



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

PAULO CÉSAR ALVES DE OLIVEIRA MEDEIROS

**MODELOS VOLUMÉTRICOS E FATOR DE FORMA NA
ESTIMATIVA DO VOLUME DE ÁRVORES EM CERRADO *SENSU
STRICTO***

**GURUPI - TO
2018**



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais**

PAULO CÉSAR ALVES DE OLIVEIRA MEDEIROS

**MODELOS VOLUMÉTRICOS E FATOR DE FORMA NA
ESTIMATIVA DO VOLUME DE ÁRVORES EM CERRADO *SENSU
STRICTO***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Giongo

Coorientadora: Prof. Dra. Maria Cristina B. Coelho

**GURUPI - TO
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

M488m MEDEIROS, PAULO CESAR ALVES DE OLIVEIRA.
MODELOS VOLUMÉTRICOS E FATOR DE FORMA NA
ESTIMATIVA DO VOLUME DE ÁRVORES EM CERRADO SENSU
STRICTO . / PAULO CESAR ALVES DE OLIVEIRA MEDEIROS. –
Gurupi, TO, 2018.
57 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do
Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais, 2018.

Orientador: Marcos Giongo

Coorientadora : Maria Cristina Bueno Coelho

1. Volume. 2. Cubagem relativa. 3. Modelos volumétricos. 4. Fator
de forma. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que
citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime
estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da
UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



PAULO CÉSAR ALVES DE OLIVEIRA MEDEIROS

Modelos volumétricos e fator de forma na estimativa do volume de árvores em Cerrado *sensu stricto*

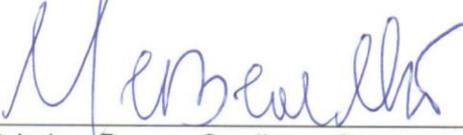
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais em 30/01/2018 foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data da aprovação: 30/01/2018.

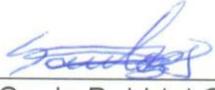
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Marcos Giongo – Orientador - UFT



Profª. Drª. Maria Cristina Bueno Coelho – Coorientadora - UFT



Prof. Dr. Saulo Boldrini Gonçalves – Examinador - UFT



Prof. Dr. Edmar Vinicius de Carvalho – Examinador – UFT

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTO

Inicialmente, agradeço a Deus por ter saúde e discernimento para compreender as situações ao logo do tempo.

Aos meus familiares, em especial aos avós Giselda e Manoel Machado, a minha mãe Maria Aparecida, pelo amor compartilhado, incentivo em todos os momentos e por não medirem esforços para a realização desta conquista.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Giongo pela orientação e oportunidade de desenvolver essa pesquisa, pela amizade e pelos conceitos e ideias que sempre levam a um crescimento pessoal e profissional.

Agradeço ao CeMAF, pela estrutura e fornecimento de todo o material utilizado durante a coleta de dados e principalmente pela equipe técnica disponibilizada durante todo esse processo.

Aos acadêmicos do curso de Engenharia Florestal-UFT que participaram da coleta de dados e que de certa forma foram essenciais para a realização dessa pesquisa. Aos colegas de Pós-Graduação, pelos momentos partilhados, pelas ideias e artigos publicados durante esse processo.

Agradeço aos meus amigos Yunes, Vanildo Jr., Ana Clara, Kerolla, Tayanne, Rhonan, Filipe, Euclides, André, Túlio, Guilherme e ao meu primo Eduardo Rizzi que disponibilizaram tempo para coleta de dados, mesmo em período de férias sem eles seria impossível realizar essa conquista. Por fim, todos aqueles que de alguma forma tiveram contribuição neste trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais (PGCFA), aos docentes que contribuíram com seus conhecimentos de pesquisa e propiciaram um ganho intelectual durante esse período.

Agradeço a coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior-CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

OBRIGADO A TODOS!

RESUMO

O trabalho objetivou fazer a caracterização da estrutura horizontal por meio do índice de valor de importância (IVI) e como objetivos específicos de determinar o volume de madeira de dez espécies com maior domínio em um fragmento de Cerrado *sensu stricto* no município de Gurupi-TO, através da utilização de equação volumétrica e do fator de forma. Os dados foram provenientes de cubagem relativa de árvores em pé e seus volumes obtidos pela equação de Hohenadl (10 seções). Foram coletados diâmetros de 323 árvores-amostras em 5 classes diamétricas, com intervalos de 2cm. Foram selecionados 10 modelos volumétricos, sendo estes denominados: Ogaya, Stoate, Rezende *et al.* (2006), Scolforo e Silva (1993), Meyer, Spurr (Logaritmo), Kopezky-Gehrhardt, Hohenadl-Krenn, Brennac e Schumacher-Hall, para o ajuste dos dados. Para a avaliação adotou-se critérios estatísticos: R^2_{aj} , S_{yx} , além da análise gráfica da distribuição dos resíduos. Para as 10 espécies obteve-se uma produtividade média em termos de área basal de $7,05 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e volumes estimados pela equação e pelo fator de forma, valores de $25,25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $26,87 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente. O fator de forma médio foi de 0,67 para as 10 espécies avaliadas. Conclui-se que fator de forma pode ser utilizado para as estimativas de volume em áreas onde predominam uma dominância de espécies ou grupos de espécies com características semelhantes ao deste estudo, especialmente em áreas de Cerrado *sensu stricto* em alternativa as equações volumétricas e que o modelo de Meyer apresentou o melhor desempenho para estimativa do volume em 10 espécies em uma área de Cerrado *sensu stricto*.

Palavras-chave: volume; cubagem relativa; modelos volumétricos; fator de forma; cerrado.

ABSTRACT

The work aimed to make the horizontal structure characterization through the importance value index (IVI) and specific objectives to determine the volume of ten wood species with larger field in a Cerrado *sensu stricto* fragment in the municipality Gurupi-TO, through the use of volumetric and equation of the form factor. The data was from standing trees relative space and their volumes obtained by the Hohenadl equation (10 sections). 323 diameters were collected trees-samples in 5 diamétricas classes, with intervals of 2 cm. 10 volumetric models were selected, these being called: Ogaya, Stoate, Raj et al. (2006), Scolforo and Silva (1993), Meyer, Spurr (Logarithm) Kopezky-Gehrhardt, Hohenadl-Krenn, Brennac and Schumacher-Hall, for the adjustment of the data. For evaluating statistical criteria adopted: R^2 aj, Syx, in addition to the graphical analysis of the distribution of waste. For the 10 species obtained an average productivity in terms of basal area of 7.05 m² ha⁻¹ and volumes estimated by equation and by form factor, 25.25 values m³ ha⁻¹ and 26.87 m³ ha⁻¹, respectively. The average form factor was 0.67 for the 10 species evaluated. It is concluded that form factor can be used for the volume estimates in areas where a dominance of species or groups of species with similar characteristics to this study, especially in areas of Cerrado *sensu stricto* as an alternative the volumetric and equations that model of Meyer presented the best performance for volume estimation in 10 species in an area of Cerrado *sensu stricto*.

Keywords: volume; relative incubation; volumetric models; form factor; cerrado.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	CERRADO BRASILEIRO.....	9
2.2	DESMATAMENTO NO CERRADO.....	10
2.3	REMANESCENTE FLORESTAL DE CERRADO.....	10
2.4	INVENTÁRIO FLORESTAL.....	14
2.5	EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS.....	15
2.6	FATOR DE FORMA.....	16
2.7	CUBAGEM DE ÁRVORES.....	16
2.8	ESTIMATIVAS DE VOLUME DE ÁRVORES.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	REGIÃO DE ESTUDO.....	21
3.1.1	<i>Área de estudo</i>	21
3.2	COLETA DE DADOS.....	23
3.2.1	<i>Parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal</i>	24
3.2.2	<i>Distribuição de pontos amostrais</i>	26
3.2.3	<i>Cubagem absoluta</i>	27
3.2.4	<i>Estimativa do volume</i>	28
3.2.5	<i>Estatísticas de avaliação do ajuste dos modelos volumétricos</i>	29
3.2.6	<i>Fator de forma</i>	30
3.2.7	<i>Cálculo do volume estimado pela equação de melhor ajuste</i>	30
3.2.8	<i>Cálculo do volume estimado pelo fator de forma</i>	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO.....	31
4.2	AJUSTE DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS NAS ESTIMATIVAS DE VOLUMES.....	34
4.3	FATOR DE FORMA.....	39
5	CONCLUSÕES	47
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESPÉCIES DOMINANTES EM ÁREA DE CERRADO <i>SENSU STRICTO</i>	12
TABELA 2. ESPÉCIES SELECIONADAS PARA AJUSTE DE MODELOS CONFORME A IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA.	26
TABELA 3. MODELOS SELECIONADOS NA LITERATURA PARA AVALIAR AS ESTIMATIVAS DO VOLUME.....	28
TABELA 4. PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DO CENSO REALIZADO NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL CeMAF (EEC) DAS 10 ESPÉCIES DE MAIOR DOMÍNIO NA ÁREA.	31
TABELA 5. DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL CeMAF-EEC.	33
TABELA 7. NÚMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS POR ESPÉCIE E CLASSE DIAMÉTRICA.....	33
TABELA 8. ESTATÍSTICAS DE AJUSTE E COEFICIENTES ESTIMADOS DOS 2 MELHORES MODELOS DE VOLUME PARA CADA ESPÉCIE.	35
TABELA 9. FATOR DE FORMA INDIVIDUAL PARA 10 ESPÉCIES ESTUDADAS NA EEC.....	40
TABELA 10. PRODUTIVIDADE EM ÁREA BASAL NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA CeMAF (EEC)	40
TABELA 11. VOLUMES ESTIMADOS ATRAVÉS DO FATOR DE FORMA E DA EQUAÇÃO VOLUMÉTRICA PARA CADA ESPÉCIE.....	41
TABELA 12. VALOR PONDERADO DOS SCORES ESTATÍSTICOS (VP).	42

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. POSIÇÕES DE CUBAGEM DA ÁRVORE.	18
FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.	21
FIGURA 3. ÁREA DE CERRADO <i>SENSU STRICTO</i> DENOMINADA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL CeMAF (EEC).	22
FIGURA 4. CODIFICAÇÃO DOS BLOCOS NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL CeMAF(EEC).	22
FIGURA 5. BLOCOS SELECIONADOS ALEATORIAMENTE PARA A COLETA DE DADOS DO VOLUME INDIVIDUAL DAS ESPÉCIES AVALIADAS.	26
FIGURA 6. PROCEDIMENTO EM CAMPO PARA AS MEDIÇÕES DOS DIÂMETROS NAS DIFERENTES POSIÇÕES RELATIVA DO TRONCO.	27
FIGURA 7. DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DOS INDIVÍDUOS NA EEC.	32
FIGURA 8. GRÁFICOS DE RESÍDUOS REFERENTE AOS AJUSTES DAS EQUAÇÕES 5 E 10 PARA AS ESPÉCIES <i>MACHAERIUM BRASILIENSE</i> E <i>QUALEA MULTIFLORA</i>	36
FIGURA 9. GRÁFICOS DE RESÍDUOS REFERENTE AOS AJUSTES DAS EQUAÇÕES 2, 3, 5 E 10 PARA AS ESPÉCIES <i>MYRCIA SPLENDENS</i> , <i>ASTRONIUM FRAXINIFOLIUM</i> , <i>MAGONIA PUBESCENS</i> E <i>VAITERA MACROCARPA</i>	37
FIGURA 10. GRÁFICOS DE RESÍDUOS REFERENTE AOS AJUSTES DAS EQUAÇÕES 2, 5 E 10 PARA AS ESPÉCIES <i>TACHIGALI AUREA</i> , <i>PROTIUM HEPTAPHYLLUM</i> , <i>QUALEA PARVIFLORA</i> E <i>CURATELLA AMERICANA</i>	38
FIGURA 11. GRÁFICOS DE RESÍDUOS REFERENTE A MELHOR EQUAÇÃO (5) EM COMPARAÇÃO COM O FATOR DE FORMA ESPECÍFICO PARA CADA ESPÉCIE (FFE). (CONTINUA...)	43

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta regiões com extensão territorial continental que dificulta e inviabiliza financeiramente e logisticamente os processos de monitoramento dessas áreas. Normalmente esse monitoramento é feito através da utilização de sensores de satélites, que consiste na comparação de imagens com datas distintas, no entanto a forma mais eficaz de fazer esse tipo de monitoramento, como o estudo da dinâmica da vegetação e o volume de árvores, é através de um Inventário Florestal.

Nesse sentido, determinados autores propuseram a implementação de parcelas permanentes com o intuito de monitorar a vegetação, em Cerrado *sensu stricto* (e.g. FELFILI e SILVA JÚNIOR 1988, 1993; FELFILI et al., 2000). A parcela permanente é considerada uma área previamente demarcada permanentemente em determinado tipo de vegetação visando a obtenção de parâmetros como o estoque e volume de madeira, além da dinâmica das espécies (ALDER e SYNNOT 1992; CURTIS e MARSHALL, 2005) ao longo do tempo.

O inventário Florestal, permite a quantificação e qualificação dos produtos de uma determinada área. Esse levantamento é realizado através de técnicas de amostragem, pois as medições no campo demandam tempo, e recursos financeiros na obtenção dessas informações.

O volume é uma das informações essenciais para o inventário florestal, portanto é fundamental saber quantificá-lo de forma correta e precisa (CAMPOS, 2014). E essa compreensão do estoque de madeira e do crescimento da floresta é importante pois as árvores têm um papel relevante na captação e minimização dos gases de efeito estufa, e conseqüentemente, as mudanças climáticas, provenientes de atividades antrópicas, devido a estocagem de parte do carbono da fração CO₂ presente na atmosfera (SANTOS et al., 2016)

A quantificação de volume de uma floresta pode ser realizada de maneiras distintas, sendo por meio da quantificação total dos indivíduos ou através de técnicas de amostragem, no caso de árvores individuais, existe uma grande variedade de formas para quantificar o volume, nesse caso pode-se citar a cubagem absoluta que consiste no seccionamento do tronco em diversas porções e a cubagem através da altura relativa.

O método original de Hohenadl é caracterizado pela medição do tronco em cinco secções de igual comprimento, que são estabelecidas pelo tamanho da árvore ou altura total. Esse método consiste na medição de apenas um diâmetro no centro de cada seção, sendo este volume calculado por Huber (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2003).

Na forma original do método supracitado pode se obter volumes menos precisos, pois quanto maior for a altura da árvore maior será seção, desta forma, tem se preferido mensurar mais diâmetros ao longo do tronco, sendo este, dividido em 10 ou mais seções relativas (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2009).

No Brasil existe uma diversidade de espécies que compõem os vários biomas brasileiros, além disso, grande variação em relação ao tamanho das árvores. Nesse contexto, é necessário o ajuste de equações de volume para espécies individuais ou para grupo de espécies com características semelhantes com intenção de aumentar a exatidão das estimativas de volume.

Scolforo et al. (1998) afirmam que cada espécie, em diferentes estágios de desenvolvimento, apresenta características de afilamento diferente. Uma árvore com o mesmo diâmetro e mesma altura tende a apresentar volumes distintos se a forma do fuste for diferente. Portanto, a variação existente na forma do fuste tem sido estudada no intuito de buscar maior acurácia na estimativa do volume.

Um dos métodos utilizados na estimativa do volume é o emprego de equações volumétricas, onde o volume é uma variável dependente e o diâmetro a altura do peito (DAP) e a altura total são as variáveis independentes e facilmente mensuradas (ALMEIDA et al., 2016).

Machado et al. (2002) afirmam que é necessário testar diversos modelos e que com suporte estatístico, é possível identificar e determinar o melhor para cada situação. Cerqueira et al. (2017), relatam que apesar de diversos trabalhos dessa natureza já terem sido desenvolvidos, existe a necessidade de avaliar modelos e seus ajustes para condições específicas, especialmente para espécies em particular.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo geral fazer a caracterização da estrutura horizontal através do índice de valor de importância (IVI) e como objetivos específicos de determinar o volume de madeira de dez espécies com maior domínio em um fragmento de cerrado *sensu stricto* no município de Gurupi-TO, através do estudo do estrato arbóreo em parcelas permanentes e comparar as estimativas de volume entre a equação volumétrica e o fator de forma.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cerrado brasileiro

O bioma Cerrado apresenta-se como o segundo maior na América do Sul, ocupando área de 2.036.448 km² (cerca de 22% do território brasileiro). A área desse bioma está presente nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal (MMA, 2011). Bordino (2018) relata que antes de ser modificado, o Cerrado brasileiro apresentava 204 milhões de hectares, sendo que hoje 57% não existe mais, e ainda estima-se uma existência de 12.000 espécies de plantas nas quais 50% são endêmicas desse tipo de vegetação. Ainda, este bioma, também é considerado como um *hotspots* mundial de biodiversidade, devido apresentar uma extrema abundância de espécies endêmicas.

No ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é visto e reconhecido como a savana mais rica do mundo, apresentando mais de 11.627 espécies nativas catalogadas (MMA, 2011). Dentro do bioma existe grande alternância de espécies entre diferentes fisionomias. De acordo com estimativas recentes, o Cerrado é o refúgio de 13% das borboletas, 35% das abelhas e 23% dos cupins dos trópicos. O Cerrado é caracterizado por duas estações bem definidas, uma seca, que inicia em maio e termina em setembro e outra chuvosa, que vai de outubro a abril (ASSAD, 1994). Apresenta características climáticas próprias, com precipitações variando entre 600 a 800mm nos limites da Caatinga e de 2.000 a 2.200mm na fronteira com a Amazônia (REATTO e MARTINS, 2005).

Além disso, apresenta vegetação marcante com presença de galhos tortuosos e de pequeno porte, inclinada, com ramificações irregulares e retorcidas e geralmente com evidências de queimadas (RIBEIRO e WALTER, 1998). Ainda, os troncos das árvores lenhosas são de cortiça grossa, fendida ou sulcada e as gemas apicais de várias espécies são protegidas por densa pilosidade (RIBEIRO e WALTER, 1998).

Os solos do bioma Cerrado se caracterizam por apresentarem cor avermelhada, em função da grande presença de óxido ferroso. Outra característica bastante marcante é a presença de um pH baixo nessas regiões. Alguns autores relatam que a densidade de espécies pode ser afetada por vários fatores, alguns

citados por Ribeiro e Walter (1998), como as condições edáficas, pH e saturação de alumínio, fertilidade, condições hídricas e profundidade do solo. Além do mais, ações antrópicas (frequência de incêndios florestais e queimadas) refletem na estrutura, distribuição espacial dos indivíduos lenhosos como também na composição florística.

2.2 Desmatamento no Cerrado

Devido ao grande avanço da agricultura nesta região, principalmente pela monocultura de soja, grande extensão territorial de cerrado vem diminuindo ao longo do tempo. O crescimento da pecuária também é outro fator que vem colaborado para a diminuição desse tipo de vegetação. Segundo Fernandes (2011), as principais ameaças a biodiversidade do bioma Cerrado são a expansão da agricultura e da pecuária, mediante a conversão dessas áreas que efetivamente promovem redução na vegetação primária.

O desmatamento do Cerrado apresenta ritmo muito alto e estima-se que até 2050 o pouco que resta desse domínio de vegetação pode desaparecer sem que haja um estudo, além de que, a regeneração natural é totalmente comprometida pela presença do fogo e de gramíneas e em apenas quatro décadas, mais da metade da paisagem natural deste bioma já foi modificada (BORDINO, 2018).

Em virtude do aumento do processo de ocupação do cerrado, várias atividades contribuem de forma agressiva ao ambiente natural. Marinho et al. (2017) em mapeamento do uso da cobertura do solo apresentam um aumento de 10,21% na área ocupada pela atividade de agropecuária no município de Sucupira-TO, o fato em destaque é a redução de área de vegetação, corpo hídrico e solo exposto que são convertidas em agricultura/pastagem no intervalo de 10 anos.

Santos et al. (2017) realizaram análise temporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do sul do Tocantins, constataram uma redução na área de Cerrado *sensu stricto* em 316.364,18 ha, enquanto no mesmo período área de agropecuária teve um aumento de 390.795,32 ha. O estudo ainda mostra dados referente a cidade de Gurupi-TO, cujo o aumento na atividade agropecuária foi de 13,4% neste mesmo período.

2.3 Remanescente florestal de Cerrado

O Cerrado constitui o segundo maior bioma brasileiro, está entre as mais ricas floras do mundo, e conta com 6.420 espécies vasculares (MENDONÇA et al., 1998).

O Cerrado *sensu stricto* que ocupa cerca de 70% do território deste bioma, tem sua paisagem composta por um estrato herbáceo, este dominado principalmente por gramíneas e um estrato de árvores e arbustos tortuosos, com ramificações irregulares e retorcidas, variando em cobertura de 10 a 60% (EITEN, 1994). A frequência dos incêndios florestais e queimadas nesses locais, a profundidade dos lençóis freáticos e os fatores associados ao homem têm influência significativa na distribuição dessas espécies arbóreas (RIBEIRO e WALTER, 1998).

Atualmente, o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012) define estratégias de proteção das formações florestais, do uso do solo e de exploração florestal, no entanto, a inadequação e a incoerência de gestão pública, atreladas a uma fiscalização ineficiente, tem resultado na supressão e fragmentação dessas áreas florestais, o que provoca principalmente a perda das características locais e de toda a biodiversidade (BRASIL, 2012).

SCOLFORO et al. (1996) reiteram que as florestas nativas possuem uma grande diversidade na sua composição, com presença de espécies com características silviculturais, ecológicas e tecnológicas distintas, sendo poucas as informações contidas de como essas plantas crescem, sejam em áreas intactas, áreas exploradas ou manejadas.

A cobertura vegetal do cerrado, já teve redução de aproximadamente 37% (FELFILI et al., 2002), sendo inegável que essa redução compromete muito sua biodiversidade. O conhecimento sobre a distribuição e o arranjo das espécies no Cerrado ainda são pouco estudadas, compreende-se assim que essas informações são fundamentais para o entendimento da dinâmica da vegetação, e de grandíssima importância para avaliar os impactos antrópicos, e em contrapartida planejar a criação de unidades de conservação, além da adoção de técnicas de manejo. Nesse sentido, a tabela 1 apresenta características gerais, distribuição geográfica e domínios fitogeográficos de 10 espécies dominantes em Cerrado *sensu stricto*.

Tabela 1. Características gerais das espécies dominantes em área de Cerrado *sensu stricto*.

Características Gerais das Espécies						
Nome Científico	Nome Popular	Família	Origem	Endemismo no Brasil	Domínios Fitogeográficos	Distribuição geográfica
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Araçá do Mato	Myrtaceae Juss.	Nativa	sim	Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal	Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo Alves	Anacardiaceae R.Br.	Nativa	não	Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica	Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste.
<i>Magonia pubescens</i> A.St.- Hil.	Tingui	Sapindaceae Juss.	Nativa	não	Amazônia, Cerrado e Caatinga	Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste.
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Amargoso	Fabaceae Lindl.	Nativa	não	Amazônia, Cerrado e Caatinga	Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste.
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	Tatarena	Fabaceae Lindl.	Nativa	não	Cerrado	Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste.
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Amescla	Burseraceae Kunth	Nativa	não	Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.	Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste.

Fonte: Flora do Brasil 2020 em construção.

(Continua...)

Tabela 1. Características gerais das espécies dominantes em área de Cerrado *sensu stricto*. (continuação)

Características Gerais das Espécies						
Nome Científico	Nome Popular	Família	Origem	Endemismo no Brasil	Domínios Fitogeográficos	Distribuição geográfica
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Pau terra	Vochysiaceae A. St.-Hil.	Nativa	não	Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.	Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste.
<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	Dilleniaceae Salisb.	Nativa	não	Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.	Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste.
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	Jacarandá	Fabaceae Lindl.	Nativa	não	Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.	Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Pau terra liso	Vochysiaceae A. St.-Hil.	Nativa	não	Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.	Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul

Fonte: Flora do Brasil 2020 em construção.

2.4 Inventário Florestal

O inventário florestal consiste na quantificação dos produtos de uma determinada área. É um levantamento importante utilizado para diagnosticar a capacidade produtiva de uma floresta, fornece características quantitativas e qualitativas da vegetação que darão subsídios para implementação de estratégias de manejo e conservação de um determinado local.

De acordo com Vibrans et al. (2010), o inventário florestal é o processo da obtenção de dados qualitativos e quantitativos dos recursos florestais. Nesse sentido, ele é base para implementação de manejo, para a conservação das florestas. Soares et al. (2006) afirmam que existem diferentes tipos de inventários florestais, citando o censo ou inventário 100%; Amostragem; Temporários; Contínuos; Exploratório; De reconhecimento; e Detalhado.

No Inventário 100% é realizado a medição dos indivíduos de toda a população. No Geral, a maioria dos estados brasileiros não possuem informações atualizadas, detalhadas e confiáveis sobre a cobertura vegetal (VIBRANS et al., 2010). Nesse sentido, é necessário a realização de inventário florestal em áreas naturais, como a do Cerrado, pois o conhecimento da composição florística, dinâmica, estrutura e estado de conservação da vegetação são informações imprescindíveis para formulação de políticas florestais.

Informações sobre o estoque de madeira são obtidas através de um inventário florestal, essas informações podem ser obtidas por procedimentos distintos, através de técnicas de amostragem ou enumeração total dos indivíduos.

Segundo Cesaro et al. (1994), a enumeração total ou censo, só é praticável em áreas pequenas e de grande importância econômica devido apresentar alto custo operacional. Para áreas de Cerrado, a grande importância ecológica, alta biodiversidade e o grande interesse manter esse bioma preservado é imprescindível monitorar essas áreas ao longo do tempo.

Outro procedimento utilizado são técnicas de amostragem, as quais devem ser aplicadas de acordo com as características da população com o principal intuito de diminuir o tempo e custo da operação. O método de área fixa destaca-se por ser antigo e bastante difundido no meio florestal, sendo a seleção das árvores feita de acordo com a frequência que os indivíduos estão na área e com tamanho da unidade amostral (SANQUETA et al., 2006).

2.5 Equações Volumétricas

O volume de árvores é uma informação importante para tomada de decisões no meio florestal. Tais informações são obtidas principalmente através de análise de regressão, vários são os modelos propostos na literatura florestal, muitos deles bastante difundidos pelo uso e eficiência. Vários são os modelos utilizados por diversos autores para estimativa de volume de árvores no cerrado, e podemos listar em trabalhos realizados por Scolforo e Silva (1993), Rezende et al. (2006), Imaña-Encinas et al. (2009) e Rufini et al. (2009), dentre outros.

Para estimativas volumétricas os modelos utilizados, destacam-se os propostos por Rezende et al. (2006) e Scolforo e Silva (1993) e os modelos denominados de Schumacher-Hall, Berkhout, Spurr, Meyer, Stoate, Husch. Tais modelos apresentaram bons desempenhos em áreas de Cerrado, sendo esses utilizados pelos autores supracitados.

Uma forma de reduzir o alto custo de um inventário, é através do ajuste de modelos volumétricos a partir de variáveis de fáceis medições, como o DAP e altura total, utilizadas individualmente ou nas combinações entre ambas as variáveis (CORREIA et al., 2015). Vale salientar que para espécies do Cerrado as informações são escassas, especialmente para a fisionomia de Cerrado *sensu stricto*, evidenciando a necessidade de expandir pesquisas nessa fitofisionomia.

Nessa perspectiva, considerando a importância de conservação e manutenção da biodiversidade destas áreas do Cerrado, informações são indispensável para subsidiar propostas de conservação do Cerrado *sensu stricto*. Nas quais, o volume individual e por área, estimado pelas equações volumétricas possibilitam inferir o estoque de madeira e a produtividade dessas áreas.

A determinação do volume individual de espécies florestais é um processo minucioso e conseqüentemente de alto custo. Tal motivo, a obtenção do volume, através da cubagem rigorosa a partir de árvores amostras, que fornece de base para utilização e ajuste de equações que descrevem a relação nas diferentes posições da árvore e seu volume (FINGER, 1992; MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2003; CORREIA et al., 2015).

2.6 Fator de Forma

O fuste das árvores pode apresentar diferentes formas, assemelhando-se a, pelo menos, quatro diferentes formas de sólidos geométricos. Sendo eles semelhantes a um cone, parabolóide, neilóide e cilindro (HUSCH et al., 2003; SOARES et al., 2007; GIMENEZ, 2013).

Os principais fatores associados a forma do fuste descritos por Soares et al. (2007) são inteiramente ligados a espécie, idade e Região. A forma do fuste de uma árvore varia na espécie, gênero devido principalmente as taxas de crescimento e suas características genéticas (GIMENEZ, 2013).

Outro fator descrito por Scolforo e Figueiredo Filho (1993) é que a conicidade tende a ser menos acentuada em árvores mais velhas. Soares et al. (2007) ainda afirmaram que os biomas e conseqüentemente as tipologias florestais apresentam diferentes espécies e, portanto, as formas do fuste distintas.

Segundo Scolforo e Figueiredo Filho (1993), espécies de reflorestamento tende a ser mais cônico que florestas nativas, ou seja, a conicidade de uma árvore pode variar conforme os tipos de floresta.

Em estudo sobre a dinâmica e balanço do carbono na Amazônia Central feito por Higuchi et al. (2004), relataram que os volumes obtidos eram estimados pelo fator de forma médio, para todas as espécies da Amazônia, o que poderia levar a estimativas tendenciosas, visto que o fator de forma pode variar de espécie para espécie e de um local para outro.

Uma alternativa para minimizar estes erros, que geralmente tende a superestimar o volume de madeira e a obtenção de estimativas de fator de forma específico para cada gênero ou grupo de espécies (GIMENEZ, 2013).

2.7 Cubagem de árvores

O volume é uma das informações essenciais para o inventário florestal, portanto é fundamental saber quantificá-lo de forma correta e precisa (CAMPOS, 2014). Devido ao aumento das concentrações de gases do efeito estufa, e conseqüentemente as mudanças climáticas globais, as árvores tem um papel importante para minimização da concentração pois captam parte do carbono presente na atmosfera (SANTOS et al., 2016).

O conhecimento e a quantificação do volume, juntamente com o potencial da estocagem de carbono das florestas, pode servir para ações de redução das concentrações de gases do efeito estufa (SANTOS et al., 2016). Além disso, dará subsídios para formulação de políticas públicas de fomento ao uso sustentável no cerrado (MMA, 2009).

A prática sustentável de uma floresta, seja ela natural ou plantada, necessita de desenvolvimento de alternativas adequadas para cada tipo de vegetação, floresta ou ambiente (DOMENE, 2016). E o conhecimento de características ecológicas, estruturais, bem como do crescimento de espécies são importantes para a criação de alternativas de conservação das mesmas.

Entretanto, para diversas espécies arbóreas do Cerrado ainda não se possui informações sobre a dinâmica e crescimento em determinada condição ambiental, o que pode se tornar um fator limitante para propostas de manejo, uso e conservação das espécies (DOMENE, 2016).

O volume de uma árvore pode ser determinado de diversas maneiras, nesse caso pode-se citar o método analítico, onde é feito através da cubagem rigorosa (seccionamento do tronco ou tora), graficamente, em função de diâmetros e altura da árvore ao logo do fuste, por meio do deslocamento da água e a partir do peso da árvore (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2003).

De acordo com Sternadt (2001), o método do xilômetro é considerado o mais preciso para determinar o volume de uma árvore, porém isto é inviável e impossível de ser realizado em árvores em pé. Alguns autores desenvolveram formulas para calcular o volume de uma tora e dentre elas pode-se citar as equações de Huber, Smalian e Newton para os métodos absolutos e a equação de Hohenadl para os métodos relativos, sendo os ambos bem difundidos no meio florestal (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2003; STERNADT, 2001).

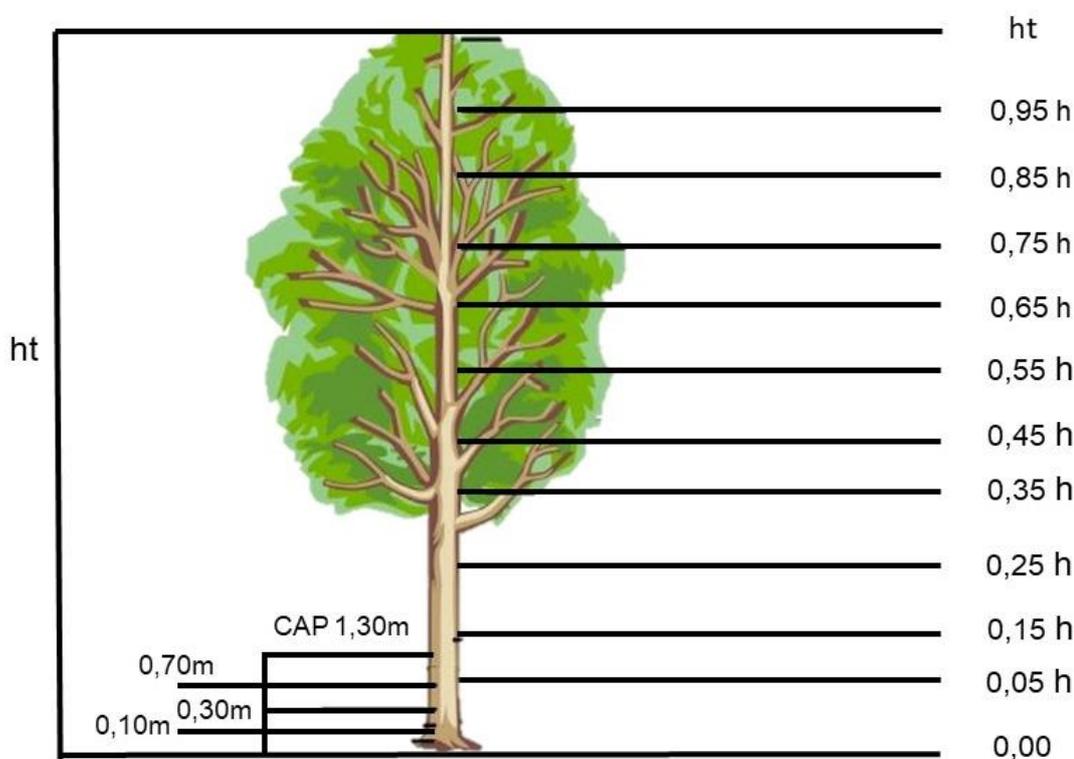
A cubagem pelo método de Hohenadl original consiste na divisão da árvore em cinco porções (secções) de comprimento igual. Esse comprimento é caracterizado em função da altura da árvore (h), sendo que o volume é calculado por apenas uma medida de diâmetro ou circunferência no centro de cada seção, como no método de Huber (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2003).

Queiroz et al. (2006) e Machado et al. (2006) usaram o método relativo de Hohenadl constantemente, porém medindo mais diâmetros ao longo do tronco, variando de 10 a mais medidas. Tal fato está em função de que a equação original

obtem o volume de maneira menos precisa, pois em maiores árvores, mais longo será o comprimento da secção (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2003).

Ao considerar que o tronco da árvore não é perfeitamente regular, o método de cubagem, implica na divisão da árvore em várias secções (toras). Esse processo leva a medição de vários diâmetros sucessivamente ao longo do tronco e posteriormente a utilização de equações para obtenção do volume, nas secções estabelecidas (CODEVASF, 2009).

A medição dos diâmetros ao longo do fuste é feita através de alturas relativas ou absolutas da árvore, ou na combinação de ambas. O volume é obtido através da soma das secções da árvore (Figura 1).



Fonte: Adaptado de CODEVASF (2009)

Figura 1. Posições de cubagem da árvore.

Alguns métodos permitem o cálculo do volume, e segundo SANQUETTA et al. (2009) existem métodos bastante difundidos (Huber, Smalian e Newton), além do método de Hohenadl, que permitem o cálculo do volume real da árvore. Com isso é possível, através do emprego de equações de volume, obter estimativas de volume para árvores em pé medidas na parcela do inventário.

2.8 Estimativas de volume de árvores

Os levantamentos florestais têm como objetivo, na maioria das vezes, a finalidade de estimar o volume das árvores, no intuito de quantificar o estoque de madeira daquela área. Geralmente, a medição de todas as árvores da floresta é uma tarefa inviável e impraticável, nesse caso, é feita uma amostragem, ou seja, uma parte da população é medida, extrapolando as características dessa amostra para toda a floresta (CODEVASF, 2009).

Assim, Machado e Figueiredo Filho (2003) relatam que a partir dessas medições, os volumes estimados podem ser obtidos indiretamente através de fator de forma, equações de volume e funções de afilamento. Sanquetta et al. (2009) relatam que o fator de forma é um método empregado para estimar o volume de árvore que é considerado fator de redução que deve ser multiplicado pelo produto da área basal (g) com a altura (h) para estimar o volume de árvores em pé. Comumente utiliza-se o fator de forma médio, onde é calculado através de um número representativo de árvores da população para aproximação do volume das árvores.

Segundo Sanquetta et al. (2009), o processo de cálculo do fator de forma pode ser chamado de artificial quando tem a relação entre o volume da árvore e o volume de um cilindro a 1,30 m da árvore ou fator de forma natural obtido pela relação entre o volume de um cilindro medido a 1/10 da altura total da árvore.

O uso de equações é procedimento eficiente na estimativa do volume de árvores em pé e ainda, esse processo é mais acessível devido as variáveis independentes serem de fácil medição na floresta, como o DAP e a altura total (MACHADO et al., 2002).

Devido as fisionomias existentes no Brasil e a variabilidade entre elas por diversos fatores climáticos, fisiológicos e edáficos, os estudos sobre a quantificação do volume ainda estão localizados em regiões e em fisionomias onde se tem um interesse específico (SCOLFORO et al., 2004). No entanto, vários pesquisadores procuram desenvolver metodologias que possam atender as necessidades de obtenção do volume de forma precisa, que na maioria das vezes é a principal finalidade dos levantamentos florestais (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2003).

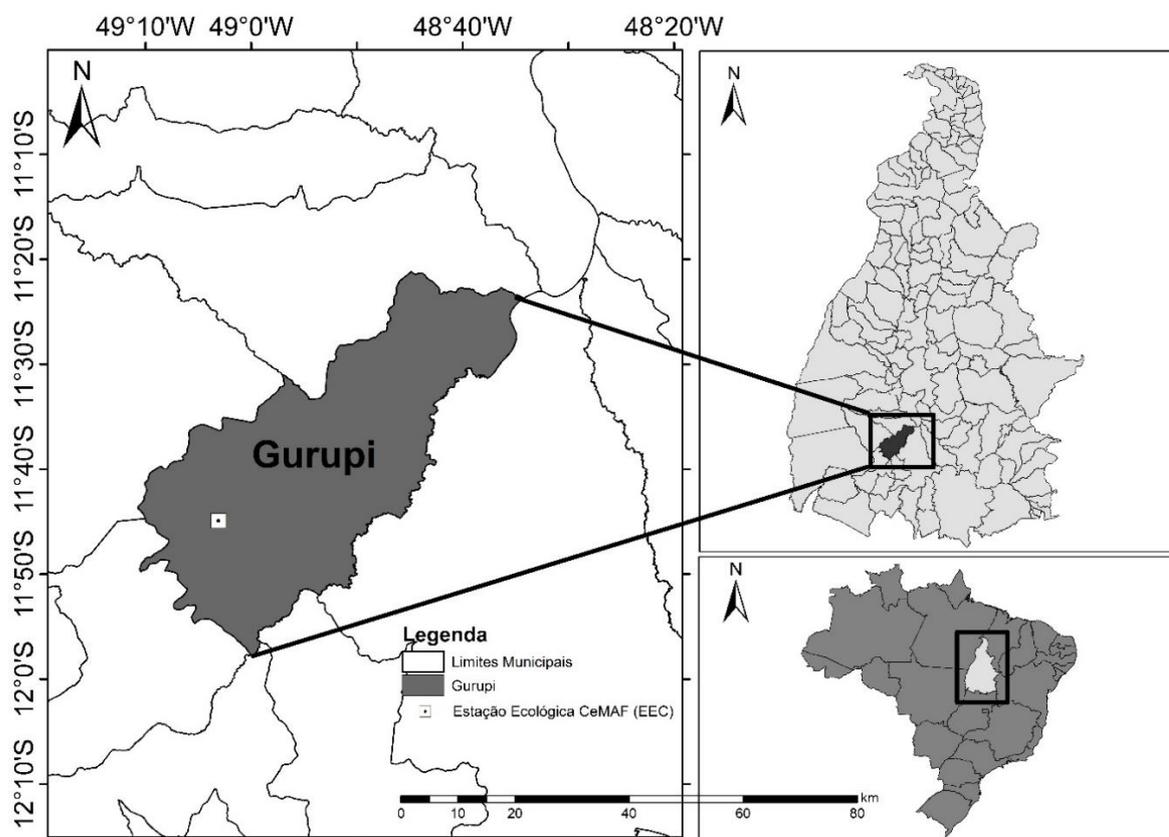
O ajuste de equações é empírico e por isso é necessário ajustá-las para diferentes espécies, idades, sítios entre outros (MIRANDA et al., 2014). Thomas et al. (2006) ressaltam que diversas equações foram propostas e utilizadas para estimar o

volume em áreas florestais. Entretanto, apesar de encontrar eficiência em algumas equações, no geral não são ajustados a todas as espécies e condições que essas populações apresentam, sendo recomendável testá-las. No geral isso é feito mediante o emprego de análises estatísticas como o erro padrão da estimativa (S_{yx}) e o coeficiente de determinação R^2_{aj} .

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Região de estudo

A área de estudo fica localizada na região sul do estado do Tocantins, no município de Gurupi-TO, com coordenadas centrais de 11° 43' 45" S e 49° 04' 07" W (Figura 2). A classificação climática de acordo com Thornthwaite é C2wA'a'' (úmido subúmido e de moderada deficiência hídrica no inverno) com temperatura média anual variando de 18 a 23 °C e precipitação média anual é de 1.450mm (SEPLAN, 2012).



Fonte: Autor (2018)

Figura 2. Localização da região de estudo.

3.1.1 Área de estudo

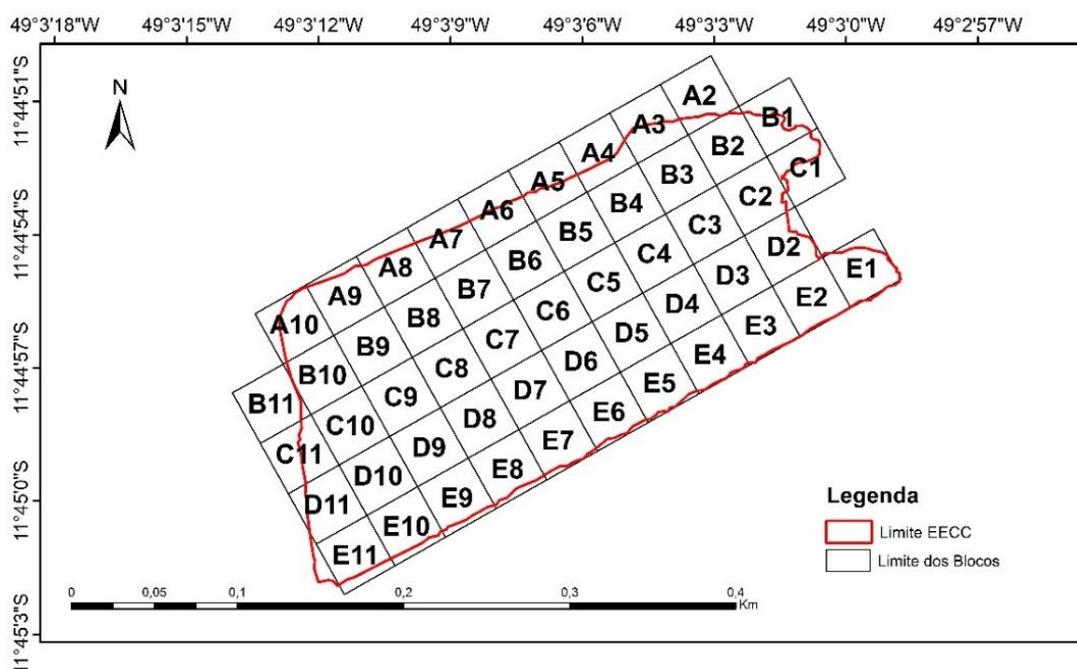
O local da coleta de dados está situado no município de Gurupi-TO, denominada Estação Experimental CeMAF (EEC) e ocupa uma área de 6,7 hectares (Figura 3). De acordo com a classificação de Eiten (1994), a fitofisionomia é do tipo Cerrado *sensu stricto*.



Fonte: Autor (2018)

Figura 3. Área de Cerrado *sensu stricto* denominada Estação Experimental CeMAF (EEC).

Para realização das pesquisas foram feitas as medições dentro de parcelas fixas de 1.600 m² (40 x 40 m) alocadas em toda a área do experimento, totalizando 52 parcelas. A área foi previamente dividida em blocos (B), com cada bloco codificado de maneira de facilitar a identificação, portanto a ordem quanto a linhas e colunas foi: as colunas (sentido nordeste a sudoeste) em sequência que vai de A até E, e as linhas (sentido sudeste a nordeste) de 1 a 11 (Figura 4).



Fonte: Autor (2018)

Figura 4. Codificação dos blocos na Estação Experimental CeMAF(EEC).

A figura 4, ilustra a codificação dos vértices, de acordo com sua localização, tomando base um plano cartesiano, onde os eixos estão enumerados sequencialmente. No campo, cada vértice está representado por um marco de concreto codificado com placas de metal.

3.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada através da medição de todos os indivíduos por meio de um censo (inventário 100%) a fim de se conhecer características de densidade, frequência, dominância e do valor de importância das espécies. Foram medidas todas as árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) superior ou igual a 4,77 cm ou 15 cm de circunferência a altura do Peito (CAP). No fuste, foram consideradas algumas variáveis como CAP, C_b (circunferência da base igual a 0,10 cm do solo), altura total da árvore por meio do hipsômetro Blume-leiss e as coordenadas N e E de cada indivíduo.

Com base nas informações do censo da área, foram selecionadas as 10 espécies com maior dominância na área de estudo, mediante a (Equação 1) obtemos o seguinte parâmetro.

$$N = \frac{n}{A} \quad (1)$$

Onde:

N = número de árvores por hectare;

n = número de árvores total do censo;

A = área de estudo (ha).

A área basal foi calculada através de soma de todas as áreas transversais sobre a área total (Equações 2 e 3):

$$g = \frac{\pi * DAP^2}{40.000} \quad (2)$$

Onde:

g = área transversal da árvore em estudo (m^2);

DAP = diâmetro altura do peito (cm).

$$G = \frac{\sum g}{A} \quad (3)$$

Onde:

G = área basal por hectare ($m^2 \cdot ha^{-1}$);

A = área total de estudo (ha).

g = área transversal da árvore em estudo (m^2);

3.2.1 Parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal

Lamprecht (1990) destaca as combinações mais importantes, sob os aspectos ecológicos e estruturais da vegetação sendo os parâmetros de densidade, frequência e dominância. As frequências absolutas e relativas podem ser obtidas pelas equações 4 e 5.

$$FA_i = \left(\frac{u_i}{u_t} \right) \times 100 \quad (4)$$

$$FR_i = \left(\frac{FA_i}{\sum_{i=1}^P FA_i} \right) \times 100 \quad (5)$$

Onde:

FA_i = frequência absoluta da i -ésima espécie na comunidade vegetal;

FR_i = frequência relativa da i -ésima espécie na comunidade vegetal;

u_i = número de unidades amostrais em que a i -ésima espécie ocorre;

u_t = número total de unidades amostrais;

P = número de espécies amostradas;

A densidade absoluta e relativa foi obtida pelas equações 6 e 7.

$$DA_i = \frac{n_i}{A} \quad (6)$$

$$DR_i = \frac{DA_i}{DT} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

DA_i = Densidade absoluta da i-ésima espécie, em número de indivíduos por hectare;

DR_i = Densidade relativa (%) da i-ésima espécie;

n_i = número de indivíduos da i-ésima espécie na amostragem;

n_t = número total de indivíduos amostrados;

A = Área total amostrada, em hectare (ha).

A dominância expressa a influência de cada espécie na área. Para obtenção das dominâncias absolutas e relativas deve se calcular a soma de áreas transversais da espécie, conforme as equações 8 e 9.

$$DoA_i = \Sigma g_i \quad (8)$$

$$DoR_i = \left(\frac{DoA_i}{G} \right) \cdot 100 \quad (9)$$

Onde:

DoA_i = dominância absoluta ($m^2 \cdot ha^{-1}$) da i-ésima espécie;

DoR_i = dominância relativa (%) da i-ésima espécie;

g_i = área basal da i-ésima espécie (m^2);

G = área basal por hectare ($m^2 \cdot ha^{-1}$);

O índice de valor de importância caracteriza a importância de cada espécie na comunidade, em relação a estrutura horizontal reunindo características analisadas em três parâmetros (DR, FR e DoR) e pode ser calculado através da equação 10.

$$IVI = \frac{FR_i + DR_i + DoR_i}{3} \quad (10)$$

Onde:

IVI = Índice de valor de importância (%);

DR_i = densidade relativa da i-ésima espécie;

DoR_i = dominância relativa da i-ésima espécie.

FR_i = frequência relativa da i-ésima espécie na comunidade vegetal.

Tais parâmetros serviram de base para a seleção das espécies de maior domínio na área de estudo como pode ser observado na tabela 2.

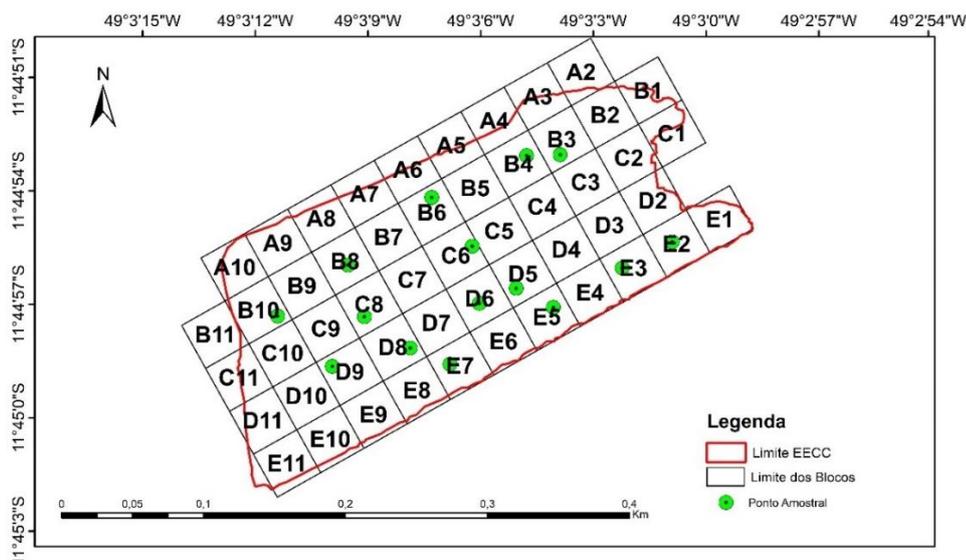
Tabela 2. Espécies selecionadas para ajuste de modelos conforme a importância ecológica.

Nome científico	Nome popular	N
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Araçá do Mato	2.453
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo Alves	839
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Tingui	728
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Amargoso	647
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	Tatarena	635
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Amescla	687
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Pau terra	695
<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	467
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	Jacarandá	621
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Pau terra liso	656

N: Número de árvores.

3.2.2 Distribuição de pontos amostrais

Com base nas 10 espécies mais importantes, segundo o parâmetro de IVI foram alocados no mínimo 15 pontos amostrais distribuídos aleatoriamente na área de estudo para coleta de dados referente ao volume relativo das árvores (Figura 5).



Fonte: Autor (2018)

Figura 5. Blocos selecionados aleatoriamente para a coleta de dados do volume individual das espécies avaliadas.

3.2.3 Cubagem absoluta

Para a realização das medições das árvores e quantificação do volume das 10 espécies previamente selecionadas, foi necessário estimar a quantidade mínima de árvores a ser amostrada em cada classe de DAP. Diante disso, foi feito o cálculo de acordo com a frequência que a espécie ocorre em cada classe, ou seja, foi determinado que em cada espécie seriam cubadas 30 árvores pelo método absoluto. Ainda, essas 30 árvores seriam divididas proporcionalmente em relação a frequência que as espécies se encontram em cada classe diamétrica.

As árvores foram selecionadas e seus diâmetros foram mensurados nas diferentes posições relativa do tronco (0,05; 0,15; 0,25; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; 0,85 e 0,95%) da altura total da árvore. As medições dos diâmetros foram feitas com auxílio de escada extensível de alumínio e uso de trena esticada da base da árvore até o topo da árvore, podendo assim ter as medições do comprimento da tora e, conseqüentemente, da altura total da árvore.



Fonte: Autor (2018)

Figura 6. Procedimento em campo para as medições dos diâmetros nas diferentes posições relativa do tronco.

O método usado para determinação do volume total da árvore foi o método relativo de Hohenadl (10 seções). Queiroz et al. (2006) relatam que o volume de Hohenadl é dado pela equação 11:

$$V = \frac{H}{10} (g_{0,05} + g_{0,15} + g_{0,25} + g_{0,35} + g_{0,45} + g_{0,55} + g_{0,65} + g_{0,75} + g_{0,85} + g_{0,95}) \quad (11)$$

Onde:

V = Volume de Árvore (m³)

$g_{0,i}$ = Área seccional (m²)

H = Altura total

3.2.4 Estimativa do volume

Os diâmetros e as alturas obtidas através da cubagem absoluta pelo método de Hohenadl foram utilizados para estimar os volumes mediante a 10 modelos volumétricos previamente selecionados com base em outros estudos anteriormente realizados em área de Cerrado *sensu stricto*. Assim, para a estimativa da variável do volume foram utilizados os seguintes modelos (Tabela 3):

Tabela 3. Modelos selecionados na literatura para avaliar as estimativas do volume.

Equação	Modelo	Denominação
1	$V = DAP^2 \beta_0 + \beta_1 h + \varepsilon$	Ogaya
2	$V = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 + \beta_2 DAP^2 h + \beta_3 h + \varepsilon$	Stoate
3	$V = \beta_1 db_{0,3}^2 + \beta_2 db_{0,3}^2 h + \varepsilon$	Rezende <i>et al.</i> (2006)
4	$V = \beta_0 + \beta_1 CAP^2 h^{\beta_2} + \varepsilon$	Scolforo e Silva (1993)
5	$\log V = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAP h + \beta_4 DAP^2 h + \beta_5 h + \varepsilon$	Meyer
6	$\log V = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$	Spurr (logaritmo)
7	$V = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 + \varepsilon$	Kopezky- Gehhardt
8	$V = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$	Hohenadl-Krenn
9	$\log V = \beta_0 + \beta_1 \log DAP + \beta_2 \left(\frac{1}{DAP} \right) + \varepsilon$	Brennac
10	$V = \beta_0 + DAP^{\beta_1} DAP^{\beta_2} + \varepsilon$	Schumacher-Hall

V: Volume total; **log V**: Logaritmo do volume; **h**: Altura total; **DAP**: Diâmetro a altura do peito (DAP); **db_{0,3}**: Diâmetro a 0,3 cm do solo; **CAP**: Circunferência a altura do peito; **β_{0,i}**: Coeficientes de regressão.

3.2.5 Estatísticas de avaliação do ajuste dos modelos volumétricos

As estatísticas utilizadas para avaliar os melhores modelos foram o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj} %), o erro padrão da estimativa (S_{yx} %), além da análise gráfica dos resíduos, sendo estes os parâmetros adotados por Rezende et al. (2006) na comparação de modelos matemáticos para estimativa de volume em área de Cerrado *sensu stricto*, Imaña-Encinas, J et al. (2009) em estudo referente a um hectare de Cerrado em Planaltina-GO, Tonini e Borges (2015) em floresta ombrófila densa no sul de Roraima, Correia et al. (2017) em floresta secundária do litoral de Santa Catarina.

Schneider et al. (2009) relatam que o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) permite medir o grau de ajuste ou a capacidade que o modelo tem de explicar a estimativa, por meio da medida da proporção total da variação em relação à média. Segundo Neter et al. (1996), para que as comparações sejam adequadas é necessário ajustar o R^2 em razão de os modelos testados apresentarem números diferentes de coeficientes. Soares et al. (2006) com relação ao erro padrão da estimativa (S_{yx}) indicam o erro médio associado ao uso da equação.

Assim, o erro padrão da estimativa e o coeficiente de determinação ajustado foram estimados pelas equações 12 e 13 respectivamente (SOARES et al., 2011).

$$S_{yx\%} = \frac{\sqrt{\frac{SQ_{res}}{GL_{res}}}}{\bar{Y}} * 100 \quad (12)$$

Onde:

SQres = soma dos quadrados do resíduo;

GLres = graus de liberdade do resíduo;

\bar{Y} = média dos volumes reais.

$$R^2_{aj} = 1 - \left(\frac{n - 1}{n - p - 1} \right) \left(\frac{SQ_{res}}{SQ_t} \right) \quad (13)$$

Onde:

R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado;

SQres = soma dos quadrados do resíduo;

SQt = soma dos quadrados total;

n = número de dados observados;

p = número de coeficientes do modelo matemático.

3.2.6 Fator de forma

O fator de forma reduz o volume do cilindro formado pela área basal e altura, para o volume verdadeiro, podendo este ser calculado por diversos métodos (CORREIA et al., 2017). Desta forma, de acordo com Silva e Paula (1979), o fator de forma normal ($f_{1,30}$) pode ser obtido através da relação entre o volume real obtido através da cubagem rigorosa da árvore e o volume do cilindro, calculado a partir da área basal da árvore a 1,30m do nível do solo e da altura total da mesma.

Soares et al. (2011) relatam que o fator de forma pode ser obtido através da equação 14.

$$f_{1,30} = \left(\frac{V_{real}}{V_{cilindro}} \right) \quad (13)$$

Onde:

$f_{1,30}$ = fator de forma normal.

V real = volume obtido a partir da cubagem rigorosa (m³).

V cilindro = volume calculado a partir da área basal a 1,30m e altura total (m³).

3.2.7 Cálculo do volume estimado pela equação de melhor ajuste

Para obtenção do volume estimado pela equação volumétrica, foi utilizado a equação 5 que obteve o melhor ajuste (Equação 14).

$$\log V = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAP * H + \beta_4 (DAP^2 * h) + \beta_5 * h \quad (14)$$

Onde:

β_i = Coeficientes de regressão estimados do melhor modelo ajustado;

3.2.8 Cálculo do volume estimado pelo fator de forma

Assim, na obtenção do volume estimado pelo fator de forma, foi utilizada a seguinte equação:

$$V = g_i * h * ff \quad (15)$$

Onde:

g_i = área basal da i-ésima espécie (m²);

h = altura total da árvore (m);

ff = Fator de forma.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento fitossociológico

As espécies apresentadas na tabela 4 representam 43,91% da importância ecológica de um censo de 15.463 árvores inventariadas, sendo representadas por: *Myrcia splendens* (Sw.) DC. com (IVI - 9,67%); *Astronium fraxinifolium* Schott, *Magonia pubescens* A.St.-Hil., *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke., que tiveram um (IVI) variando de 4,09 a 4,78% e; as demais espécies *Tachigali aurea* Tul., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand, *Qualea parviflora* Mart., *Curatella americana* L., *Machaerium brasiliense* Vogel e *Qualea multiflora* Mart. apresentaram variação de 3,22 a 3,72%.

Algumas espécies também se destacaram em estudo feito por Felfili et al. (2002) onde *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke. e *Magonia pubescens* A.St.-Hil apresentam valores de IVI de 6,36 e 6,21%, respectivamente, dando indícios que houve alteração antrópica na área. Maracahipes et al. (2011) também encontraram valores superiores de IVI aos encontrados nesse trabalho nas espécies *Tachigali aurea* Tul. (6,16%), *Magonia pubescens* A.St.-Hil (4,91%) e *Qualea multiflora* Mart (5,49%).

Tabela 4. Parâmetros fitossociológicos do censo realizado na Estação Experimental CeMAF (EEC) das 10 espécies de maior domínio na área.

Nome científico	N	FA	FR	DA	DR	DoA	DoR	IVI
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	2.453	0,16	15,8	0,025	2,51	1,45	10,63	9,67
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	839	0,05	5,4	0,024	2,45	0,88	6,45	4,78
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	728	0,05	4,7	0,025	2,51	0,75	5,47	4,23
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	647	0,04	4,2	0,025	2,51	0,76	5,58	4,09
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	635	0,04	4,1	0,024	2,40	0,64	4,66	3,72
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	687	0,04	4,4	0,025	2,56	0,53	3,91	3,64
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	695	0,04	4,5	0,022	2,24	0,56	4,09	3,61
<i>Curatella americana</i> L.	467	0,03	3,0	0,022	2,24	0,74	5,45	3,57
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	621	0,04	4,0	0,023	2,35	0,51	3,77	3,38
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	656	0,04	4,2	0,026	2,61	0,38	2,79	3,22

N: Número de árvores; **FA:** Frequência absoluta; **FR:** Frequência relativa (%); **DA:** Densidade absoluta; **DR:** Densidade relativa (%); **DoA:** Dominância absoluta; **DoR:** Dominância relativa (%); **IVI:** Índice de valor de importância (%).

A distribuição da vegetação da área nas classes de diâmetros tem tendência de um “J” invertido (Figura 7), típico de florestas naturais. Assunção e Felfili (2004) relatam que esse formato de J-invertido, apresentado na distribuição diamétrica, indica que a comunidade estudada apresenta características auto regenerativa, caso não seja intensivamente perturbada. A área apresenta 3.556 indivíduos na primeira classe de diâmetro (4,77-6,77), 2.193 indivíduos na segunda classe de diâmetro (6,78-8,77), o que representa um total de 67,92% das espécies nas duas menores classes de diâmetro.

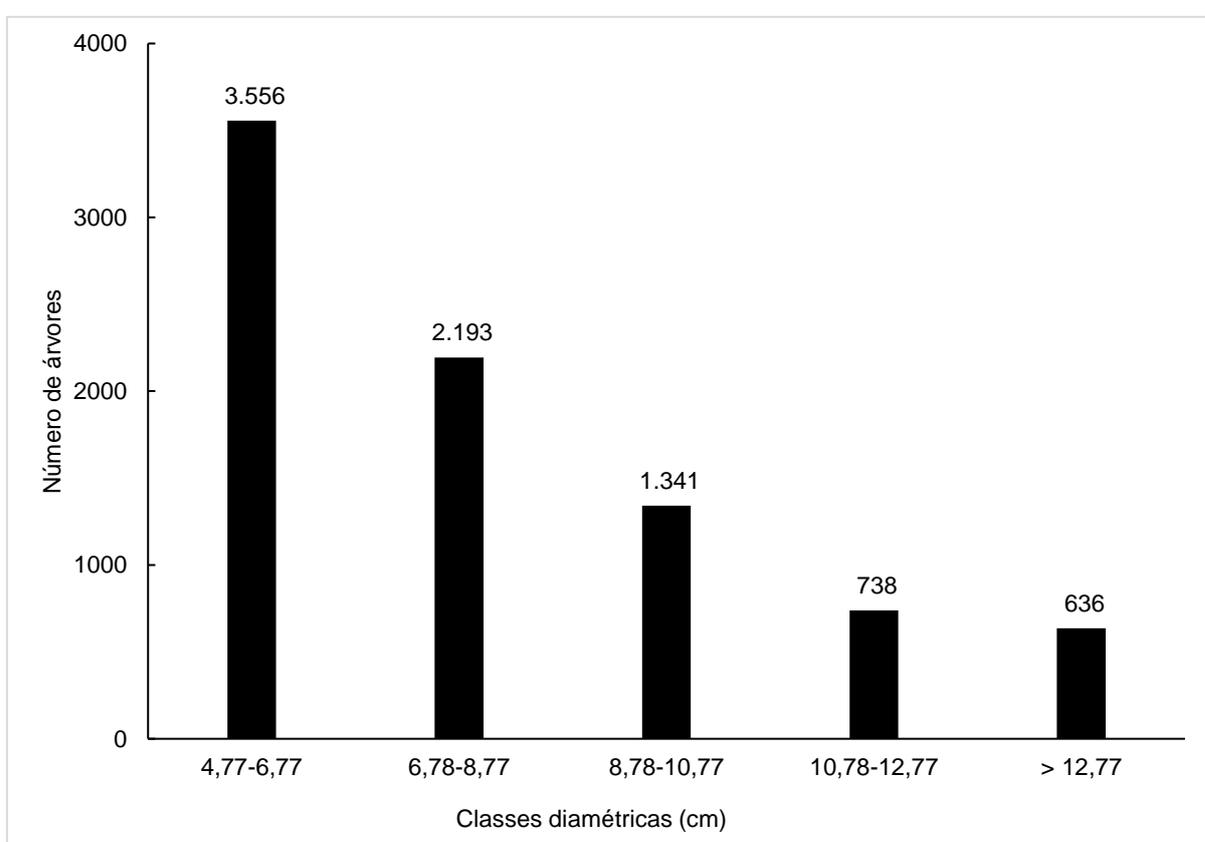


Figura 7. Distribuição diamétrica dos indivíduos na EEC.

A distribuição das espécies apresenta com tendência de “J” invertido e foram distribuídas em classes diamétricas com intervalo de 2 cm. Observa-se que o padrão representativo da área também é observado para cada espécie analisada. As espécies *Myrcia splendens* (Sw.) DC., *Astronium fraxinifolium* Schott., e *Magonia pubescens* A.St.-Hil., apresentaram-se como as mais frequentes na área, conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5. Distribuição diamétrica das espécies estudadas na Estação Experimental CeMAF-EEC.

Classe	Espécies				
	A	B	C	D	E
	n				
1	1421	228	196	207	145
2	672	222	191	148	166
3	266	169	162	116	165
4	61	116	105	79	108
5	27	104	74	96	51
Total	2.447	839	728	646	635

Classe	Espécies				
	F	G	H	I	J
	n				
1	359	296	70	241	393
2	164	196	69	196	169
3	91	126	64	118	64
4	30	65	107	54	13
5	40	37	157	37	13
Total	684	720	467	646	652

A: *Myrcia splendens* (Sw.) DC.; B: *Astronium fraxinifolium* Schott; C: *Magonia pubescens* A.St.-Hil. D: *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke; E: *Tachigali aurea* Tul.; F: *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand; G: *Qualea parviflora* Mart.; H: *Curatella americana* L.; I: *Machaerium brasiliense* Vogel; J: *Qualea multiflora* Mart.

Para a cubagem das árvores, foram amostradas no mínimo 30 árvores para cada espécie e distribuídas de acordo com a frequência em cada classe diamétrica. A tabela 6 apresenta a quantidade de indivíduos amostrados por espécies e classe diamétrica.

Tabela 6. Número de indivíduos amostrados por espécie e classe diamétrica.

Nome científico	Na					Total
	4,77-6,77	6,78-8,77	8,78-10,77	10,78-12,77	> 12,77	
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	17	8	6	2	1	34
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	9	9	6	5	2	31
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	9	8	7	5	2	31
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	10	8	6	4	2	30
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	7	8	8	5	2	30
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	16	5	6	2	1	30
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	13	8	6	3	3	33
<i>Curatella americana</i> L.	5	5	5	8	7	30
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	13	9	6	5	4	37
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	18	8	3	4	1	34
Total	117	76	59	43	25	323

Na: Número de árvores Amostradas.

4.2 Ajuste de equações volumétricas nas estimativas de volumes

Após o processamento dos dados e ajuste das equações de volume, na tabela 7 estão representados os dois modelos com melhores ajustes nas 10 espécies selecionadas em área de Cerrado, com destaque para o modelo proposto por Meyer (modelo 5), que aparece pelo menos uma vez entre os dois melhores. Os valores de $R^2_{aj.}$ (%) e S_{yx} (%) destes modelos variaram de 94,08 a 99,16% para o coeficiente de determinação ($R^2_{aj.}$) e; 7,70 a 19,47%, para o erro padrão da estimativa (S_{yx}).

Imaña-Encinas, J. et al. (2009) encontraram valores de (R^2_{aj}) para área de Cerrado *sensu stricto* variando de 83 a 99% em ajuste para 18 equações volumétricas e um S_{yx} entre 10,22 a 25,68%. Rezende et al. (2006) afirmam que erros entre 15 e 30% são considerados aceitáveis no ajuste de dados de diâmetros e altura dos indivíduos arbóreos para estimativa de volume. Porém com os ajustes deste trabalho nota-se que os melhores modelos apresentaram erros entre 7,7 a 19,47%, corroborando aos valores encontrados por Imaña-Encinas, J. et al (2009) que variaram de 10 a 20%. As espécies com melhores estatísticas de ajuste foram *Astronium fraxinifolium* Schott (B) e *Qualea parviflora* Mart. (G) com valores de R^2 ajustado (%) entre 98,49 a 99,16 e, S_{yx} (%) de 8,20 a 9,39 (Tabela 7).

Tabela 7. Estatísticas de ajuste e coeficientes estimados dos 2 melhores modelos de volume para cada espécie.

Espécie	Modelo	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	S _{yx} (%)	R ² Aj (%)
A	5	-3,1721	0,1541	-0,0029	0,0048	-0,0004	0,0572	10,99	96,37
A	10	0,0002	1,4522	0,7679				12,13	95,57
B	5	-3,5554	0,2297	-0,0067	-0,0129	0,0005	0,1464	8,2	99,16
B	2	-0,0068	-2,36E-05	3,85E-05	0,0021			8,81	99,04
C	5	-4,2242	0,3806	-0,0140	-0,0342	0,0015	0,2421	19,47	94,1
C	3		2,16E-04	4,01E-06				19,46	94,08
D	5	-2,1215	-0,1287	0,0165	0,0458	-0,0031	-0,1063	9,5	97,33
D	2	-0,0138	0,0003	2,08E-06	0,0023			11,19	96,31
E	2	-0,0198	4,13E-04	-1,60E-05	0,0035			7,70	97,97
E	5	-5,2193	0,5903	-0,0228	-0,0611	0,0026	0,3699	8,14	97,73
F	5	-2,8232	-2,0210	0,0129	0,0122	-0,0019	0,0695	10,41	96,84
F	2	-0,0149	0,0003	-6,00E-06	0,0028			13,73	94,50
G	5	-3,1316	0,1551	-0,0030	0,0059	-0,0004	0,0463	9,37	98,49
G	10	0,0001	1,5538	1,0602				9,39	98,49
H	5	-3,7045	0,2452	-0,0060	-0,0151	0,0004	0,1671	14,38	96,07
H	10	0,0002	1,5970	0,7792				14,52	95,99
I	5	-3,2360	0,1733	-0,0039	0,0006	0,0001	0,0682	16,72	96,11
I	10	0,0001	1,8730	1,0130				17,2	95,9
J	5	-3,0970	0,1887	-0,0112	0,0179	-0,0003	-0,0206	10,38	98,43
J	10	0,0001	1,5081	1,2269				13,71	97,27

$\beta_{0,i}$: Coeficientes de regressão. **Syx (%)**: Erro padrão da Estimativa percentual; **R² aj, (%)**: Coeficiente de determinação percentual. **A**: *Myrcia splendens* (Sw.) DC.; **B**: *Astronium fraxinifolium* Schott; **C**: *Magonia pubescens* A.St.-Hil. **D**: *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke; **E**: *Tachigali aurea* Tul.; **F**: *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand; **G**: *Qualea parviflora* Mart.; **H**: *Curatella americana* L.; **I**: *Machaerium brasiliense* Vogel; **J**: *Qualea multiflora* Mart.; **2**: Storate; **5**: Meyer; **10**: Schumacher-Hall.

Soares et al. (2011), destacam que a análise gráfica dos resíduos é bastante relevante, pois permite a identificação de problemas de heterocedasticidade mesmo que o modelo demostre ser preciso. Além disso, os gráficos de resíduos permitem detectar tendências, sejam elas positivas ou negativas resultantes do uso da equação.

As figuras 8, 9 e 10 apresentam a análise gráfica de resíduos dos dois melhores modelos ajustados para cada espécie. Pela análise gráfica, observa-se que a dispersão no modelo 5 foi a que melhor se aproxima do eixo 0 em todas as espécies estudadas, isso denota uma boa qualidade no ajuste da equação. Nota-se que os modelos que apresentaram melhores ajuste, não possuem erros superiores a 50%.

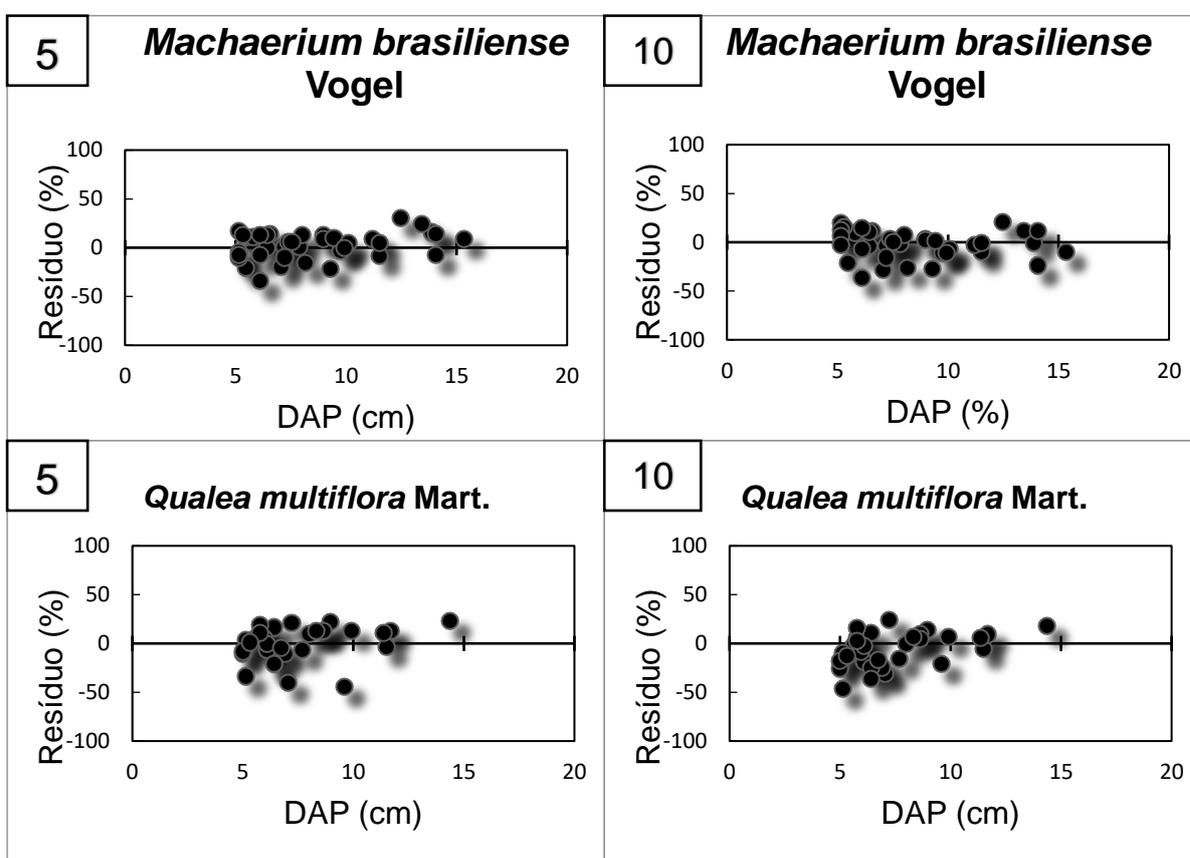


Figura 8. Gráficos de Resíduos referente aos ajustes das equações 5 e 10 para as espécies *Machaerium brasiliense* e *Qualea multiflora*.

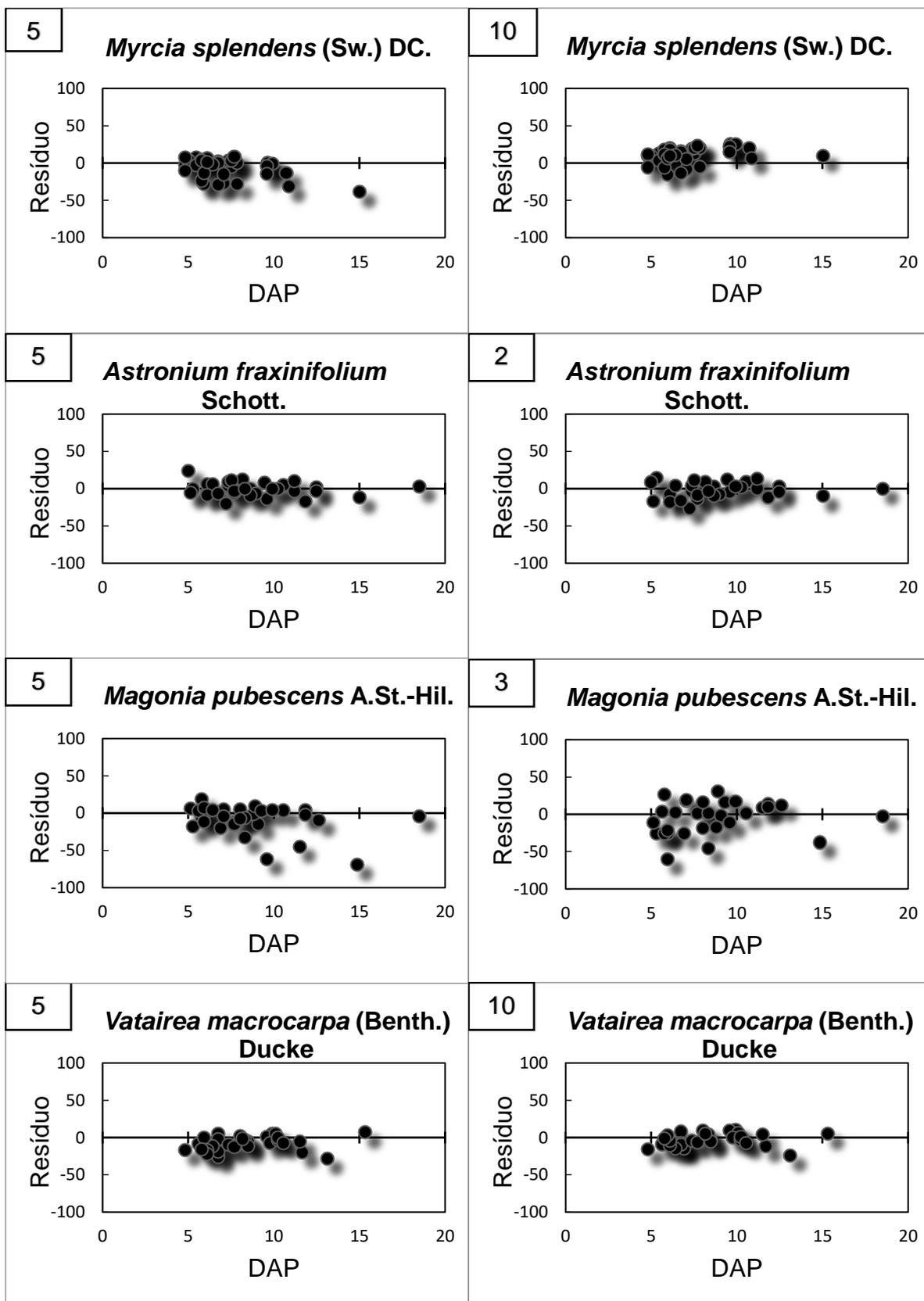


Figura 9. Gráficos de Resíduos referente aos ajustes das equações 2, 3, 5 e 10 para as espécies *Myrcia splendens*, *Astronium fraxinifolium*, *Magonia pubescens* e *Vatairea macrocarpa*.

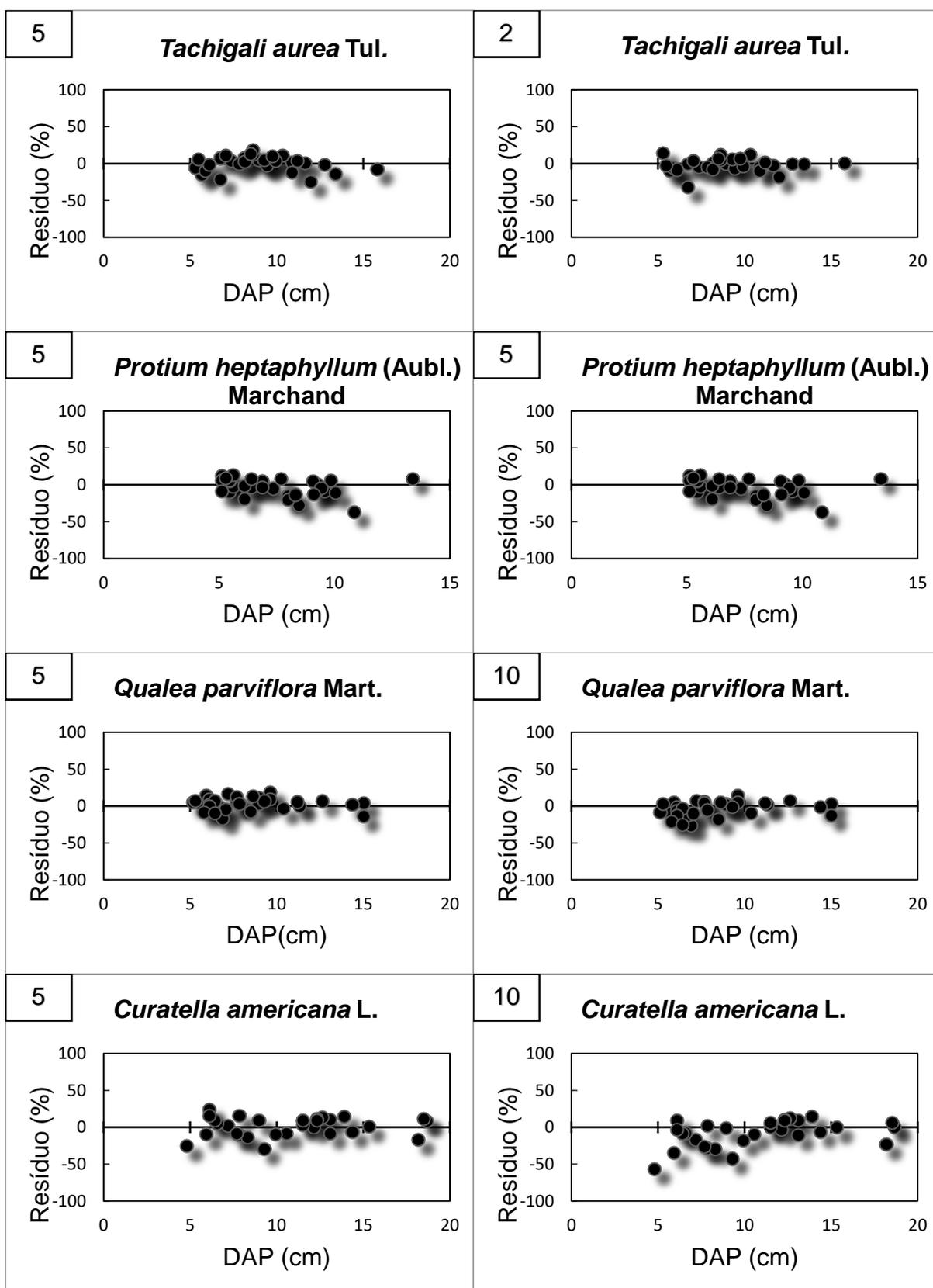


Figura 10. Gráficos de Resíduos referente aos ajustes das equações 2, 5 e 10 para as espécies *Tachigali aurea*, *Protium heptaphyllum*, *Qualea parviflora* e *Curatella americana*

Com relação as espécies, observa-se os melhores ajustes para estimativa de volume foram nas espécies *Tachigali aurea* pelo (modelo 5), *Qualea parviflora* e *Astronium fraxinifolium* ambas pelo (Modelo 5). Nota-se, ainda, que o modelo 5 proposto por Meyer foi o que melhor obteve a dispersão dos resíduos e não apresenta tendência de subestimar ou superestimar o volume, sendo este o melhor modelo, dentre os estimados, para as 10 espécies estudadas.

Em continuidade, a análise gráfica permite observar ainda que nas espécies *Qualea multiflora* e *Myrcia splendens* os modelos apresentaram tendência de superestimar seus volumes nas classes diamétrica 1 (4,77 a 6,77 cm) e 2 (6,78 a 8,77 cm), apresentando resíduo em torno de 45%. Nas demais classe, há homogeneização em torno de 10%, corroborando com os padrões apresentado nas outras espécies.

4.3 Fator de Forma

Na tabela 8 estão apresentados os valores de fator de forma individualmente para cada espécie, e nota-se que os valores variaram de 0,62 a 0,71, com média de 0,67. Embora existam poucos estudos de fatores de forma para espécies nativas em Cerrado *sensu stricto*, em outras formações florestais, Borsoi (2005) encontrou fator de forma de 0,77 para Floresta Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul; Scolforo et al. (1994) em Floresta Estacional Semidecidual de Minas Gerais, encontraram valor de 0,827.

Ainda, trabalhos mais antigos relatam a grande variação de fatores de forma em diferentes espécies, como por exemplo valores de 0,63; 0,61; 0,70 e 0,68, para as espécies *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.; *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze, *Bowdichia virgilioides* Kunth e *Joannesia princeps* Vell, respectivamente (SOUZA e JESUS, 1991).

Correia et al. (2017) encontraram valor médio de 0,8027 para florestas secundárias de Santa Catarina, além disso, Imaña-Encinas J. e Monti (1989) encontraram para o Cerrado grosso de Brasília valor médio de 0,6. Desta forma, denota-se que há grande variabilidade dos valores de fatores de forma em espécies nativas.

Tabela 8. Fator de forma individual para 10 espécies estudadas na EEC.

Nome Científico	Nome Popular	FF	E (%)
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Araçá do Mato	0,68	- 2,88
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo Alves	0,66	- 2,23
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Tingui	0,63	- 4,89
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Amargoso	0,62	- 0,98
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	Tatarena	0,66	- 1,79
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Amescla	0,68	- 2,47
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Pau terra	0,70	- 1,62
<i>Curatella americana</i> L.	Lixeira	0,65	- 3,05
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	Jacarandá	0,71	- 2,16
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Pau terra liso	0,71	3,94
Média		0,67	

FF: Fator de forma individual para espécie; E (%): Resíduo médio percentual para espécie.

O Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), órgão ambiental do estado do Tocantins, por meio do Roteiro de Projeto de Exploração Florestal, recomenda a utilização de fator de forma inferior a 0,65, evitando assim que o volume de madeira seja superestimado para essa formação de Cerrado (SEPLAN, 2013).

Foi verificado ainda que a produtividade média em termos de área basal, conforme a tabela 9, foi de 7,05 m².ha⁻¹. Rezende et al. (2006), em estudo realizado em um Cerrado sensu stricto de Brasília-DF, encontraram valor de 6,64 ±0,84 m².ha⁻¹ e Paula et al. (1998), em levantamento quantitativo em três hectares de Cerrado, encontraram valor médio de 6,40 m².ha⁻¹.

Tabela 9. Produtividade em área basal na Estação Ecológica CeMAF (EEC)

Nome Científico	Área basal (m ²)	Área basal (m ² ha ⁻¹)
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	5,26	0,75
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	3,69	0,52
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	10,02	1,42
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	6,08	0,86
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	3,55	0,50
<i>Curatella americana</i> L.	5,14	0,73
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	3,86	0,55
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	2,63	0,37
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	4,40	0,62
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	5,16	0,73
Total	49,79	7,05

A tabela 10 apresenta a análise do efeito da utilização do fator de forma médio em relação a estima do volume pelo modelo volumétrico.

Tabela 10. Volumes estimados através do fator de forma e da equação volumétrica para cada espécie.

Nome científico	VEE (m ³ . ha ⁻¹)	VEFF (m ³ . ha ⁻¹)
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	2,7010	3,2267
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	1,7941	2,0029
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	4,6995	4,5868
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	3,3856	3,7584
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	1,7755	1,8015
<i>Curatella americana</i> L.	2,5723	2,9234
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	1,9534	1,9536
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	1,2864	1,2460
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	2,3238	2,4071
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	2,7617	2,9713
Total	25,2532	26,8778

VEE: Volume individual estimado pela equação volumétrica; **VEFF:** Volume individual estimado pelo Fator de Forma Médio.

Os valores observados na tabela 10 apresentam, em relação aos volumes individuais por espécie estimados pela equação e pelo fator de forma, valores de 25,25 e 26,87 m³ ha⁻¹, respectivamente. Rezende et al. (2006) encontraram valores para a variável volume de 25 ± 2,83 m³ ha⁻¹ em vegetação de Cerrado sensu stricto em Brasília-DF utilizando modelo volumétrico com dados provenientes de cubagem rigorosa utilizando-se o método de Smalian.

De acordo com o inventário florestal do Tocantins por meio do mapeamento das regiões fitoecológicas e Inventário florestal do Estado do Tocantins, realizado no ano de 2013, diz que nas áreas de Cerrado Sensu Stricto as estimativas de volume total variam de 18,87 a 45,61 m³ ha⁻¹. Os valores encontrados pelas estimativas nesse trabalho estão entre a variação existente no mapeamento supracitado.

Após a análise destes dados, por meio de análise de variância, comprovou-se que os ajustes do volume obtido pela equação selecionada (Tabela 3), os volumes obtidos pelo Fator de forma ($f_{1,30}$) e os valores obtidos pela cubagem rigorosa, não

possuem diferenças estatísticas entre si em cada espécie analisada e a interação da classe com o método não tem diferenças significativas em 7 espécies.

As espécies que tiveram diferenças estatísticas na interação classe x modelo foram *Magonia pubescens* A.St.-Hil, *Machaerium brasiliense* Vogel., *Qualea multiflora* Mart. respectivamente, sendo as com piores ajustes pela equação volumétrica conforme pode ser observado através dos valores ponderados dos scores estatísticos (VP) na tabela 11.

Tabela 11. Valor ponderado dos scores estatísticos (VP).

Espécie	Equação	E (%)	S_{yx} (%)	R²_{Aj} (%)	VP
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	5	-0,57	10,99	96,37	28
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	10	-4,2	12,13	95,57	34
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	5	-0,4	8,2	99,16	9
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	2	-1,26	8,81	99,04	22
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil	5	-1,15	19,47	94,10	52
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil	3	-2,95	19,46	94,08	54
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	5	-0,29	9,5	97,33	15
<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	2	-0,73	11,19	96,31	31
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	2	-0,85	7,70	97,97	18
<i>Tachigali aurea</i> Tul.	5	-0,35	8,14	97,73	11
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	5	-0,35	10,41	96,84	22
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	2	-0,53	13,73	94,50	38
<i>Qualea parviflora</i> Mart	5	-0,32	9,37	98,49	10
<i>Qualea parviflora</i> Mart	10	-3,07	9,39	98,49	27
<i>Curatella americana</i> L	5	-0,8	14,38	96,07	38
<i>Curatella americana</i> L	10	-7,03	14,52	95,99	49
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	5	-0,89	16,72	96,11	41
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	10	-1,13	17,2	95,90	46
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	5	-0,83	10,38	98,43	23
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	10	-6,42	13,71	97,27	41

E (%): Resíduo médio dos volumes; **S_{yx} (%)**: Erro padrão da Estimativa percentual; **R²_{Aj} (%)**: Coeficiente de determinação percentual. **VP**: Valor ponderado dos Scores estatísticos.

Ainda, analisando as diferenças estatísticas significativas que ocorreram nessas três espécies podem ser observados na tabela 12 que os valores de fator de forma, para a correção do volume indicado individualmente para cada espécie, foram

os que mais variaram em relação à média (0,63, 0,71 e 0,71) respectivamente para *Magonia pubescens* A.St.-Hil, *Machaerium brasiliense* Vogel., *Qualea multiflora* Mart.

Mediante a análise gráfica entre a equação selecionada e o volume estimado pelo fator de forma, podemos observar e comprovar a variação existente nessas espécies (Figura 11).

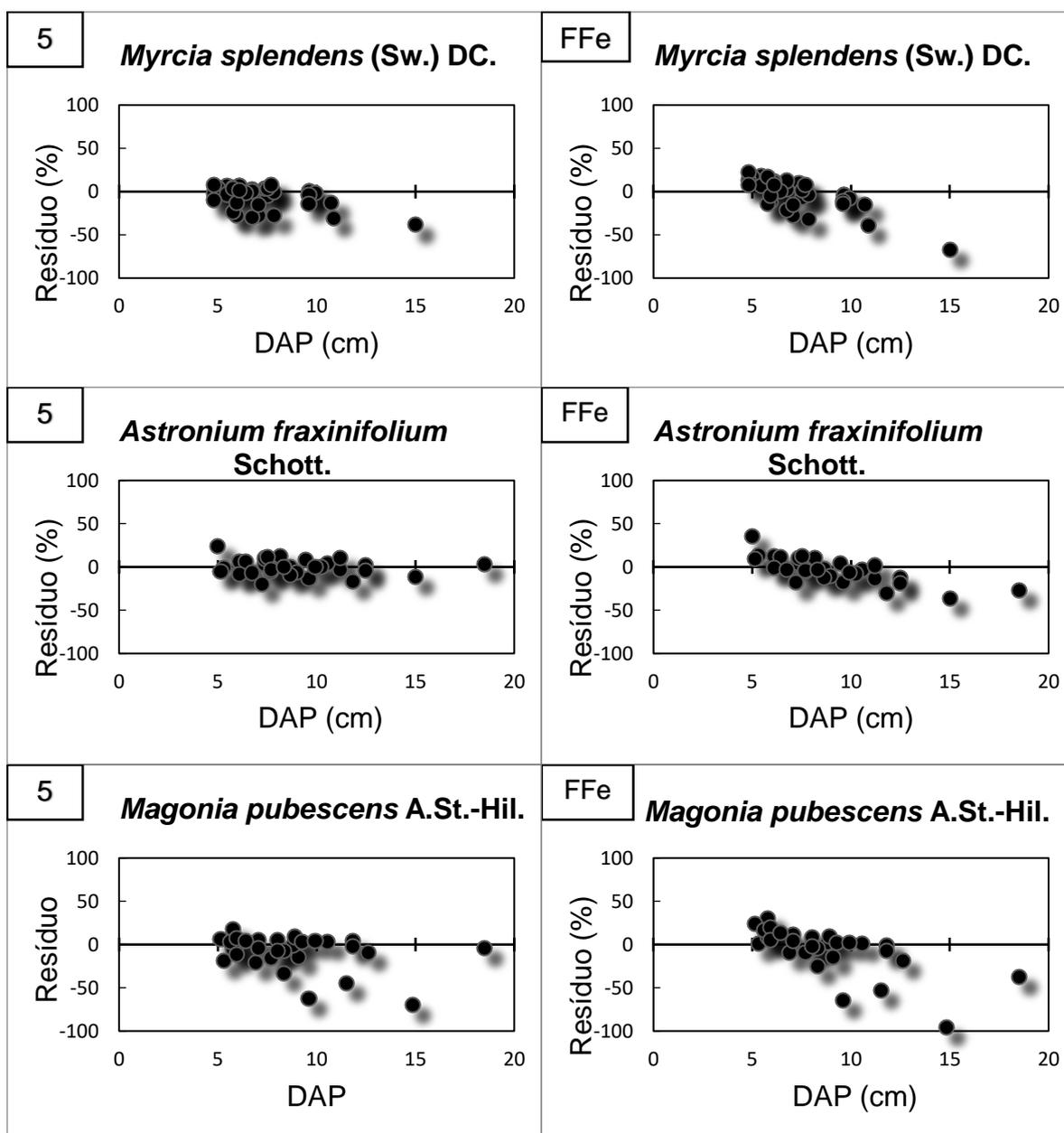


Figura 11. Gráficos de Resíduos referente a melhor equação (5) em comparação com o Fator de forma específico para cada espécie (FFe). (continua...)

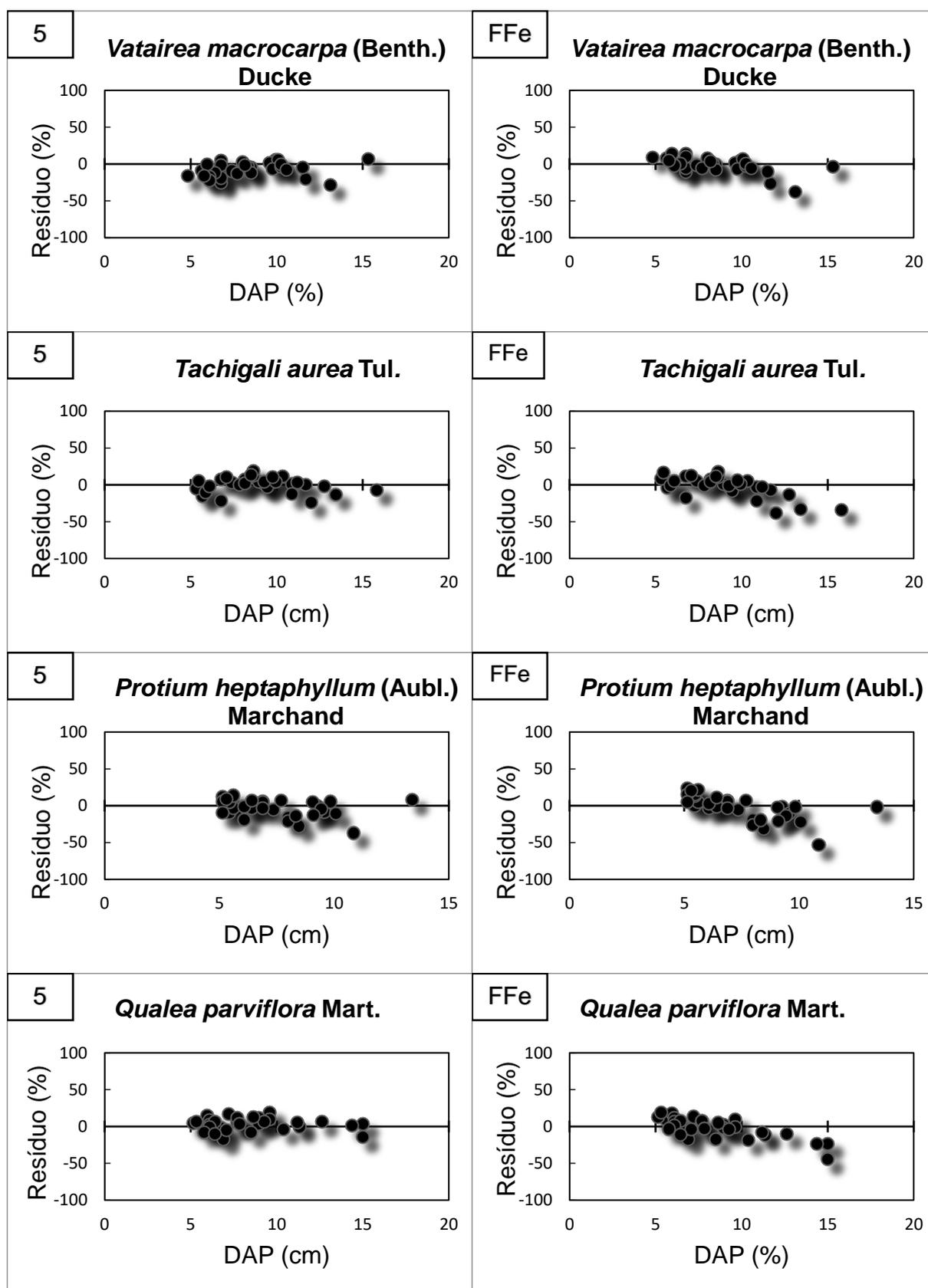


Figura 11. Gráficos de Resíduos referente a melhor equação (5) em comparação com o Fator de forma específico para cada espécie (FFe). (Continua...)

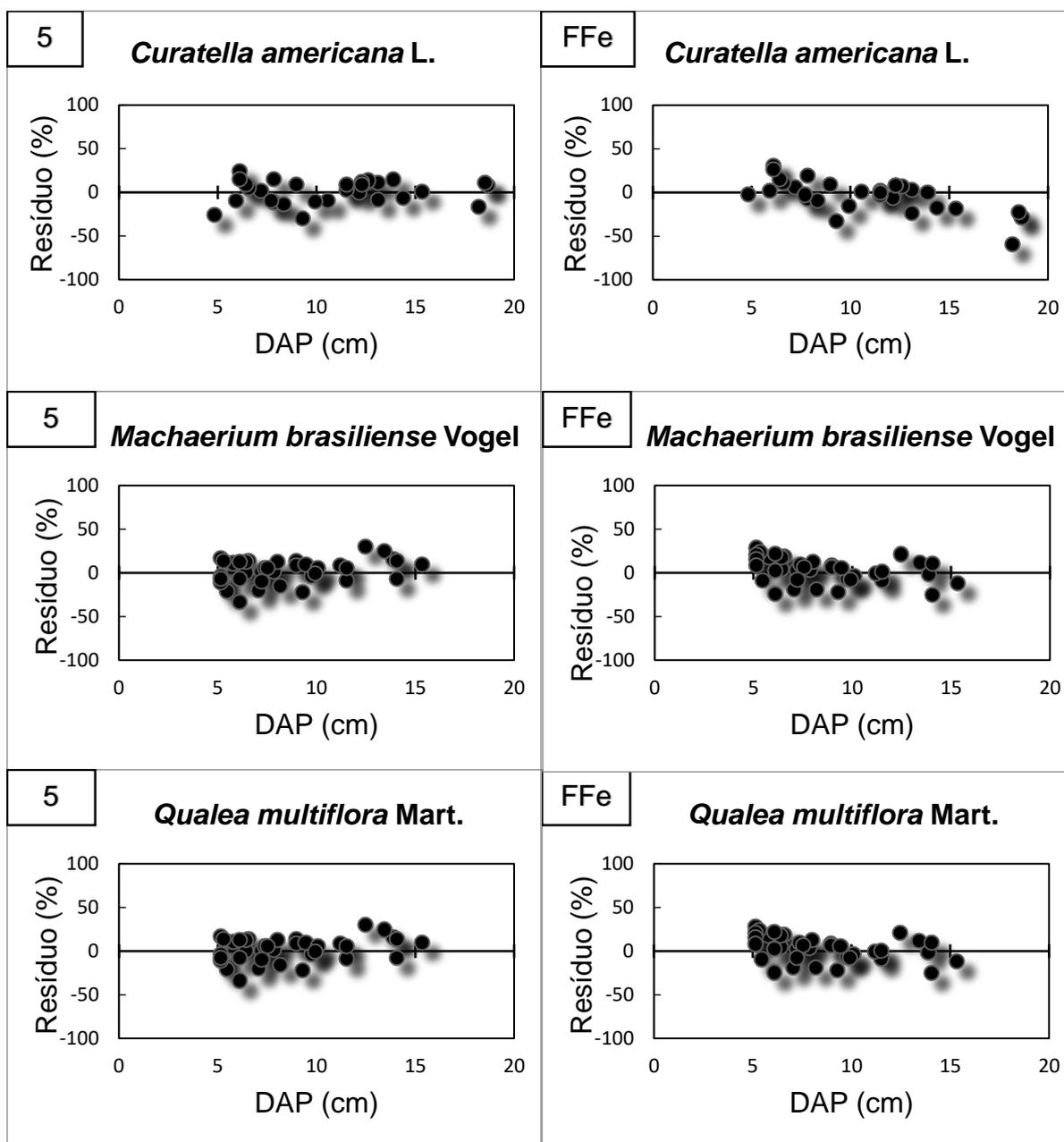


Figura 11. Gráficos de Resíduos referente a melhor equação (5) em comparação com o Fator de forma específico para cada espécie (FFe).

A figura 11 confirma a boa dispersão dos resíduos em 7 espécies analisadas para as espécies *Astronium fraxinifolium* Schott., *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke., *Tachigali aurea* Tul., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand. e *Qualea parviflora* Mart., assim, pela análise gráfica é possível visualizar e considerar boa

qualidade nos ajustes tanto para o método estimado pela equação volumétrica, quanto para o método estimado pelo fator de forma.

No entanto para duas espécies, na análise gráfica podemos perceber que a distribuição dos resíduos tem uma tendência de superestimar os volumes nas classes de diâmetros maiores que 10cm, como pode ser visto nas espécies: *Magonia pubescens* A.St.-Hil e *Myrcia splendens* (Sw.) DC. Para as espécies *Machaerium brasiliense* Vogel., *Qualea multiflora* Mart e *Curatella americana* L. a distribuição dos resíduos não obtiveram bons ajustes em relação ao padrão encontrados nas outras espécies analisadas.

Os resultados mostrados indicam que o fator de forma pode ser utilizado em alternativa ao uso das equações volumétricas para as estimativas do volume árvores em grupo de espécies ou famílias com características semelhantes as espécies estudadas nesse trabalho, pois é um método simples de ser utilizado e com apenas duas variáveis de entrada o DAP e Altura. Nesse sentido, recomenda-se a utilização de um fator de forma específico por espécie ou grupo de espécies para o cálculo do volume estimado em uma área de Cerrado Sensus Stricto.

5 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que a equação que obteve o melhor ajuste para as espécies: *Astronium fraxinifolium* Schott., *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke., *Tachigali aurea* Tul., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand., *Qualea parviflora* Mart., *Machaerium brasiliense* Vogel., *Qualea multiflora* Mart., *Curatella americana* L., *Magonia pubescens* A.St.-Hil e *Myrcia splendens* (Sw.) DC., foi o modelo de Meyer (equação 5).

As espécies *Astronium fraxinifolium* Schott., *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke., *Tachigali aurea* Tul., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand. e *Qualea parviflora* Mart. apresentaram bom desempenho tanto para o modelo quanto para o fator de forma.

Para as espécies *Machaerium brasiliense* Vogel., *Qualea multiflora* Mart e *Curatella americana* L. apresentaram os piores desempenhos nos ajustes. *Magonia pubescens* A.St.-Hil e *Myrcia splendens* (Sw.) DC apresentaram tendências de superestimar os volumes em diâmetros maiores que 10 cm na utilização dos métodos de estimativas avaliados.

Os resultados indicam que o fator de forma pode ser utilizado para as estimativas de volume em áreas de Cerrado *sensu stricto* em alternativa as equações volumétricas onde predominam uma dominância de espécies ou grupos de espécies com características semelhantes as encontradas nesse trabalho.

Por fim, o modelo de Meyer é o mais indicado para estimativa de volume em áreas onde predominam grupos de espécies com características similares as encontradas nesse trabalho, especialmente, para área de Cerrado *sensu stricto*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDER, D.; SYNNOT, T.J. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest. Tropical Forest Papers, n° 25. **Oxford Forestry Institute**, University of Oxford. 123p, 1992.

ASSAD, E.D. Chuva nos Cerrados. Análise e Espacialização. EMBRAPA/SPI. Brasília, DF. 1994.

ALMEIDA, D.L.C.S.; SILVA, F.R.; SANTOS, A.F.A.; GARCIA, M.L.; WOJCIECHOWSKI, J.C. Determinação de equação volumétrica e hipsométrica para um plantio de *Tectona grandis* L. f. em Alta Floresta, MT. **Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v.14, n.2, p.1-9, 2016.

ASSUNÇÃO, S.L.; FELFILI, J.M. Fitossociologia de um fragmento de Cerrado *sensu stricto* na APA do Paranoá, DF, Brasil, v.18, n.4, p.903-909. 2004.

BORDINO, L.F.; MARIA J.N.; RONY C.B.B. Levantamento florístico de um fragmento de Cerrado em recuperação no distrito industrial de Três Lagoas-MS. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v.1, n.6, p.45-55. 2018.

BORSOI, G.A. **Subsídios para o manejo de uma Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado de regeneração natural**. 2005. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) –Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

BRASIL. Decreto Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 15 de mar. 2018.

CAMPOS, O.J. **Cubagem de árvores**. 2014. 87f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Matemática) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

CERQUEIRA, C.L.; SANTOS L.G.; JESUS F.L.C.; MÔRA, R., MARQUES, G.M.; SALLES, T.T.; BRIANEZI, D. Modelagem da altura e volume de *Tectona grandis* LF na mesorregião Nordeste do Pará. **Nativa**, Sinop, v.5, p.606-611, 2017.

CESARO, A.; ENGEL, O. ; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia e de seis árvores quanto à eficiência do inventário florestal de um povoamento de *Pinus ssp*. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v.4, n.1, p.97-108, 1994.

CODEVASF-Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Plano de ação para o desenvolvimento Integrado do vale do Parnaíba** – PLANAP. Curitiba-PR. dez. 2009.

CORREIA, J. **Modelos volumétricos para florestas secundárias do litoral de Santa Catarina**. 2015. 99f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2015.

CORREIA, J.; FANTINI, A.; PIAZZA, G. Equações volumétricas e fator de Forma e de Casca para Florestas Secundárias do Litoral de Santa Catarina. **Floram**, v.24, p.12, 2017.

CURTIS, R.O.; MARSHALL, D.D. Permanent-plot procedures for silvicultural and yield research. Portland: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific **Northwest Research Station**. 2005.

DOMENE. V.D. **Crescimento e volume de três espécies nativas do cerrado de formosa, GO**. 2016. 61f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Curitiba, 2016.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. p. 17-73. In: M.N. Pinto (org.). Cerrado: caracterização, ocupação perspectivas. Brasília, Ed. **UnB/SEMATEC**. 1994.

ENCINAS, J.I ; MONTI, E.R. Cálculo do Coeficiente de Volume No Cerrado Grosso de Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.12, p.1457-1459, 1989.

ENCINAS, J.I.; SANTANA, O.A. ; PAULA, J.E. ; IMANA, C. Equações de volume de madeira para o cerrado de Planaltina de Goiás. **Floresta (UFPR. Impresso)**, v.39, p.107-116, 2009.

FELFILI, J.M.; NOGUEIRA, P.E. ; SILVA JÚNIOR, M.C. ; MARIMON, B.S. ; DELITTI, W. Florística e fitossociologia de espécies arbórea do Cerrado sensu stricto no Município de Água Boa- MT. In: **LI Congresso Nacional de Botânica.**, 2000, Brasília. Livro de Resumos., p.249. 2000.

FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P.E. ; SILVA JÚNIOR, M.C.; MARIMON, B.S. ; DELITTI, W.B.C. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no Município de Água Boa - MT. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v.16, n.1, p.103-112, 2002.

FELFILI, J.M.; SILVA-JÚNIOR, M.C. Distribuição dos diâmetros numa faixa de cerrado na Fazenda Água Limpa (FAL) em Brasília-DF. **Acta Botanica Brasilica** v. 2, p.85-105, 1988.

FELFILI, J.M.; SILVA JUNIOR, M.C.A. comparative study of Cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Cambridge, Uk, v. 9, n.3, p. 277-289, 1993.

FERNANDES, P.A.; PESSÔA, V.L.S. O Cerrado e suas atividades impactantes: uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada. **Revista Eletrônica de Geografia**, v.3, n.7, p.19-37, 2011.

FINGER, C. Medição de Árvores. Fundamentos de biometria florestal. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p.

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 26 mar. 2018.

GIMENEZ, B.O. **Equações volumétricas e o modelo que utiliza o fator de forma médio: Um estudo de caso na Amazônia Central**. 2014. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências tropicais) INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais, Manaus, 2014.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.J.; PINTO, A.C.M.; SILVA, R.P.; ROCHA, R.M.; TRIBUZY, E.S. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Revista Floresta*, v.34 n.3. p.295-304. 2004

HUSCH, B.; BEERS, T.W.; KERSHAW JÚNIOR, J.A. Forest mensuration. New Jersey, USA, J. Wiley & Sons, 4TH edition. 402p. 2003.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: Deutsche Gessellschaft fur Technisch Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1990. 343 p.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEREDO, D. J. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.4, n.2. 2002.

MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba, 2003. 309 p.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Guarapuava: Unicentro, 2. ed. 2009. 316 p.

MARACAHIPES, L; LENZA, E.; MARIMON, B.S.; OLIVEIRA, E.A. de; PINTO, J.R.R.; MARIMON-JUNIOR, B.H. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v.11, n.1, p.133-141, 2011.

MARINHO, PAULO; SOUSA, RHONAN; MEDEIROS, PAULO; VIOLA, MARCELO; GIONGO, MARCOS. Classificação de imagem orbital pelo método máxima verossimilhança em Sucupira-TO. **Agrarian academy**, v.4, p.115-124, 2017.

MENDONÇA R.C.; FELFILI J.M.; WALTER B.M.T.; SILVA M.C.; REZENDE A.V.; FILGUEIRAS T.S; NOGUEIRA P.E. Flora vascular do Cerrado. In: SANO SM & ALMEIDA SP. (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, p.289-556. 1998.

MIRANDA, D. L. C.; PARO, B. A. V.; COSTA, G. R. Estimativa do Volume em Árvores de *Hymenaea coubaril* L. e *Trattinnickia burserifolia* Mart. no Norte de Mato Grosso. **Nativa**, v.2, p.119-123, 2014.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite: Monitoramento do Bioma Cerrado**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, IBAMA, Brasília. 2011. 65p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado - PPCerrado. 2009. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/182/arquivos/ppcerrado_consultapublica_182.pdf> Disponível em: 03 de abril. 2018.

NATURATINS- INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS. Roteiro de exploração florestal. Disponível em <<https://central3.to.gov.br/arquivo/292846/>> acesso em: 20 de fev. de 2018.

NETER J.; WASSERMAN W.; KUTNER M.H. **Applied linear statistical models**. Chicago: Irwin; 1996. 1415p.

PAULA, J.E.; ENCINAS, J.I.; NILTON S. Parâmetro Volumétrico e D Biomassa de Três Hectares da Fazenda Marflora (Maranhão). **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p.613-620, 1998.

QUEIROZ, D.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J.E.; KOEHLER, H.S. Avaliação e validação de funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Benthem em povoamentos na região metropolitana de Curitiba/PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v.36, n.2, p.183-199. 2006.

REATTO, A.; MARTINS, E.S. Classes de solo em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C. & FELFILI, J. M. (org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. MMA. Brasília, DF. 2005.

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

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. P. 87-167. In: SANO S.M.; ALMEIDA, S.P. **Cerrado, Ambiente e flora**. Planaltina, EMBRAPA CPAC. 1998.

SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SCHAAF, L.B. ; GALVÃO, F.; LONGHI, S.J. Modificações florístico-estruturais de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana no período entre 1979 e 2000. *Ciência Florestal*, Santa Maria - RS, v.16, n.3, p.271-291, 2006.

SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F. ; CÔRTE, A.P.D.; FERNANDES, L.A.V.; SIQUEIRA, J.D.P. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução** - 2a. Edição. 2. ed. Curitiba, 2009. 316p.

SANTOS, L.A.C.; BATISTA, A.C.; NEVES, C.O.M. ; CARVALHO, E.V. ; SANTOS, M. M.; ALVES, M.V.G. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do Sul do Tocantins, utilizando imagens Landsat. **agro@ambiente on-line**, v.11, p.111-118, 2017.

SANTOS, R.C.; CASTRO, R.V.O.; CARNEIRO, A.C.O.; CASTRO, A.F.N.M.; PIMENTA, A.S.; PINTO, E.M. Estoques de volume, biomassa e carbono na madeira de espécies da Caatinga em Caicó, RN. **Pesquisa Florestal Brasileira (Impresso)**, v.36, p.01-07, 2016.

SCHNEIDER P.R; SCHNEIDER P.; SOUZA C.D. Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal. Santa Maria: UFSM/ CEPEF; 2009.

SCOLFORO J; MELLO J.D; LIMA C.D.A. Obtenção de relações quantitativas para estimativa de volume do fuste em Floresta Estacional Semidecídua Montana. **Revista Cerne**.v.1, n.1, 123-134, 1994.

SCOLFORO, J.R.S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria florestal: medição e volumetria de árvores**. Textos técnicos. UFLA. Lavras. 1998. 310 p.

SCOLFORO, J.R.S.; RIOS, M.S.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J.M.; MAESTRI, R. Acuracidade de equações de afilamento para representar o perfil de *Pinus elliottii*. **Cerne**, Lavras, v.4, n.1, p.100-122, 1998.

SCOLFORO, J.R.; FIGUEIREDO FILHO, A. Mensuração florestal, Módulo 2: volumetria. Lavras: ESAL/FAEPE, 126p. 1993.

SCOLFORO, J.R.S.; SILVA, S.T. Conceito de floresta balanceada de meyer como opção para intervenção em Cerrado *sensu stricto*. Floresta para o desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado, v.1, p.378-381, 1993.

SCOLFORO, J.R.S; PULZ, F.A. ; MELLO, J.M. ; OLIVEIRA FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne (UFLA)**, lavras, v. 2, n.1, p. 112-137, 1996.

SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M; PÉREZ, J.F.M.; OLIVEIRA, A.D.; CAMOLESI, J. F.; BORGES, L.F.R.; ACERBI JÚNIOR, F.W. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Cerne (UFLA)**, v.10, p.87-102, 2004.

SEPLAN. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. 2012. Disponível em: <[http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/TO_AtlasTocantins2012/Atlas do Tocantins_2012.pdf](http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/TO_AtlasTocantins2012/Atlas_do_Tocantins_2012.pdf)> Acesso em: 20 fev. 2018.

SILVA J.A.A.; PAULA F.N.O. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: UFRPE; 1979. 191p.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa MG, Editora UFV, 276p. 2007.

SOARES C.P.B.; PAULA F.N.O.; SOUZA A.L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: UFV, 2. ed, 2011. 272 p

SOUZA A; JESUS R. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies da Mata Atlântica ocorrentes na Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**. 1991

STERNADT, G.H. Cubagem de toras em mogno – comparação do processo do IBAMA e o adotado por madeireiras. 2001. 100 p. Livro – IBAMA – Laboratório de Produtos Florestais, 2001. Disponível em <<http://www.mognobrasileiro.com.br/2008/06/cubagem-das-toras-de-mogno/>>. Acesso em: 21 de fev. 2018.

THOMAS, C.; ANDRADE, C.M.; SCHNEIDER, P.R. ; FINGER, C.A.G. Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, 2006.

TONINI, H.; BORGES, R.A. Equação de volume para espécies comerciais em Floresta Ombrófila Densa no sul de Roraima. **Pesquisa Florestal Brasileira (Impresso)**, v.35, p.111-117, 2015.

VIBRANS, A.C.; SEVEGNANI, L.; LINGNER, D.V. ; Gasper, A.L.; SABBAGH, S. Inventário florístico florestal de Santa Catarina (IFFSC): aspectos metodológicos e operacionais. **Pesquisa Florestal Brasileira (Impresso)**, v.30, p.291-302, 2010.