



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



MARIA CLARA JESUS XAVIER

**QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA E ESTIMATIVA DE ESTOQUE DE CARBONO
DE UMA UNIDADE FITOFISIONÔMICA DE CERRADO NO CENTRO-OESTE DE
MINAS GERAIS.**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Ouro Preto, 2018

MARIA CLARA JESUS XAVIER

**QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA E ESTIMATIVA DE ESTOQUE DE CARBONO
DE UMA UNIDADE FITOFISIONÔMICA DE CERRADO NO CENTRO-OESTE DE
MINAS GERAIS.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Livia Cristina Dias Pinto

Ouro Preto, 2018

X3q

Xavier, Maria Clara Jesus.

Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono de uma unidade fitofisionômica de Cerrado no Centro-Oeste de Minas Gerais [manuscrito] / Maria Clara Jesus Xavier. - 2018.

67f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Livia Cristina Dias Pinto.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Ambiental.

1. Biomassa. 2. Estoque de carbono. 3. Aquecimento Global. 4. Ecossistemas. 5. Cerrado. I. Pinto, Livia Cristina Dias. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Titulo.

CDU: 504

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas Colegiado do Curso de
Engenharia Ambiental - CEAMB

Folha de Aprovação

MARIA CLARA JESUS XAVIER

QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA E ESTIMATIVA DE ESTOQUE DE CARBONO EM
UMA UNIDADE FITOFISIONÔMICA DE CERRADO NO CENTRO-OESTE DE MINAS
GERAIS.

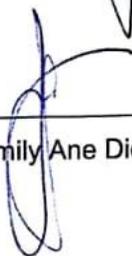
Trabalho de Conclusão de Curso defendida e aprovado em (05/12/2018) pela
comissão avaliadora constituída pelos professores:



Livia Cristina Dias Pinto – DEAMB/UFOP



José Francisco do Prado Filho – DEAMB/UFOP



Emily Ane Dionízio da Silva - UFV

DEDICATÓRIA

À minha amada mãe Cláudia Helena de Jesus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me orientar em todos os meus caminhos e escolhas até aqui.

A toda minha família, em especial aos meus pais Edson e Cláudia e aos meus irmãos Emanuel e Caetano por todo carinho, apoio, paciência e dedicação. Obrigada por se fazerem presentes em todos os momentos.

À professora Dr. Livia Dias pela orientação e incentivo durante a execução deste trabalho e por depositar confiança na minha capacidade de realização.

Aos pais da professora Livia, João e Maria Aparecida, e à Luísa por terem me recebido de braços abertos na cidade Santo Antônio do Monte.

Aos proprietários das áreas estudadas por cederem espaço para a realização dos trabalhos de campo, em especial ao Irailton Melo que nos acompanhou durante todo o processo de coleta de dados.

Aos meus colegas de curso por tornarem essa caminhada mais leve, em especial à Sabrina, Larissa, Laís e Júlia.

À professora da disciplina Trabalho de Graduação II, Lia Porto, por ser um exemplo de profissional e por amar o que faz. Sou grata por toda disponibilidade e conselhos dados.

À Universidade Federal de Ouro Preto pelo ensino de qualidade.

Muito obrigada!

RESUMO

O Cerrado é considerado um dos *hotspots* para a conservação da biodiversidade mundial. No entanto, as taxas de desmatamento no bioma têm sido superiores às da floresta Amazônica. As modificações ambientais no Cerrado são causadas por diversas atividades antrópicas, como a atividade agropecuária. As crescentes perturbações na paisagem do ecossistema implicam alterações no estoque regional de carbono, uma vez que o desmatamento e estabelecimento de áreas de pastagens constituem uma das principais causas de emissão de gases causadores do efeito estufa. Diante desse contexto e da escassez de estudos sobre produtividade lenhosa em áreas de Cerrado, em termos de volume e biomassa, o objetivo principal deste trabalho foi estimar, através do método indireto, a quantidade de biomassa e estoque de carbono em uma área de Cerradão no Centro-Oeste de Minas Gerais. A área de estudo está localizada na Fazenda Capão Amarelo na cidade de Santo Antônio do Monte. Foram selecionadas 6 equações alométricas desenvolvidas por diferentes autores, já aplicadas em áreas de Cerradão. Os dados utilizados nesse estudo foram coletados mediante mensuração de 48 indivíduos arbóreos presentes em 4 parcelas pertencentes à área de estudo. Com exceção da parcela P4 que teve as dimensões 20 m x 10 m, adotou-se dimensões fixas iguais a 20 m x 20 m. As variáveis coletadas em campo foram diâmetro à altura do peito, altura total e diâmetro de base. A estimativa média de produção de biomassa para cada uma das parcelas foi de 70,25 Mg.ha⁻¹, 157,98 Mg.ha⁻¹, 359,70 Mg.ha⁻¹ e 13,06 Mg.ha⁻¹. Com base no valor de 0,47 para a conversão de biomassa em carbono, obteve-se valores de estoque médio de carbono iguais a 33,02 Mg-C.ha⁻¹, 74,25 Mg-C.ha⁻¹, 169,06 Mg-C.ha⁻¹ e 6,14 Mg-C.ha⁻¹. As áreas que apresentaram os maiores valores de biomassa e, conseqüente, maiores estoques de carbono foram as áreas correspondentes às parcelas P2 (área antropizada) e P3 (dentro da Reserva Legal). Os resultados mostraram que as equações selecionadas para esse estudo produziram estimativas de biomassa e carbono semelhantes aos encontrados em outros estudos prévios realizados em áreas de Cerradão.

Palavras-chave: Biomassa, Estoque de Carbono, Cerrado, Equações Alométricas, Ecossistema.

ABSTRACT

The Cerrado is considered one of the hotspots for the conservation of the world's biodiversity. However, the rates of deforestation in the biome have been higher than in the Amazonian forest. The environmental changes in the Cerrado are caused by several anthropic activities, such as the agricultural activity. Increasing disturbances in the ecosystem landscape imply alterations in the regional carbon stock since deforestation and pasture establishment are a major cause of greenhouse gas emissions. Given this context and the scarcity of studies on wood productivity in Cerrado areas in terms of volume and biomass, the main objective of this study was to estimate, through the indirect method, the amount of biomass and carbon stock in an area of Cerradão in the Center-West of Minas Gerais. The study area is located at Fazenda Capão Amarelo in the municipality of Santo Antônio do Monte. Six allometric equations developed by different authors were selected, all of them already applied in Cerradão areas. The data used in this study were collected by measuring 48 trees present in four plots belonging to the study area. With the exception of the P4 plot that have the dimension 20 m x 10 m, a fixed dimension equal to 20 m x 20 m were adopted. The variables collected in the field were diameter at breast height, total height and base diameter. The average biomass production estimated for each plot was 70.25 Mg.ha⁻¹, 157.98 Mg.ha⁻¹, 359.70 Mg.ha⁻¹ and 13.06 Mg.ha⁻¹. Based on the biomass carbon conversion value equal 0,47, average carbon stock values of 33.02 Mg-C.ha⁻¹, 74.25 Mg-C.ha⁻¹, 169, 06 Mg-C.ha⁻¹ and 6.14 Mg-C.ha⁻¹. The biggest estimated biomass and, consequently, the biggest carbon stocks were found in P2 (antropized area) and P3 (inside the Legal Reserve). The results showed that the selected equations for this study produced estimated biomass and carbon similar to other previous studies carried out in Cerradão areas.

Keywords: Biomass, Carbon stock, Cerrado, Allometric Equations, Ecosystems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Mapa domínio bioma Cerrado.....	5
Figura 2-Representação Fitofisionomias do bioma Cerrado.....	8
Figura 3-Representação dos principais reservatórios de carbono	18
Figura 4-Ferramenta de medição de diâmetro Suta.....	21
Figura 5-Esquema das escalas para obtenção de circunferências e diâmetros com uma fita diamétrica	21
Figura 6-Tipos de altura.	22
Figura 7-Estrutura da prancheta dendrométrica	24
Figura 8-Representação do efeito estufa natural e antrópico	26
Figura 9-Localização da área de estudo	28
Figura 10- Classes de cobertura e uso do solo para o município de Santo Antônio do Monte – MG no ano de 2017, de acordo com os dados do projeto MapBiomias..	29
Figura 11-Vegetação de Cerradão nas parcelas (a) P1, (b) P2, (c) P3 e (d) P4.....	30
Figura 12-Characterização dos fragmentos amostrados na Fazenda do Capão Amarelo	31
Figura 13-Processo de obtenção de dados da variável CAP.	32
Figura 14-Medição do DAP e diâmetro de base em situações distintas do padrão de fuste reto	32
Figura 15- Funcionamento da prancheta dendométrica quando utilizada uma visada do topo da árvore.....	33
Figura 16-Representação gráfica dos valores de biomassa aérea (em Mg. ha ⁻¹) encontrados para cada umas das parcelas estudadas e suas respectivas fórmulas	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Características dos principais gases do Efeito Estufa.	27
Tabela 2-Identificação das árvores encontradas na Fazenda do Capão Amarelo-MG.	37
Tabela 3-Equações matemáticas utilizadas para a quantificação de biomassa na área de estudo	39
Tabela 4-Teste de variância ANOVA.	39
Tabela 5-Teste de variância ANOVA: fonte de variação	39
Tabela 6-Valores de estoque de carbono em $Mg.ha^{-1}$ encontrados para cada uma das parcelas através dos modelos estatísticos selecionados.....	41
Tabela 7-Valores de biomassa em $Mg.ha^{-1}$ encontrados para cada uma das parcelas através dos modelos estatísticos selecionados.....	41
Tabela 8-Valores médios de altura, diâmetro a altura do peito, diâmetro á 30 cm do solo e biomassa para cada parcela.	41
Tabela 9-Valores de estoque de carbono em áreas de Cerradão encontrados na literatura	43
Tabela 10-Quantidade de CO_2 retida na biomassa aérea de cada uma das parcelas estudadas..	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Caracterização do bioma Cerrado	5
3.2 Fitofisionomias do Cerrado	6
3.2.1 Mata Ciliar	8
3.2.2 Mata de Galeria	9
3.2.3 Mata Seca.....	10
3.2.4 Cerradão.....	11
3.2.5 Cerrado sentido restrito.....	11
3.2.6 Parque de Cerrado	12
3.2.7 Palmeiral	13
3.2.8 Vereda.....	13
3.2.9 Campo Sujo.....	13
3.2.10 Campo Rupestre	14
3.2.11 Campo Limpo.....	14
3.3 Ecótonos do Cerrado	15
3.4 Uso e ocupação do Cerrado e suas consequências.....	16
3.5 Estimativas de Biomassa e Estoque de Carbono	17
3.5.1 Métodos de amostragem	19
3.5.1.1 Método direto	19
3.5.1.2 Método indireto	20
3.6 Variáveis independentes	20

3.6.1 Diâmetro à altura do peito.....	20
3.5.2 Altura	22
3.5.2.1 Hipsômetros	23
3.6 Modelos alométricos utilizados em estimativas de biomassa florestal	24
3.7 A intensificação do efeito estufa	25
4. METODOLOGIA	28
4.1 Caracterização da área de estudo	28
4.2 Amostragem.....	29
4.3 Quantificação de biomassa e estoque de carbono	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6. CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui seis biomas com características distintas: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. A localização geográfica desses biomas é condicionada predominantemente pelos fatores climáticos e, em menor escala, pelo tipo de substrato (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Dentre os biomas brasileiros, o Cerrado é o segundo maior em extensão, sendo precedido apenas pela Amazônia. O domínio do Cerrado ocorre no Brasil Central, abrangendo totalmente os estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal. Além disso, abrange parte dos estados da Bahia, Ceará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Maranhão, Piauí, Rondônia e São Paulo. Existem, também, encraves nos estados do Amapá, Roraima e Amazonas. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o Cerrado ocupa quase 25% do território nacional, o que corresponde a uma área de aproximadamente 203 Mha. Esse bioma é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos e pode estar presente em altitudes que variam de 300 a 1600 m (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Lima (2011) aponta que o Cerrado é conhecido como a “caixa d’água” do Brasil uma vez que oito das mais importantes bacias hidrográficas do país tem nascentes nesse bioma, entre elas a bacia Araguaia/Tocantins, a bacia São Francisco e a bacia da Prata. Assim, a importância do Cerrado excede as dimensões do próprio bioma, já que nele se encontram muitas cabeceiras de rios que afluem para os demais biomas brasileiros. Dessa forma, fatores como abastecimento populacional, indústria, irrigação, navegação, recreação e turismo estão inteiramente ligados ao Cerrado e são de extrema relevância para o desenvolvimento do Brasil.

Mesmo diante de toda a sua importância, o Cerrado é considerado um dos *hotspots* mundiais para conservação da biodiversidade já que sofre uma excepcional perda de habitat e abriga uma abundância de espécies endêmicas, tanto de fauna quanto de flora (MYERS *et al.*, 2000; KLINK; MACHADO, 2005). De acordo com o Código Florestal, apenas 20% das áreas privadas inseridas no bioma devem ser obrigatoriamente preservadas, o que corresponde a 25% da área total que deve ser obrigatoriamente preservada numa propriedade na Amazônia. Outro dado alarmante é que menos de 3% da área do Cerrado se encontra legalmente protegida (MACHADO *et al.*, 2016).

Dados divulgados pelo Ministério do Meio Ambiente revelam que entre os anos de 2016 e 2017 houve um aumento de 9% na taxa de desmatamento do Cerrado (MMA, 2018).

O desmatamento acumulado do bioma, no século atual, foi três vezes maior do que o da Amazônia, representando as maiores taxas de desmatamento do Brasil. Hoje, mais da metade da área original de Cerrado já foi dizimada, sendo essas áreas substituídas por pastagens plantadas e culturas anuais (WWF, 2018).

Durante muitas décadas, o estabelecimento de área de pastagem para criação de gado no Cerrado representou uma das principais mudanças de uso do solo, tendo como consequência a alteração de sua cobertura. No cenário atual, a agricultura representa a principal ameaça desse bioma. As condições do clima e solo, aliados a significativos avanços tecnológicos no desenvolvimento da agricultura, fizeram do Cerrado a região mais importante de produção agropecuária do Brasil e, também, a região com maior potencial de expansão (RUDORFF *et al.*, 2015). Dentre as atividades agrícolas, o cultivo da soja foi identificado como um dos principais propulsores do aumento das áreas de cultivo na América Latina (GIBBS *et al.*, 2010). Dos 33,98 Mha de área plantada de soja no território nacional (IBGE, 2018), aproximadamente 12,4 Mha estão no Cerrado (DIAS *et al.*, 2016).

A mudança de uso e cobertura do solo do Cerrado causa perturbação em diversos serviços ecossistêmicos, como a alteração nas características físicas dos solos. Bertol *et al.* (2001) explica que, com a atividade agrícola, o solo cultivado tem sua estrutura original modificada afetando diretamente na densidade e na diminuição da taxa de infiltração de água. Essa modificação interfere nos processos de trocas gasosas e de desenvolvimento do sistema radicular, provocando intensificação de processos erosivos (BICKI; SIEMENS, 1991; RICHART *et al.*, 2005). Outro serviço ecossistêmico afetado é a manutenção da biodiversidade que sofre com os impactos da conversão de áreas naturais em “agroecossistemas” (WWF, 2000). Há também alteração nos balanços de energia e água provocada pelas modificações na cobertura vegetal das bacias hidrográficas que afetam o comportamento hidrológico destas (TUCCI *et al.*, 1997).

Essas perturbações nos serviços ecossistêmicos trazem problemas para a própria agricultura, uma vez que a perda de vegetação nativa compromete o fluxo de água entre a atmosfera e a biosfera e a regulação do clima regional, a infiltração das águas no solo e, conseqüentemente, a recarga de aquíferos e o escoamento dos rios que irão abastecer as atividades agrícolas (TUCCI *et al.*, 1997), além da perda de polinizadores (SILINGARDI, 2007). Além disso, assim como o agronegócio, várias populações dependem dos recursos naturais do Cerrado, tais como etnias indígenas, comunidades quilombolas e ribeirinhos que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro (MMA, 2018).

A emissão de gases de efeito estufa (GEE) também configura uma das consequências da rápida transformação antrópica que o Cerrado está sofrendo (TEODORO, 2014). Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) representam alguns dos principais GEE's relacionados à atividade agrícola e às mudanças de uso do solo e que são responsáveis pelo redirecionamento da radiação infravermelha em excesso na superfície terrestre (BESEN *et al.*, 2018). De acordo com o Segundo Relatório de Atualização Bienal, no Brasil mais de 80% das emissões de N₂O e 74% das emissões de CH₄ advêm da atividade agropecuária, enquanto 40% da emissão de CO₂ são ocasionadas pelas mudanças do uso da terra (MCTIC, 2017).

O Cerrado encontra-se em uma situação crítica em relação ao desmatamento e existe uma carência no desenvolvimento de medidas capazes de mitigar e controlar os impactos negativos acarretados pela remoção da cobertura vegetal. As formações vegetais do bioma apresentam papel relevante no ciclo global de carbono em consequência da capacidade das florestas de atuarem como um reservatório de carbono, armazenando-o em sua biomassa.

Nesse sentido, faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas científicas capazes de subsidiar ações e políticas que colaborem com a manutenção e restauração de áreas nativas desse bioma de grande importância biológica, ecossistêmica e social. Conhecer a capacidade de captação e fixação de carbono atmosférico auxilia no processo de reconhecimento do serviço ecossistêmico do Cerrado e do seu papel relevante na ciclagem de carbono (ADUAN *et al.*, 2003). Uma vez que pouco se sabe sobre a produtividade lenhosa do Cerrado em termos de volume e biomassa (REZENDE *et al.*, 2006), o presente estudo tem como objetivo estimar a quantidade de biomassa aérea e o estoque de carbono de uma área de Cerradão no Centro-Oeste de Minas Gerais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo estimar a produção de biomassa e estocagem de carbono em uma região de Cerrado através da aplicação de equações alométricas.

2.2 Objetivos específicos

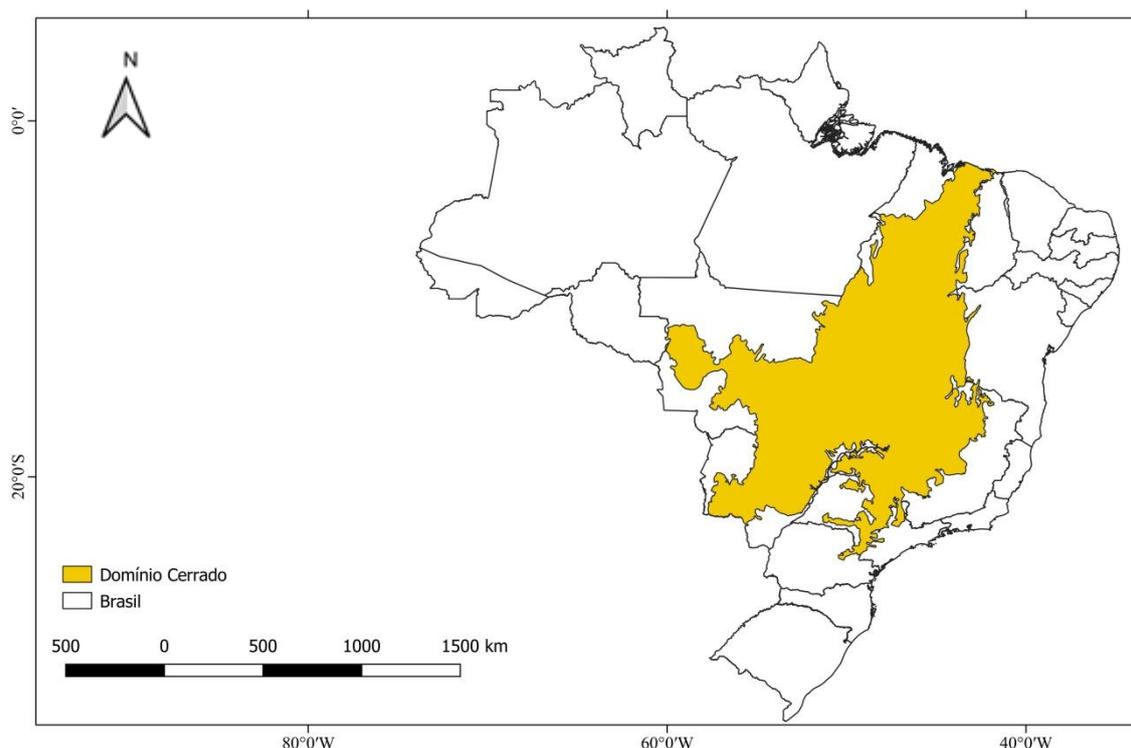
- Calcular a produção de biomassa e estoque carbono na fitofisionomia Cerradão através das equações alométricas de Brown *et al.* (1989), Miguel (2014), Morais *et al.* (2014), Schumacher e Hall (1933) e Scolforo *et al.* (2008).
- Comparar as estimativas feitas pelas diferentes equações alométricas;
- Comparar os valores de biomassa das quatro parcelas localizadas em duas áreas amostradas: uma área com influência antrópica e uma dentro de Reserva Legal;
- Comparar os valores obtidos com valores da literatura.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Caracterização do bioma Cerrado

O Cerrado é caracterizado pela presença de invernos secos e verões chuvosos, um clima classificado como Aw de Köppen (tropical chuvoso). Apresenta média anual de precipitação da ordem de 1500 mm, variando de 750 a 2000 mm (ADÁMOLI *et al.*, 1987 *in* RIBEIRO; WALTER, 1998). O domínio Cerrado está concentrado basicamente na parte central do Brasil e representa o segundo maior bioma nacional (Figura 1). Trata-se de um complexo vegetacional que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América tropical e de continentes como África e Austrália (BEARD, 1953; COLE 1958; EITEN 1972, 1994; ALIEM; VALIS, 1987 *in* RIBEIRO; WALTER, 1998).

Figura 1- Mapa domínio bioma Cerrado. Fonte: O autor, 2018.



O bioma estende-se de forma contínua pelos estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal e abarca parte dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo. Existem, ainda, as áreas encravadas em outros domínios vizinhos e nas faixas de transição como as do Amapá, Roraima e Amazonas (MMA, 2018). Vale ressaltar que a utilização do termo domínio se refere às áreas onde há predomínio desse bioma e não necessariamente à ocorrência exclusiva.

O relevo do domínio Cerrado mostra-se, na maioria das vezes, plano ou suavemente ondulado e estende-se por imensos planaltos ou chapadões. Grande parte da área de domínio está presente em altitudes que variam de 300 a 600 m acima do nível do mar, sendo que somente 5,5% encontram-se acima de 900 m. As maiores altitudes são representadas pelo Pico do Itacolomi (1.797 m), na Serra do Espinhaço, o Pico do Sol (2.070 m), na Serra do Caraça, e a Chapada dos Veadeiros que chega a atingir 1.676 m (KLEIN, 2002).

De acordo com Klein (2002), acima de 1.100 m de altitude, sobretudo em terrenos quartzíticos, estão presentes os campos rupestres. O mesmo autor menciona que os solos do bioma Cerrado são profundos, porosos, permeáveis, bem drenados e, conseqüentemente, profundamente lixiviados. São solos com baixo potencial de retenção de água, apesar da grande porcentagem de argila nos solos, devido à alta concentração de alumínio e formação de agregados. São solos bastante ácidos com faixa de pH variando entre 4 e 5, com alta concentração de Al^{3+} , além de Fe e Mn.

A vegetação do Cerrado é bem diversificada, podendo ser identificada tanto em formações campestres bem abertas, quanto em formações densas. Klein (2002) ressalta que existe uma gama de diferentes fisionomias no bioma e que é possível observar a formação de uma espécie de mosaico. Essa formação ocorre devido à considerável variedade de solos que também formam um mosaico de manchas e, além disso, apresentam diferentes características físicas e químicas que podem estar sob diferentes regimes de queimada. O autor menciona ainda que, apesar de distribuir-se em áreas de clima tropical sazonal, na maioria das vezes, os fatores que limitam a vegetação são fertilidade do solo e o fogo.

Em relação à fauna, o bioma se apresenta bem diversificado com registro de 159 espécies de mamíferos, 837 de aves, 180 de répteis, 150 de anfíbios, 1.200 de peixes e 67 mil invertebrados. É importante frisar que, dentre essas espécies, grande parte é endêmica e está ameaçada de extinção (AQUINO *et al.*, 2006).

3.2 Fitofisionomias do Cerrado

Antes de descrever as fitofisionomias do Cerrado, é importante enfatizar que existe uma riqueza nomenclatural sobre esse bioma. Walter (2006) faz uma análise da contribuição de todos os autores de publicações destinadas a definir as características estruturais e de vegetação do Cerrado. O autor menciona que somente a nomenclatura a respeito da vegetação do bioma já foi designada por mais de 774 termos e expressões ou, em contagens mais conservadoras, 480 ou 438 nomes. Esse “mar de palavras”, como o próprio autor descreve,

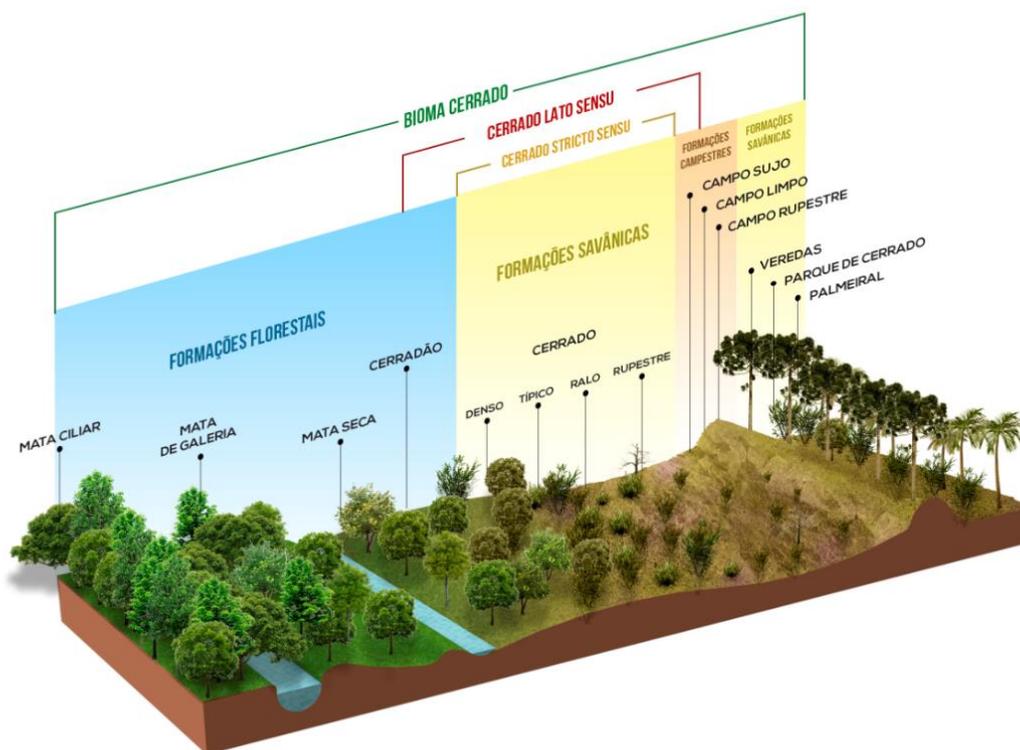
pode dificultar uma análise representativa das características relevantes do bioma em questão. Sendo assim, a fim de desenvolver uma análise consolidada e evitar redundância nomenclaturais, será adotada durante o desenvolvimento desse trabalho a nomenclatura proposta por Ribeiro e Walter (1998).

Ribeiro e Walter (1998) classificam dentro do Cerrado três grupos de formações: florestais (com formação de dossel e predomínio de espécies arbóreas), savânicas (áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo) e campestres (com espécies herbáceas e arbustivas, sem presença de árvores). As formações campestres são mais comuns em áreas de planaltos elevados enquanto nas áreas mais baixas há predomínio da formação savânica e ocorrem, também, formações florestais (KLINK; MACHADO, 2005).

As formações florestais são subdivididas em Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão, enquanto as savânicas englobam as fitofisionomias Parque de Cerrado, Cerrado sentido restrito, Vereda e Palmeiral (Figura 2). Em relação às formações campestres, são descritas pelas fitofisionomias Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo. Alguns critérios foram levados em consideração para que essa subdivisão fosse realizada como mencionado por Ribeiro *et al.* (1998):

Os critérios aqui adotados para diferenciar os tipos fitofisionômicos são baseados primeiramente na fisionomia (forma), definida pela estrutura, pelas formas de crescimento dominantes e por possíveis mudanças estacionais. Posteriormente consideram-se aspectos do ambiente (fatores edáficos) e da composição florística. No caso de tipos fitofisionômicos em que há subtipos, o ambiente e a composição florística, nesta ordem, são os critérios de separação. (RIBEIRO; WALTER, 1998, p.103).

Figura 2– Representação Fitofisionomias do bioma Cerrado. Fonte: Pimenta, 2018.



3.2.1 Mata Ciliar

Entende-se por Mata Ciliar a vegetação que acompanha rios de médio e grande porte. Ocorre em terrenos acidentados e, normalmente, não ultrapassa 100 m de largura em cada uma das margens. Diferencia-se da Mata de Galeria, principalmente, pela composição florística e pela deciduidade. A vegetação classificada como Mata Ciliar, nos meses mais frios e secos, perde parte das folhas para que seja feita a reposição de nutrientes no solo e ocorra adaptação da vegetação às épocas de seca, de forma a evitar perda significativa de umidade por evapotranspiração. Quando comparada à Mata Seca, possui composição florística similar e deve ser diferenciada levando em consideração a associação com o curso d'água e pela estrutura mais densa. Ocorre frequentemente em solos rasos como Cambissolos, Plintossolos ou Litólicos, profundos como os Latossolos e Podzólicos, ou até mesmo em solos Aluviais. É, também, caracterizada pela vegetação associada a afloramentos rochosos (RIBEIRO; WALTER, 1998).

As Matas Ciliares representam um papel importante na proteção de mananciais, controlando a chegada de nutrientes, sedimentos e a erosão das ribanceiras; atuam na interceptação e absorção da radiação solar, contribuindo para a estabilidade térmica da água,

determinando assim, as características físicas, químicas e biológicas dos cursos d'água (DELLITI, 1989).

A vegetação desse tipo fitofisionômico é descrita da seguinte maneira:

As árvores, predominantemente eretas, variam em altura de 20 a 25 m, com alguns poucos indivíduos emergentes alcançando 30 m ou mais. As espécies típicas são predominantemente caducifólias, com algumas sempre-verdes, conferindo à Mata Ciliar um aspecto semidecíduo. Ao longo do ano as árvores fornecem uma cobertura arbórea variável de 50 a 90%. Na estação chuvosa a cobertura chega a 90%, dificilmente ultrapassando este valor, ao passo que na estação seca pode até mesmo ser inferior a 50% em alguns trechos. (RIBEIRO; WALTER, 1998, p.105).

3.2.2 Mata de Galeria

Denomina-se Mata de Galeria a fitosionomia que apresenta formação vegetacional densa com árvores que podem atingir até 30 m de altura. Consiste numa vegetação típica e que acompanha linhas de drenagem, mas que pode ser facilmente confundida com as formações vegetacionais da Mata Ciliar e do Cerradão nas faixas de transição. Não apresenta caducifólia, ou seja, não há perda significativa de folhas durante a estação fria e seca. Normalmente, é encontrada no fundo de vales e às margens de rios de pequeno porte. Além disso, caracteriza-se pela formação de corredores fechados (galerias), com cobertura arbórea entre 70 e 95% (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Em um boletim de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), é mencionado que as Matas de Galeria estão presentes em determinados tipos de solos, geralmente solos do tipo Cambissolos, Concrecionários ou Hidromórficos, Ribeiro *et al.* (1998) acrescenta, ainda, a ocorrência em Plintossolos, Podzólicos ou até mesmo em Latossolos dependendo da posição topográfica (Latossolos admitem característica fértil devido ao carreamento de material das áreas adjacentes e ao acúmulo de matéria orgânica).

A Mata de Galeria é subdividida em dois tipos, Mata de Galeria-inundável e Mata de Galeria-não-Inundável. Essas subdivisões podem ser descritas da seguinte maneira:

Por Mata de Galeria não-Inundável entende-se a vegetação florestal que acompanha um curso de água, onde o lençol freático não está próximo ou sobre a superfície do terreno na maior parte dos trechos o ano todo, mesmo na estação chuvosa. Apresenta trechos longos com topografia acidentada, sendo poucos os locais planos. Possui solos bem drenados e uma linha de drenagem (leito do córrego) definida. Mata de Galeria Inundável entende-se a vegetação florestal que acompanha um curso de água, onde o lençol freático está próximo ou sobre a superfície do terreno na maior parte dos trechos durante o ano todo, mesmo na estação seca. Apresenta trechos longos com topografia bastante plana, sendo poucos os locais acidentados. Possui drenagem deficiente e linha de drenagem (leito do córrego) muitas vezes pouco definida e sujeita a modificações. (RIBEIRO; WALTER, 1998, p.108).

As matas de galeria destacam-se pela sua riqueza de espécies e por representarem um importante papel se tratando de proteção de recursos hídricos (LIMA; ZAKIA, 2001).

3.2.3 Mata Seca

As Matas Secas apresentam, durante as estações secas, características de caducifólia de níveis distintos e que variam de acordo com as condições edáficas. Essa fisionomia ocorre nos interflúvios, níveis de relevo que separam fundos de vales, com presença de solos mais ricos em nutrientes. Vale salientar que esse tipo de formação florestal não possui associação com cursos d'água e subdivide-se em três classificações, são elas: Mata Seca Perene, Mata Seca Semidecídua e Mata Seca Decídua. A altura do estrato arbóreo varia de 15 a 25 m apresentando cobertura entre 70 e 95% nas épocas com maior índice de pluviosidade, já nas épocas mais secas a porcentagem chega a atingir menos de 50% de cobertura. A dinâmica das Matas Secas está diretamente ligada à sazonalidade climática, o dossel fechado nas épocas chuvosas leva a um desenvolvimento deficiente de espécies arbustivas, uma vez que a alta cobertura arbórea dificulta a passagem de luz para as regiões próximas ao solo, enquanto no período seco desfavorece a presença de espécies epífitas (RIBEIRO; WALTER, 1998; FERREIRA, 2007; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2002 *in* PEREIRA *et al.*, 2011).

Em relação à ocorrência das três subdivisões citadas anteriormente, Ribeiro *et al.* ressalta que:

A Mata Seca pode ser encontrada em solos desenvolvidos em rochas básicas de alta fertilidade (Terra Roxa Estruturada, Brunizém ou Cambissolos), em Latossolos Roxo e Vermelho-Escuro, de média fertilidade, em que ocorrem principalmente as Matas Secas Sempre-Verde e Semidecídua. Sobre solos de origem calcária, às vezes com afloramentos rochosos típicos, geralmente ocorre a Mata Seca Decídua, que também pode ocorrer em solos de outras origens. (RIBEIRO; WALTER, 1998, p.112).

As Matas Secas, também denominadas como florestas estacionais brasileiras do Cerrado, diferenciam-se de acordo com a porcentagem de indivíduos arbóreos desfolhados durante a estação seca, sendo consideradas Mata Seca Perene as formações vegetacionais que apresentam menos de 20% de indivíduos desfolhados, Mata Seca Semidecídua formações que apresentam perda entre 20 e 50% e Mata Seca decídua aquelas com perda acima de 50% (PEREIRA *et al.*, 2011). De acordo com Felfili (2003), cerca de 15% da extensão do Cerrado abriga florestas estacionais, representando 35% do total de florestas estacionais existentes no Brasil.

3.2.4 Cerradão

Essa formação florestal possui estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo. O estrato arbóreo é caracterizado pelo dossel contínuo com cobertura entre 50% e 90% e altura que varia de 8 a 15 m. A maioria das espécies é perenifólia, mas esse tipo de fisionomia também abriga espécies caducifólias que auxiliam no processo de enriquecimento do solo com matéria orgânica. Apresenta aspectos xeromórficos, ou seja, as espécies presentes possuem resistência à seca. Essa fisionomia representa 1% do território do bioma Cerrado e é caracterizada pela ocorrência de espécies advindas tanto do Cerrado sentido restrito quanto de formações florestais, sobretudo da Mata Seca Semidecídua e da Mata de Galeria não-inundável (ICMBIO, 2018). De acordo com a EMBRAPA, o Cerradão é descrito como floresta tratando-se de questões fisionômicas, mas, do ponto de vista florístico, se equipara ao Cerrado sentido restrito. Em relação ao tipo de solo característico dessa fisionomia tem-se que:

Em sua maioria, os solos de Cerradão são profundos, bem drenados, de média e baixa fertilidade, ligeiramente ácidos, pertencentes às classes Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo ou Latossolo Roxo. Também pode ocorrer em proporção menor Cambissolo distrófico. O teor de matéria orgânica nos horizontes superficiais é médio e recebe um incremento anual de resíduos orgânicos provenientes da deposição de folhas durante a estação seca. (RIBEIRO; WALTER, 1998, p.114).

Esse tipo fitofisionômico pode ser subdividido em dois grupos denominados Cerradão Distrófico e Cerradão Mesotrófico com espécies adaptadas para cada tipo de ambiente. Essa classificação é feita com base na qualidade dos solos, estudos evidenciaram que os Cerradões ocorrem tanto em áreas de alta fertilidade quanto em áreas de baixa fertilidade.

Os autores Costa e Araújo (2001) verificaram, através de uma comparação da vegetação arbórea de Cerradão e de Cerrado sentido restrito numa reserva na cidade mineira de Uberlândia, que a fisionomia Cerradão pode ocorrer em solos similares aos da fisionomia Cerrado sentido restrito (solos com baixa fertilidade), diferenciando-se pela umidade mais elevada dos Cerradões.

Existem outras suposições em relação às características responsáveis pela distinção dessas duas fisionomias, uma delas afirma que a quantidade de nutrientes necessária para a manutenção do Cerradão provém de tempos passados e são mantidos até os dias de hoje por meio da ciclagem de nutrientes (RODRIGUES *et al.*, 2013).

3.2.5 Cerrado sentido restrito

Consiste numa formação savânica caracterizada pela presença de árvores tortuosas, de baixo porte, inclinadas e, na maioria das vezes, com evidências de queimadas. Estão presentes

espécies adaptadas às condições de seca pelas quais a fitofisionomia é submetida, algumas delas apresenta xilopódios, uma estrutura subterrânea, hipertrofiada e espessada, que acumula água e permitem a rebrota após a queima ou corte (RIBEIRO; WALTER, 1998). Em relação às características do solo, tem-se que:

Grande parte dos solos da vegetação de Cerrado sentido restrito são das classes Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Roxo. Apesar das boas características físicas, são solos forte ou moderadamente ácidos (PH entre 4,5 e 5,5), com carência generalizada dos nutrientes essenciais, principalmente fósforo e nitrogênio. Com frequência apresentam altas taxas de alumínio. O teor de matéria orgânica varia de médio a baixo. A fitofisionomia pode também ocorrer em Cambissolos, Areias Quartzosas, Litossolos, Plintossolos Pétricos ou Solos Hidromórficos. Quando a vegetação nativa de Cerrado é retirada, a área fica susceptível a problemas de erosão, o que é mais grave sobre Areias Quartzosas. (RIBEIRO; WALTER, 1998, p.118).

Com base na descrição feita por Ribeiro *et al.* (1998), a formação em questão é subdividida em quatro grupos que são classificados de acordo com os fatores condicionantes que afetam diretamente na distribuição das espécies arbóreas, na estrutura e composição da vegetação. Dentro dessa subdivisão, encontram-se as principais classificações que são o Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre. Apesar de possuírem composição florística muito parecida, as diferenças estruturais são evidentes.

O Cerrado Denso é predominantemente arbóreo e com cobertura arbórea relativamente alta, enquanto o Cerrado Ralo apresenta estratos arbóreos e arbustivos com cobertura arbórea variando entre 5% e 20%. O Cerrado Típico representa uma classificação intermediária entre o Cerrado Denso e o Cerrado ralo, com cobertura arbóreo-arbustiva atingindo até 50%. Já o Cerrado Rupestre carrega características específicas, ocorre geralmente em áreas de altitude elevada e com presença de afloramentos rochosos, os indivíduos arbóreos nascem entre as fendas das rochas e a densidade é variável.

3.2.6 Parque de Cerrado

Nomeia-se Parque de Cerrado a formação savânica com ocorrência de pequenas elevações denominadas murundus ou monchões. Baptista *et al.* (2013) descreve murundus como microformas de relevo convexas, de formato semicircular, com dimensões que variam entre 0,1 m e 0,2 m de diâmetro e altura podendo alcançar até 3 m. Há formação vegetacional acima dessas pequenas elevações, o crescimento acontece de forma agrupada e a cobertura arbórea compreende o intervalo de 5% a 20%. Em relação à composição florística, se assemelha as características do Cerrado sentido restrito (RIBEIRO; WALTER, 1998). Na

região do Cerrado, esse tipo de fitofisionomia está presente nas planícies de inundação de alguns rios (OLIVEIRA-FILHO; FURLEY 1990; SCHNEIDER; SILVA 1991 *in* RESENDE *et al.*, 2004), sendo associada a condições de má drenagem (solos hidromórficos).

3.2.7 Palmeiral

Ribeiro *et al.* (1998) descreve Palmeiral como um tipo de formação savânica que é composta majoritariamente por uma única espécie de palmeira arbórea. No Cerrado são encontrados alguns subtipos de palmeiras que ocorrem tanto em áreas bem drenadas quanto em áreas mal drenadas. Os autores mencionam, ainda, que no caso de solos bem drenados os Palmeirais se desenvolvem nos interflúvios e há predomínio de palmeiras dos gêneros *Acrocomia*, *Attalea* e *Syagrus*. A classificação de diferentes grupos desse tipo fitofisionômico é feita com base na espécie dominante. Sendo assim, nomeia-se determinado trecho de vegetação a partir do nome comum da espécie dominante. O predomínio da *Acrocomia aculeata*, comumente chamada de macaúba, caracteriza o Macaubal, por exemplo (BASTOS *et al.*, 2010).

3.2.8 Vereda

A Vereda consiste num tipo fitofisionômico com formações vegetais que acompanham áreas de nascentes ou bordas de Matas de Galeria. Podem se formar, também, em áreas que são circundadas por Campos Limpos. Esse tipo de ambiente é caracterizado principalmente pela presença da palmeira buriti, cientificamente denominada *Mauritia flexuosa* L.f. (RIBEIRO; WALTER, 1998). Representa um papel de extrema relevância tratando-se de manutenção da fauna. Na visão de Carvalho (1991):

As veredas são subsistemas úmidos que participam do controle do fluxo do lençol freático, desempenhando um papel fundamental no equilíbrio hidrológico dos cursos d'água no ambiente do Cerrado. Constitui-se num sistema represador da água armazenada na chapada, sendo importante para a perenização dos córregos, ribeirões e até mesmo dos rios, a jusante destes sistemas. Representam também um ambiente de grande relevância dentro do Cerrado, por serem responsáveis pela manutenção e multiplicação da fauna terrestre e aquática. Esses ambientes, entretanto, são sensíveis à alteração e de pouca capacidade regenerativa, quando perturbados. (CARVALHO, 1991 *in* RIBEIRO; WALTER, 1998, p.129).

3.2.9 Campo Sujo

Esse tipo de formação campestre é caracterizado pela presença de árvores e arbustos isolados ao longo da paisagem. Ribeiro *et al.* (1998), aponta que as plantas que se

desenvolvem nesse ambiente representam indivíduos menos desenvolvidos das espécies arbóreas do Cerrado sentido restrito. Em relação às particularidades do solo, os autores abordam da seguinte maneira:

A fisionomia é encontrada em solos rasos como os Litólicos, Cambissolos ou Plintossolos Pétricos, eventualmente com pequenos afloramentos rochosos de pouca extensão (sem caracterizar um "Campo Rupestre"), ou ainda em solos profundos e de baixa fertilidade (állico ou distrófico) como os Latossolos de textura média, e as Areias Quartzosas. (RIBEIRO; WALTER, 1998, p.131).

O Campo Sujo pode ser subdividido em três subtipos: Campo Sujo Seco, Campo Sujo Úmido e Campo Sujo com murundus. As duas primeiras terminologias são aplicadas em situações distintas e que dependem do posicionamento do lençol freático na área em questão. Sendo assim, denomina-se Campo Sujo seco áreas com lençol freático profundo e Campo Sujo úmido áreas que possuem lençol freático alto. Existem também os Campos Sujos com Murundus, que como o próprio nome diz, são regiões com presença microrelevos (RIBEIRO; WALTER, 1998).

3.2.10 Campo Rupestre

Nos Campos Rupestres há predomínio de estratos herbáceo-arbustivos, podendo ocorrer desenvolvimento de árvores de pequeno porte e que podem atingir até 2 m de altura. Desenvolvem-se em áreas de elevada altitude (superiores a 900 m) com presença de ventos constantes, dias quentes e noites frias. A sua formação vegetacional está associada principalmente a afloramentos de quartzitos, associando-se, também, a afloramentos de arenitos ou itacolomitos. Algumas espécies, como as Aráceas e Orquidáceas, presentes nessa formação crescem diretamente sob as rochas, sem presença de solo. As espécies que se desenvolvem no solo crescem sob condições de acidez e deficiência de nutrientes, são solos bem drenados e de característica arenosa (ALVES *et al.*, 2010; RIBEIRO; WALTER, 1998).

3.2.11 Campo Limpo

São facilmente identificáveis pela completa ausência de árvores e predomínio de estratos herbáceos, principalmente gramíneos. Pode se desenvolver em ambientes de condições edáficas distintas e, assim como os campos secos, pode ser dividido em três subtipos. São eles: Campo Limpo Úmido, Campo Limpo Seco e Campo Limpo com murundus. Essa subdivisão é feita sob os mesmos critérios citados anteriormente para

fitofisionomia Campo Sujo, sendo a classificação Campo Limpo com murundus de ocorrência mais rara. Apesar de ocorrerem sob condições diversas, são comumente encontrados em:

[...] é encontrado com mais frequência nas encostas, nas chapadas, nos olhos d'água, circundando as Veredas e na borda das Matas de Galeria, geralmente em solos Litólicos, Litossolos, Cambissolos ou Plintos solos Pétricos. Quando ocorre em áreas planas, relativamente extensas, contíguas aos rios e inundadas periodicamente, também é chamado de "Campo de Várzea", "Várzea" ou "Brejo", sendo os solos do tipo Hidromófico, Aluvial, Plintos solos ou Solos Orgânicos. (RIBEIRO;WALTER, 1998, p.135).

3.3 Ecótonos do Cerrado

Ecótono é uma palavra de origem grega onde *tono* significa tensão e, acompanhada do prefixo *eco* caracteriza uma zona de tensão. São denominadas ecótonos áreas onde ocorre transição entre dois biomas distintos e há uma condição de tensão entre ambos. Esse tipo de formação ocorre como consequência das alterações temporais e espaciais do local, além da ação de agentes dispersores como a água e o vento (ZAVALA *et al.*, 2017). São caracterizados por possuir grande diversidade biológica permitindo a existência e coexistência de comunidades bióticas complexas.

Miranda (1995) afirma que, por se tratar de uma área de heterogeneidade significativa, os ecótonos naturais representam um forte indicador de biodiversidade e de resposta às mudanças climáticas. Atuam como reguladores de fluxo de energia e ciclo de materiais entre ecossistemas e podem abrigar um grande número de espécies endêmicas características do próprio ecótono. São áreas sensíveis, uma vez que são submetidas às tensões impostas aos dois ecossistemas adjacentes e aos demais que o cercam (ZAVALA *et al.*, 2017).

Algumas formações do Cerrado estão inseridas em três áreas de transição, são elas os ecótonos: Cerrado-Mata Atlântica, Cerrado-Caatinga e Cerrado-Amazônia, sendo que os ecótonos Cerrado-Caatinga e Cerrado-Amazônia estão inseridos entre os principais ecótonos do Brasil. De acordo com o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) os ecótonos Cerrado-Caatinga e Cerrado-Amazônia ocupam mais de 6% do território nacional, além disso, o ecótono Cerrado-Amazônia é a maior zona de transição com 414 Mha e abriga a maior concentração de Matas Secas brasileiras.

Apesar de toda sua relevância, os estudos envolvendo as zonas de transição florística do bioma são escassos na literatura, porém o conhecimento acerca da diversidade biológica no Cerrado e nas suas zonas de transição florística é de extrema importância para o estabelecimento de conservação prioritária e da adoção de formas sustentáveis de manejo.

3.4 Uso e ocupação do Cerrado e suas consequências

Na década de 70, ocorreram expressivas mudanças nas características de uso e ocupação do Bioma Cerrado, em consequência do grande avanço tecnológico no setor agrícola, conhecido como modernização da agricultura. As terras que antes eram vistas como desfavoráveis para o cultivo e inviáveis para investimentos econômicos, passaram a ser foco de pesquisas voltadas para o estudo da possibilidade da larga produção agrícola no bioma. Apesar do solo no bioma possuir propriedades químicas impróprias para a plantação, o Cerrado carrega algumas características substanciais tais como topografia plana, grande regularidade climática e boas condições físicas do solo (solos profundos e bem drenados), fatores que favorecem a atividade agrícola. Essas condições fizeram com que o desenvolvimento de pesquisas voltadas para a “correção do solo” se tornassem atrativas (PIRES, 2000).

É importante mencionar que a ocupação do Cerrado se tornou mais intensa com a mineração de ouro no século XVIII, e com sua decadência o aumento da ocupação passa a ser resultado da atividade agropecuária em 1970 (SANTOS *et al.*, 2009). Dessa forma, as transformações de qualidade do solo para maior produção agrícola no Cerrado se intensificaram em 1970 como resultados de investimentos em instituições públicas de pesquisa e das condições do sistema de transporte da região Centro-Oeste, que eram oportunas às demandas do setor agrícola permitindo ganhos na produtividade (REZENDE *et al.*, 2003). Com isso, a acidez do solo passou a ser corrigida com a aplicação de calcário fazendo com que esse fator natural não representasse mais uma condição limitante para o cultivo nessas terras (SANTO, 2001).

Além do desenvolvimento de pesquisas, as políticas e programas governamentais influenciaram fortemente no processo de expansão da fronteira agrícola. A transformação do contexto produtivo mundial implicou na alteração da estrutura produtiva no Cerrado (SILVA, 2011). Marouelli (2003) menciona alguns programas de cunho federal atuaram de forma representativa no processo de expansão do agronegócio no Cerrado, dentre eles o Programa de Cooperação Nipo-brasileira para o desenvolvimento dos Cerrados (Prodecer).

O Prodecer é resultado das negociações entre os governos brasileiro e japonês, interessados na ampliação da oferta de produtos agrícolas brasileiros no mercado internacional, especialmente grãos, dos quais o Japão tinha uma necessidade maior (PIRES, 2000). A primeira fase do programa deu início na década de 80 em Minas Gerais e este teve duração de 25 anos implementando 21 projetos em 7 estados do Brasil: Minas Gerais, Goiás,

Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins e Maranhão (VAZ, 2018). As políticas públicas estão diretamente relacionadas com o aumento da produção agrícola na região do Cerrado, sendo a soja o cultivo de maior desenvolvimento. Entre os anos de 1985 e 1994 a produção de soja quase duplicou, passando de 4,5 milhões para 8,8 milhões de toneladas (ALHO; MARTINS, 1995 *in* PIRES, 2000).

A nova organização produtiva permitiu que a agricultura se tornasse um importante vetor de expansão da economia local e de desenvolvimento (TEIXEIRA, 2005; LIMA *et al.*, 2006; BUAINAIN *et al.*, 2014 *in* GARCIA, 2016). Todo esse processo de estimulação da ocupação agrícola no bioma traz consigo alterações não somente de natureza econômica, mas também de caráter social e ambiental. A modernização da agricultura no Cerrado teve como consequência impactos negativos tanto para a conservação do bioma quanto para a conservação de padrões culturais das comunidades rurais (DUARTE, 1995).

Hodiernamente o Cerrado representa uma das principais áreas produtivas sendo de grande importância para economia. Machado *et al.* (2010) relata que metade da soja e cerca 60% da carne bovina da produção brasileira são provenientes do Cerrado. O autor acrescenta que, apesar de ter impulsionado a produção e o crescimento econômico brasileiro, os incentivos governamentais mostraram-se carentes de salvaguardas ambientais que levassem em consideração a importância da conservação da biodiversidade na região. “Mesmo que a diversidade biológica do Cerrado não fosse conhecida à época do Prodecet, teria sido de bom alvitre a adoção do princípio da precaução, assegurando a proteção de algumas regiões para poder estudá-las ou explorá-las futuramente” (MACHADO *et al.*, 2010).

Em relação à alteração nos padrões culturais das comunidades rurais, a atual estrutura econômica do agronegócio no Cerrado intensifica os problemas relacionados à concentração de riquezas, uma vez que são desenvolvidas produções em larga escala e altamente mecanizadas, o que inviabiliza o crescimento da agricultura familiar excluindo os pequenos produtores (REZENDE, 2003; GARCIA, 2016).

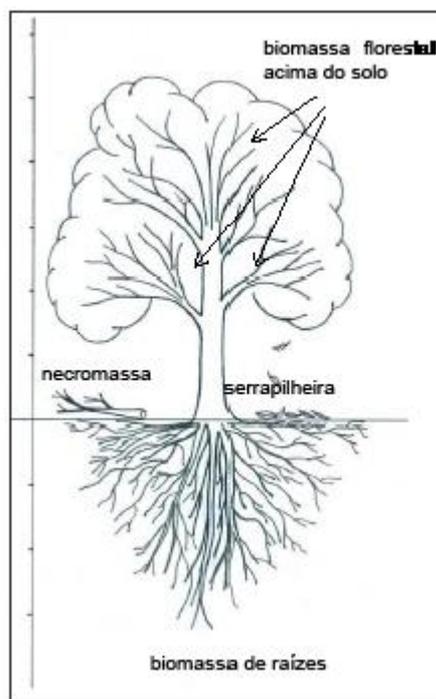
3.5 Estimativas de Biomassa e Estoque de Carbono

Com a crescente busca por alternativas capazes de reduzir as emissões de CO₂ na atmosfera e suas consequentes alterações no meio, houve uma intensificação na busca por informações sobre biomassa e conteúdo de carbono em florestas, uma vez que as florestas atuam como sumidouros, absorvendo CO₂ da atmosfera e armazenando-o em sua biomassa. (PACHECO *et al.*, 1990, DE MELO, 2014)

Entende-se por biomassa a quantidade total de matéria orgânica (morta ou viva) de origem biológica presente em um determinado ambiente e que pode ser encontrada tanto acima quanto abaixo solo (Figura 3). A biomassa florestal é representada pelo componente arbóreo e fitomassa de todos os componentes vegetais da comunidade, expressa em massa de matéria seca por unidade de área (HIGA *et al.*, 2014).

De acordo com o protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal da EMBRAPA, o valor da biomassa total de formações florestais está inteiramente ligado a fatores como idade, histórico de uso e ocupação, além de características climáticas, topográficas e litológicas. Tratando-se da biota terrestre, o carbono é estocado em diferentes matrizes: a biomassa acima do solo, abaixo do solo, serapilheira e necromassa.

Figura 3– Representação dos principais reservatórios de carbono. Fonte: EMBRAPA, 2014.



O protocolo explica que o conceito de biomassa acima do solo engloba troncos, tocos, galhos, copa, semente e folhas, enquanto a biomassa abaixo do solo é representada por raízes vivas, com exceção das raízes com diâmetro menor do que 2 mm. Já a necromassa é definida como toda a matéria orgânica morta, sendo expressa pelo valor do peso seco por unidade de área, incluindo somente o material lenhoso com diâmetro acima de 2 cm. O material morto encontrado em vários estágios de decomposição e com diâmetro inferior a 2 cm é denominado serapilheira. Tanto a serapilheira quanto a necromassa representam fontes de carbono para o

solo e estão associadas a condições fundamentais de manutenção dos teores de matéria orgânica e nutrientes no solo (BROWN, 1997 *in* HIGA *et al.*, 2014, FERREIRA *et al.*, 2006).

Uma função comum a todos os ecossistemas terrestres é a capacidade deles sequestrarem carbono atmosférico (ADUAN *et al.*, 2003). Nesse sentido, além de representar um dos biomas mais biodiversos, o Cerrado possui papel representativo no sequestro de carbono (RENNER, 2004).

3.5.1 Métodos de amostragem

A estimativa de biomassa é imprescindível para o desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas para a quantificação de estoque de carbono em florestas. Essa estimativa pode ser efetuada de duas maneiras, pelo método direto ou pelo método indireto. Esses estudos de mensuração do estoque de carbono devem ser realizados de maneira fiel de forma a manter os valores obtidos o mais próximo possível dos valores reais (BROWN, 1997; SANQUETA *et al.*, 2002 *in* HIGA, 2014).

3.5.1.1 Método direto

O método direto de amostragem consiste na seleção, derrubada de árvores-amostra e posterior análise gravimétrica para obtenção de dados. Pode ser feito de duas maneiras: através do método da árvore individual ou através do método da parcela. Para que seja feito a aplicação do método da árvore individual, primeiramente, faz-se necessário o desenvolvimento de um inventário florestal piloto contendo informações sobre a distribuição diamétrica da floresta. Assim, será possível fazer a derrubada de certo número de árvores de maneira a representar todas as classes de diâmetro ali presentes (SILVEIRA *et al.*, 2008 *in* TRAUTENMULLER *et al.*, 2015)

O método da parcela consiste no corte e posterior pesagem de todos os indivíduos que se encontram dentro de determinada unidade amostral. Inicialmente, é feita a pesagem em campo a fim de se obter os pesos verdes (frescos) de cada fragmento arbóreo. Em seguida, os fustes e galhos das árvores são cortados em discos de 4 cm de espessura e submetidos, juntamente às folhas e serapilheira, a um calor de 75° C até que seja atingido o peso constante para determinação do peso seco total (SANQUETA *et al.*, 2004 *in* TRAUTENMULLER *et al.*, 2015).

Autores como Brown e Gillespie (1998) afirmam que a aplicação do método direto, apesar de preciso, pode ser muitas vezes tendenciosa e superestimar dados, pois, normalmente, são escolhidas áreas homogêneas com indivíduos representativamente grandes (ARAÚJO *et al.*, 1996). Ademais, o método traz consigo algumas limitações: trata-se de um método destrutivo e dispendioso cuja aplicação se torna complicada em grandes áreas ou para a amostragem de muitas árvores (WALKER *et al.*, 2011).

3.5.1.2 Método indireto

Segundo Silveira *et al.* (2008), o método indireto consiste num método não destrutivo e que pode ser dividido em dois tipos. Um deles faz uso de dados de inventário florestal como o volume, por exemplo, que, quando multiplicado por fatores de expansão, converte estimativas de volume em estimativas de biomassa florestal através da equação:

$$B = P \cdot BF$$

Onde: B é a biomassa em quilogramas ou toneladas; P é a variável utilizada; BF é o fator de conversão ou expansão de biomassa.

O segundo tipo é baseado na aplicação de fórmulas denominadas equações alométricas. Essas equações relacionam biomassa com variáveis da árvore, tais como altura total da árvore e DAP. São aplicadas de acordo com o ambiente de estudo e alguns critérios estatísticos, como o coeficiente de determinação ajustado (R^2) e o erro padrão da estimativa, por exemplo, (TRAUTENMULLER *et al.*, 2015). Soares *et al.* (2011) define as equações alométricas como “modelos de regressão, lineares ou não lineares cujas variáveis independentes são as características diretamente mensuráveis das árvores-amostra e as variáveis dependentes, a biomassa [...] e a quantidade de carbono”.

3.6 Variáveis independentes

3.6.1 Diâmetro à altura do peito

O diâmetro à altura do peito (DAP) é uma medida de extrema importância na dendrometria e inventário florestal. Serve para diferenciar de forma empírica árvores finas e grossas permitindo a análise da distribuição diamétrica e da densidade da floresta em termos de área basal (CUNHA, 2004). Trata-se da medida de diâmetro realizada a 1,30 m da altura do solo e que pode ser feita com auxílio de fita métrica, fita diamétrica ou suta.

A suta nada mais é do que um instrumento de medição direta do diâmetro. Machado *et al.* (2009) explica que a suta é constituída por uma régua graduada e dois braços perpendiculares à régua (Figura 4). Um braço é fixo enquanto o outro é móvel podendo ser deslocado de um lado para o outro. A graduação da escala é de 1cm em 1cm, com subunidades em milímetros.

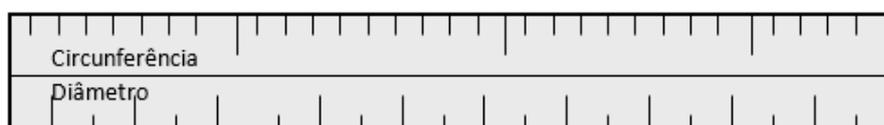
Figura 4- Ferramenta de medição de diâmetro Suta. Fonte: Valentin *et al.*, 2005.



A fita diamétrica possui duas escalas capazes de fornecer valores de diâmetro e circunferência do fuste e dos galhos (Figura 5). É graduada em intervalos de pi ($\pi = 3,1416$) de maneira a obter a medida direta do diâmetro. Constitui-se de um material resistente, normalmente aço ou lonas reforçadas, para que não ocorram variações no seu comprimento por motivos climáticos e desgaste devido ao uso (SOARES *et al.*, 2011). Já a fita métrica é um instrumento de baixo custo e de fácil aquisição, além disso, oferece maior comodidade no transporte. A partir da medida da circunferência da árvore-amostra, obtida com esse instrumento, tem-se o valor do diâmetro através da relação:

$$c = \frac{d}{\pi}$$

Figura 5–Esquema das escalas para obtenção de circunferências e diâmetros com uma fita diamétrica. Fonte: Soares *et al.*, 2011.



De acordo com Cunha (2004), por efetuar medidas diretas do diâmetro, os instrumentos suta e fita diamétrica fazem leitura de dados de forma precisa somente em casos de árvores com seções devidamente circulares, ou seja, esses instrumentos superestimam os

valores uma vez que, na prática, nem todas as seções são circulares. Essa situação já não ocorre com a fita métrica, pois esta não apresenta desajustes desde que seja manuseada com especial atenção evitando formação de “barrigas”.

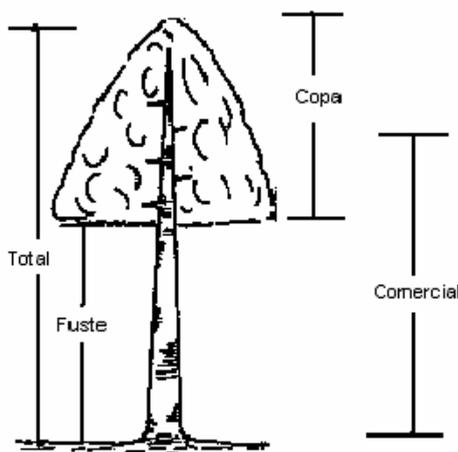
3.5.2 Altura

Assim como o diâmetro, a altura é uma importante característica da árvore e pode ser medida ou estimada (SILVA *et al.*, 2012). Esse parâmetro constitui um valioso indicador de sustentabilidade do manejo florestal à medida que auxilia na compreensão da estrutura vertical da comunidade e possui forte influência na diversidade das espécies, no crescimento e na produção de biomassa da floresta (SOUZA *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2012). Autores como Finol (1971), Longhi (1980) e Souza e Leite (1993) citados por Silva *et al.* (2012) enfatizam a necessidade da variável altura em estudos fitossociológicos.

Couto *et al.* (1979) explica que a medida da altura pode ser feita tanto de forma direta quanto indireta. A forma direta consiste na obtenção de valores a partir da utilização de instrumentos como a trena e a vara graduada. É normalmente empregada em povoamentos jovens com altura relativamente baixa, permitindo a mensuração direta. Em contrapartida, a forma indireta é aplicada em áreas com formação vegetacional de grande porte e os valores são obtidos por estimativa através de instrumentos genericamente denominados hipsômetros.

No inventário florestal têm-se quatro definições de altura: a altura total que corresponde à distância entre a base da árvore e o final da copa; a altura comercial que representa a distância entre a base e a última porção utilizável do tronco; a altura da copa que indica a distância entre o início e o final da copa; a altura do fuste que, em certas circunstâncias, pode coincidir com a altura comercial e representa a distância entre a base e a copa da árvore (Figura 6) (SOARES *et al.*, 2011; CUNHA, 2004).

Figura 6 – Tipos de altura. Fonte: Soares *et al.*, 2011.



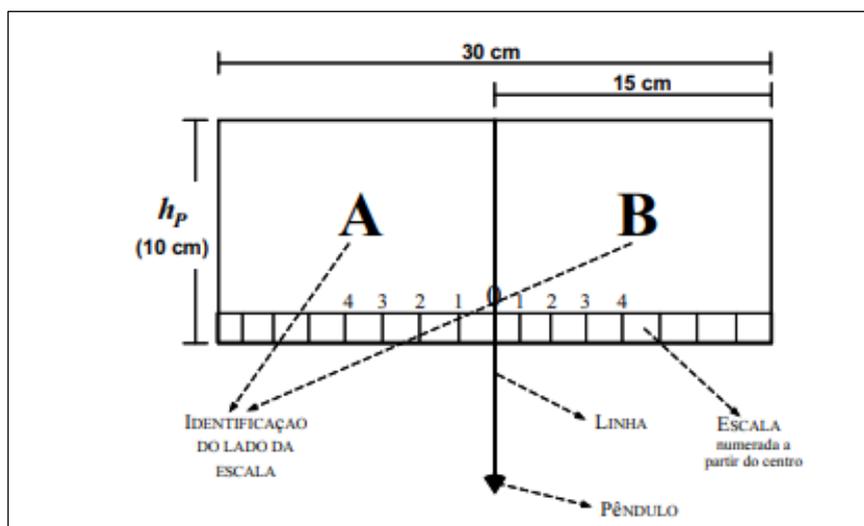
3.5.2.1 Hipsômetros Geométricos

Os hipsômetros, também conhecidos como altímetros ou dendrômetros, são instrumentos utilizados para se obter o valor das alturas das árvores. Seu princípio de funcionamento pode ser baseado em relações trigonométricas ou geométricas. Entre os hipsômetros que se baseiam no princípio geométrico encontram-se a prancheta dedrométrica e o hipsômetro de Christen, ambos se fundamentam em relações entre triângulos semelhantes para que sejam obtidos os valores de altura. Já entre os tipos de hipsômetros baseados no princípio trigonométrico, os mais tradicionais são o Suunto, Nível de Abney, Haga, Blume-Leiss, existem também os instrumentos mais modernos tais como o Relasópio e o Vertex, sendo que todos eles se fundamentam em relações angulares de triângulos retângulos (ANDRADE *et al.*, 2016; SOARES *et al.*, 2011; FELICIANO *et al.*, 2016).

A utilização desses instrumentos em florestas plantadas se torna favorável diante das áreas homogêneas com espaçamentos similares entre as linhas de plantio, o que já não ocorre em florestas nativas que possuem elevado índice de densidade de árvores, além da formação de dosséis fechados, dificultando a visualização clara da base e do final da copa da árvore-amostra. Instrumentos que se baseiam em distâncias fixas para a execução das medidas de altura, tais como os hipsômetros de Haga e Blume-Leiss não são recomendados para o levantamento de dados em áreas nativas. Essa distância fixa acaba limitando a identificação da árvore analisada em meio ao ambiente de alta densidade vegetativa (SILVA *et al.*, 2012).

Silva *et al.* (2012) declara que o hipsômetro Vertex possui boa aplicabilidade em áreas nativas, porém apresenta custo relativamente alto. Nesse sentido, em caso de restrição orçamentária e conseqüente impossibilidade do uso de um hipsômetro sofisticado, a utilização da prancheta dendrométrica se torna viável diante de sua facilidade de construção, manuseio, baixo custo e alta precisão (Figura 7). Esse instrumento é constituído basicamente por uma base graduada e um pêndulo e sua estrutura é mostrada na figura abaixo (ANDRADE *et al.*, 2016)

Figura 7– Estrutura da prancheta dendrométrica. Fonte: Batista, 2001.



Para que sejam reduzidos os erros de medição de altura e os dados obtidos sejam fiéis aos valores reais é de extrema importância o correto manuseio da prancheta dendrométrica e levantamento de todos os dados necessários para os cálculos posteriores. A distância entre o observador e a árvore-amostra deve ser conhecida para que as leituras no instrumento sejam feitas de forma correta. Deve-se levar em consideração a declividade do solo da área analisada. Em casos de declividades menores que 10° tem-se a distância no plano horizontal é igual à distância medida em campo, já em situações de declividades superiores ao valor citado anteriormente, a distância do plano horizontal será obtida através da equação (SOARES *et al.*, 2011):

$$L = \cos \theta . D_{campo}$$

Onde θ corresponde à inclinação do terreno em graus e D_{campo} a distância horizontal medida em campo.

3.6 Modelos alométricos utilizados em estimativas de biomassa florestal

Os modelos matemáticos ou equações de volume e massa para estimar a biomassa florestal são de ordem empírica e relacionam dados de massa com variáveis biométricas. Essas equações chamadas equações alométricas fornecem dados de biomassa total e também de diferentes partes da árvore, incluindo tronco, galhos, folhas e raízes (SOARES *et al.*, 2011). Os modelos utilizados para a estimativa de biomassa possuem uma estrutura padrão representada pela função $Y = f(d, h)$ onde Y é o volume ou a massa individual da árvore, d é o DAP e h é altura total (VETORAZZO, 1999 in SILVEIRA, 2008), sendo esses dois últimos as

variáveis independentes mais utilizadas, podendo ser combinadas gerando a variável DAP^2h . Canadell *et al.* (1988) citado por Soares *et al.* (2011) e Santos (1996), através de seus estudos, concluíram que, apesar do DAP ser uma variável significativa na predição de biomassa, tem-se melhores resultados de estimativa quando a variável altura é incluída na equação.

Existe uma gama de modelos de regressão utilizados para a estimativa de biomassa, esses modelos podem ser divididos de diversas formas, dentre elas, as classificações mais comuns são as equações lineares e não lineares (CROW *et al.*, 1998 *in* NETO, 2012). Cunia (1986) citado por Silveira (2008) explicita que os modelos lineares apresentam certas vantagens em relação aos não lineares, essa condição se deve ao fato de se tratar de uma aplicação simples e que pode ser estendida para todos os tipos de funções lineares inclusive na soma das funções de biomassa de cada componente da árvore. Além disso, o erro da função linear pode ser apresentado de forma conveniente combinando com o erro amostra proveniente do inventário.

Silveira (2008) afirma que as equações alométricas mais empregadas para a estimativa de biomassa são as propostas por BROWN, GILLESPIE e LUGO (1989) e por UHL, BUSCHBACHER e SERRAO (1988). Em relação aos estudos de quantificação de biomassa e estoque de carbono realizados em áreas de Cerrado no Brasil, têm-se um número restrito de pesquisas o que compromete o entendimento do processo de conversão de CO_2 no bioma (PAIVA *et al.*, 2011). Entre os poucos estudos realizados estão os de Rezende *et al.* (2006), Paiva *et al.* (2011), Teodoro (2014), Amaro (2010), Lopes (2016), Morais *et al.* (2014) e Miguel *et al.* (2015).

Cumprir mencionar a importância do conhecimento sobre os erros provenientes da aplicação das funções de regressão, a origem desses erros ocorre no levantamento do inventário florestal e para a seleção adequada das equações faz-se necessária a análise das medidas de exatidão: coeficiente de determinação (R^2), erro padrão da estimativa ou erro padrão residual (S_{yx}) e erro padrão da estimativa expresso como uma porcentagem da média aritmética da variável dependente ($S_{yx}\%$), sendo, neste caso, interpretado de forma análoga ao coeficiente de variação (CUNIA, 1986).

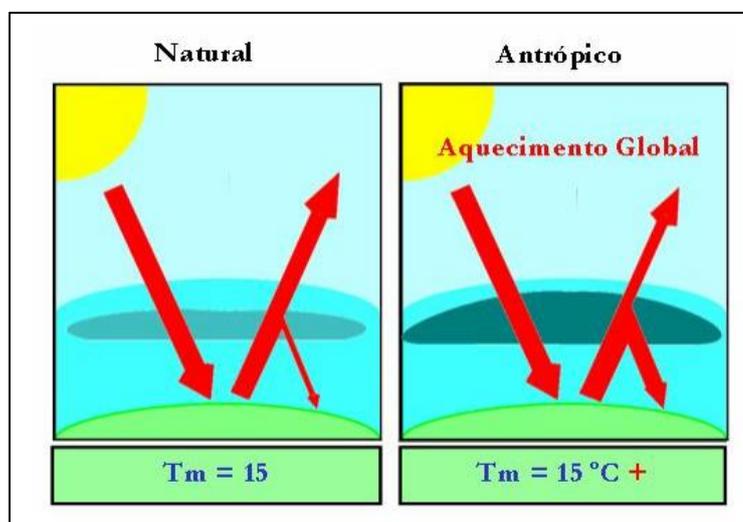
3.7 A intensificação do efeito estufa

São classificados dois tipos de efeito estufa: o natural e o antrópico (Figura 8). O efeito estufa natural é essencial para manter as condições necessárias às diversas formas de vida na Terra. Esse evento natural é responsável por reter parte da energia solar na forma de calor, de maneira que a temperatura média da Terra seja em torno de $15^\circ C$, permitindo o

equilíbrio dos ecossistemas e sobrevivência das espécies. Essa retenção de calor é realizada pelos chamados gases do efeito estufa (GEE's), dentre eles, os principais são o vapor d'água (H₂O), o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Sem a atuação desses gases, a temperatura média da Terra seria -18° (CERRI *et al.*, 2007).

No efeito estufa natural, a radiação solar incide sobre a atmosfera sendo grande parte dessa radiação absorvida pela superfície terrestre. Com a superfície aquecida, tem-se uma parte da energia refletida de volta para a atmosfera na forma de radiação infravermelha e é essa forma de energia que interage com a camada de gases do efeito estufa presentes na atmosfera e mantêm a temperatura do planeta (ONÇA, 2013).

Figura 8– Representação do efeito estufa natural e antrópico. Fonte: Cerri *et al.*, 2007.



Em relação ao efeito estufa de natureza antrópica, Shaoqiang *et al.* (2004) e Alves *et al.* (2018) afirmam que este fenômeno está vinculado ao aquecimento global e, conseqüentemente, às mudanças climáticas. Esse assunto tem sido pauta de grandes discussões e a preocupação em relação aos possíveis impactos do aquecimento global é evidente (RIBEIRO *et al.*, 2018).

O aquecimento global é consequência do crescente aumento da concentração de GEE's provenientes da exploração de recursos ambientais e da ocupação humana (IPCC, 2001). Esses gases possuem um tempo grande de residência na atmosfera (IPCC, 1996) como indicado na Tabela 1 que indica, também, a taxa de aumento anual dos principais gases.

São diversas as atividades antrópicas de grande potencial poluidor associadas ao aumento das emissões dos GEE's, dentre elas está a atividade agropecuária que contribui com o crescente aumento das emissões de gases através das mudanças de uso e ocupação do solo e da deposição de dejetos de animais (ALVES, 2018). Ribeiro *et al.* (2018) sustenta que houve

um aumento superior a 12% na emissão de GEE's pelo Brasil provenientes de atividades industriais e agropecuárias entre os anos de 2005 e 2010. O mesmo autor destaca que a mudança do uso da terra é a principal causa do aumento da emissão de CO₂ no país e que somente a atividade agropecuária, no ano de 2010, foi responsável por 84% e 74% das emissões totais de N₂O e CH₄ respectivamente.

Tabela 1- Características dos principais gases do Efeito Estufa.

Gás	Taxa de aumento (anual)	Tempo de residência (anos)
CO ₂	0,4 %	50-100
CH ₄	0,5%	12
N ₂ O	0,3%	120

Fonte: Adaptado de NOAA *in* Barreto (2009).

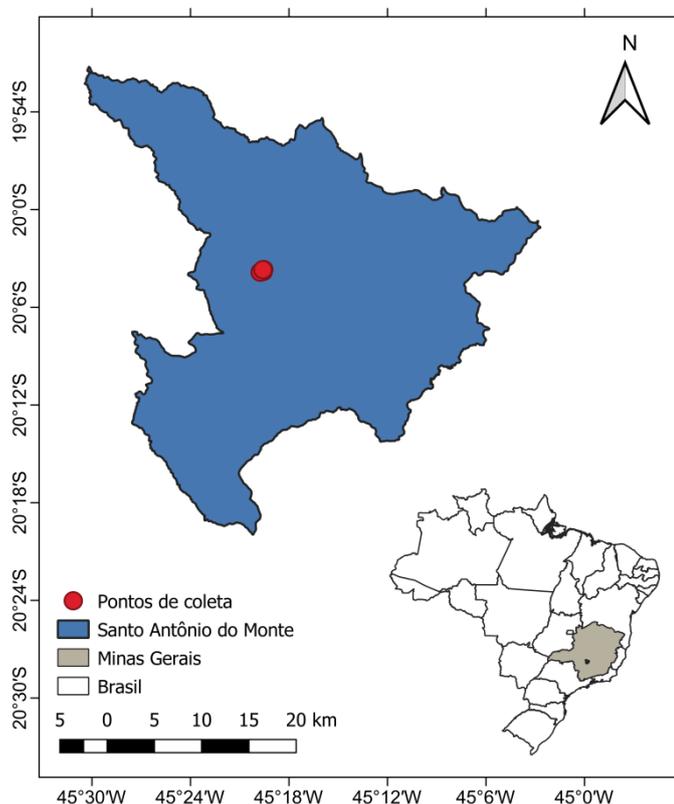
Carvalho *et al.* (2010) retrata que, além do papel significativo na intensificação do efeito estufa, o manejo inadequado do solo é responsável por sua alteração físico-química. Essa alteração afeta diretamente o processo de decomposição da matéria orgânica, um processo de extrema importância, principalmente para os ecossistemas tropicais, uma vez que a decomposição da matéria está inteiramente ligada ao fluxo de nutrientes e de carbono no solo (ADUAN *et al.*, 2003). Sendo assim, práticas adequadas de manejo e desenvolvimento de novas tecnologias são capazes de mitigar os efeitos adversos do aquecimento global. Práticas como o desenvolvimento de tecnologias aplicadas na produção de biocombustíveis e na redução das emissões de CH₄, reflorestamento de áreas marginais, implantação de sistemas integrados de cultivo, utilização de espécies com alta produção de biomassa, recuperação de pastagens degradadas e redução das queimadas (CARVALHO *et al.*, 2010; CERRI *et al.*, 2007).

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Fazenda do Capão Amarelo, localizada na zona rural do município de Santo Antônio do Monte, Centro-Oeste do Estado de Minas Gerais (Figura 9). O município situa-se em uma área com altitude média 1.052 m e conta com uma área total de 1.129 km². Santo Antônio do Monte tem como principal atividade econômica a produção de Fogos de Artifício, além de ramos dinâmicos nos setores da indústria e de serviços. O setor agropecuário também se mostra de grande importância para o desenvolvimento do município (PMSAM, 2018).

Figura 9 - Localização da área de estudo- Fonte: A autora, 2018.

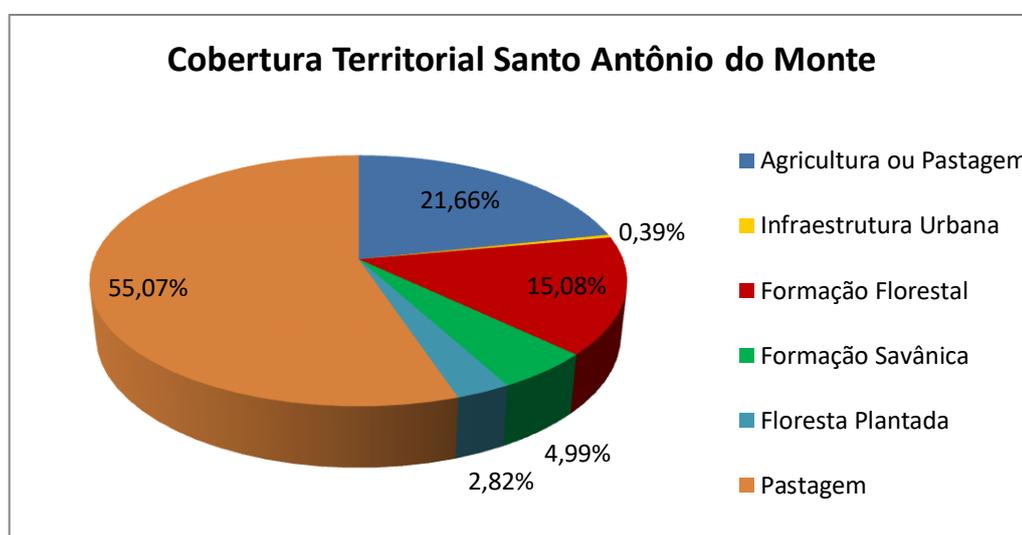


Segundo a classificação Koppen o clima da região é Cwa, com invernos secos e verões úmidos, temperatura média 22,1°C e pluviosidade média anual de 1.415,7 mm. A vegetação do município de Santo Antônio do Monte é característica de Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Semicaducifólia) e Savana (OLIVEIRA, 2006). Na zona rural do município pode-se verificar a forte expressão da fisionomia de Cerrado *lato sensu* (reúne as formações savânicas e campestres do bioma) com toda sua diversidade (ABREU, 2007). A cobertura

vegetal natural predominante no município é caracterizada pelo Cerrado e suas variantes e, atualmente, existem apenas pequenos remanescentes da vegetação natural inviolados. Isso se dá devido aos desmatamentos ocasionados pela intensa prática da agricultura e pecuária que se estende por mais de 70% do território como mostrado na Figura 10.

Em relação às características do solo, ocorre presença de Argissolo e Latossolo na zona rural de Santo Antônio do Monte, sendo esta uma região bastante rica em argila e caulim. São solos profundos, bem drenados e com considerável saturação de alumínio (PMSAM, 2007).

Figura 10- Classes de cobertura e uso do solo para o município de Santo Antônio do Monte – MG no ano de 2017, de acordo com os dados do projeto MapBiomias. Fonte: A autora, 2018.



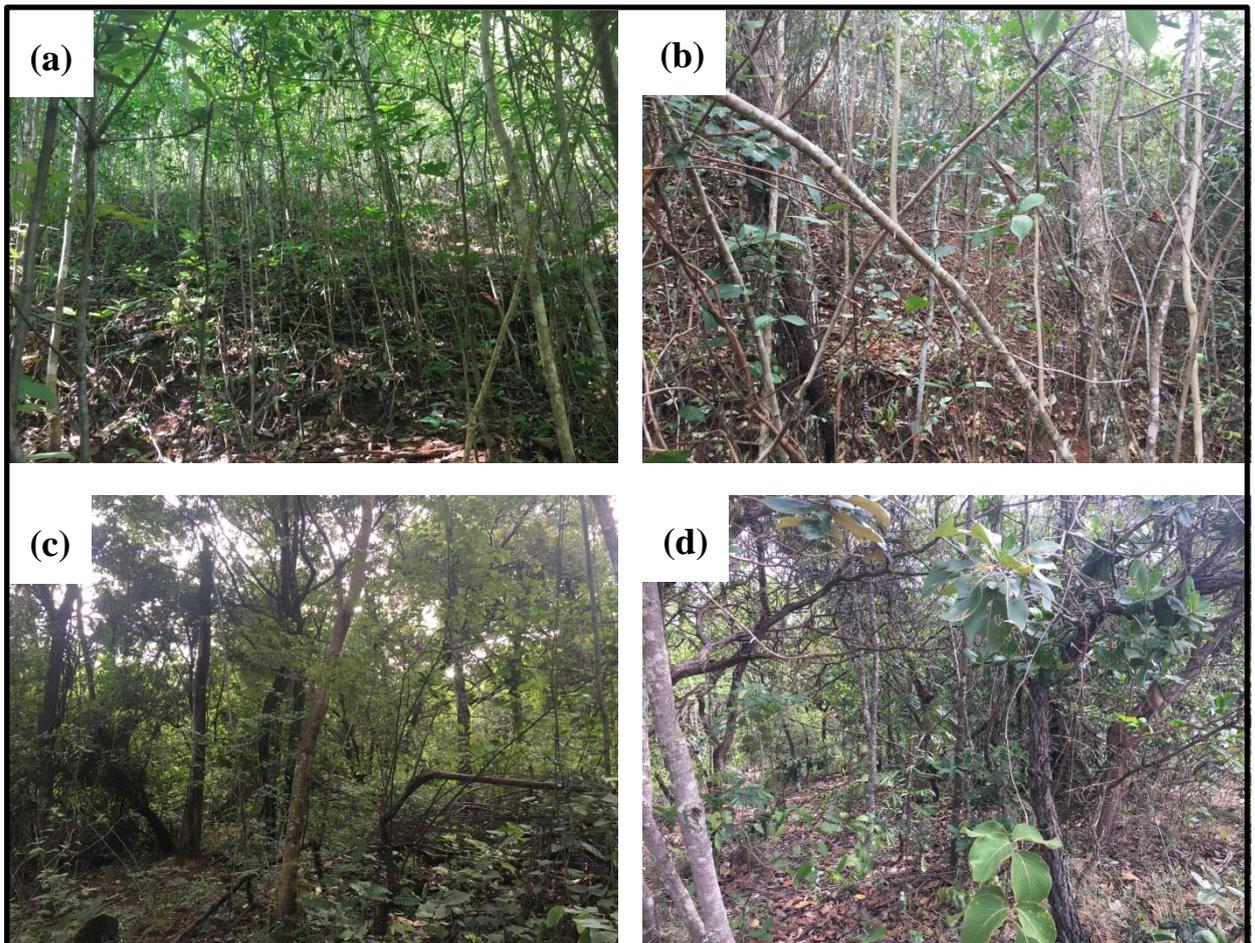
4.2 Amostragem

A área de estudo se insere no imóvel rural que foi pertencente à Cezira Pinto Ribeiro e que, atualmente, se encontra arrolado em inventário a ser partilhado entre cinco herdeiros. Foi possível coletar dados em três áreas da fazenda que cabe aos herdeiros Maria Aparecida Dias, Vilmar Pinto e Irailton Melo, que concederam autorização para o estudo. Assim, embora a fazenda possua uma extensa área de vegetação nativa, a escolha da metodologia de amostragem foi decorrente da autorização de parte dos proprietários e da facilidade de acesso às áreas.

A amostragem foi realizada em áreas originalmente classificadas como Cerradão e divididas em quatro parcelas. As duas primeiras parcelas, P1 e P2, (Figura 11) estão localizadas em uma área sob influência antrópica, com o estabelecimento de pastagem nas

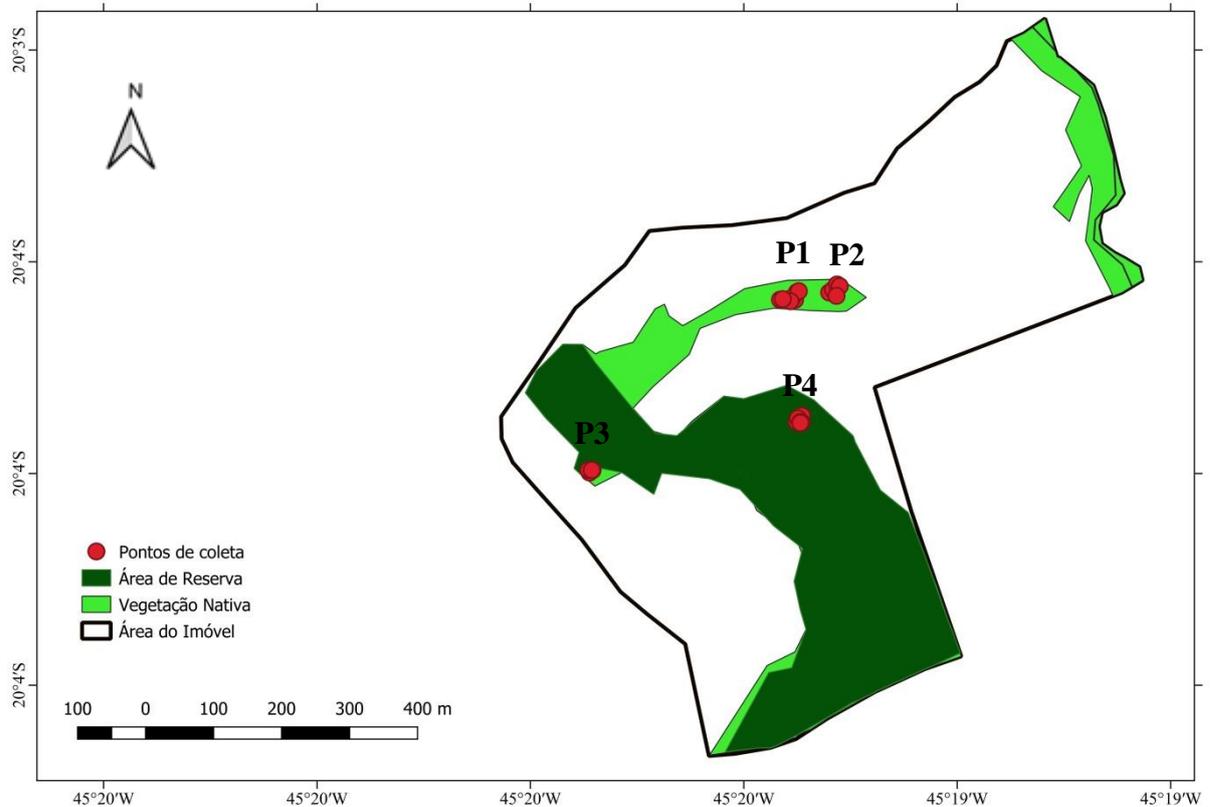
proximidades e eventual presença de bovinos. As outras duas parcelas, P3 e P4, (Figura 11) estão inseridas em uma área preservada, pertencente à Reserva Legal da propriedade visitada. De acordo com os proprietários, a área de Reserva Legal não passou por nenhum tipo de intervenção antrópica pelo menos desde a década de 1940 e é raro que a região seja atingida por queimadas.

Figura 11 – Vegetação de Cerradão nas parcelas (a) P1, (b) P2, (c) P3 e (d) P4. Fonte: A autora, 2018.



Os locais de amostragem foram selecionados ao acaso durante a visita de campo de acordo com as condições de acessibilidade (Figura 12). As parcelas P1, P2 e P3 foram delimitadas com as dimensões de 20 m x 20 m. Já P4 foi delimitada com a dimensão 20 m x 10 m, por ser uma área muito fechada e de acesso difícil. As dimensões das parcelas desse experimento foram decididas com base no que é recomendado pela literatura, especialmente por Felfili *et al.* (2005).

Figura 12 -Caracterização dos fragmentos amostrados na Fazenda do Capão Amarelo. Fonte: A autora, 2018



As medições foram realizadas somente em árvores com DAP maior que 5 cm, garantindo que a maioria das árvores contribuisse para o cálculo de biomassa acima do solo e fosse incluída na estimativa de biomassa. As circunferências à altura do peito (CAP) e as circunferências de base (CB) dos indivíduos foram medidas utilizando uma fita métrica (Figura 13). Optou-se pelo uso da fita métrica por ser um objeto de baixo custo, fácil manuseio e transporte no campo. O diâmetro à altura do peito foi obtido pelo desenvolvimento da seguinte relação matemática:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

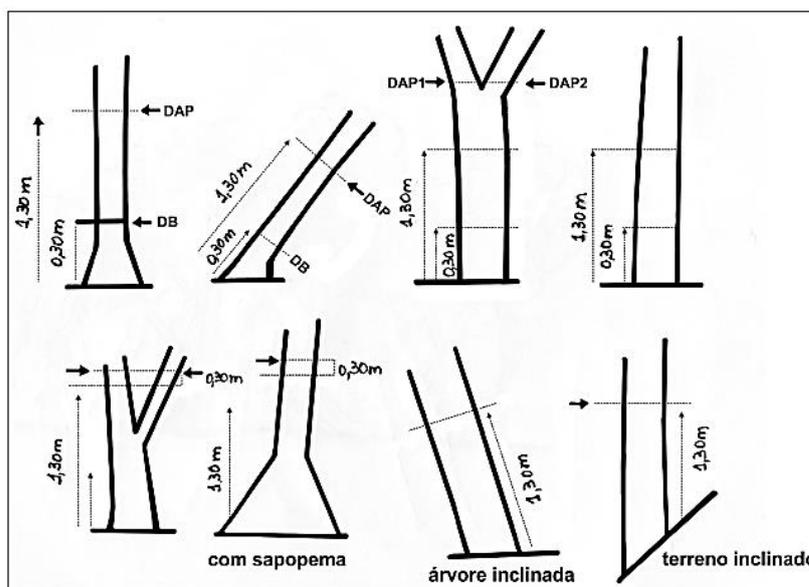
Onde π é a proporção numérica originada da relação entre as grandezas do perímetro de uma circunferência e o seu diâmetro, cujo valor é aproximadamente 3,141592.

Figura 13– Processo de obtenção de dados da variável CAP. Fonte: A autora, 2018.



De acordo com o protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal da EMBRAPA, a CAP deve ser medida a 1,3 m do solo, pois, a partir dessa altura, deformações nos troncos são menos frequentes. Já as medidas de CB devem ser feitas a 0,3 m do solo. Existem algumas situações excepcionais e que requerem atenção especial durante as medidas de circunferência como mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Medição do DAP e diâmetro de base em situações distintas do padrão de fuste reto. Fonte: EMBRAPA, 2014.

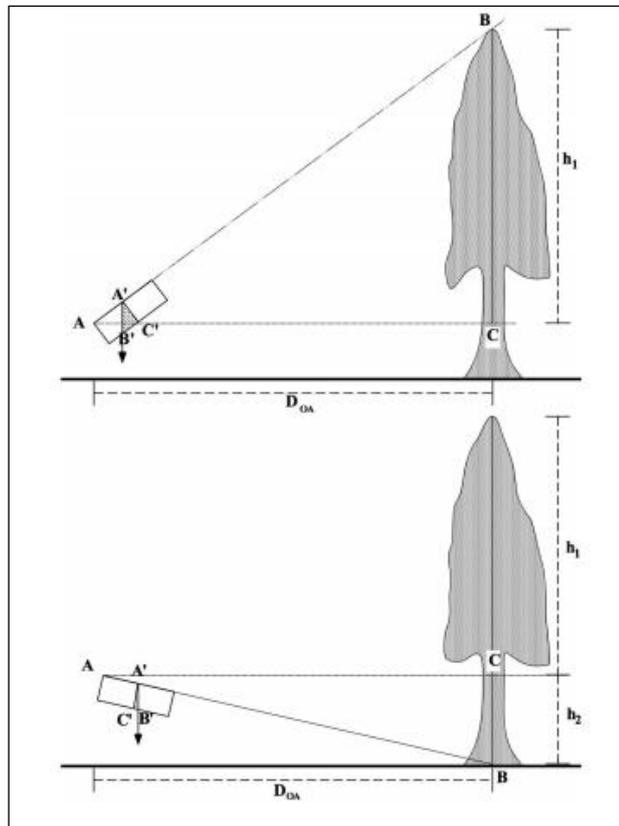


A altura é outra valorosa característica da árvore e que pode ser obtida tanto por medição quanto por estimação (SOARES *et al.*, 2011). Entende-se por altura total a distância entre o solo e o final da copa da árvore. As árvores selecionadas para o estudo tiveram suas

alturas totais (ht) medidas com o auxílio de uma prancheta dendrométrica. Trata-se de uma ferramenta auxiliar para a medição de altura de árvores e que se baseia no princípio geométrico, onde a altura é estimada a partir de semelhança de triângulos. São realizadas duas visadas, uma no topo e outra na base da árvore a uma distância qualquer. Para determinar a altura total é feito o somatório das alturas h_1 e h_2 obtidas por meio das visadas. (Figura 15).

O material utilizado para a construção da prancheta dendrométrica foi uma placa de papelão reforçada com dimensões 30 x 10 cm. Na base da placa foi colada uma régua graduada de 30 cm, além disso, um pêndulo foi fixado na margem oposta, exatamente no meio da distância maior da placa de papelão através de uma linha com 23 cm de comprimento.

Figura 15- Funcionamento da prancheta dendrométrica quando utilizada uma visada do topo da árvore. Fonte: Batista, 2001.



Com base na semelhança entre os triângulos ABC e A'B'C' representados na imagem acima, tem-se a seguinte equação:

$$\frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{B'C'}}{\overline{A'C'}}$$

Os lados dos triângulos utilizados na relação foram prontamente obtidos por medidas tomadas no trabalho de campo (BATISTA, 2001) sendo:

\overline{BC} corresponde à altura (h_1) a ser determinada a partir da linha horizontal imaginária que passa pelos olhos do observador.

\overline{AC} corresponde à distância entre o observador e a árvore (D_{OA}) e foi obtida através do medidor de distância a laser. É importante levar em consideração que essa distância se refere à distância horizontal e, em casos de topografia acidentada, pode diferir da distância medida sobre o terreno.

$\overline{B'C'}$ corresponde à distância percorrida pelo pêndulo (l_1) quando a prancheta dendométrica é inclinada para se fazer a visada do topo da árvore. Essa distância é lida diretamente pela régua graduada anexada à prancheta.

$\overline{A'C'}$ corresponde à altura da prancheta (h_p).

Dessa maneira, tem-se que:

$$h_1 = D_{OA} \frac{l_1}{h_p}$$

Para obtenção do valor da altura total, de maneira similar a primeira visada, é necessário efetuar uma segunda leitura apontando a mira para a base da árvore, obtendo-se a medida h_2 e a distância percorrida pelo pêndulo (l_2). Assim, tem-se o valor da altura total da árvore através da equação (BATISTA, 2001):

$$h_t = h_1 + h_2 = D_{OA} \frac{l_1 + l_2}{h_p}$$

4.3 Quantificação de biomassa e estoque de carbono

No Brasil, poucos são os estudos voltados para a quantificação de biomassa no Cerrado (BOLFE *et al.*, 2009). Devido à escassez de equações específicas para áreas de Cerradão, uma das equações utilizadas será a equação geral proposta por Brown *et al.* (1989), que é destinada a áreas de florestas tropicais, mas que já foi aplicada em áreas de Cerrado no Estado de Minas Gerais. A equação proposta por Brown *et al.* (1989) é dada por:

$$B = \exp[-3,1441 + 0,9719 \times \ln(CAP \times h_t)]$$

Onde: B corresponde ao valor da biomassa (kg/indivíduo); CAP corresponde à circunferência à altura do peito (cm); DAP corresponde ao diâmetro à altura do peito (cm) e h_t corresponde à altura total da árvore (m). Tal equação é encontrada em estudos como os de Castro *et al.* (1998) e Fernandes *et al.* (2007).

Outras duas equações utilizadas foram as propostas por Morais *et al.* (2014) para áreas de Cerrado em Minas Gerais. Essas duas equações se diferenciam, principalmente, no que tange às variáveis envolvidas. A biomassa é dada em toneladas e suas fórmulas são dadas por:

$$B = \exp[-9,86984 + 2,42049 \times \ln(DAP) + 0,48733 \times \ln(h_t)]$$

$$B = \exp[-11,05056 + 2,59129 \times \ln(D_{30}) + 0,46218 \times \ln(h_t)]$$

onde: D_{30} corresponde ao diâmetro de base da árvore (cm)

Outra equação selecionada foi a desenvolvida por Miguel (2014) para predição de biomassa (kg/indivíduo) acima do solo em um fragmento de Cerradão, no Município de Palmas - TO. A equação é dada por:

$$B = 0,0123307 \times DAP^{1,79593} \times h_t^{1,54701}$$

O modelo de Schucher e Hall (1933) logarítmico, também utilizado nesse estudo, foi considerado por Scolforo *et al.* no “Inventário Florestal de Minas Gerais” o modelo mais adequado para estimativa de estoque de carbono em áreas de Cerradão. De acordo com Amaro (2010) esse modelo está entre os mais utilizados pelo fato de gerar estimativas precisas e sem tendências. Essa equação pode ser encontrada em estudos como os de Brianezi *et al.* (2013), e Miguel *et al.* (2017).

$$C = \exp[-10,8771683824 + 2,6359736325 \times \ln(DAP) + 0,0878059946 \times \ln(h_t)]$$

onde: C corresponde ao valor de estoque de carbono (t).

A equação de Scolforo *et al.* (2008) mostrou resultados satisfatórios ao ser aplicada em uma área de Cerradão em Limeira do Oeste-MG. A quantidade de carbono estocado é dada em toneladas e sua fórmula é representada da seguinte forma:

$$C = \exp[-10,9925732677 + 2,2705953017 \times \ln(DAP) + 0,5646506234 \times \ln(h_t)]$$

Em relação ao estoque de carbono, esse valor será obtido considerando que o estoque de carbono corresponde a 47% da biomassa seca como estabelecido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Já a quantidade de CO₂ retirada da atmosfera e que se encontra “aprisionada” na biomassa aérea da área estudada foi calculada

considerando que 1 Megagrama (Mg) de carbono equivale a 3,67 Mg de CO₂ (Ronquim, 2007 *in* Fernandes *et al.*, 2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Miranda *et al.* (2014) a padronização de amostragem para estudos florísticos e fitossociológicos desenvolvidos em área de Cerrado são de grande importância no que tange à comparação entre os diversos estudos realizados, facilitando-a e viabilizando a proposição de planos de manejo e recuperação de áreas degradadas.

Felfili *et al.* (2005) recomenda no “Manual para o Monitoramento de Parcelas Permanentes no Bioma Cerrado e Pantanal” que sejam efetuadas parcelas fixas de 20 m x 50 m, porém, o autor aponta que a decisão irá depender dos objetivos do trabalho, além disso, é preciso levar em consideração a facilidade de acesso às áreas de estudo. Nesse sentido, devido às dificuldades de acesso adotou-se parcelas de 20 m x 20 m como foi feito nos estudos de Costa e Araújo (2002) para uma área de Cerradão em Uberlândia-MG e de Miguel (2014) para um fragmento de Cerradão em Tocantins. Apenas a parcela P4 teve dimensões 20 m x 10 m por se tratar uma área densa e inacessível a uma largura de 20 m.

Os dados utilizados neste estudo advêm de 48 árvores presentes nas 4 parcelas estudadas. A vegetação lenhosa viva amostrada foi selecionada de acordo com o diâmetro mensurado a 1,30 metros do solo (DAP), sendo amostrados somente os indivíduos que pertenciam ao limite de inclusão $DAP \geq 5$ cm. Essas árvores foram objeto de medições dendrométricas e quantificação de biomassa aérea pelo método indireto, por meio de medidas realizadas em campo. Na Tabela 2 encontram-se os nomes comuns e científicos de algumas árvores encontradas nas quatro parcelas analisadas

Tabela 2 - Identificação das árvores encontradas na Fazenda do Capão Amarelo-MG.

Nome comum	Nome científico
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i>
Tamboril-do-cerrado	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>
Angico	<i>Anadenanthera falcata</i>
Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i>
Capitão	<i>Terminalia argentea</i>
Jatobá	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>
Esporão-de-galo	<i>Celtis tala</i>
Açoita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i>
Amescla	<i>Protium heptaphyllum</i>

Fonte: Nomenclatura científica - www.arvoresbrasil.com.br

Os valores de DAP e altura total das árvores variaram entre 6,05 cm e 81,17 cm e 1,04 m e 23,7 m, respectivamente. As alturas foram medidas com o auxílio de uma prancheta

dendrométrica. Andrade *et al.* (2016), em sua pesquisa sobre hipsômetros geométricos baseados no princípio geométrico avaliados em área de cerrado sentido restrito, evidenciou que a prancheta dendrométrica forneceu resultados eficientes e precisos em todas as 3 classes de alturas estudadas: a primeira classe englobava medidas de altura total menores do que 7 m, enquanto na segunda classe estavam inseridas as alturas totais entre 7 e 9 m e, por último, a terceira classe com alturas totais maiores do que 9 m. Assim, Andrade *et al.* (2016) apontam este instrumento como método alternativo mais indicado em áreas de Cerrado no Estado de Tocantins, isso em comparação aos métodos do bastão e do graveto e ao instrumento hipsômetro Christen. Oliveira *et al.* (2014) acrescenta que a prancheta dendrométrica exige baixo tempo de execução, além de se tratar de um instrumento de baixo custo, fácil manuseio e capaz de gerar medições precisas em relação à altura real obtida com a trena. Cabe ressaltar a facilidade de construção desse instrumento como mencionado por Batista (2001) citado por Harder (2002).

A altura média do estrato arbóreo em áreas de Cerradão varia de 8 m a 15 m (RIBEIRO; WALTER, 1998) podendo chegar a até 20 m para algumas árvores. O sub-bosque apresenta arvoretas menores do que 3 m ou com troncos curtos (FELFILI *et al.*, 2005). Através da observação dos dados de altura total obtidos mediante utilização da prancheta dendrométrica na área de estudo, nota-se que os valores encontrados (1,04 m a 23,7 m) se enquadram dentro das caracterizações da fitofisionomia Cerradão realizadas por Ribeiro e Walter (1989) e Felfili *et al.* (2005). Essa heterogeneidade entre os valores médios de altura é explicada pelas condições de luminosidade em áreas de Cerradão, que favorecem à formação de estratos arbustivo e herbáceo diferenciados (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O processo de quantificação de biomassa viva foi realizado para cada uma das quatro parcelas P1, P2, P3 e P4 através das equações alométricas de Brown *et al.* (1989) e Moraes *et al.* (2014). A fim de se comparar os resultados obtidos com dados presentes na literatura, utilizou-se, também, outras três equações alométricas. Uma delas foi desenvolvida e validada por Miguel (2014) para uma área de Cerradão no município de Palmas em Tocantins e as outras duas foram propostas por Scolforo *et al.* (2008) e Schumacher e Hall (1933). Todas as equações podem ser encontradas na Tabela 3.

Tabela 3 - Equações matemáticas utilizadas para a quantificação de biomassa na área de estudo.

Equação	R ²
(1) $B = \exp [-3,1441 + 0,9719 \times \ln (DAP^2 \times Ht)]$	0,97
(2) $B = 0,0123307 \times DAP^{1,79593} \times Ht^{1,54701}$	0,97
(3) $B = \exp [-10,35940 + 2,43474 \times \ln (DAP) + 0,51075 \times \ln (Ht)]$	0,97
(4) $B = \exp [-11,05056 + 2,59129 \times \ln (D_{30}) + 0,46218 \times \ln (Ht)]$	0,95
(5) $C = \exp [-10,9925732677 + 2,2705953017 \times \ln (DAP) + 0,5646506234 \times \ln (Ht)]$	0,93
(6) $C = \exp [-10,8771683824 + 2,6359736325 \times \ln (DAP) + 0,0878059946 \times \ln (Ht)]$	0,95

B= biomassa, C =carbono, DAP = diâmetro a altura do peito, D₃₀= Diâmetro de base, Ht= altura total. (1) Brown *et al.* (1989), (2) Miguel (2014), (3) e (4) Morais *et al.* (2014), (5) Scolforo *et al.* (2008), (6) Schumacher e Hall (1933). Fonte: A autora, 2018.

Para identificar possíveis diferenças entre os valores obtidos pelas seis equações alométricas aplicadas no estudo, foi empregada a análise de variância ANOVA (fator único, Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Teste de variância ANOVA.

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Brown <i>et al.</i> (1989)	4	246,3775	61,59438	3253,525
Morais <i>et al.</i> D ₃₀ (2014)	4	323,0189	80,75473	7631,904
Morais <i>et al.</i> DAP (2014)	4	359,0204	89,75511	8438,48
Miguel (2014)	4	183,5146	45,87865	1750,301
Scolfro <i>et al.</i> (2008)	4	243,6357	60,90891	3629,533
Schumacher e Hall (1933)	4	339,2384	84,80959	8367,623

Fonte: A autora, 2018.

Tabela 5 – Teste de variância ANOVA: fonte de variação.

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	5832,445	5	1166,489	0,211631	0,953132	2,772853
Dentro dos grupos	99214,1	18	5511,894			
Total	105046,5	23				

Fonte: A autora, 2018.

A análise de variância comprovou que não existem evidências estatisticamente significativas, ao nível de 5%, de uma diferença das médias das equações selecionados para o

estudo, uma vez que o valor-P está acima do nível de significância estabelecido (0,05). Sendo assim, as seis equações selecionadas se mostraram estatisticamente iguais.

As áreas que apresentaram as maiores estimativas de biomassa e, conseqüente, maiores estimativas de estoque de carbono foram as áreas correspondentes às parcelas P2 e P3 com valores médios de biomassa iguais a 157,98 Mg.ha⁻¹ e 359,70 Mg.ha⁻¹, além de valores médios de estoque de carbono iguais 74,25 Mg-C.ha⁻¹ e 169,06 Mg-C.ha⁻¹, respectivamente (Tabela 6 e 7). Ambas estão inseridas em zona de vegetação nativa, sendo que P2 encontra-se numa área antropizada e P3 encontra-se numa área de reserva legal. Os valores de biomassa encontrados para essas duas parcelas foram superiores aos valores das demais parcelas estudadas. Essa diferença nos resultados pode estar relacionada à ocorrência de maiores valores médios de DAP e D₃₀ para as árvores presentes tanto em P2 quanto em P3 (Tabela 8).

Biot *et al.* (1998) notabilizam a relevância da variável independente DAP no cálculo de biomassa ao afirmar que modelos de equações alométricas com apenas a variável DAP apresentam resultados tão consistentes quanto os modelos que utilizam mais de uma variável. Cumpre mencionar que Neto (2012) também certifica em seu estudo que há um aumento no valor de biomassa em função do valor de DAP.

A parcela P2 encontra-se próxima à área de pastagem e, entre as demais parcelas, é a que mais sofreu impactos da atividade pecuária presente na Fazenda Capão Amarelo. Acredita-se que essa parcela tenha passado pelo processo de corte seletivo, sendo mantidas apenas as árvores de grande porte, o que explica os altos valores de biomassa e estoque de carbono. Já a parcela P3 constitui-se de uma área bem característica em relação às demais parcelas, com ocorrência indivíduos arbóreos com valores de DAP atingindo até 81 cm, além da abundância de cipós. Essa parcela se encontra relativamente distante das áreas de pastagem e, de acordo com um dos proprietários, não passou por nenhum tipo de distúrbio antrópico nos últimos 78 anos. Cumpre mencionar que, nessa mesma parcela, foram mensurados indivíduos arbóreos com bifurcações e múltiplos troncos, o que fundamenta o elevado valor de biomassa.

Tabela 6 – Valores de estoque de carbono em Mg-C.ha⁻¹ encontrados para cada uma das parcelas através dos modelos estatísticos selecionados.

	P1	P2	P3	P4
Brown <i>et al.</i> (1989)	32,37	72,45	136,43	5,13
Morais <i>et al.</i> D ₃₀ (2014)	38,17	72,34	205,53	6,99
Morais <i>et al.</i> DAP (2014)	39,88	95,61	216,23	7,30
Miguel (2014)	25,31	57,94	98,33	1,93
Scolforo <i>et al.</i> (2008)	28,51	66,02	143,25	5,84
Schumacher e Hall (1933)	33,86	81,16	214,59	9,63

Fonte: A autora, 2018.

Tabela 7 - Valores de biomassa em Mg.ha⁻¹ encontrados para cada uma das parcelas através dos modelos estatísticos selecionados.

	P1	P2	P3	P4
Brown <i>et al.</i> (1989)	68,87	154,15	290,28	10,91
Morais <i>et al.</i> D ₃₀ (2014)	81,21	153,91	437,30	14,87
Morais <i>et al.</i> DAP (2014)	84,85	203,43	460,06	15,53
Miguel (2014)	53,85	123,28	209,21	4,11
Scolfro <i>et al.</i> (2008)	60,66	140,47	304,79	12,43
Schumacher e Hall (1933)	72,04	172,68	456,57	20,49

Fonte: A autora, 2018.

Tabela 8 – Valores médios de altura, diâmetro a altura do peito, diâmetro á 30 cm do solo e biomassa para cada parcela.

	Altura (m)	DAP (cm)	D ₃₀ (cm)	Biomassa (Mg.ha ⁻¹)	Carbono (Mg-C.ha ⁻¹)
P1	11,92	24,15	26,88	70,25	33,02
P2	14,79	36,51	38,24	157,98	74,25
P3	11,39	37,95	38,92	359,70	169,06
P4	2,63	9,49	10,73	13,06	6,14

Fonte: A autora, 2018.

A parcela com menor estimativa de biomassa foi P4, com média igual a 13,06 Mg.ha⁻¹ (Tabela 6 e 7). A discrepância em relação aos resultados de P2 e P3 pode estar atribuída à quantidade de biomassa lenhosa presente, às diferentes pressões antrópicas e à heterogeneidade fitofisionômica do Cerradão. Fatores como a quantidade de biomassa lenhosa e desenvolvimento diferenciado dos indivíduos arbóreo-arbustivos estão inteiramente relacionados à produção de biomassa (CASTRO *et al.*, 1998).

A parcela P4, possui indivíduos menos desenvolvidos, com valores de DAP e D₃₀ consideravelmente inferiores em relação aos valores das outras três parcelas mensuradas. Ademais, grande parte da vegetação não se enquadra no critério de seleção DAP ≥ 5 cm. Felfili (1994) e Ratter (1995) fazem referência à composição florística bastante variável do Cerradão, mencionado as intercalações com outras fitofisionomias. Nesse sentido, acredita-se que os menores valores de biomassa e estoque de carbono encontrados em P4 podem ser justificados pela ocorrência de outras fitofisionomias nesta área, com grande ocorrência de árvores comuns de cerrado sentido restrito.

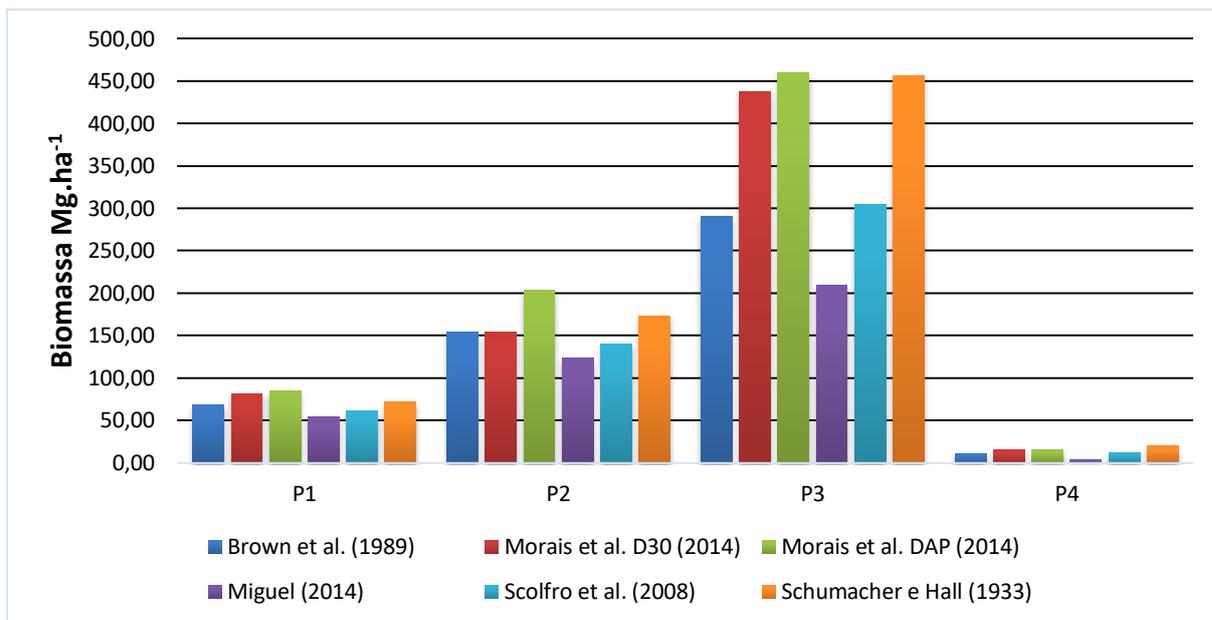
O valor médio de estoque de carbono encontrado para a parcela P4 (6,14 Mg-C.ha⁻¹) encontra-se dentro do intervalo registrado em áreas de cerrado sentido restrito em concordância com os valores obtidos nos estudos de Rezende (2006) e Assunção *et al.* (2004). Esses autores avaliaram o estoque de carbono nos troncos e galhos de plantas lenhosas do cerrado sentido restrito do Brasil Central, encontrando valores que variaram de 3,71 Mg.C.ha⁻¹ para o estado de Minas Gerais a 13,27 Mg-C.ha⁻¹ em Goiás (PAIVA *et al.*, 2011).

No que diz respeito aos traços da formação da vegetação, os indivíduos arbóreos pertencentes às parcelas P1 e P2 se assemelham. No entanto, os valores de biomassa encontrados são significativamente distintos, sendo a capacidade de estoque da parcela P2 cerca de 2,25 vezes maior do que a capacidade de estoque de P1 (Tabela 6 e 7). Segundo Paiva (2011) o estoque diminui com o aumento das classes de diâmetro, pois há uma redução no número de indivíduos nas maiores classes diamétricas. Como mencionado anteriormente, essa diferença pode ser explicada pela ocorrência de corte seletivo em P2 e, também, pelos maiores valores de altura das árvores presentes nessa mesma parcela.

A análise da Figura 16 permite verificar que os resultados encontrados através da aplicação de cada uma das equações alométricas selecionadas aproximam entre si. As maiores diferenças estão concentradas nas parcelas P2 e P3 em que os valores mais elevados são representados pelos dois modelos de Morais *et al.* (2014) e o de Schumacher e Hall (1993). Nota-se que, apesar de estimarem valores próximos, as duas equações de Morais *et al.* (2014)

se diferenciam. A equação que faz uso da variável DAP em sua fórmula apresentou valores superiores àqueles oriundos da equação com a variável D_{30} . De acordo com os estudos de Morais *et al.* (2014), a altura de tomada dos diâmetros pode influenciar na precisão dos modelos, sendo o diâmetro medido a 1,30 m o que apresenta melhores ajustes com estimativas mais precisas.

Figura 16 - Representação gráfica dos valores de biomassa aérea (em $Mg. ha^{-1}$) encontrados para cada uma das parcelas estudadas e suas respectivas fórmulas. Fonte: A autora, 2018.



Dados de biomassa e estoque de carbono em áreas de Cerradão foram levantados em periódicos, teses e dissertações para que fosse possível realizar a comparação entre os valores obtidos no presente estudo e os dados disponíveis na literatura. Os valores de estoque de carbono expostos na Tabela 9 mostram que, apesar da variabilidade significativa entre os valores de estoque de carbono encontrados, de $1,93 Mg-C.ha^{-1}$ a $216,23 Mg-C.ha^{-1}$, os resultados encontrados pelos cinco autores listados se aproximam daqueles obtidos para as parcelas P1 e P4 do estudo em questão.

Tabela 9 – Valores de estoque de carbono em áreas de Cerradão encontrados na literatura

Autor	Carbono ($Mg-C.ha^{-1}$)	Equação	Limite de inclusão	Unidade amostral	Estado
Morais <i>et al.</i> (2013)	36,78	(1)	$DAP \geq 5$ cm	Parcelas (10x100 m)	MG
Pinheiro (2008)	46,14	(2)	$DAP \geq 5$ cm	Parcelas (20x40 m)	SP
Lopes <i>et al.</i> (2010)	9,9	(3)	$DAP \geq 10$ cm	Parcelas (40x25 m)	MG
Teodoro (2014)	35,94	(4)	$D_{30} \geq 5$ cm	Parcelas (20x50 m)	GO
Fernandes (2008)	48,94	(3)	$DAP \geq 5$ cm	Pontos quadrantes	MG

(1) Scolfoto *et al.* (2008) (2) Melo *et al.* (dados não publicados) (3) Brown *et al.* (1989) (4) Rezende *et al.* (2006).
Fonte: A autora, 2018.

Ainda que os valores de biomassa e estimativa de estoque de carbono encontrados na parcela P2 se distanciem daqueles identificados nos estudos citados na Tabela 9, esses se aproximam dos valores obtidos nos estudos realizados por Pinheiro (2008) em que os valores de biomassa aérea variaram de 62,83 Mg.ha⁻¹ a 142,72 Mg.ha⁻¹ com valor médio de 98,18 Mg.ha⁻¹ para biomassa aérea.

Em um gradiente de Cerrado sentido restrito e Cerradão em São Paulo, Kuntzchik e Bitencourt (2003) obtiveram uma variação de biomassa aérea de 3,32 Mg.ha⁻¹ a 120,5 Mg.ha⁻¹ (PINHEIRO, 2008). Com exceção da parcela P3, os valores obtidos na quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono na Fazenda Capão Amarelo se enquadram nesse intervalo. Em Minas Gerais, Scolforo *et al.* (2008) estudaram cinco fragmentos de Cerradão e estimaram valores que variaram de 27,5 Mg-C.ha⁻¹ a 45,1 Mg-C.ha⁻¹ de carbono para a parte aérea da fitofisionomia. Lopes *et al.* (2010) também desenvolveu seu estudo em uma área de Cerradão no Estado de Minas Gerais e obteve valor de biomassa aérea inferior aos apresentados por outros estudos aplicados a essa fisionomia, porém próximo ao valor encontrado para a parcela P4 desse presente estudo.

Alguns fatores podem ter contribuído para o contraste de valores entre os dados obtidos através da mensuração de indivíduos da parcela P3 e àqueles obtidos nos estudos de Fernandes (2008), Lopes (2010), Teodoro (2014), Morais *et al.* (2013), Scolforo *et al.* (2008) e Pinheiro *et al.* (2008). Um dos fatores é o método de amostragem, todos os estudos mencionados utilizaram parcelas com áreas próximas a 1000 m², mas com valores de largura e comprimento distintos. Além disso, o fato de não haver equações específicas para a área de estudo pode ter interferido nos resultados, mesmo sendo selecionadas equações mais robustas com R² superiores a 0,93. Somogy *et al.* (2013) citado por Neto (2012) salientam que, em alguns casos, as equações utilizadas podem ter sua representatividade afetada por serem baseadas em estudos locais.

Tabela 10– Quantidade de CO₂ retida na biomassa aérea de cada uma das parcelas estudadas.

VALORES MÉDIOS DE CO ₂ (Mg-CO ₂ .ha ⁻¹)			
P1	P2	P3	P4
121,17	272,51	620,45	22,53

Fonte: O autor, 2018.

Segundo Ronquim 2007 *in* Fernandes (2008), 1 Megagrama de carbono corresponde 3,67 Mg de CO₂. Com base nessa afirmação e na análise dos dados expostos na Tabela 10,

tem-se que a supressão da vegetação pertencente a todas às parcelas estudadas corresponderia à emissão de $1036,66 \text{ Mg-CO}_2.\text{ha}^{-1}$

6. CONCLUSÃO

A proposta desse trabalho surgiu diante da necessidade de estudos que colaborassem com o enriquecimento de pesquisas sobre biomassa e estoque de carbono realizadas em áreas de Cerrado. A investigação da quantidade de estoque de carbono e biomassa das diferentes fitofisionomias desse bioma é de extrema relevância para levantamento de dados qualitativos e quantitativos, de maneira a proporcionar um reconhecimento e valorização dos serviços ecossistêmicos prestados pelo Cerrado, entre eles a fixação de CO_2 .

O presente estudo buscou analisar o estoque de carbono em uma área de Cerradão no Centro-Oeste de Minas Gerais através da aplicação de modelos alométricos. A seleção desses modelos foi realizada com base em estudos desenvolvidos em áreas com presença de vegetação característica da fitofisionomia estudada.

A partir da mensuração dos indivíduos arbóreos pertencentes a cada uma das quatro parcelas analisadas, tem-se que os valores de estimativa de biomassa para a parcela P1 variaram entre $60,66 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $84,85 \text{ Mg.ha}^{-1}$, enquanto os valores para as parcelas P2, P3 e P4 variaram entre $123,28 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $203,43 \text{ Mg.ha}^{-1}$; $209,21 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $460,06 \text{ Mg.ha}^{-1}$; $4,11 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $20,49 \text{ Mg.ha}^{-1}$ respectivamente. Esses resultados revelam uma capacidade diferenciada de acumulação de carbono por cada uma das parcelas. Deliti *et al.* (2006) afirma que, numa mesma fisionomia, podem ocorrer diferenças de biomassa e estoque de carbono devido à forte influência de fatores como interferência antrópica, variações edafoclimáticas, composição florística e constituição dos estratos.

A parcela P3 se destacou por apresentar os maiores valores de biomassa em relação às demais parcelas, o que pode ser explicado pela presença de árvores de grande porte com valores de DAP elevados. Nessa parcela, os indivíduos arbóreos com $\text{DAP} > 40 \text{ cm}$ são responsáveis por cerca de 90% da biomassa média produzida.

Os modelos alométricos testados para estimar biomassa aérea, de um modo geral, apresentaram resultados próximos aos disponíveis na literatura, apresentando comportamentos bem semelhantes. Considera-se que essas equações são satisfatórias diante da variabilidade natural existente na estrutura e na forma da vegetação. As equações de Brown *et al.* (1989),

Miguel (2014) e Scolforo *et al.* (2008) foram as que apresentaram melhores resultados, havendo superestimação por parte das equações de Morais *et al.* (2014) e Schumacher e Hall (1933) (com destaque para as parcelas P2 e P3). Assim, em relação à metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, observa-se confiabilidade significativa, uma vez que os resultados encontrados estão bem próximos dos resultados dos trabalhos já desenvolvidos em áreas de Cerradão.

Os estoques de carbono médio para cada uma das parcelas $33,02 \text{ Mg-C.ha}^{-1}$; $74,25 \text{ Mg-C.ha}^{-1}$; $169,06 \text{ Mg-C.ha}^{-1}$ e $6,14 \text{ Mg-C.ha}^{-1}$ e os valores encontrados para a quantidade de CO_2 retirada da atmosfera $121,17 \text{ Mg-CO}_2\text{.ha}^{-1}$; $272,51 \text{ Mg-CO}_2\text{.ha}^{-1}$; $620,45 \text{ Mg-CO}_2\text{.ha}^{-1}$ e $22,53 \text{ Mg-CO}_2\text{.ha}^{-1}$, evidenciam a importância do Cerradão no sequestro e fixação de carbono, além do seu potencial na mitigação biológica dos efeitos do aquecimento global.

É inquestionável a valia de se realizar estudos voltados para o conhecimento de fitofisionomias em termos de biomassa e carbono, a fim de se obter um melhor entendimento sobre os biomas e sobre as mudanças climáticas. Por isso, garantir a conservação das áreas de floresta nativa e reserva da Fazenda Capão Amarela é uma forma de garantir os serviços ecossistêmicos prestados por áreas de Cerrado, além de ser uma forma de preservar uma amostra de biodiversidade da região.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A.L.A. **Santo Antônio do Monte/ Minas Gerais, inventário de proteção ao acervo cultural.** 2018. Disponível em: <http://www.samonte.mg.gov.br/imagens/editor/files/patrimonio_cultural/Ficha_de_Inventario_da_Pedreira.pdf>. Acesso em: 07 de julho de 2018.
- ADUAN, R.E.; VILELA, M.F.; KLINK, C.A. **Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres: o caso do Cerrado brasileiro.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003.
- ALVES, A.R. DE MEDEIROS, A. N., DE ANDRADE, A. P., FRIGHETTO, R. T. S., e SILVA, M. J. S.. A caatinga e a oportunidade de mitigação das emissões de gases de efeito estufa pela atividade pastoril. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 639-661, 2018.
- ALVES, R.J.V.; KOLBEK, J. Can campo rupestre vegetation be floristically delimited based on vascular plant genera?. **Plant ecology**, v. 207, n. 1, p. 67-79, 2010.
- AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG.** 2010. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa.
- ANDRADE, V.C.L., RIBERO, J., PINTO, I., SANTOS, M., TELLES, L., e TERRA, D. Hipsômetros baseados no princípio geométrico avaliados em área de cerrado sensu stricto. **Nativa, Sinop**, v. 4, n. 5, p. 333-336, 2016.
- AQUINO, F.G.; DE OLIVEIRA, M.C. **Reserva legal no bioma cerrado: uso e preservação.** Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E), 2006.
- ARAÚJO, T.M; HIGUCHI, N.; CARVALHO JR, J.A. Comparação de métodos para determinar biomassa na região Amazônica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, p. 39-40.
- ÁRVORES BRASIL. **Árvores do Brasil.** Disponível em: http://www.arvoresbrasil.com.br/?pg=lista_especies&botao_pesquisa=1. Acesso em: 6 de novembro de 2018.

- ASSUNÇÃO, S. L.; FELFILI, J. M.. Fitossociologia de um fragmento de cerrado sensu stricto na APA do Paranoá, DF, Brasil. **Acta botanica brasílica**, v. 18, n. 4, p. 903-909, 2004.
- BARRETO, R.C.; MADARI, B.E.; MADDOCK, J.E.L.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J. & COSTA, A.C. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. *Agric. Ecosys. Environ.*, 132:243-251, 2009.
- BASTOS, L.A.; FERREIRA, I.M. Composições fitofisionômicas do bioma cerrado: estudo sobre o subsistema de Vereda. **Espaço em Revista**, v. 12, n. 1, 2010.
- BATISTA, J. L. F. **Mensuração de árvores: uma introdução à dendrometria**. ESALQ/USP, 205f. 2001.
- BERTOL, I., BEUTLER, J. F., LEITE, D., E BATISTELA, O. L. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agropecuaria.**, Piracicaba, v. 58, n. 3, 2001.
- BESSEN, M., HENRIQUE, R., RIGO, A. N. T., SEIKI, G. e PIVA, J. T.. Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 3, p. 429-439, 2018.
- BICKI, T.J. e SIEMENS, J.C. Crop response to wheel traffic soil compaction. *Transaction of the ASAE*, 34; 909- 913, 1991.
- BIOT, Y., HIGUCHI, N., MINETTE, L., DOS SANTOS, J. e RIBEIRO, R. J.. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998.
- BOLFE, E. L., BATISTELLA, M., FERREIRA, M. C. e TAKAMATSU, J. Estimativa de biomassa epígea e estoque de carbono de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu, Pará. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 7. 2009, Luziânia. Luziânia: EMATER-DF, 2009.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC, 2017. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Disponível em: <sirene.mcti.gov.br/publicações>. Acesso em: 10 de Setembro de 2018.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2018. **Governo divulga desmatamento no Cerrado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/14836-noticia-acom-2018-06-3066.html>>. Acesso em: 12 de setembro de 2018.
- BRIANEZ, D., GONÇALVES JACOVINE, L. A., BOECHAT SOARES, C. P., OLIVEIRA CASTRO, R. V., e BASSO, V. M.. Equações alométricas para estimativa de carbono em árvores de uma área urbana em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, 2013.
- BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, Lawrence, v. 35, p. 881-902 1989. 1996.
- CARVALHO, J.L.N., AVANZI, J. C., SILVA, M. L. N., MELLO, C. R. D., E CERRI, C. E. P. POTENCIAL de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-290, 2010.
- CASTRO, E.A.; KAUFFMAN, J. B.. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, n. 3, p. 263-283, 1998.
- CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Agricultura e aquecimento global. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 40-44, 2007.
- CERRUTO RIBEIRO, S., GONÇALVES, L. A., BOECHAT, C. P., MARTINS, S. V., LOPES, A. e BRANDI, A. M. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, 2009.
- COSTA, A.A.; DE ARAÚJO, G.M. Comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Acta botanica brasílica**, v. 15, n. 1, p. 63-72, 2001.
- COUTO, H.T.Z.; FERRARI, M.P. **Nota Circular Técnica nº53: O Hipsômetro do IPEF/CEF-ESALQ**. 1979
- CUNHA, A.S.C., MUELLER, C. C., ALVES, E. D. A. E DA SILVA, J. E. **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados**. IPEA. 1994.

- CUNHA, U. S.. **Dendrometria e Inventário Florestal**, 2004. Disponível em: <<https://engenhariaflorestal.jatai.ufg.br/up/284/o/dendroinv.pdf>>. Acesso em: 08 de julho de 2018.
- CUNIA, T. R. Construction of tree biomass tables by linear regression techniques. In: **Tree Biomass Regression and Their Error**. Proceedings of the on tree biomass regression functions and their contribution to the error of forest inventory estimates. USDA. **Forest Service**, 1986. p. 27-36. Gen Tech. Rep. NE-117.
- DE CAMPOS, C. P.. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo do protocolo de Quioto**. 2001. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.
- DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. **Simpósio sobre mata ciliar**, v. 1, p. 88-98, 1989.
- DELITTI, W.B.C.; MEGURO, M.; PAUSAS, J.G. Biomass and mineral mass estimates in a "cerrado" ecosystem. **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, n. 4, p. 531-540, 2006.
- DE MELLO BAPTISTA, G.M.; CORRÊA, R.S.; DOS SANTOS, P.F. Campos de murundus da Fazenda Água Limpa da UnB: hipóteses de origem. **Revista do CEAM**, v. 2, n. 1, 2013
- DE MELO, L.C., SANQUETTA, C. R., DALLA, C. A. P. E HENTZ, Â. M. K. Estimativa de biomassa e carbono total para árvores de caixeta no Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 77, p. 21-30, 2014.
- DE OLIVEIRA-FILHO, A.T. The vegetation of Brazilian 'murundus'—the island-effect on the plant community. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, n. 4, p. 465-486, 1992.
- DIAS, L.C.P., PIMENTA, F. M., SANTOS, A. B., COSTA, M. H. e LADLE, R. J. Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. **Global change biology**, v. 22, n. 8, p. 2887-2903, 2016.
- DUARTE, L.M.G. Politização da questão ambiental entre os produtores rurais no cerrado brasileiro. In: **XIX Encontro Anual Da Associação Nacional De Pós Graduação Em Ciências Sociais (Anpocs)**. Caxambu, 1995.
- EITEN, G. Vegetação do cerrado. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**, v. 2, p. 17-73, 1994.

- FELFILI, J. M., FILGUEIRAS, T. S., HARIDASAN, M., SILVA JÚNIOR, M. C., MENDONÇA, R. C. e REZENDE, A. V. . Projeto biogeografia do bioma cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências**, v. 12, n. 4, p. 75-166, 1994.
- FELFILI, J. M.. Fragmentos de florestas estacionais do Brasil Central: diagnóstico e proposta de corredores ecológicos. **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste. Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco**, p. 195-263, 2003.
- FELFILI, J. M.; CARVALHO, Fabrício Alvim; HAIDAR, Ricardo Flores. **Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005.
- FELICIANO, M.E., RIBEIRO, A., FERRAZ FILHO, A. C. E VITOR, P. C. G.. Avaliação de diferentes hipsômetros na estimativa da altura total. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 01-05, 2016.
- FERNANDES, T. J. G., BOECHAT, S. C. P., GONÇALVES, J. L. A. E DE PÁDUA, A. A.. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea* sp., aos 12 anos de idade, na zona da mata mineira. **Revista Árvore**, v.31, n. 4, 2007.
- FERREIRA, M.F.M., RODRIGUES, P. M. S., DE ARAÚJO, L. S., SILVA, C. H. P., MADEIRA, B. G. e JÚNIOR, J. B. S.. Comparação da Incidência de Galhas em Duas Formações Florestais do Bioma Cerrado: Cerrado Stricto Sensu e Mata Seca. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 36-38, 2007.
- FERREIRA, S.J. F. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 1, p. 59-68, 2006.
- GARCIA, J.R.; BUAINAIN, A.M. Dinâmica de Ocupação do Cerrado Nordeste pela Agricultura: 1990 e 2012. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 2, p. 319-338,
- GIBBS, H.K., RUESCH, A. S., ACHARD, F., CLAYTON, M. K., HOLMGREN, P., RAMANKUTTY, N. e FOLEY, J. A. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.107, p.16732–16737, 2010.

- HARDER, I.C.F. Inventário quali-quantitativo da arborização e infra-estrutura das praças da cidade de Vinhedo (SP). 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- HIGA, R.C.V., CARDOSO, D. J., DE CASTRO, G., ZANATTA, J. A., ROSSI, L. M. B., PULROLNIK, K. e DE SALIS, S. M. Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono florestal. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2014.
- HOUGHTON, R.A. Changes in the storage of terrestrial carbono since 1850. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A. eds. **Soils and Global Change**. Boca Raton, CRC Lewis Publishers, 1995. p.45-65.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 18 de novembro de 2018.
- ICMBIO. **Cerrado**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado>>. Acesso em: 4 de setembro de 2018.
- IPCC (2001b). **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability- Contribution of Working Group 2 to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge Univ. Press. 2001.
- IPCC (1996b). **Intergovernmental Panel on Climate Change**. Climate Change 1995: The Science of Climate Change-Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report. Cambridge Univ. Press. 1996.
- KLEIN, A.L. (org.). Eugen Warming e o Cerrado brasileiro: um século depois. São Paulo: Editora UNESP; Imprensa Oficial do Estado, 2002.
- KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- LIMA, J.E.F.W. Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado. **Ciência e Cultura**, v. 63, n. 3, p. 27-29, 2011.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. p. 33-44. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. R.R. Rodrigues & H.F. Leitão-Filho (eds.). São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, FAPESP, 2001.
- LOPES, R.B.; MIOLA, D.T.B. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do cerrado. **SYNTHESIS| Revistal Digital FAPAM**, v. 2, n. 2, p. 127-143, 2016.

- MACHADO, R. B. **Estimativa de perda da área do Cerrado brasileiro**. 2016.
- MACHADO, R.B.; AGUIAR, L.M.S. A ocupação do cerrado e os menosprezados impactos sobre a biodiversidade. **Revista UFG**, v. 12, n. 9. 2010.
- MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**, 2. ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2009. 316p.
- MALHI, Y., SAATCHI, S., GIRARDIN, C. e ARAGÃO, L. E. O. C. Produção, estoques e fluxo de carbono nas florestas amazônicas. **Geophysical Monography**, v. 186, p. 355-371, 2009.
- MAROUELLI, R P.. O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro. **Brasília: ISAEFGV/Ecobusiness School**, 2003.
- MEAVE, J., KELLMAN, M., MACDOUGALL, A. e ROSALES, J. . Riparian habitats as tropical forest refugia. **Global ecology and biogeography letters**, p. 69-76, 1991.
- MIGUEL, E.P., REZENDE, A. V., LEAL, F. A., MATRICARDI, E. A. T., DO VALE, A. T. e PEREIRA, R. S.. Redes neurais artificiais para a modelagem do volume de madeira e biomassa do cerradão com dados de satélite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 9, p. 829-839, 2015.
- MIGUEL, E.P., REZENDE, A. V., ASSIS, L. F., TRONDOLI, M. E. A., IMANA, J. M., & NUNES, J. F. Floristic, structural, and allometric equations to estimate arboreal volume and biomass in a cerradão site. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, 2017.
- MIRANDA, E.E. **Ecologia**. Edições Loyola, 1995.
- MIRANDA, S.C. et. al. Regional Variations in Biomass Distribution in Brazilian Savanna Woodland. **Biotropica**, 46(2), 125–138, 2014.
- MORAIS, V.A., SCOLFORO, J. R. S., SILVA, C. A., MELLO, J. M. D., GOMIDE, L. R. e OLIVEIRA, A. D. D.. Carbon and biomass stocks in a fragment of cerradão in Minas Gerais state, Brazil. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 237-245, 2013
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. e KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853, 2000.
- NETO, J.A. **Estoques de carbono em sistemas agroflorestais de cacaueteiro como subsídios a políticas de serviços ambientais**. 2012.

- NOBRE, C.A.; NOBRE, A.D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 45, p. 81-90, 2002.
- OLIVEIRA FILHO, A.T. **Catálogo as Árvores Nativas de Minas Gerais: mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais / Lavras**: Editora UFLA, 2006.
- OLIVEIRA, X. M., OLIVEIRA, R., RAMALHO, F., CABACINHA, C. e ASSIS, A. Precisão e tempo de operação de alguns instrumentos para medir altura de árvores. **Enciclopédia Biosfera, Goiânia**, v. 10, n. 18, p. 23-36, 2014.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 141-194, 1995.
- ONÇA, S. D. A Metáfora Do Efeito Estufa. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 8, 2013.
- PACHECO, M.R.P.S.; HELENE, M.E.M.. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. **Estudos avançados**, v. 4, n. 9, p. 204-220, 1990.
- PAIVA, A.O.; REZENDE, A.V.; PEREIRA, R.S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, 2011.
- PEREIRA, B.A.S.; VENTUROLI, F.; CARVALHO, F.A. **Florestas Estacionais No Cerrado: Uma Visão Geral**. 2011.
- PIMENTA, L.F. Formações Fitofisionômicas do Cerrado. Não publicado.2018.
- PINHEIRO, E.S. **Análises ecológicas e sensoriamento remoto aplicados à estimativa de fitomassa de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- PIRES, M. O. "Programas agrícolas na ocupação do cerrado". **Sociedade e Cultura**, v. 3, n. 1 e 2, p. 111-131, 2000.
- PMSAM. Portal Prefeitura Municipal de Santo Antônio do Monte. Localização. Minas Gerais, 2018.
- RENNER, R. M. **Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2004. 9 p.

- RESENDE, IL de M., DE ARAÚJO, G. M., OLIVEIRA, A. D. A., DE OLIVEIRA, A. P. e DE ÁVILA JÚNIOR, R. S. **A comunidade vegetal e as características abióticas de um campo de murundu em Uberlândia, MG.** Acta bot. bras. 18 (1): 9-17. 2004.
- REZENDE, A. V., VALE, A. D., SANQUETTA, C. R., FIGUEIREDO, A. E FELFILI, J. M.. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, v. 71, n. 2, p. 65-73, 2006.
- REZENDE, G.C. de; HELFAND, S. M.; REZENDE, G. C. Ocupação agrícola, estrutura agrária e mercado de trabalho rural no cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e das políticas públicas. **Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro.** Rio de Janeiro, IPEA, p. 173-212, 2003.
- RIBEIRO, A.C.B.M.; DE OLIVEIRA HOECKEL, P.H.; DE MORAES, G.I. Tributação sobre gases de efeito estufa no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral computável. **Ensaio FEE**, v. 38, n. 4, p. 683-706, 2018.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado.** Embrapa Cerrados, 1998.
- RIBEIRO, J. F., SANO, S. M., MACEDO, J. e DA SILVA, J. A. Os principais tipos fitofisionomicos da regio dos cerrados. **Embrapa Cerrados-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 1983.
- RICHART, A., TAVARES, F. J., RODRIGUE, B. O., FUENTES, L. R. E FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, 2005.
- RODRIGUES, R.F.; DE ARAUJO, G.M. Estrutura da vegetação e características edáficas de um cerradão em solo distrófico e em solo mesotrófico no Triângulo Mineiro. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, 2013.
- RUDORFF, B., RISSO, J. e AGUIAR, D. **Análise Geoespacial da Dinâmica das Culturas Anuais no Bioma Cerrado: 2000 a 2014.** 2015. Disponível em: http://biomas.agrosatelite.com.br/img/Analise_geoespacial_da_dinamica_das_culturas_anuais_no_bioma_Cerrado_2000a2014.pdf. Acessado em 20 de novembro de 2018.
- SANTO, B. R. do E. **Os caminhos da agricultura brasileira.** São Paulo: Evoluir, 2001.

- SANTOS, E. V.; MARTINS, R. A.; FERREIRA, I. M. O processo de ocupação do bioma cerrado e a degradação do subsistema vereda no sudeste de Goiás. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, v. 13, p. 1-20, 2009.
- SANTOS, J. DOS. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira**. 121 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, M. G., 1996.
- SCOLFORO, J. R. Volumetria, peso de matéria seca e carbono. In: SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M. de; OLIVEIRA, A. D. (Ed.). **Florística, estrutura, diversidade, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e áreas aptas para manejo florestal**. Lavras: UFLA, 2008a. p. 361-439.
- SCOLFORO, J. R. Equações para quantidade de carbono das fisionomias, em Minas Gerais. In: **Inventário florestal de Minas Gerais: equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa**, 2008.
- SHAOQIANG, W., JIYUAN, L., GUIRUI, Y., YUANYUAN, P., QINGMEI, C., KERANG, L. e JIAYONG, L. Effects of land use change on the storage of soil organic carbon: A case study of the Qianyanzhou Forest Experimental Station in China. **Climatic Change**, v. 67 v. 2-3, p. 247–255, 2004.
- SILINGARDI, H.M.T. **A influência dos herbívoros florais, dos polinizadores e das características fenológicas sobre a frutificação de espécies da família Malpighiaceae em um cerrado de Minas Gerais**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SILVA, AC da; LIMA, EPC de; BATISTA, Henrique Rogê. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. **V Encontro de Economia Catarinense**, 2011.
- SILVA, F. G., DE ANGELI, C. R., BOECHAT, S. C. P. E DE CASTRO, P. L. Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, 2012.
- SILVEIRA, P., KOEHLER, H. S., SANQUETTA, C. R. e ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, v. 38, n. 1, p. 185-206, 2008.
- SOARES, C.P.B.; DE PAULA NETO, F.; DE SOUZA, A.L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2.ed.- Viçosa, MG:Ed UFV, 2011.

- SOUZA, D. R., DE SOUZA, A. L., GAMA, J. R. V. E LEITE, H. G. EMPREGO da análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequiduais. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 59-63, 2003.
- TEODORO, D.A.A. **Biomassa, estoque de carbono e nutrientes no Cerrado**. 2014. Dissertação (Ciências Florestais), Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília.
- TRAUTENMULLER, J.W. **Quantificação e distribuição do estoque de biomassa acima do solo em floresta estacional decidual**. 2015. Dissertação (Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.
- VALENTIN, D., 2005. **Diagnóstico da floresta urbana com recursos financeiros reduzidos**. Disponível em: <http://cmq.esalq.usp.br/Philodendros/doku.php?id=lcf0130:historico:2016:equipes:equip_e06:start> Acesso em: 22 de setembro de 2018.
- VAZ, D., **AgroBrasília celebra 40 anos da criação do Prodecer**. Disponível em: <<http://agrobrasil.com.br/ultimas-noticias/496-agrobrasil-celebra-40-anos-da-criacao-do-prodecer.html>>. Acesso em: 17 de outubro de 2018.
- WALKER, W., A. BACCINI, M. NEPSTAD, N. HORNING, D. KNIGHT, E. BRAUN, and A. BAUSCH. **Guia de Campo para Estimativa de Biomassa Florestal e Estoque de Carbono** - Centro de Pesquisas Woods Hole, Massachusetts, p. 1 – 72, 2011.
- WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. 2006. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.
- WWF - WORLD WILDLIFE FUND. **Repercussões Ambientais da Expansão da Soja no Cerrado e seus Vínculos com a Liberalização do Comércio e a Política Macroeconômica Brasileira**. Brasília: WWF Brasil, 1999.
- WWF - WORLD WILDLIFE FUND. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_cerrado/mapa_bioma_cerrado/>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.

Certificado

Certifico que a aluna **Maria Clara Jesus Xavier**, autora do trabalho de conclusão de curso intitulado **“Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma unidade fitofisionômica de Cerrado no Centro-oeste de Minas Gerais”**, efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.



Livia Cristina Pinto Dias

Orientadora

Ouro Preto, 18 de dezembro de 2018

Prof.ª Dr.ª Livia Cristina Pinto Dias
DEAMB/EM/UFOP