biomassa do tronco com casca (kg);

bG – biomassa da galhada (kg);

DAP – diâmetro à altura do peito (cm);

Para o cálculo do carbono da parte aérea foram utilizadas as equações de Lacerda et al. (2009) tendo o DAP como variável independente. Obtiveram-se três resultados de estoques de carbono em biomassa seca: tronco mais galhada (CT), do

tronco com casca (CF) e da galhada (CG). Os modelos de equações alométricas utilizadas foram:

$$\ln(CT) = -1,84511 + 1,98505 \ln(d) \quad (5)$$

$$\ln(CF) = -2,61860 + 1,99854 \ln(d) \quad (6)$$

$$\ln(CG) = -2,61205 + 1,99502 \ln(d) \quad (7)$$

onde:

CT – carbono total da parte aérea: tronco + galhada (kg);

CF – carbono no tronco com casca (kg);

CG – carbono na galhada (kg);

d – diâmetro à altura do peito (cm);

ln – logaritmo neperiano.

3.5 Determinação da biomassa e estoques de carbono subterrâneos

3.5.1 Biomassa e estoques de carbono das raízes

De forma sistemática, em cada parcela de A a J, aproximadamente no centro das sub-parcelas 1, 3 e 5 foram abertas covas com uma cavadeira manual com ajuda do Senhor Alcebiades, mateiro da Reserva. As covas mediam ao redor de 30cm de profundidade e 20 cm de largura. Com a utilização de uma espátula os cantos foram acertados de forma conformar seu formato ao de um paralelepípedo. Posteriormente foram medidas as arestas (profundidade e larguras) com a utilização de uma régua (Figura 5).

O solo com raízes foram colocados em sacos plásticos devidamente identificados com a letra e o número da sub- parcela. Posteriormente o material foi encaminhado ao Laboratório de Química do Departamento de Ciências do solo da ESALQ/USP, coordenado pelo Prof. Dr. Luis Reynaldo Ferracciú Aleoni, onde foi peneirado, utilizou-se uma peneira com abertura 150 mm (ABNT/ASTM 100). Em seguida as raízes separadas do solo foram lavadas em um balde e pesadas com o auxílio de uma balança digital (Pesola®) para a determinação do peso úmido. Na sequência foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C até atingirem peso constante, a fim de se determinar o peso seco das amostras. Novamente as raízes foram pesadas, determinou-se a biomassa por unidade de superfície e na sequência

a relação existente entre matéria seca e úmida. As amostras de raízes secas foram envoltas em capsulas e injetadas em forno para combustão. O dióxido de carbono liberado de cada amostra foi quantificado por detector infravermelho (LECO). Dessa forma o conteúdo de carbono foi relacionado à massa seca de raízes encontrada anteriormente obtendo-se assim o teor de carbono destas.

Figura 5- Abertura das covas para a retirada das amostras de solo com raízes na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP. A direita o Sr Alcebiades, mateiro que auxiliou na demarcação das parcelas e retirada das amostras, a esquerda a mestranda responsável pelo trabalho fazendo a retirada das amostras de solo com raízes.

3.5.2 Estoques de carbono orgânico do solo

Para determinação dos estoques de carbono no solo, foram retiradas amostras com trado holandês em três pontos em cada uma das parcelas, no centro das sub-parcelas 1, 3 e 5. As amostras foram retiradas de 0 a 5 cm, de 5 a 10 cm, de 10 a 20 cm e, de 20 a 30 cm de profundidade. Os materiais coletados foram separados por profundidade, sub-parcela e parcela e acondicionados em sacolas plásticas, as quais foram marcadas com etiquetas digitalizadas com a respectiva profundidade, número da sub-parcela e letra da parcela.

Posteriormente as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Química do Departamento de Ciências do solo da ESALQ/USP, coordenado pelo Prof. Dr. Luis Reynaldo Ferracciú Aleoni, onde foram secas em estufa a 105 °C por 24 horas. Quando retirado da estufa o material foi ordenado em uma bancada por profundidade, da menor para maior, sub-parcela e parcela (Figura 6). Em seguida foi moído com auxílio de um almofariz e passado por uma peneira com abertura 150 mm (ABNT/ASTM 100) (Figura 7) na ordem em que se encontrava na bancada. O almofariz foi limpo com álcool todas as vezes antes de proceder-se à preparação de uma nova amostra para evitar-se contaminações. As amostras já moídas e peneiradas foram colocadas em copinhos plásticos, os quais também foram marcados com a letra da parcela, número da sub-parcela e o intervalo das profundidades para assim proceder-se a determinação do carbono orgânico do solo (Figura 6).

Figura 6- Amostras de solo separadas por profundidade e sub-parcelas antes e depois de peneiradas no Laboratório de Química do Departamento de Ciências dos Solos da ESALQ/USP.

Figura 7- Peneira utilizada para a separação das amostras coletadas pertencente ao Laboratório de Química do Departamento de Ciências do Solos da ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

Para determinar o teor de carbono no solo foi utilizado o método de Walkley & Black (1934). Para tanto, foram utilizadas amostras de 1g do solo que foi seco e peneirado, as quais pesadas em balança digital e foram transferidas para um erlenmeyer de 500 mL. Adicionou-se então 10 mL da solução de $K_2Cr_2O_7$ $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e 20 mL de H_2SO_4 concentrado procedendo-se à agitação mecânica por aproximadamente um minuto para promover a plena mistura do solo com os reagentes. Após esse procedimento, as amostras permaneceram em repouso por 30 min. Depois desse intervalo, adicionou-se-se 150 mL de água destilada sendo a solução filtrada em papel de filtragem rápida - utilizou-se bomba de vácuo para acelerar o processo. Após esse procedimento, adicionou-se 50 mL de água destilada sobre o papel filtro, para completar a remoção da solução. Depois da filtragem, foram adicionados 10 mL de H_3PO_4 concentrado e 10 mL do indicador difenilamina. Procedeu-se, então, à titulação com $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ $0,25 \text{ mol L}^{-1}$, até a mudança de cor violeta para o verde (Figura 8). Paralelamente, o mesmo procedimento foi repetido para duas amostras-controle, sem solo (“teste em branco”). O teor de CO no solo foi calculado da seguinte forma:

$$C_{orgânico} (g/kg) = \frac{[(V_{bs} - V_a) \cdot C_{Fe^{2+}} \cdot 0,003 \cdot 1,33 \cdot 1000]}{13,6 \cdot 0,36 \cdot V_{solo}}$$

Onde:

V_{bs} = volume de sulfato ferroso gasto na titulação do branco (mL);

V_a = volume de sulfato ferroso gasto na titulação da amostra (mL);

$$C_{Fe^{2+}} = \frac{10,0 \cdot 167,6}{V_{bs}} ;$$

V_{solo} = Volume da amostra de solo (g).

Figura 8- Processo de titulação com $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ realizado no Laboratório de Química do Departamento de Ciências do Solos da ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

3.5 Determinação da densidade do solo

As amostras para densidade foram retiradas em todas as parcelas de A a J no centro das sub-parcelas de número 3, nas covas de 30 cm de altura e 20 cm de diâmetro, as mesmas em que foram retiradas as amostras para determinação do carbono das raízes. Foram coletadas amostras nas profundidades de 0-5cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. O solo amostrado foi armazenado em anéis de aço de

bordas cortantes, conhecido como castelinho, os quais foram introduzidos na lateral da parede da cova, com o auxílio de uma marreta, retirou-se o anel com a amostra de solo mais indeformada possível. Totalizaram-se 10 pontos de coleta e 40 amostras de solo.

A determinação da densidade do solo foi realizada no Laboratório de Física do solo do Departamento de Ciências de Solo da ESALQ/USP, coordenado pelo Prof. Dr. Álvaro Pires da Silva. Os anéis e amostras indeformadas de solo foram secos em estufa à $\pm 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 48 horas e depois pesados para determinação da massa do anel mais a da amostra. Na sequência o anel foi retirado e pesado separadamente. Os valores obtidos foram subtraídos dos resultados da pesagem do anéis mais amostras, assim determinou-se a massa seca do material de solo coletado. Em seguida o anel foi medido com um paquímetro (Figura 8), foram feitas três medidas de altura e de diâmetro e as suas respectivas médias para a determinação do volume, que pode ser calculado por $\pi.r^2.h$ (onde $\pi=3,1416$). Dessa forma, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$D = m_s / V$$

Em que:

D = densidade do solo, em g cm^{-3} ;

m_s = massa de solo seco, em gramas (g);

V = volume do cilindro, em cm^3 , utilizando-se o paquímetro.

Figura 9- Paquímetro digital Mitutoyo utilizado para a medição das alturas e diâmetros dos anéis para determinar a densidade do solo realizada Laboratório de Física do solo do Departamento de Ciências de Solo da ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

3.6 Determinação da biodiversidade do local

No mês de maio de 2015 foi realizada a identificação das espécies (nomes científicos e populares) existentes na área de estudo com a ajuda de dois mateiros da Reserva Biológica de Mogi Guaçu. A atividade de campo durou uma semana. Todas as espécies, previamente etiquetadas, foram identificadas sendo seus respectivos nomes científicos e populares anotados em uma planilha. Dessa forma, foi possível calcular a riqueza de espécies, o índice de equitabilidade e de diversidade de Shanon-Wiener. Para tal utilizou-se o software PAST 2.17 (HAMMER et al., 2001).

Figura 10- Identificação das árvores das parcelas demarcadas de A a J na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP. Ao fundo Sr. Alcebíades, a direita segurando o ramo Sr. Samuel, mateiro responsável por identificar as espécies da área de estudo, a esquerda a mestrandia responsável pelo trabalho.

3.6.1 Riqueza de espécies

A riqueza de espécies foi calculada pelo número total de espécies distintas (S) em cada parcela.

3.6.2 Equitabilidade

A equitabilidade pode ser calculada utilizando-se o Índice de Pielou (J') (MARRUGAN, 1988), que pode ser obtido com razão entre a diversidade obtida e a diversidade máxima (H' máxima).

3.6.3 Diversidade de Shannon-Wiener

Um dos índices utilizados para medir a diversidade de uma comunidade foi índice de Shannon-Wiener (1949), pois incorpora tanto a riqueza quanto a equitabilidade.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

onde:

S= número total de espécies;

p_i = proporção das espécie, estimada n_i/N , onde n_i é a medida de importância da espécie i (número de indivíduos) e N é o número total de indivíduos;

log = base 2.

A diversidade H' é essencialmente adimensional.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Biodiversidade local

Na área de estudo foram amostradas 65 espécies distintas e um total de 773 indivíduos. Constatou-se que as mais recorrentes foram espécies *Xylopia aromatica* (pimenta de macaco) (10,9%), seguida por *Syagrus flexuosa* (coco babão) (8,8%), *Copaifera langsdorffii* (pau de óleo) (8,67%), *Qualea grandiflora* (pau-terra) (8,41%), *Vochysia tucanorum* (cinzeiro) (5,56%) e *Ocotea pulchella* (perobinha) (4,79%), *Siparuna guianensis* (limão bravo) (4,53%), *Tapirira marchandii* (fruto-de-pombo) e *Ocotea minarum* (canela) (2,33%) (Tabela 2).

As espécies que apresentaram a maior frequência foram: *Xylopia aromatica* (pimenta de macaco), *Copaifera langsdorffii* (pau de óleo), *Vochysia tucanorum* (cinzeiro), *Ocotea pulchella* (perobinha) e *Anadenanthera falcata* (angico). Esta última apesar de possuir uma baixa densidade (apenas 2,33% do total de indivíduos), estava presente em nove das dez parcelas demarcadas. As espécies mais raras e de menor frequência foram: *Kielmeyera variabilis* (pau santo), *Zanthoxylum rhoifolium* (tembetari), *Dimorphandra mollis* (Canafístula-do-cerrado), entre outras (Tabela 2).

Ratter et al. (1997) afirmaram que em muitas áreas de cerrado, Vochysiaceae, seria a família dominante, principalmente devido à abundância das espécies de *Qualea*, a qual apresentou uma porcentagem de 8,41% do total de espécies identificadas (Tabela 2). Além de *Qualea*, outros gêneros comuns em cerrado foram encontrados neste estudo: *Bowdichia*, *Miconia*, *Annona*, *Aspidosperma*, *Myrcia*, *Didymopanax*, *Ocotea*, *Caryocar*, *Erythroxylum*, *Copaifera*, *Xylopia*, *Machaerium* e *Pouteria* assim como apontado por Heringer et al. (1977), Rizzini (1997), Ratter et al. (1996). Segundo Carvalho et al. (2005), as espécies *Ouratea spectabilis* e *Copaifera langsdorffii*, são consideradas destaques em cerrados no estado de São Paulo. A espécie *Copaifera langsdorffii* (pau-de óleo), bastante recorrente na área de estudo, com uma porcentagem de 8,67% do total das espécies identificadas (Tabela 2), figura em trabalhos fitossociológicos de matas ripárias como uma das espécies mais importantes.

Tabela 2- Espécies e totais encontrados nas dez parcelas demarcadas de A a J, na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP (continua).

Espécies	Nome popular	Parcelas											Total	%
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Pimenta-de macaco	10	15	5	14	8	8	9	-	12	3	84	10,9	
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	Cocô babão	9	24	12	7	5	-	2	-	9	-	68	8,8	
<i>Copaifera langsdorffii</i> (Desf.)	Pau- de-óleo	10	-	2	5	5	5	9	12	12	7	67	8,67	
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau-terra	7	11	5	9	18	5	-	8	2	-	65	8,41	
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	Cinzeiro	3	5	2	4	3	-	5	3	13	5	43	5,56	
<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	Perobinha	4	2	3	2	-	4	12	2	2	6	37	4,79	
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Limão bravo	3	-	7	5	3	-	5	4	-	8	35	4,53	
<i>Tapirira marchandii</i> Engl.	Fruto-de-pombo	1	-	5	5	2	2	4	4	-	3	26	3,36	
<i>Dictyoloma vandellianum</i> Adr. Juss.	Tingui preto	1	-	-	-	-	10	-	2	11	-	24	3,1	
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Tamanqueira	-	-	1	1	3	1	4	1	4	5	20	2,59	
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana.	Quaresmeira	3	2	1	3	4	4	-	1	1	-	19	2,46	
<i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.)Speg.	Angico	4	1	2	1	1	2	-	3	2	2	18	2,33	
<i>Ocotea minarum</i> (Nees & Mart.) Mez.	Canela	2	2	1	-	1	-	1	-	4	7	18	2,33	
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Carne-de-vaca	-	1	4	9	-	-	-	-	-	3	17	2,2	
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth.	Sucupira	2	-	-	-	11	1	-	1	1	-	16	2,07	
<i>Couepia grandiflora</i> Benth.	Fruto de ema	-	2	1	2	2	2	4	-	3	-	16	2,07	
<i>Rapanea guianensis</i> Aubl. N.	Capororoca	1	4	-	-	2	3	-	4	-	1	15	1,94	
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Peito-de pomba	2	4	5	-	-	-	1	1	1	-	14	1,81	
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Goiabeira-brava	-	-	-	-	2	2	3	1	4	2	14	1,81	
<i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll. Arg.	Pau-terra-do-cerrado	4	-	-	-	-	1	3	3	-	2	13	1,68	
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	Congonha	-	-	1	-	-	-	1	-	8	3	13	1,68	
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	Laranjinha-do-cerrado	-	2	8	2	-	-	-	-	-	1	13	1,68	
<i>Stirax ferruginea</i> Nees & Mart.	Benjoeiro	-	2	8	-	-	-	-	-	-	-	10	1,29	
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	Peroba do cerrado	1	-	1	-	-	-	1	-	2	2	7	0,91	
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel.	Jacarandá-do-campo	-	-	2	-	-	-	-	4	1	-	7	0,91	
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	Café-de-passarinho	-	-	-	1	-	-	-	-	5	1	7	0,91	
<i>Alibertia macrophylla</i> K.Schum.	Marmelo	2	-	-	-	-	4	-	-	-	-	6	0,78	
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	Perobinha do campo	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	6	0,78	
<i>Eugenia bimarginata</i> DC.	Jambolão do campo	-	-	-	-	1	-	2	3	-	-	6	0,78	

Tabela 2- Espécies e totais encontrados nas dez parcelas demarcadas de A a J, na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP (conclusão).

Espécies	Nome popular	Parcelas										Total	%
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
<i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC.	Capiroquinha	-	1	1	-	-	3	-	-	-	-	5	0,65
<i>Bauhinia holophylla</i> (Bong.) Steud.	Pata-de-vaca	-	-	1	2	-	1	-	-	-	1	5	0,65
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	Figueira	1	-	-	-	-	-	1	-	1	1	4	0,52
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	Guapira	-	1	1	-	-	-	-	-	2	-	4	0,52
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Angelim do Cerrado	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	4	0,52
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	Marolo do cerrado	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-	3	0,39
<i>Annona cacans</i> Wam.	Araticum	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	3	0,39
<i>Pouteria ramiflora</i> Radlk.	Abiú-do-cerrado	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	2	0,26
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	Folha-de-serra	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2	0,26
<i>Caryocar brasiliensis</i> Camb.	Pequi	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2	0,26
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) Macb.	Timburi do cerrado	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	0,26
<i>Croton glandulosus</i> L.	Gervão-branco	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	0,26
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. et Zucc.) A. Rob.	Imbiricu	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	0,26
<i>Alchornea grandulosa</i> Poepp. & Endl.	Tanheiro	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	0,26
<i>Miconia stenostachya</i> DC.	Canela-de velho	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,26
<i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos.	Brasa-viva	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,26
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez.	Capororoca	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,26
<i>Didymopanax vinosum</i> E. March	Mandioquinha	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,26
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch.	Oiti	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	0,26
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Shum.) A. Robyns	Paineira-do-campo	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	0,26
<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	Caqui do cerrado	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangabeira	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr) Yakovl	Perobinha do campo	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Kielmeyera variabilis</i> Mart. & Zucc.	Pau-santo	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Lafoensia pacari</i> A. St. Hil.	Mangaba-brava	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	Cabelo-de-negro	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Canafístula-do-cerrado	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	Vassourão	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Não identificado	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Vaquinha	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Strychnos pseudoquina</i> A. St. Hil	Cereja de periquito	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	0,13
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tembetari.	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	0,13
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-bravo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,13
<i>Bauhinia rufa</i> Steud.	Pata-de-vaca	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,13
<i>Guatteria guianensis</i> (Aubl.) R.E. Fr.	Não identificado	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,13
Total		81	85	85	83	74	64	69	62	102	68	773	100

Os maiores índices de diversidade de Shanon ocorreram nas parcela A ($H' = 2,966$) e parcela C ($H' = 2,927$), apresentando uma diferença significativa das outras parcelas. A parcela B e parcela E foram as áreas que apresentaram os menores valores para a diversidade de Shannon ($H' = 2,418$ e $H' = 2,519$, respectivamente) (Tabela 3).

Tabela 3- Índices de diversidade de Shanon Winer, Equitabilidades de Pielou, riqueza de espécies e abundância das dez parcelas demarcadas de A a J, na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP.

Índices	Parcelas									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Diversidade de Shannon	2,966	2,418	2,927	2,739	2,519	2,816	2,599	2,74	2,756	2,904
Equitabilidade Pielou	0,9	0,794	0,898	0,886	0,855	0,912	0,899	0,9001	0,879	0,914
Riqueza de espécies	27	21	26	22	19	22	18	21	23	24

No estudo realizado no município de Abaeté no estado de Minas Gerais índice de Shannon foi de 3,590 e a equitabilidade foi de 0,804, considerados comuns para cerrados bem conservados (SAPORETTI JUNIOR; MEIRA NETO; ALMADO; 2003). Estes índices são bem próximos aos do trabalho em questão.

Furtado et al., (2003) realizou um estudo na região de Itirapina, interior do estado de São Paulo em que a diversidade de Shannon para todas as espécies foi elevada ($H' = 4,00$). Os cinco fragmentos da área apresentaram os seguintes índices de diversidade de Shannon: 3,44; 3,20; 3,05; 3,00 e 2,99. Estes valores estão também bastante próximos do presente estudo. Além de terem sido considerados altos e apresentarem um grande número de espécies exclusivas, as quais também são recorrentes neste estudo realizado na Reserva Biológica de Mogi Guaçu.

4.2 Diâmetro à altura do peito (DAP)

Nas dez parcelas demarcadas foi observado que a maioria das árvores possuíam um DAP variando de 0-10 cm. As parcelas A, D, G e H foram as que apresentaram um maior número de árvores na classe de 0-5 cm (Figura 11). Já as parcelas B, C, E, F, I e J apresentaram uma quantidade maior de indivíduos no intervalo de 5,01-10 cm. Os intervalos 25,01-30 cm e >30,01cm foram os que apresentaram as menores quantidades de árvores (Figura 11).

Figura 11- Total de árvores distribuídas por classes de DAP (0-5cm; 5,01-10cm; 10,01-15cm; 15,01-20cm; 20,01-25cm; 25,01-30cm e >30,01cm) para as dez parcelas demarcadas de A a J, na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP

O estudo realizado por Righi et al. (2009) em áreas de Floresta Estacional, na cidade de Feliz Natal, onde foram medidos os DAPs e distribuídos em classes, o presente trabalho foi também o da classe 10,01-15cm, sendo que os DAPs menores 5 cm não foram marcados.

Imaña-Encinas et al.(2008) realizaram um estudo na região de Planaltina em cerrado *stricto sensu* e constatarem um total de 490 indivíduos com DAPs maiores que 5 cm, além de uma riqueza florística de 51 espécies arbóreas. No presente estudo o número total de indivíduos com DAP maior que 5 cm foi bastante próximo ao do trabalho citado anteriormente, totalizando 773 indivíduos e uma riqueza florística de 64 espécies

4.3 Biomassa e estoques de carbono aéreos

O maior DAP médio ocorreu na parcela F (DAP=10,67cm) (Tabela 4). Entretanto esta não foi a parcela que apresentou os valores de fitomassa (bT) e carbono total médio (CT) mais elevados. A parcela que apresentou os maior valor de biomassa aérea total média (bT=58,52 Mg.ha⁻¹), carbono total médio (CT=30,76 Mg.ha⁻¹) e somatória de área basal (A_b=130,07 m².ha⁻¹) foi a parcela C (Tabela 4). Já a parcela que apresentou o menor DAP médio (DAP=7,55 cm) e área basal (A_b=55,19 m².ha⁻¹) foi a parcela B. Esta também apresentou a menor fitomassa total média (bT=24, 5 Mg.ha⁻¹) e menor carbono total médio (CT=12,88 Mg.ha⁻¹) (Tabela 4). A biomassa área média de foi de 37,412 Mg.ha⁻¹ e o carbono aéreo médio foi de 19,65 Mg.ha⁻¹ (Tabela 4).

A parcela C é a segunda maior em número de indivíduos, com uma abundância de 85 indivíduos (Tabela 3) e apresentou o segundo maior valor de DAP, maiores área basal, biomassa e carbono. A parcela F apresentou o maior DAP médio (DAP=10,67cm) mas não apresentou maiores biomassa total média (bT), carbono total médio (CT) e área basal (A_b) (Tabela 4). A principal justificativa é devido ao número total de indivíduos da parcela F (N=64) ser muito menor que total de indivíduos da parcela C (N=85) (Tabela 3), No entanto os valores de carbono total médio (CT) e biomassa total média (bT) de ambas as parcelas estão bastante próximos.

Tabela 4- Valores de fitomassa total média (bT), estoque de carbono total médio (CT), somatória das áreas basais da parcela e diâmetro a altura do peito (DAP) médio por parcela das dez parcelas demarcadas de A a J, na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP

Parcelas	DAP médio (cm)	Somatória das áreas basais (m ² .ha ⁻¹)	bT (Mg.ha ⁻¹)	CT (Mg.ha ⁻¹)
A	8,82	113,08	46,4	24,4
B	7,55	55,19	24,5	12,88
C	9,99	130,07	58,52	30,76
D	8,26	94,35	33,35	17,47
E	8,48	78,360	33,44	17,58
F	10,67	87,99	49,62	26,07
G	7,84	58,15	30,94	16,25
H	8,59	71,66	38,04	19,99
I	7,87	61,83	25,61	13,45
J	8,31	66,14	33,7	17,7

Estudos de Fearnside (1992) a respeito da biomassa aérea do cerrado, relatados anteriormente, apresentaram valores de 11 à 52 Mg.ha^{-1} para savana arborizada, de 12 a 38 Mg.ha^{-1} para savana gramíneo lenhosa (SANTOS, 1998), de 25 Mg.ha^{-1} para savana arborizada (CASTRO E KAUFFMAN, 1998) e de 26 Mg.ha^{-1} para savana arborizada (ABDALA et al., 1998). Essas disparidades de valores ocorrem devido à heterogeneidade da vegetação do bioma. No presente estudo os valores de carbono (CT) variaram de 24,5 a 58,52 Mg.ha^{-1} sendo a biomassa área média de 37,412 Mg.ha^{-1} . Da mesma forma, Castro e Kauffman (1998) verificaram que a fitomassa tende a aumentar a medida que a vegetação fica mais densa. Os resultados obtidos por esses autores variaram de 21,9 Mg.ha^{-1} no campo limpo a 77,9 Mg.ha^{-1} no cerrado mais denso.

Fernandes et al. (2008) realizaram um estudo em área de cerradão e cerrado *stricto sensu* na Fazenda Rancharia, no Pantanal da Nhecolândia. A fitomassa total de cerradão foi de 97, 882 Mg.ha^{-1} e o carbono total de 48,94 Mg.ha^{-1} , já em cerrado *stricto sensu* a biomassa total foi de 58,695 Mg.ha^{-1} e o carbono total de 29,348 Mg.ha^{-1} . Estes últimos bastante similares aos encontrados na pesquisa em questão. Um estudo realizado por Pinheiro (2008) na Estação Ecológica de Assis encontrou valores médios de biomassa aérea de 23,22 Mg.ha^{-1} para cerrado *stricto sensu*. Estes resultados são inferiores aos do presente estudo, o qual possui uma biomassa aérea média de 37,412 Mg.ha^{-1} .

Ribeiro et al. (2011), aplicando o método de estimativa direta encontraram quantidades de fitomassa aérea variando de 12,89 a 107, 36 Mg.ha^{-1} em uma área de cerrado no Norte de Minas Gerais. A amplitude dos resultados encontrados demonstra a variação das fitofisionomias encontradas. Já Abdala et al. (1998) aplicaram equações alométricas e encontraram uma fitomassa aérea de 22,90 Mg.ha^{-1} em uma área de cerrado na região do Distrito Federal. Moraes et al. (2013) determinaram um estoque médio para o cerradão de 36,78 Mg.ha^{-1} , valor mais elevado que os valores encontrados para cerrado *stricto sensu*.

A biomassa acima do solo de ecossistemas savânicos apresenta quantidades bem menores de carbono do que os demais componentes, raízes e solos, conforme observado por Castro e Kauffman (1998). No entanto a sua presença é importante para a manutenção do fluxo de carbono no ecossistema.

Diferentemente do ecossistema apresentado pelo presente estudo, a fitomassa aérea presente nos ecossistemas amazônicos é superior. No total de 586 Mg.ha^{-1} ,

em torno de 196 Mg.ha^{-1} (33,45%) está alocado abaixo do solo e a maior parte, 390 Mg.ha^{-1} (66,55%), na parte aérea (KLINGE; RODRIGUES, 1973). A Caatinga também é citada por apresentar um conteúdo de fitomassa aérea maior que do cerrado *stricto sensu*, com 34 Mg.ha^{-1} de carbono quantificado na biomassa da parte aérea (KAUFFMAN, et al., 1994).

A parcela C apresentou a maior biomassa média do fuste e da galhada, com $28,37 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $27,98 \text{ Mg.ha}^{-1}$, respectivamente (Figura 12). Como já é sabido, os estoques de carbono acompanham o aumento de biomassa. Dessa forma, a parcela C também apresentou os maiores valores de carbono médio da galhada e do fuste, com $14,73 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $14,8 \text{ Mg.ha}^{-1}$, respectivamente (Figura 12).

Figura 12- Biomassa média da galhada (bG) e biomassa média do fuste (bF) e carbono médio da galhada (CG) e carbono médio do fuste (CF) das parcelas demarcadas de A a J na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP.

4.4 Biomassa e estoques de carbono subterrâneos

4.4.1 Biomassa e estoques de carbono das raízes

A biomassa e carbono das raízes (CR) presentes apresentaram maiores valores na camada de 0 a 10 cm de profundidade. Das parcelas demarcadas a que apresentou maiores biomassa (bR) e carbono (CR) nas raízes foi a parcela A (bR= 4,00 Mg.ha⁻¹ e CR=2,17 Mg.ha⁻¹) (Figura 13), com aproximadamente 54% de carbono presente na biomassa. Já a parcela J apresentou menores biomassa e estoques de carbono em raízes (bR=2,72 Mg.ha⁻¹ e CR=1,63 Mg.ha⁻¹, respectivamente) (Figura 13), com um porcentagem aproximada de 48% de carbono presente na biomassa. Os estoques de carbono abaixo do solo apresentaram resultados bastante diferenciados de parcela para parcela. No entanto teor de carbono presente na biomassa média de raízes (3,20 Mg.ha⁻¹) apresentou uma variação muito pequena de 48% a 54% (Figura 13).

Figura 13- Biomassa (bR) e estoques de carbono em raízes (CR) das parcelas demarcadas de A a J na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP.

Morais et al. (2013), assim como no estudo em questão, encontrou uma alta amplitude para o maior e menor valor de estoque de carbono. A área de cerradão por ele estudada apresentou estoques de carbono que variaram de 1,12 Mg.ha⁻¹ a 34,15 Mg.ha⁻¹. Esta variação também foi apresentada por Watzlawick et al. (2012), os quais encontraram valores variando de 14,69 Mg.ha⁻¹ a 10,55 Mg.ha⁻¹.

Scurlock e Hall (1998), afirmam que nos cerrados mais ralos a quantidade de carbono apresentada nas camadas abaixo da serapilheira tendem a ser menores que cerrados de maior densidade. A área do estudo em questão apresenta uma área de cerrado medianamente densa com algumas poções de maior densidade. Em algumas parcelas a vegetação era muito mais fechada que em outras. A parcela J por exemplo foi uma das parcelas que apresentou uma vegetação que impossibilitava uma transição fácil. Entretanto o número total de indivíduos foi consideravelmente baixo se comparado aos totais da parcela B e C.

Fernandes e Fernandes (2008) estudaram solos de cerrado *stricto sensu* na profundidade de 40 cm e encontraram valores aproximados de 81,9 Mg.ha⁻¹ a 24,2 Mg.ha⁻¹. Diferentemente, Melo e Durigan (2006) para áreas nativas de cerrado *stricto sensu* encontraram valores 50 Mg.ha⁻¹ estocado no solo.

Schulze et al.(1996) encontrou nas camadas superficiais de solo de cerrado *stricto sensu* uma concentração de 50% de biomassa até 20 cm de profundidade, porcentagem ainda mais elevada que a do presente estudo. Já Castro e Kauffman (1998), Abdala et.al. (1998) e Rodin (2004) encontraram valores ainda mais elevados, 70% a 80% da biomassa de raízes encontra-se alocada nos 50 cm iniciais das camadas de solo de cerrado.

4.4.2 Densidade do solo

Dentre as parcelas demarcadas de A a J, a parcela F foi a que apresentou os maiores valores de densidade nas camadas de 10-20cm e 20-30cm de profundidade, com totais de 1,477 Kg.dm⁻³ e 1,599 Kg.dm⁻³, respectivamente. Na camada de 5-10cm o maior resultado de densidade ocorreu na parcela E (1,434 Kg.dm⁻³). Enquanto na camada de 0-5cm a parcela D apresentou um valor de 1,222 Kg.dm⁻³, o maior para esta porção dentre as parcelas que foram demarcadas (Tabela 5).

Os menores valores computados para densidade foram: 1,37 Kg.dm⁻³ para as parcelas I e J, na camada de 20-30cm; 1,136 Kg.dm⁻³ para as parcelas A e D (esta última apresentou exatamente o mesmo resultado para a camada 5-10cm), na porção de 10-20cm; 1,19 Kg.dm⁻³ para a parcela F, na porção de 5-10cm e 1,052 Kg.dm⁻³ para a parcela B no intervalo de 0-5cm (Tabela 5).

Tabela 5- Densidade do solo em função da profundidade nas parcelas demarcadas de A a J na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP.

Profundidade	Parcelas									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Densidade do solo (Kg.dm ⁻³)										
0-5cm	1,049	1,052	1,136	1,222	1,136	1,178	1,089	1,053	1,0873	1,087
05-10cm	1,305	1,196	1,244	1,136	1,434	1,19	1,379	1,314	1,3947	1,395
10-20cm	1,136	1,193	1,347	1,136	1,364	1,477	1,411	1,305	1,4384	1,438
20-30cm	1,435	1,305	1,44	1,447	1,542	1,599	1,294	1,582	1,37	1,37

A variação do carbono orgânico total do solo foi inversa a variação de densidade. Como grande parte das raízes permanece acumulada nas porções mais superficiais, o carbono orgânico do solo acompanha essa variável influenciando diretamente na densidade. A biomassa de raízes também pode influenciar nos valores de densidade, quanto menor ela for maior será a densidade encontrada, pois mais elevada será a massa de solo seco livre de raízes.

Zalamena (2008) encontrou valores de densidade menores em áreas que apresentam condições originais (vegetação nativa) e em áreas reflorestadas. Resultados que corroboram com o presente trabalho, que possui uma área de cerrado pouco perturbada e quase sem nenhuma interferência antrópica, esta apresentou baixos valores de densidade. Por outro lado, Viana et al. (2011) confirmou que os menores valores de densidade do solo se apresentam apenas nas áreas de mata nativa, sem nenhuma influência antrópica.

4.4.3 Carbono orgânico no solo

O carbono presente no solo mostrou-se menor conforme o aumento das camadas de solo. Os valores mais elevados estavam alocados na parte mais superficial do solo, nas camadas de 0-5 cm em todas as parcelas demarcadas. Já os valores mais baixos ocorreram nas camadas de 20-30 cm (Tabela 6).

A concentração de carbono presente no solo pode sofrer influência da densidade da vegetação. Uma vegetação mais densa pode ter capacidade de estocar mais carbono que uma vegetação mais rala. De todas as parcelas demarcadas, a que apresentou os estoques de carbono mais elevados no intervalo

de 0-5cm foi a parcela C, com um teor médio de 5,094 g.Kg⁻¹ (Tabela 6), na qual a biomassa total média e o carbono total médio também foram os mais elevados e o número total de indivíduos foi o segundo maior (N=85). Na parcela I os teores de carbono orgânico foram de 2,66 g.Kg⁻¹, os menores valores encontrados para o intervalo de 0-5cm. Tais valores mostram que ocorre uma relação entre os estoques de carbono presentes na porção aérea da vegetação com os estoques presentes no solo.

Nas camadas de 20-30cm os teores de carbono orgânico foram maiores na parcela A (2,906 g.Kg⁻¹), mais alto que os apresentados pela parcela I na seção 0-5cm. Esse resultado explica a afirmação de Scurlock e Hall (1998) de que carbono orgânico se encontra estocado de maneira bastante irregular. No entanto, pode-se afirmar que em cerrados mais abertos o carbono orgânico estocado no solo é menor que em cerrados mais densos. Corazza et al. (1999) em um estudo realizado nos campos experimentais da Embrapa Cerrados no Distrito Federal observaram que as maiores alterações nos teores de carbono no solo ocorreram na camada de 0-20 cm. A partir dessa profundidade, os teores de carbono apresentaram uma tendência semelhante, decrescendo progressivamente com a profundidade, assim como no estudo em questão. Até 20 cm de profundidade, os teores variaram de 16 a 30 mg.g⁻¹ de solo, enquanto a camada de 80-100 cm apresentou conteúdos de C de 8 a 12,5 mg g⁻¹ de solo.

Tabela 6- Estoques de carbono orgânico por profundidade de solo das parcelas demarcadas de A a J na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP.

Profundidade	Parcelas									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Carbono Orgânico Total (g.Kg⁻¹)										
0-5cm	4,464	3,005	5,094	3,507	2,823	3,781	2,846	2,989	2,66	3,538
5-10cm	3,237	2,486	2,315	2,649	2,064	2,674	2,152	1,911	2,135	1,617
10-20cm	3,021	2,207	2,142	2,181	1,613	2,124	1,695	1,639	2,312	1,089
20-30cm	2,906	1,924	1,899	2,083	1,54	1,74	1,363	1,333	1,297	1,045

Os valores foram diminuindo conforme o aumento da profundidade. Há uma grande amplitude de resultados entre as camadas 0-5 cm e 20-30 cm. Estes valores comprovam que os estoques de carbono tendem a apresentar homogeneidade conforme a profundidade do solo vai aumentando. No entanto possuem uma forte concentração nas camadas mais próximas a serapilheira. Paiva e Faria (2007) encontraram os maiores valores de estoques de carbono nas profundidades de 20-40 cm em um cerrado *stricto sensu*. Entretanto, os mesmos autores, similarmente ao presente estudo, encontraram maiores valores nas camadas mais superficiais do solo. Afirmam ainda que o solo é responsável por armazenar 90% do carbono abaixo da serapilheira.

Castro e Kauffman (1998) verificaram maiores concentrações de carbono nas camadas mais superficiais. Moraes et al. (2013) também descreveram as camadas iniciais do solo como detentoras das maiores concentrações de carbono orgânico. Os mesmos autores em uma análise de cinco áreas de cerrado *stricto sensu* no estado de Minas Gerais determinaram que os teores de carbono variaram de 0,15% a 1,38%. Estes valores são bastante similares àqueles encontrados nas camadas mais profundas do presente estudo.

Sousa et al. (2010) verificaram teores de matéria orgânica do solo (MOS) na camada de 0 a 20 cm variando de 24,0 a 37,0 g kg⁻¹ em uma área de cerrado no Distrito Federal. Estes valores são considerados altos e estão diretamente ligados aos teores de carbono no solo. Dessa forma, quanto mais alto o teor de matéria orgânica, mais alta será a porcentagem de carbono do solo. No presente estudo, os maiores valores de carbono orgânico encontram-se nas camadas superficiais (0-5cm e 5-10cm). A variação da densidade ocorreu conforme o aumento das profundidades do solo. Nas camadas de 10-20cm e 20-30cm, notou-se os maiores valores de densidade do solo em grande parte das parcelas demarcadas.

Os resultados apresentados ocorreram principalmente pelo fato das raízes e material orgânico estar alocado nas porções mais superficiais de 0-5cm e 5-10cm impedindo o aumento de densidade. Dessa forma obteve-se uma correlação negativa e significativa. O modelo obtido da análise de regressão possui um de seus coeficientes negativo (-3,0872), comprovando a existência negatividade da correlação existente. O coeficiente de determinação (R^2) está em 0,4487, comprovando a existência de uma relação entre as variáveis

Figura 14- Gráfico de dispersão com a relação entre as variáveis, carbono orgânico do solo e densidade do solo.

4.4.4 Estoques de carbono do solo

Os estoques de carbono do solo foram de 8,51 Mg.ha⁻¹. Das parcelas demarcadas a que apresentou o maior valor de estoque de carbono foi a parcela A como mostram os valores apresentados na Tabela 7, totalizando aproximadamente 12,05 Mg.ha⁻¹ (Figura 15). Estes resultados acompanham os valores apresentados pela biomassa e carbono de raízes. Os estoques de carbono abaixo do solo apresentaram resultados bastante diferenciados de parcela para parcela. Os teores de carbono variaram de 23% a 36% da porcentagem total em cada parcela.

Tabela 7- Estoques de carbono por profundidade de solo das parcelas demarcadas de A a J na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP.

Profundidade	Parcelas									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Estoques de carbono do solo (Mg.ha ⁻¹)										
0-5cm	2,341	1,581	2,893	2,143	1,603	2,227	1,549	1,573	1,446	1,923
5-10cm	2,112	1,487	1,441	1,504	1,48	1,591	1,484	1,255	1,489	1,127
10-20cm	3,433	2,634	2,885	2,477	2,201	3,137	2,392	2,139	3,325	1,566
20-30cm	4,169	2,511	2,734	3,015	2,375	2,783	1,764	2,109	1,777	1,432

4.5 Teores de carbono totais

Os teores de carbono aéreo totais não acompanharam a mesma variação apresentada pelos teores e estoques de carbono do solo e das raízes (Figura 15). O comportamento apresentado pelas camadas abaixo do solo ocorreu devido a matéria orgânica presente no solo. A maior parte da biomassa de raízes ficou concentrada nas porções superficiais do solo do que nas de maior profundidade. Consequentemente, grande parte dos estoques de carbono estava presente nas camadas mais rasas do solo. O estoque de carbono total médio é de $29,80 \text{ Mg.ha}^{-1}$ (Figura 15).

Figura 15. Teores e estoques de carbono de raízes (CR), de carbono aéreo total médio (CT) e de carbono total do solo (CS) por parcelas demarcadas de A a J na Reserva Biológica de Mogi Guaçu, Martinho Prado-SP.

4.6 Análise estatística dos dados

Diversidade de Shannon e Biomassa aérea total média

Com a análise de regressão dos resultados obtidos para Diversidade de Shannon e biomassa total média foi elaborado o gráfico de dispersão contido na Figura 16. Com esta análise de relação entre as variáveis foi determinado um modelo para cálculo da Biomassa aérea total média, utilizando-se Diversidade de Shannon por parcela.

Figura 16- Gráfico de dispersão com a relação entre as variáveis Biomassa aérea total média por Diversidade de Shannon.

Foram obtidos diversos valores estatísticos de regressão relacionando as duas variáveis (Tabela 8). A análise de regressão obtida foi para o nível de confiança de 95%. O coeficiente de determinação (R^2) chegou a 0,5331**, o que indica grau positivo de correlação e confere confiabilidade à qualidade do modelo (Figura 16). O valor de p para o teste F deve ser menor que 0,05 e está em 0,0165 indicando a pequena probabilidade dos resultados obtidos serem puramente ao acaso (Tabela 8).

Tabela 8- Tabela de ANOVA gerada no Software SAS 9.3 com o valor F obtido, os coeficientes da equação de ajuste e o valor de *p*.

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Pr>F</i>
Regressão	1	0,14965	0,14965	9,13	0,0165
Resíduo	8	0,3107	0,01638		
Total	9	0,28072			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	45,071	0,15191	15,24	< 0,001
Diversidade Shannon	86,907	0,00391	3,02	0,0165

Liang et al. (2016) em um estudo publicado na revista Science, reuniram um conjunto global de dados florestais de 770 parcelas em 44 países. Foi constatada uma relação positiva e consistente entre a diversidade de árvores e a produtividade dos ecossistemas em escalas da paisagem, país e ecoregião. Observou-se que uma perda de 10% na biodiversidade leva a uma perda de 3% na produtividade proveniente da biomassa florestal. O mesmo estudo mostra que a relação biodiversidade-productividade é fundamental para a nossa compreensão da crise de extinção florestal global e seus impactos no funcionamento do ecossistema. Dessa forma, o presente trabalho se faz importante por tratar da relação existente entre diversidade e biomassa no âmbito do Bioma Cerrado, o qual sofreu com uma perda de biomassa e produtividade em larga escala. Além disso, possui relevante importância para flora mundial.

Diversidade de Shannon e Carbono aéreo total médio

Utilizando-se a regressão obtida entre as variáveis Diversidade de Shannon e Carbono total médio, elaborou-se outro gráfico de dispersão contido na Figura 17. Assim como a biomassa total média, o R^2 indicou um grau positivo de correlação e confere confiabilidade à qualidade do modelo, apresentando um valor de 0,5325**.

Figura 17- Gráfico de dispersão com a relação entre as variáveis Carbono aéreo total médio por Diversidade de Shannon.

Foram obtidos valores estatísticos de regressão relacionando as duas variáveis (Tabela 9). A análise de regressão foi para o nível de confiança de 95%. O valor de p do teste F deve ficar abaixo de 0,05 e está em 0,0166 (Tabela 8) evidenciando a existência de uma forte relação entre as variáveis e conferindo mais consistência ao modelo.

Tabela 9- Tabela de ANOVA gerada no Software SAS 9.3 com o valor F obtido, os coeficientes da equação de ajuste e o valor de p .

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Pr>F</i>
Regressão	1	0,14948	0,14948	9,11	0,0166
Resíduo	8	0,13124	0,01641		
Total	9	0,28072			

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção	23,695	0,15183	15,26	< 0,001
Diversidade Shannon	45,703	0,00744	3,02	0,0166

A Diversidade de Shannon apresentou uma relação positiva tanto para biomassa aérea quanto para o carbono aéreo. Tal fato ocorre devido as variáveis, biomassa aérea total média e carbono aéreo total médio, como já provado por Lacerda et.al. (2009), apresentarem uma correlação positiva e altamente significativa.

Equitabilidade de Pielou e Biomassa aérea total média

A regressão obtida entre as variáveis Equitabilidade de Pielou e Biomassa aérea total média gerou um modelo com um grau de confiabilidade menor que os anteriores. O coeficiente de determinação (R^2) apresentou um valor de 0,2985, uma correlação positiva, mas com um grau mais baixo.

A Equitabilidade de Pielou descreve a proporção dos indivíduos de cada uma das espécies presentes em uma comunidade em relação ao total de indivíduos desta mesma comunidade; uniformidade.. O aumento do número de indivíduos por espécie faz com que a diversidade seja menor, a qual influencia consideravelmente na biomassa, como já observado anteriormente. O valor de p do teste F deve ficar abaixo de 0,05 e está em 0,1023. Assim, há uma relação menos considerável entre as variáveis e uma possível probabilidade dos resultados obtidos serem puramente ao acaso.

Equitabilidade de Pielou e Carbono aéreo total médio

Como já evidenciado diversas vezes neste trabalho o carbono aéreo total médio possui uma alta correlação positiva com a biomassa aérea total média. Dessa forma, o coeficiente de determinação (R^2) do modelo gerado pela regressão também demonstrou uma correlação positiva entre as variáveis, no entanto o seu valor foi bastante baixo, mais precisamente de 0,2973. Há correlação positiva entre as variáveis, mas ela não possui um grau elevado. O valor de p para o teste f deve ser menor que 0,05 e está em 0,1031, muito acima do valor estipulado. Tal comportamento resulta do baixo grau de correlação existente entre as variáveis, além de comprovar a possível probabilidade de os resultados obtidos serem puramente ao acaso.

Diversidade de Shannon e Carbono de raízes

Com a análise de regressão, dos resultados obtidos para Diversidade de Shannon e Carbono das raízes, conclui-se não houve uma significativa correlação.

Esta análise de relação entre as variáveis determinou um modelo de baixa confiabilidade para cálculo de carbono de raízes, utilizando-se Diversidade de Shannon por parcela com coeficiente de determinação de 0,087. Este comprova que as variáveis analisadas possuem uma baixa correlação.

Diversidade de Shannon e Biomassa de raízes

Com a análise de regressão, dos resultados obtidos para Diversidade de Shannon e Biomassa de raízes, também não obteve significativa correlação. Esta relação obtida entre as variáveis determinou um modelo para cálculo de carbono de raízes, utilizando-se Diversidade de Shannon por parcela com um coeficiente de determinação de 0,087. Este comprova que as variáveis apresentadas possuem uma baixa correlação.

Biomassa aérea total média e Biomassa de raízes

A regressão resultante das variáveis biomassa aérea total média e biomassa de raiz, também resultou em um modelo de baixa confiabilidade. No entanto este modelo obtido apresenta uma maior correlação que aquele apresentado pela Diversidade de Shannon e Biomassa de raízes. O coeficiente de determinação foi pouco significativo, devido ao baixo valor, que foi de 0,1368.

Carbono aéreo total médio e Carbono de raízes

A regressão resultante das variáveis carbono aéreo total médio e carbono de raízes, as quais acompanham as variações de biomassa tanto para a porção aérea quanto para porção abaixo do solo, apresentaram um modelo de equação de baixa confiabilidade, como já era previsto. No entanto este modelo obtido apresenta uma maior significância que aquele apresentado para Diversidade de Shannon e Carbono de raízes. O coeficiente de determinação foi pouco significativo, devido ao baixo valor, que foi de 0,1366.

Somatória das áreas basais e Biomassa de raízes

Utilizando-se análise de regressão obtida dos resultados obtidos para somatória das Áreas basais e biomassa de raízes, não se obteve significativa correlação. O coeficiente de determinação foi de 0,1334, este comprova a afirmação a respeito de que as variáveis analisadas possuem uma correlação pouco significativa.

Somatória das áreas basais e Carbono de raízes

A análise de regressão, resultante das variáveis somatória das áreas basais e carbono de raízes, apresentaram um modelo de equação de baixa confiabilidade, como já era previsto, comprovando que o carbono presente nas raízes possui o mesmo comportamento de sua biomassa. A relação obtida foi pouco significativa, devido ao baixo valor do coeficiente de determinação, que foi de 0,1342.

5. CONCLUSÕES

A área de estudo demarcada apresentou um total de 64 espécies vegetais. Dentre essas as mais recorrentes foram: *Xylopia aromatica* (pimenta de macaco), *Syagrus flexuosa* (coco babão), *Copaifera langsdorffii* (pau de óleo), *Qualea grandiflora* (pau-terra) perfazendo um total de 36,78 % dos indivíduos encontrados. Por outro lado, as espécies menos frequentes foram *Kielmeyera variabilis* (pau santo), *Zanthoxylum rhoifolium* (tembetari), *Dimorphandra mollis* (Canafístula-do-cerrado) 0,39% do total.

Os maiores índices de diversidade de Shannon apresentados foram 2,966 e 2,927, das parcelas A e C, respectivamente.

A maior parte das árvores apresentaram DAPs variando entre 0-10 cm, enquanto aquelas com DAPs maiores que 30 cm estavam presentes em pouca quantidade. A parcela C apresentou a maior somatória de áreas basais (130,07 m².ha⁻¹), que foi acompanhada pela maior biomassa aérea total média e maior carbono aéreo total médio, de 58,52 Mg.ha⁻¹ e 30,76 Mg.ha⁻¹, respectivamente. A biomassa e o carbono aéreos totais médio foram de 37,412 Mg.ha⁻¹ e 19,65 Mg.ha⁻¹, respectivamente. A biomassa e o carbono aéreos totais médios apresentaram relação significativa com a diversidade de Shannon.

A biomassa de raízes foi encontrada em quantidades mais elevadas nas porções mais superficiais. Por consequência, os valores de carbono de raízes e do solo também foram maiores nessas porções. As maiores biomassa e carbono de raízes foram observados na parcela A com 4,00 Mg.ha⁻¹ e 2,17 Mg.ha⁻¹, respectivamente. O teor de carbono nas raízes variou de 48 a 54%, com uma biomassa média de raízes de 3,20 Mg.ha⁻¹.

As profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm do solo apresentaram altos teores de carbono orgânico, devido à maior quantidade de matéria orgânica alocada nessas camadas. O estoque de carbono orgânico do solo foi em média 8,51 Mg.ha⁻¹.

Os estoque de carbono total foi de aproximadamente 29,80 Mg.ha⁻¹.

A densidade do solo aumentou com a profundidade, sendo os maiores valores de densidade do solo observados nas camadas de 20-30 cm. A regressão entre a densidade e o carbono orgânico do solo encontrada foi negativa e significativa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recomenda-se que futuros trabalhos aumentem do número de áreas amostrais e de repetições, para verificar-se a existência de uma correlação significativa entre biomassa aérea e de raízes e de carbono aéreo e de raízes. Desta maneira poder-se-ia estabelecer uma relação prática para suas estimativas.

A maior parte da biomassa de raízes localiza-se logo abaixo da árvore. Por conseguinte sugere-se a utilização do método da retroescavadeira para retirada das amostras de raízes ao invés da técnica da cavadeira manual utilizada neste estudo. É possível que o método aqui empregado tenha subestimado o total de biomassa de raízes existente na área.

O bioma cerrado possui uma grande diversidade de árvores como constatado nessa pesquisa e vem sofrendo um intenso processo de degradação. Esta é resultante do fogo de origem antrópica e desmatamentos, devido principalmente ao avanço da fronteira agrícola. Em vista disso estudos da diversidade deste bioma são de extrema importância.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, G.C; CALDAS, L.S; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Above and belowground organic matter and root: shoot ratio in Central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology**. v. 2, n. 1, p. 11-23, 1998.
- AJTAY, G. L.; KETNER, P.; DUVIGNEAUD, P. **Terrestrial primary production and phytomass**. p.129-182, 1979.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de. Ciência do Solo**, v.25, p.189-197, 2001.
- AUBRÉVILLE, A.M.A. The disappearance of the tropical forests of Africa. **Unasylva**. v. 1, p. 5-11, 1947.
- BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. Fire frequency and area burned in the Roraima savannas of Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.204, p.371-384, 2005a
- BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. Above-ground biomass and the fate of carbon after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 2005b
- BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. Wood density of trees in open savannas of the Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.199, n.1, p.115-123, 2004.
- BARCELLOS, A.O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., Brasília, DF, 1996. **Anais EMBRAPA - CPAC**, Planaltina, 1996, p.130-131.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; RANST, E.V. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, n.86, p.237-245, 2006.
- BERAGELDIN, I. Saving Africa's Rainforests. In: CLEAVER, K. **World Bank Environment Paper 1: Conservation of West and Central African Rainforests**. The World Bank e IUCN. p. 338-339, 1992.
- BRASIL. MCTI. Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor de Uso da Terra, Mudança no Uso da terra e Florestas. Relatórios de Referência: Uso da terra e florestas 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010
- BRASSALOTI, R.A.; ROSSA-FERES, D.C.; BERTOLUCI, J. Anurofauna da Floresta Estacional Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n.1, 2010.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Biomass of tropical forest: a new estimative based on forest volumes. **Science**. v. 223, p. 1290-1293, 1984.

- BRONW, S. Los Bosques y el cambio climatico: el papel de terrenos florestales como sumidoro de carbono. **Congresso Florestal Mundial**. Ankara, Turquia. p. 107- 121, 1997.
- BRÜSEKE, F. J. O Problema do desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANT, C. (Ed.). **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. Fundação Joaquim Nabuco São Paulo. Cortez; Recife, PE, 1995.
- CARVALHO FILHO, A.; MOTTA, P.E.F.; CHAGAS, C.S.; KER, J.C.; BLANCANEUX, P.; CARVALHO JUNIOR, W.; AMABILE, R.F.; COSTA, L.D.; PEREIRA, N.R. A cobertura pedológica e as interações com as rochas, o relevo e a cobertura vegetal. In: BLANCANEUX, P. (Ed.). **Interações ambientais no Cerrado**: microbacia piloto de Morrinhos, Estado de Goiás, Brasil. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPS. 1998, p.69-143.
- CASTRO, E.A.; KAUFFMANN, J.B. Ecosystem Structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root biomass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**. Cambridge, Grã Bretanha, v. 14, p. 263-283, 1998.
- CAVALCANTI, L.H. **Efeito das cinzas resultantes da queimada sobre a produtividade do estrato herbáceo subarbustivo do cerrado de Emas**. Tese Ph. D- Universidade de São Paulo. São Paulo. 1978.
- CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; BLAIR, G.J. Carbon pools and fluxes in Brazilian natural and agricultural systems and the implications for the global CO₂ balance. **Transactions of the 15th International Congress of Soil Science**. Acapulco, México. v.5, p. 399-406, 1994.
- CERRI, C.E.P.; **Variabilidade espacial e temporal do carbono do solo na conversão de floresta em pastagens na Amazônia Ocidental (Rondônia)**. Piracicaba, 2003, 159p. Tese (Doutorado em ciências) Centro de Energia Nuclear na Agricultura- Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.
- CICERONE, R.J.; BARRON, E.J.; DICKINSON, R.E.; FUNG, I.Y.; HANSEN, J.E.; KARL, T.R. LINDZEN, R.S.; McWILLIAMS, J.C.; SHERWOOD ROWLAND, F.; SARACHIK, E.S.; WALLACE, J.M. **Climate change science: an analysis of some key questions**. Washington. National Academy of Sciences. v.1, 2001.
- COCHRANE, M.A.; SCHULZE, M.D. Fire as a recurrent event in tropical forest of the eastern Amazon: effects on forest structure, biomass and species composition. **Biotropica**, v. 31, p. 2-16. 1999.
- CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, n.23, p.425-432, 1999
- CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. **Metodologia de linha de base aprovada de florestamento e reflorestamento**: Recuperação de terras degradadas por meio de florestamento/reflorestamento. AR-AM0002/Versão 1. 2006.
- COUTINHO, L.M. O cerrado e ecologia do fogo. **Ciência hoje**. Volume Especial. Eco- Brasil. p. 130-138. 1992

- COUTINHO, L.M. O bioma do cerrado. In KLEIN, A.L. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. Editora Unesp, São Paulo. p. 77-91, 2002.
- CUMMINGS, D.L.; KAUFFMAN, J.B.; PERRY, D.A.; HUGHES, R.F. Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern Brazilian Amazon. **Forest ecology and Management**. v.163, n.1-3, p. 293-307, 2002.
- DAY, T.H. **Guide to the Classification of the Late Tertiary and Quaternary Soils of the Lower Amazon Valley**. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, Editora Universidade de São Paulo. 1959.
- DEFRIES, R.S.; HOUGHTON, R.A.; HANSEN, M.C., FIELD, C.B.; SKOLE, D.; TOWNSEND, J. Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 90s. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, p.14256–14261. 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologia de Produção de Soja – Região Central do Brasil – 2005**. Londrina: EMBRAPA Soja; EMBRAPA Cerrado; EMBRAPA Agropecuária Oeste: Fundação Meridional, 2004. 239p.
- FALLOON, P.; JONES, C.D.; CERRI, C.E.; AL-ADAMAT, R.; KAMONI, P.; BHATTACHARYYA, T.; EASTER, M.; PAUSTIAN, K.; KILLIAN, K.; COLEMAN, K. & MILNE, E. Climate change and its impact on soil and vegetation carbon storage in Kenya, Jordan, India and Brazil. **Agric. Ecosyst. Environ**, v.122, p.114-124, 2007
- FEARNSIDE, P.M. **Como frear o desmatamento. Tempo e Presença**. v. 11, n. 244/245: p. 8-12, 1989.
- FEARNSIDE, P.M. Greenhouse gas emissions from deforestation in Brazilian Amazonia. Carbon emissions and sequestration in forests: case studies from developing countries. **Berkey: EPA; UC Berkley**, v. 2, p.72-73, 1992.
- FEARNSIDE, P.M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**. v. 90, p. 59-87, 1997.
- FEARNSIDE, P.M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v.28, p. 23-38. 2001.
- FERNANDES, F.A.; FERNANDES, A.H.B.M. Cálculo dos estoques de carbono sob diferentes condições de manejo. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 4p. (Comunicado técnico, 69).
- FERNANDES, T.J.G et al. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de Hevea spaos 12 anos de idade, na Zona da Mata Mineira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.31, p. 657-665, 2007.
- FROST, P.H.G.; ROBERTSON, F. The ecological effects of fire in savanas. In: WALKER, B.H (Ed.). **Determinants of tropical savannas**. Oxford, p. 93-141, 1987.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período 1995–2000**. Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, São Paulo. 2001.

- FURTADO, A.G.; SILVA, E.D.; ANJOS, L.A.; RODRIGUES, K.F. **Estabilidade e Diversidade de uma comunidade de cerrado em Itirapina (SP)**, Relatório, Universidade de Campinas, Campinas, 2003.
- GASCON, C.; WILLIAMSON, B.; FONSECA, G.A.B. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science**, v. 288, p. 1356-1358. 2000.
- GATTO, A. **Estoques de carbono no solo e na biomassa de plantações de eucalipto na Região Centro-Leste de Minas Gerais**. 2005. 159p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
- GERWING, J.J. Degradation of forests through logging and fire in the eastern Amazon. **Forest Ecology Management**, v. 157, p. 131-141, 2002.
- GIBBS, P.E.; LEITÃO-FILHO, H.F.; SHEPHERD, G. Floristic composition and community structure in an area of cerrado in SE Brazil. **Flora**, v. 173, p. 433-449. 1983.
- GOMES, A.S.; FERREIRA, S.P. **Análise de Dados Ecológicos**. Departamento de Biologia Marinha, Centro de Estudos Gerais, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense. Niterói, Rio de Janeiro. 2004.
- GONÇALVES, R. **Globalização e desnacionalização**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- GRAÇA, P.M.L.A.; FEARNSIDE, P.M.; CERRI, C.C. Burning of Amazonian forest in Ariquemes, Rondônia, Brazil: biomass, charcoal formation and burning efficiency. **Forest Ecology and Management**, v. 120, p. 179-191, 1999.
- GUEDES, D.M. **Resistências das árvores do cerrado ao fogo: papel da casca como isolante térmico**. 1993. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília. 1993.
- GUILLAUMET, J.L. **Some structural and floristic aspects of the forest**. *Experientia* 43:241-251, 1987.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST- Palaeontological Statistics, **Palaeontological electronica**, Canberra, v.4, n.1, p.1-9, 2001
- HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. **Plant and Soil**. v.65, p.265- 273, 1982.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral das plantas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, n.1, p. 54-64. 2000.
- HESPANHOL, I. Água e saneamento Básico; uma visão realista. In: REBOUÇAS, A C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil, Escrituras São Paulo**, c. 8. p.249-303.1999.
- HOFFMANN, W. Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction. **Journal of Applied Ecology** 35: 422- 433. 1998.
- HOFFMANN, W. A.; MOREIRA, A.G. The role of fire on population dynamics of woody plants. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Ed.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press, New York. 2002.

- HOUGHTON, R.A. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use 1850 – 1990. **Tellus magazine**, v. 50, p. 298-313. 1990.
- HOUGHTON, R.A; LAWRENCE, K.T; HACKLER, J.L; BROWN, S. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. **Global Change. Biology**, v.7, p.731–746. 2001.
- HOUGHTON, R.A. Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. **Tellus**, v.55B, p.378-390. 2003
- HOUGHTON, R.A. Desmatamento tropical como fonte de gases do efeito-estufa. In: **Tropical Deforestation and Climate Change**. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazonia e Defesa Ambiental. 2005.
- HOUGHTON, R.A. The contemporary carbon cycle. In: SCHLESINGER, W. H. (Ed.), **Biogeochemistry**. Elsevier. Oxford, UK, p. 473-513. 2005.
- IMAÑAS-ENCINAS, J.; DE PAULA, J. Análise da vegetação de cerrado no município de Santa Quitéria, Maranhão. **Brasil Florestal**, Brasília, n.78, p.33-42, 2003.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Summary for policy makers**: second assessment report. 1995.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Land use, land use change, and forestry special report**. Summary for Policymakers. Based on WATSON, R. et al.as Core Writing Team. Montreal, 2000.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Land use, land use change, and forestry**. Cambridge, Cambridge University Press, 2000. p.5.1-5.75.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2001**: synthesis report: third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007: the physical science basis**. Geneva, Suíça. 2007
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2013. Disponível em < <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2013/03/desmatamento-da-amazonia-sobe-26-em-6-meses-aponta-inpe.html>>. Acesso em: maio de 2015.
- INSTITUTO DE BOTÂNICA. 2014. Disponível em :< <http://botanica.sp.gov.br/mogi-guacu/>> Acesso em: maio de 2015.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. 2013. Disponível em < <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2013/03/desmatamento-da-amazonia-sobe-26-em-6-meses-aponta-inpe.html>>. Acesso em: maio de 2015.
- KAPLAN, J.O.; KRUMHARDT, K.M.; ZIMMERMANN, N. **The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe**. Quaternary Science Review, v.28, p.3016–3034. 2009.

- KAUFFMAN, J.B.; SANFORD JUNIOR, R.L.; CUMMINOS, D.L.; SALCEDO, J.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. **Ecology**, Durham, v.74,n.1, p.140-151, 1993.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Litter production in na area of Amazonian terra firme forest. Part.I: Litter-fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. **Amazoniana**, v.1, n.4, p.287-302. 1968.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A .. Matéria orgânica e nutrientes na mata de terra firme perto de Manaus. **Acta Amazonica** 1: 69-72. 1971.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. Belo Horizonte, **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 148-155, jul. 2005
- LACERDA, J. S; COUTO, H.T.Z; HIROTA, M.M; PASISHNYK, N; POLIZEL, J.L. **Estimativa da Biomassa e Carbono em Áreas Restauradas com Plantio de Essências Nativas**. Centro de Métodos Quantitativos do Depto. de Ciências Florestais, ESALQ, Universidade de São Paulo. n.5. Novembro, 2009.
- LAL, R.; KIMBLE, J. & STEWART, B.A. World soils as a source or sink for radiatively-active gases. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A., (Ed.). Soil management and greenhouse effect. Boca Raton, CRC Lewis Publishers, p.1-7.1995.
- LAL, R.; KIMBLE, J.M. Tropical ecosystems and the global C cycle. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. **Global climate change and tropical ecosystems. Advances in soil science**. Boca Raton. CRC Press LLC, p. 3-32, 2000.
- LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. Global climate change and tropical ecosystems. **Advances in soil science**. Boca Raton. CRC Press LLC. 2000. 438 p.
- LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.220, p.242-258, 2005.
- LANDSBERG, J.J. & WARING, R.H. A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. **Forest Ecology and Management**, v.95, p.209-228. 1997.
- LANLY, J. P. Deforestation and Forest Degradation Factors. In: XII WORLD FORESTRY CONGRESS. Québec, Caornada. 2003.
- LEGGETT, J. The nature of the greenhouse threat. In: LEGGETT, J. **Global warming the greenpeace report**. Oxford, Oxford University Press, 554 p. Chapter 1: p.15-43,1990
- MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2004.
- MAESTRI, R. **Análise Econômica da Atividade Florestal visando seqüestro de carbono: efeito do clima na produtividade e rentabilidade do empreendimento**. Rio de Janeiro. 2004.

- MALHI, Y., J. TIMMONS ROBERTS, R. A. BETTS, T. J. KILLEEN, W. LI, AND C. A. NOBRE. Climate Change, Deforestation and the Fate of the Amazon. **Science** v.319, p.169-172. 2008.
- MALTHUS, T.R. **Princípios de economia política e considerações sobre sua aplicação prática**. Nova Cultural, São Paulo. 1996.
- MANFRINATO, W.A. **Estoques de carbono no solo em uma cronosequência de floresta-pastagem em Guaraqueçaba (PR)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2002.
- MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R. Florística do cerrado da Reserva Biológica de Mogi-Guaçu, SP. **Acta Botanica Brasilica**, v.7, p. 33-60. 1993.
- MARIMON JÚNIOR, B.H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *Sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste do Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v.19, p.913-926, 2005.
- MARLAND, G.; ANDRES, R.J.; BODEN, T.A.; JOHNSTON, C.; BRENKERT, A. **Global, regional and national CO₂ emission estimates from fossil fuel burning, cement production and gas flaring: 1751 – 1996**. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory, Carbon Dioxide Information Analysis Center. 1999. (Report NDP, 030).
- MATTHEWS, H.D. et.al. National contributions to observed global warming. **Environmental Research Letter**, Philadelphia, v.9, p.1-9, 2014.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Emissões de gases do efeito estufa da queima de biomassa do cerrado não antrópico utilizando dados orbitais (Primeiro relatório Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases do Efeito estufa – Relatório de Referência)**. Coordenação Geral de Mudanças Globais, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, DF, Brasil,. 2002, 53 p.
- MEADOWS, D. L.; MEADOWS, D. H.; RANDERS, J.; BEHRENS, W.W. **The limits to growth**. Nova Iorque, EUA: Universe Books.1972.
- MEIRELES, E.J.L. **Intensificação do efeito estufa associada a aumento nas concentrações dos gases CH₄, N₂O e CO₂**. 1994. 125p. (Dissertação de mestrado).Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1994.
- MIRANDA, A.C.; MIRANA, H.S.; LLOYD, J.; GRACE, J.; MCINTYRE, J.A. Meir, P.; RIGGAN, P.; LOCK WOOD, R.; BASS, J. Carbon dioxide fluxes over a cerrado *sensu strictu* in Central Brazil. In: GASH, J.H.C.; NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.M. VICTORIA, R.L. (Eds.) **Amazonian deforestation and climate**. John Wiley & Sons. Chichester, UK. p.353-363, 1996..
- MORAIS, V.A. et al. Carbon and biomass stocks in a fragment of cerrado in Minas Gerais state, Brazil. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 237-245, abr./jun. 2013.
- MORAIS, V.A. et al. Modelagem do teor de carbono orgânico de fragmentos de cerrado de Januária e Bonito de Minas, Minas Gerais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 343-354, out./dez. 2013.

- MOREIRA, A.G. Proteção contra o fogo e seu efeito na distribuição e composição de espécies de cinco fisionomias de cerrado. In: MIRANDA, H.S.; SAITO, C.H.; DIAS, B.F.S. (Ed.) **Impactos de queimadas em áreas de cerrado restinga**, UnB/ECL, Brasília, p.102-111. 1996.
- MOUTINHO, P.; BUENO, M. O inventário brasileiro de emissões e o desmatamento da Amazônia. **Clima em Revista**. v. 2, n. 3: 1 p. 2002.
- MOYSÉS, A.; SILVA, E. R. **Ocupação e Urbanização dos Cerrados do Centro-Oeste e a Formação de uma Rede Urbana Concentrada e Desigual**. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional. Belém, PA. 2007.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** v. 403, p.853-845. 2000.
- NEVES. J.C.L. **Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 2000. 191p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 2000.
- NOBRE, C.A., P. J. SELLERS, & J. SHUKLA. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate**. 1991.
- NOGUEIRA, E.M., **Densidade de madeira, forma de fuste e desenvolvimento de modelo alométrico para estimativa de biomassa em florestas abertas no arco do desmatamento da Amazônia brasileira**. Ph.D Thesis in Tropical Forest Science, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brazil, 2008.133 pp.
- NOGUEIRA, E.M., FEARNSIDE, P.M., NELSON, B.W., BARBOSA, R.I., KEIZER, E.W.H. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: new allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. **Forest Ecology and Management**. 256, 1853–1857. 2008.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2004.
- ORTIZ, R. Costa Rican Secondary Forest: an economic option for joint implementation to reduce atmospheric CO₂. Draft paper presented for inclusion in the Beijer Seminar in Punta Leona. Costa Rica, 1997. 19 p.
- PAIVA, A.O.; FARIA, G.E. Estoque de carbono do solo sob cerrado Sensus Stricto no Distrito Federal, Brasil. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e biológicas**, Chapadinha, v.1,p.59-65, 2007.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA MEIO AMBIENTE (PNUMA). **A economia dos ecossistemas e da biodiversidade (TEEB): Resumo executivo**. In: TEEB para as autoridades Regionais e Locais. 2010, 7p.
- PROBIO. **Mapeamento da cobertura vegetal do bioma cerrado: relatório final**. Brasília-DF. 2007. 93 p.

- PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha, MG, **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.1125-1136, 2009.
- RAMANATHAN, V.; CALLIS JR.; L.B.; CESS, R.D.; HANSEN, J.E.; ISAKSEN, I.S.A.; KUHN, W.R.; LACIS, A.; LUTHER, F.M.; MAHLMAN, J.D.; RECK, R.A.; SCHLESINGER, M.E. Trace gas effects on climate. In: WMO, **global ozone research and monitoring project** (s. ed.) (Report 16), v. 3. 1985.
- RAWITSCHER, F. The water economy of the vegetation of the "Campos Cerrados" in southern Brazil. **Journal of Ecology**, Oxford, Inglaterra, v. 36, n. 2, p. 237- 268. 1948.
- RESCK, D.V.S. O plantio direto como alternativa de sistema de manejo e conservação do solo e da água na região dos cerrados. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30. 1997, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 21p.
- REZENDE, D.; MERLIN, S.; SANTOS, M. **Seqüestro de carbono: uma experiência concreta**. 2º ed. Palmas. Instituto Ecológico. 2001. 178 p.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Eds.) **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: EMBRAPA, p.89-166, 1998.
- RIBEIRO, S.C. et al. Above and belowground biomass in Brazilian cerrado. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.262, n.3, p.491- 499, 2011.
- RIGHI, C.A; GRAÇA, P.M.L.A; CERRI; C.C., FEIGL; B.J; FEARNSIDE, P.M. Burning in an Amazonian tropical forest in Brazil's Arc of Deforestation: Biomass, burning efficiency and charcoal formation. **Forest Ecology and Management**. 2009.
- ROCHA, M.T. **Aquecimento global e o Mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT**. Piracicaba/SP. 2003. 196 p. Tese (Doutorado em ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J.; VASCONCELLOS, C.A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**, v.104, p.185-202, 2001.
- SANCHES, P.; GICHURU, M.P.; KATZ, L.B. Organic matter in major soils of tropical and temperate regions. In: **Transactions of the 12th International Congress of Soil Science**. Nova Delhi, v.1, p.99-114, 1982
- SANTOS, A.J. B. **Fluxos de Carbono, Energia e água em Vegetação de Campo Sujo**. 1998. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília. 1998.
- SAPORETTI JR, A. W.; MEIRA NETO, J.A.A.; ALMADO, R. P. Fitossociologia de cerrado sensu stricto no município de Abaeté-MG, **Árvore**, v.27, n.3, p.413-419. 2003,

- SARAMIENTO, G; VERA, M. Composición, estrutura, biomassa y producción de diferentes sabanas en los llanos de Venezuela. **Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales**, v. 136, p. 5-41. 1979.
- SCHNEIDER, S.H. The greenhouse effect: science and policy. **Science**. v. 243, p.771-781. 1989
- SCHULZE, E.D; MOONEY, H.A.; SALA, O.E.; JOBBÁGY, E.; BUCHMANN, N.; BAUER,G.; CANADELL, J.; JACKSON, R.B.; LORETI, J.; OESTERHELD, M.; EHLERINGER, J.R. Rooting depht, water availability, and vegetation cover along an aridity gradient in Patagonia. **Oecologia**, v. 108, p. 503-511. 1996.
- SCURLOCK, J. M. O.; HALL, D. O.The global carbon sink: Agrassland perspective, **Global Change Biol.**,v. 4, p. 229 – 233. 1998.
- SMITH, P. Land use change and soil organic carbon dynamics. **Nutrients Cycling Agroecosyst.**, v.81, p.169-178, 2008.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L.(Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.275-374., 2007.
- SOUSA, D.M.G.; REIN, T.A.; GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.;NUNES, R.S. Fósforo. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN,V.; STIPP, S.R.(Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: Nutrientes**. Piracicaba, IPNI,v.2. p.67-132. 2010
- TRUGUILHO, P.F; DA SILVA, D.A; FRAZÃO, F.J.L; DE MATOS, J.L.M., Comparação de métodos de determinação de densidade básica em madeira. **Acta Amazonica** v. 20, p. 307–319. 1990.
- VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; INOUE, T. T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p. 2105-2114, 2011.
- VITAL, B.R. Métodos de determinação da densidade da madeira. In: **Sociedade de Investigações Florestais**. (Boletim Técnico, 1), Viçosa, Minas Gerais, Brasil;1984. 21 p.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**,v. 37, p.29-38, 1934.
- WATSON, R.T.; RODHE, H.; OESCHGER, H.; SIEGENTHALER, U. Greenhouse gases and aerosols. In: HOUGHTON, J.T.; JENKINS, G.J.; EPHRAUMS, J.J. (Ed.) **Climate change. The IPCC scientific assessment**. Cambridge. Cambridge University Press. p.1- 40, 1990.
- WATZLAWICK, L.F. et al. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana, Paraná. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p.661-669, 2005.

- WILLIAMS, M. Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past. **Journal of Historical Geography**, v. 26, n.01, p. 28– 46. 2000.
- WWF - FUNDO MUNDIAL PARA A NATUREZA. **De grão em grão o cerrado perde espaço. Impactos do Processo de Ocupação**, Brasília, DF. 1995. 66p.
- WWF - FUNDO MUNDIAL PARA A NATUREZA. **Recursos naturais diminuem em ritmo alarmante.** Outubro/ 2010. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/?26164/Recursos-naturais-diminuem-em-ritmo-alarmante>> Acesso em: maio de 2015.