

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ESTIMATIVAS DE VOLUME, BIOMASSA E CARBONO
PARA O CARVOEIRO (*Sclerolobium paniculatum* Vog. var.
subvelutinum Benth)**

ROBERT MORAIS THOMPSON

ORIENTADORA: ALBA VALÉRIA REZENDE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

BRASÍLIA/DF: JANEIRO – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

THOMPSON, ROBERT MORAIS

Estimativas de Volume, Biomassa e Carbono para o Carvoeiro (*Sclerobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth.) [Distrito Federal] 2009.

xvii, 64p., 210 x 297 mm (EFL/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Volume

2. Biomassa

3. Carbono

4. Equações

5. *Sclerobium paniculatum*

6. Cerrado *sensu stricto*

7. Manejo Florestal

I. EFL/FT/UnB

II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

THOMPSON, R. M. (2009). Estimativas de Volume, Biomassa e Carbono para o Carvoeiro (*Sclerobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth.). Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-108/09, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 64p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Robert Morais Thompson.

TÍTULO: Estimativas de Volume, Biomassa e Carbono para o Carvoeiro (*Sclerobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth.)

GRAU: Mestre

ANO: 2009

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

Robert Morais Thompson
SHIS QI 17 Conjunto 13 Casa 10 Lago Sul
71645-130 Brasília – DF – Brasil.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília, Fazenda Água Limpa e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade concedida para a realização do curso de pós-graduação.

Ao DPP e a CAPES pela bolsa e auxílio concedidos ao projeto.

À minha orientadora e amiga Alba Valéria Rezende, que apesar das diversas dificuldades encontradas ao longo do trabalho, sempre procurou ser prestativa, me passando conhecimento e dicas essenciais para a sua conclusão.

Aos professores Ailton Teixeira do Vale, Cláudio Henrique Soares Del Menezzi e Mauro Eloi Nappo, do Departamento de Engenharia Florestal, pelo incentivo, apoio e ensinamentos durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao grande amigo e Engenheiro Florestal Vitor Muller, responsável pelo viveiro florestal da Fazenda Água Limpa, por todo apoio e pelas sugestões de campo, importantes na concretização desta pesquisa.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa, Seu Sebastião, Geraldo, Zé Barbosa, Zico, Marconi, Vandoir, Cláudio e todos aqueles que me ajudaram de alguma forma. Muito obrigado! Sem vocês não existe trabalho.

Aos grandes amigos Clarine, Rafael e Lilian, por terem sido parte integrante e essencial nas horas pesadas de campo.

Aos amigos Pedro, Gabriel e Lívia pela ajuda em campo no início do projeto.

Aos meus irmãos por me lembrarem que tenho uma família e por todo o apoio que me deram durante esta caminhada.

À Fernanda, minha companheira e namorada, que foi essencial neste trabalho. Sempre esteve presente, me dando apoio em todas as etapas. Foi minha revisora, mão-de-obra pesada e conselheira, me ajudando, principalmente, nos momentos de stress e crise. Muito obrigado! Te amo!

A todos os funcionários, professores e alunos do Departamento de Engenharia Florestal que fizeram parte da minha vida durante o mestrado na UnB.

A todos os meus grandes amigos que com certeza fizeram parte desta pesquisa.

Aos meus pais pelo estímulo e apoio, e principalmente à minha mãe por ter sido sempre paciente, amiga, forte e carinhosa, e que até hoje é parte essencial em minhas decisões.

E por fim, à Deus, que sem ele não seria possível a minha existência e minha evolução neste mundo.

Obrigado!

Dedicado a Deus; a minha mãe
e minha família; e à minha
companheira Fernanda.

RESUMO

ESTIMATIVAS DE VOLUME, BIOMASSA, E CARBONO PARA O CARVOEIRO (*Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth)

Autor: Robert Morais Thompson

Orientadora: Alba Valéria Rezende

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, janeiro de 2009

Este trabalho foi desenvolvido em uma área de cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, UnB, Brasília, DF com o objetivo de avaliar o potencial de produção de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth, visando subsidiar a elaboração de técnicas para o uso sustentável da espécie em áreas naturais do cerrado *sensu stricto*. O carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth.) é uma espécie típica do Cerrado, que se destaca por apresentar grande potencial econômico e social, principalmente para as comunidades rurais. Para atender este estudo indivíduos da espécie com diâmetro da base igual ou superior a 5 cm, foram demarcados em uma área experimental e, posteriormente derrubadas e cubados rigorosamente. Foram avaliadas as relações dendrométricas da espécie e testados modelos estatísticos para estimar volume, biomassa seca e estoque de carbono por árvore. Quanto as relações dendrométricas, o estudo mostrou que, em média, o volume dos galhos grossos de uma árvore representa cerca de 53% do volume de fuste mais galhos grossos de uma árvore. Verificou-se também a existência de uma tendência das menores classes de diâmetro possuírem menor porcentagem de casca. O modelo de Schumacher e Hall foi escolhido para estimar o volume, biomassa seca e o carbono do fuste. Além disso, o modelo de Schumacher e Hall também se destacou para estimar o volume da árvore considerando fuste mais galhos grossos e também a biomassa seca e carbono para fuste mais galhos e folhas.

O modelo de Honner foi o que melhor estimou a biomassa seca do fuste e galhos em geral. O modelo de Meyer foi o que melhor estimou a biomassa seca e o carbono de fuste mais galhos grossos, e o carbono do fuste mais galhos em geral. A espécie apresentou potencial de interesse para uso sustentável em áreas de cerrado *sensu stricto*. Recomendou-se que sejam realizados outros estudos com a espécie, relacionados à silvicultura e a outros produtos potenciais que esta possa oferecer.

ABSTRACT

ESTIMATION OF VOLUME, BIOMASS AND CARBON FOR THE CARVOEIRO (*Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth)

Author: Robert Morais Thompson

Supervisor: Alba Valéria Rezende

Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal

Brasília, January of 2009

This work was developed in an area of cerrado *sensu stricto* in Fazenda Água Limpa, UnB, Brasília, DF to evaluate the productive potential of *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. Benth *subvelutinum*, aiming subsidize the development of techniques for sustainable use of species in natural areas of cerrado *sensu stricto*. The Carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth.) is a species typical of the Cerrado, which is distinguished by having great social and economic potential, especially for rural communities. To answer this kind of study individuals of the species with base diameter higher than 5 cm were demarcated in an experimental area, and later torn down and rigorously sectioned. Were evaluated the dendrometric relationships for the species and tested statistical models for estimating volume, biomass and carbon stocks in trees. As relations dendrometric, the study showed that on average, the volume of the thick branches of a tree is about 53% of the stem more thick branches of a tree. There was also the existence of a trend of smaller diameter classes having the smaller percentage of bark. The model of Schumacher and Hall was chosen to estimate the volume, biomass and carbon shaft. Moreover, the model of Schumacher and Hall also was chosen for estimate the volume of the tree stem considering thick branches and dry biomass and carbon shaft with branches and leaves. The model of Honner was the best for estimate the dry biomass of stem and branches in general. Meyer's model was the best estimate the dry biomass and the carbon of the stem with thick branches, and carbon shaft more branches in general. The species showed potential for sustainable use of interest in areas of cerrado *sensu stricto*. It was recommended that further studies had to be conducted with the species, related to forestry and other potential products that it can offer.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. HIPÓTESE.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1. O MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL	3
3.2. USO SUSTENTÁVEL DE ESPÉCIES NATIVAS	4
3.3. <i>Sclerolobium paniculatum</i>	8
3.4. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO MADEIREIRA E NÃO MADEIREIRA DE ESPÉCIES FLORESTAIS	11
3.4.1 Volume.....	11
3.4.2. Biomassa	12
3.4.3. Carbono	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	17
4.2. COLETA DE DADOS.....	18
4.2.1. Seleção das árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> var. <i>subvelutinum</i>	18
4.2.2. Determinação do volume do fuste e galhos.....	19
4.2.3. Determinação da biomassa verde e seca do fuste e galhos.....	22
4.2.4. Determinação da biomassa verde e seca de folhas.....	26
4.2.5. Estimativa do estoque de carbono.....	27
4.3. ANÁLISE DE DADOS.....	27
4.3.1. Análise das relações	27
4.3.2 Estimativa dos estoques em volume, biomassa e carbono de <i>Sclerolobium paniculatum</i> var. <i>subvelutinum</i>	28

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA E RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS DA ESPÉCIE <i>SCLEROLOBIUM PANICULATUM</i> VAR. <i>SUBVELUTINUM</i>	30
5.2. AJUSTE DOS MODELOS VOLUMÉTRICOS, DE BIOMASSA SECA E DE CARBONO	36
5.2.1. Ajuste dos modelos volumétricos	36
5.2.2. Ajuste dos modelos de biomassa seca	40
5.2.3. Ajuste dos modelos de carbono.....	47
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	54
6.1. CONCLUSÕES	54
6.2 RECOMENDAÇÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Distribuição de frequência absoluta e relativa por classe de diâmetro das árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> var. <i>subvelutinum</i> amostradas visando a obtenção de estimativas de volume, biomassa e estoque de carbono.....	30
Tabela 5.2. Valores mínimos e máximos, média e desvio padrão das variáveis das árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> var. <i>subvelutinum</i> amostradas.....	31
Tabela 5.3. Biomassa úmida de cada componente das árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> var. <i>subvelutinum</i>	32
Tabela 5.4. Biomassa seca de cada componente das árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> var. <i>subvelutinum</i>	32
Tabela 5.5. Relação volume, madeira/casca para as árvores de <i>S. paniculatum</i>	34
Tabela 5.6. Relação biomassa úmida, madeira/casca para as árvores de <i>S. paniculatum</i>	34
Tabela 5.7. Relação biomassa seca, madeira/casca para os indivíduos de <i>S. paniculatum</i>	35
Tabela 5.8. Teor de umidade médio para cada classe diamétrica.....	35
Tabela 5.9. Densidade média para a espécie <i>Sclerolobium paniculatum</i> var. <i>subvelutinum</i>	36
Tabela 5.10. Estatísticas dos parâmetros e medidas de precisão das equações volumétricas, ajustadas para os indivíduos de <i>Sclerolobium paniculatum</i> de um cerrado <i>sensu stricto</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	37
Tabela 5.11. Estatísticas dos parâmetros e medidas de precisão das equações de biomassa seca, ajustadas para os indivíduos de <i>Sclerolobium paniculatum</i> de um cerrado <i>sensu stricto</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	41
Tabela 5.12. Estatísticas dos parâmetros e medidas de precisão das equações de carbono ajustadas para os indivíduos de <i>Sclerolobium paniculatum</i> de um cerrado <i>sensu stricto</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. (a) Corte ao nível do solo; (b) Medição da altura total.....	19
Figura 4.2. Medição do diâmetro do toco para o método de Huber.....	21
Figura 4.3. Pesagem da biomassa em campo.....	22
Figura 4.4. Demonstrativo da retirada de cunhas.....	23
Figura 4.5. (a) Demonstrativo da retirada das cunhas; (b) Separação da casca e da madeira.....	23
Figura 4.6. (a) Balança utilizada para pesagem dos corpos de prova; (b) Estufa utilizada para secagem dos corpos de prova.....	24
Figura 4.7. Volumetria dos corpos de prova.....	24
Figura 4.8. Separação das folhas.....	26
Figura 5.1. Relação fuste/galhos grossos para volume e biomassa úmida.....	32
Figura 5.2. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de volume do fuste (VF), obtidas com as equações referentes aos modelos (a, b, c e d) ajustados para as árvores de <i>Sclerobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	38
Figura 5.3. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de volume do fuste + galhos grossos (VFGg), obtidas com as equações referentes aos modelos (a, b, c e d) ajustados para as árvores de <i>Sclerobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	39
Figura 5.4. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de biomassa seca do fuste (BSF), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de <i>Sclerobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	42
Figura 5.5. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de biomassa seca do fuste + galhos grossos (BSFGG), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de <i>Sclerobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	43
Figura 5.6. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de biomassa seca do fuste + galhos em geral (BSFG), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de <i>Sclerobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	45

Figura 5.7. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de biomassa seca do fuste + galhos + folhas (BSFGf), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a , b , c e d) de árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	46
Figura 5.8. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de carbono do fuste (CF), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a , b , c e d) de árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	48
Figura 5.9. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de carbono do fuste + galhos grossos (CFGG), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a , b , c e d) de árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	49
Figura 5.10. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de carbono do fuste + galhos em geral (CFG), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a , b , c e d) de árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	51
Figura 5.11. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de carbono do fuste + galhos + folhas (CFGf), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a , b , c e d) de árvores de <i>Sclerolobium paniculatum</i> da Fazenda Água Limpa, DF.....	52

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

APA	- área de preservação ambiental
Bio F	- biomassa úmida do fuste
Bio FGG	- biomassa úmida do fuste e galhos grossos
Bio FG	- biomassa úmida do fuste e galhos em geral
Bio FGf	- biomassa úmida do fuste, galhos em geral e folhas
BSF	- biomassa seca do fuste
BSFGG	- biomassa seca do fuste e galhos grossos
BSFG	- biomassa seca do fuste e galhos em geral
BSFGf	- biomassa seca do fuste, galhos em geral e folhas
cm	- centímetro
CO ₂	- Dióxido de Carbono
C	- estoque de carbono
CD	- classe diamétrica
CF	- carbono do fuste
CFGg	- carbono do fuste e galhos grossos
CFG	- carbono do fuste e galhos em geral
CFGf	- carbono do fuste, galhos em geral e folhas
d _b	- diâmetro na base da seção
d _t	- diâmetro no topo da seção
Db	- Diâmetro da base (tomado a 30 cm do solo)
ϵ	- erro aleatório
FAL	- Fazenda Água Limpa, UnB
FAO	- Food and Agriculture Organization of the United Nations
f	- fator de correção
g _b	- área transversal na base da seção
g _t	- área transversal no topo da seção
g	- gramas
g _m	- área seccional tomada no meio da seção
g _{b1}	- área seccional tomada na cepa
Ht	- altura total
ha	- hectare

h_c	- altura da cepa.
ind.	- indivíduo
Kg	- quilo
km	-quilômetro
Ln	- logaritmo natural
l	- comprimento da seção
m	- metro
mm	- milímetro
MU	- massa úmida
MS	- massa seca
Mg	- megagrama
N	- n° total
PF	- peso do fuste
PGG	- peso dos galhos grossos
PG	- peso dos galhos em geral
Pfo	- peso das folhas
PFGf	- peso do fuste, galhos e folhas
PFG	- peso do fuste e galhos em geral
PFGg	- peso do fuste + galhos grossos
ρ	- densidade básica R^2 - coeficiente de determinação
Syx%	- erro padrão da estimativa expresso em percentagem
TU	- Teor de umidade
tC	- tonelada de carbono
v_i	- volume da seção i
V	- volume
v_c	- volume da cepa
VF	- volume do fuste
Vgg	- volume dos galhos grossos
VF	- volume do fuste
VFGg	- volume do fuste e galhos grossos
Zx	- massa ou volume de madeira ou casca do corpo de prova
Zy	- massa ou volume de madeira ou casca total

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro é a maior savana neotropical existente no mundo e o segundo maior bioma brasileiro em extensão, com considerável contribuição para a biodiversidade e para o ciclo de carbono no planeta (REZENDE & FELFILI, 2004).

Várias espécies do Cerrado se destacam pela importância social e econômica na região, principalmente aquelas relacionadas a produtos não madeireiros, como frutos, óleos, fármacos, artesanatos, cosméticos e outros (MELO, 2006; NUNES, 2005; PIRES & MARCATI, 2005; FELFILI & FILHO, 2004; SANO et al., 2004; MELO, 2002; ALMEIDA, 1998). Muitas espécies também podem ter a madeira utilizada para fins nobres, sob o regime de manejo florestal sustentável, representando possibilidade de renda para os proprietários rurais. No entanto, como aconteceu e como vem acontecendo em outros biomas brasileiros, o Cerrado tem sofrido grande perda de sua biodiversidade, devido, principalmente, pela forma desordenada de ocupação e exploração de suas áreas naturais remanescentes. A agropecuária e o crescimento urbano não planejado são as atividades que mais têm pressionado as áreas remanescentes.

A conversão de áreas de Cerrado em outros usos vem acarretando prejuízos sociais, econômicos e ambientais ao país e, principalmente, às comunidades rurais que vivem no bioma. Dentre os prejuízos destacam-se o aumento de áreas degradadas, o declínio da diversidade biológica e da produtividade, o desaparecimento de espécies, inclusive daquelas consideradas de potencial econômico, além das alterações microclimáticas que afetam de forma desfavorável a qualidade de vida humana.

Estudos revelam que é essencial a implementação de políticas públicas para a conservação e uso sustentável do bioma Cerrado (RODRIGUES, 2005; ALHO, 2005; RIBEIRO, 2005). Rodrigues (2005) relatou que a falta de conhecimento básico sobre a biodiversidade do Cerrado impede a delimitação mais precisa das áreas potenciais de conservação e não tem permitido frear a ocupação das paisagens que ainda restam no bioma.

A busca de alternativas de manejo para o Cerrado, que sejam técnica e

economicamente viáveis, visando o uso sustentável da sua vegetação nativa é necessário. Contudo, essa não é uma tarefa tão fácil, devido à grande complexidade dessa formação vegetal, o que é uma característica das formações vegetais tropicais.

Apesar do avanço nas pesquisas no bioma Cerrado, principalmente aquelas relacionadas à composição florística e estrutura da vegetação, ainda faltam informações que possam subsidiar o manejo da sua vegetação de forma sustentável.

Vários fatores contribuem para as dificuldades em se realizar um bom manejo para a vegetação do Cerrado. Dentre estes pode-se destacar a alta riqueza e diversidade florística registrada no bioma; pouco conhecimento sobre as características silviculturais e tecnológicas das espécies e sobre a suscetibilidade destas a exploração; a carência de informações sobre a dinâmica da maioria das formações vegetais do bioma, e sobre a autoecologia de grande parte das espécies e a carência de equações matemáticas para estimar os estoques em volume, biomassa, carbono, da vegetação ou de determinada espécie ou grupo de espécies, dentre outros.

O levantamento das potencialidades das espécies nativas do Cerrado, seja como produto madeireiro ou não madeireiro, ainda é carente e deve ser considerado um importante passo na realização do manejo da vegetação.

O carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth.), por exemplo, é uma espécie típica do Cerrado, que se destaca por apresentar grande potencial econômico e social, principalmente para as comunidades rurais. É uma espécie muito utilizada na produção de carvão vegetal, lenha, cercas, tinturaria, moirões entre outras. De acordo com Vale (2002), essa espécie apresenta alta produção de biomassa e poder calorífico, se destacando, portanto, como grande produtora de energia. Em função de suas características pode ser considerada uma espécie com potencial para programas de manejo no Cerrado. No entanto, tal como ocorre com a maioria das espécies do Cerrado, ainda faltam algumas informações básicas essenciais que possam subsidiar o manejo desta espécie.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo geral avaliar as características potenciais quantitativas do carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum*

Benth), visando obter subsídios para o desenvolvimento de metodologias de manejo para o seu uso sustentável em áreas naturais. Como objetivos específicos procurou-se:

- a) Avaliar as relações dendrométricas;
- b) Selecionar equações para estimar volume, biomassa seca e estoque de carbono para árvores da espécie.

2. HIPÓTESE

A espécie *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth apresenta potencial quantitativo de interesse para uso de forma sustentável em áreas de cerrado *sensu stricto*.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. O MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL

No Brasil, o conceito de manejo florestal em regime de rendimento sustentado foi primeiramente introduzido com a realização dos primeiros inventários florestais, executados por peritos da FAO, em fins da década de 50 (HIGUCHI et al., 2006). Existem diversas definições, mas, segundo Filho et al. (2004), é a parte da ciência florestal que trata do conjunto de princípios, técnicas e normas, que tem por fim organizar, ordenar e controlar a produtividade e eficiência da floresta. Tem como princípios norteadores: a conservação dos recursos naturais, a conservação da estrutura da floresta e de suas funções, a manutenção da diversidade biológica e o desenvolvimento sócio-econômico da região.

O regime de rendimento sustentado é a condução da floresta aproveitando apenas aquilo que ela é capaz de produzir, ao longo de um determinado período de tempo, sem comprometer a sua estrutura natural e o seu capital inicial (FILHO et al., 2004; HIGUCHI et al., 2006).

Segundo Good et al. (1993) citado por Martins et al. (2003), o manejo das florestas nativas deve considerar o desenvolvimento de sistemas que garantam o crescimento das árvores e de produtos desejáveis, bem como a conservação dos recursos hídricos, edáficos e florísticos, que têm sido bastante degradados pela crescente pressão antrópica sobre eles.

Para elaborar e colocar em prática planos de manejo específicos para as diferentes formações vegetais são necessários amplos estudos visando obter diagnósticos confiáveis sobre os estoques e o mercado de produtos madeireiros e não madeireiros de espécies nativas (BENTES-GAMA, 2002a). Devem ser adotados sistemas de manejo que possam combinar informações de inventário florestal e outras informações mais específicas de uso de espécies (KIRBY & POTRIN, 2007). Por exemplo, o conhecimento da distribuição espacial de espécies arbóreas oferece valiosa informação, possibilitando elementos básicos para o planejamento do manejo adequado e aproveitamento racional dos recursos florestais, gerando subsídios para o aproveitamento da floresta ou de uma determinada espécie (NASCIMENTO et al., 2002; MARTINS et al., 2003).

3.2. USO SUSTENTÁVEL DE ESPÉCIES NATIVAS

As florestas tropicais são caracterizadas por apresentar nos biomas brasileiros, grande diversidade de espécies que determinam complexas relações ecológicas, constituindo-se em um modelo de difícil avaliação e entendimento geral (NASCIMENTO et al., 2002). Segundo Fachim & Guarim (1995) citado por Alvino et al. (2005), a falta de conhecimento sobre a biologia das espécies, sobre os seus potenciais para diferentes usos e sobre a variabilidade genética inter e intra populacionais, tem levado à perda irreversível de recursos genéticos de determinadas espécies, antes mesmo que alguns estudos tenham sido realizados para possibilitar o seu manejo.

Segundo Bentes-Gama et al. (2002a), o conhecimento da composição e da estrutura da vegetação é fundamental para o embasamento da formulação de planos de manejo criteriosos. A análise da estrutura da vegetação funciona como uma ferramenta essencial para este fim, pois indica o nível de participação das espécies por meio da avaliação conjunta da estrutura horizontal e vertical da floresta. Conhecer a composição florística, a diversidade e o padrão de distribuição espacial das espécies, a intensidade amostral para representar o estrato arborescente, a análise da estrutura horizontal, vertical e qualitativa da

floresta podem vir a colaborar grandemente com futuras ações de manejo, a fim de assegurar a sustentabilidade. Outro fator importante para o manejo é a valoração do estoque de exploração, que permite a previsão dos lucros brutos possíveis de serem obtidos de espécies de interesse comercial, além de poder indicar quais categorias de espécies poderão incrementar a receita potencial final do produtor florestal (BENTES-GAMA, 2002b).

Alvino et al. (2005), estudando uma floresta secundária no Pará, relataram que os agricultores não têm aproveitado o potencial que a floresta pode fornecer, provavelmente pela falta de conhecimento e de recursos para sua exploração. Os autores, ao avaliarem o potencial de uso de 103 espécies nativas levantadas em uma floresta secundária, com 30 anos de idade, na Zona Bragantina, no Pará, concluíram que de todas as espécies, somente 2% entraram em categoria sem uso. Noventa e oito por cento das espécies foram divididas em: madeiras utilizadas em construções rurais (33%), de alto valor comercial (30%), baixo valor comercial (9%), lenha (9%), frutíferas (7%), medicinais (5%), artesanais (4%) e as com potencial resinífero (1%).

Bentes-Gama (2002a), em estudo realizado em uma propriedade florestal no município de Afuá, ao norte do Estado do Pará, confirma a potencialidade madeireira das espécies nativas que existem na região, e relata que um dos maiores entraves para a efetivação de sua utilização e aceitação no mercado é a falta de maiores informações a respeito das espécies e suas características tecnológicas. A atividade madeireira ainda permanece arraigada nas bases do extrativismo tradicional, decorrente de uma visão unilateral e cheia de falhas da produção florestal regional. Deste modo, se valoriza apenas algumas espécies madeireiras, persistindo uma exploração predatória, que inibe a sustentação econômica e ameaça a utilização dos recursos florestais sob uma perspectiva de sustentabilidade (BENTES-GAMA, 2002b).

A espécie *Mimosa scabrella* Benth., característica de matas dos pinhais, é considerada uma espécie com grande potencial para a região sul, tendo sido recomendada uma ampliação nos estudos desta espécie (CARVALHO, 1981). Segundo Junior (1981), a espécie tem alto potencial para utilização energética, pois possui elevada densidade básica e elevados teores de lignina e carbono fixo. Apresenta alto rendimento em carvão com uma limitação, o alto teor de cinzas. O autor também considerou sua produção boa para as

condições climáticas do sul do Brasil.

Segundo Martins et al. (2004), em um estudo sobre a utilização de espécies arbóreas para nidificação de sete espécies de abelhas sem ferrão encontradas na Caatinga, *Commiphora leptophloeos* e *Caesalpinia pyramidalis* foram sugeridas para programas de manejo, pois são importantes para a sobrevivência das abelhas nativas da Caatinga e também têm valor econômico.

No caso do bioma Cerrado, a sua flora nativa pode ser utilizada gerando alternativas de uso e renda para os produtores rurais, onde várias espécies se destacam como alimentícias, medicinais, madeireiras, artesanais, além de outros usos (AQUINO et al., 2007; ALMEIDA, 1998; SILVA JÚNIOR, 2005). No entanto, há ainda necessidade de estudos profundos mostrando a utilidade das plantas de forma mais ampla, os quais podem incentivar o uso e manejo adequado dessas espécies, visando à valorização desses recursos e combatendo o extrativismo predatório (AQUINO et al., 2007). Vale (2002), por exemplo, afirma que o cerrado *sensu stricto* é fonte de lenha para geração de calor e, talvez, o maior fornecedor de combustível para o cozimento no meio rural, tornando o Cerrado um dos biomas de grande importância social.

Segundo Aquino et al. (2007), de 69 espécies registradas nas reservas legais do cerrado de Balsas, MA, 55 % podem ser utilizadas como alimento para a fauna e 40 % para madeira com fins nobres. Metade das espécies registradas tem uso medicinal popular e 17 são frutíferas, podendo ser consumidas *in natura* ou processadas pelo homem.

Barreira et al. (2002), em um estudo para fins de manejo florestal em Brasilândia, estado de Minas Gerais, constataram que as espécies *Eugenia dysenterica*, *Kielmeyera coriacea*, *Qualea grandiflora*, *Lafoensia pacari*, *Davilla elliptica*, *Erythroxylum suberosum*, *Vochysia rufa*, *Casearia sylvestris*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Magonia pubescens*, *Pouteria marginata*, *Sclerolobium aureum* e *Annona coriacea* apresentaram densidade relativa maior ou igual a 1, tendo potencial para sofrer intervenção quando se está interessado na produção de madeira. A única exceção foi a *Casearia sylvestris*, pois apesar de ter densidade relativa maior que um, tem porte em diâmetro muito pequeno. Segundo os resultados dos autores, o *Sclerolobium paniculatum* Benth teve em princípio, potencial para exploração devido a sua densidade relativa maior

que um (2,58). No entanto, tal espécie não foi recomendada para manejo por ter tido uma frequência relativa baixa (2,85) na área de estudo.

Almeida (1998) apresentou técnicas de processamento e de aproveitamento de palmito, polpa e amêndoa de 26 espécies de fruteiras do Cerrado. Segundo análises, as frutas constituem fonte de energia, vitaminas, sais minerais e ácidos graxos.

Segundo Felfili & Cruvinel (2004), o barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (MART.) COVILLE), uma espécie do bioma Cerrado, tem sua casca usada extensivamente na medicina popular para tratamento de diarreia, problemas ginecológicos e cicatrizantes de feridas, além de ser fonte de tanino no curtume de couros e peles.

Pérez et al. (2004), estudando a definição de uma opção de manejo para candeia (*Eremanthus eruthropappus*), com base no sistema de corte seletivo, afirmaram que essa espécie arbórea nativa do Cerrado, tem múltiplos usos, podendo ser utilizada para moirão de cerca e produção de óleo, de onde se extrai o alfabisabolol, que exhibe propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas. Segundo os mesmos autores, a exploração da espécie é viável, uma vez que ela foi a espécie mais importante na vegetação estudada.

A exploração do Cerrado, na maioria das vezes, dá-se de forma desordenada, contribuindo para uma descaracterização deste bioma, sem que estudos sobre a sua biologia e economicidade de suas espécies possam ser aprofundados (BARREIRA et al., 2002). De acordo com Martins et al. (2003), a exploração de florestas nativas deve considerar o conceito de sustentabilidade, uma vez que novos ciclos de corte devem ser realizados. A regeneração natural é a condição vital que permite a conservação e preservação da floresta, pois apesar de haver regeneração natural após a exploração, essa nem sempre é adequada ao rendimento futuro dessa floresta. Os danos causados pela exploração devem ser cuidadosamente investigados, para detectar seus efeitos sobre a floresta remanescente, na tentativa de eliminá-los ou reduzi-los ao mínimo, evitando prejuízo às produções futuras. De acordo com esses autores, os impactos da exploração madeireira nas florestas nativas, considerando os efeitos na vegetação adulta remanescente, na regeneração natural e no solo, têm implicações diretas na escolha do sistema de manejo

a ser aplicado e na busca de respostas a questões básicas relacionadas com a auto-ecologia das espécies envolvidas.

3.3. *Sclerolobium paniculatum*

Sclerolobium é um gênero botânico pertencente à família Leguminosae, subfamília Caesalpinioideae. A espécie *Sclerolobium paniculatum* Vogel encontra-se distribuída em diversos estados do Brasil, e pode ser encontrada em floresta semidecídua na Mata Atlântica, na Floresta Amazônica e, em várias fitofisionomias do Cerrado.

Esta espécie é conhecida por diversos nomes comuns: taxi branco, ajusta contas, angá, arapaçu, cachamorra, cangalheiro, carvão de ferreiro, carvoeira, carvoeiro do cerrado, jacarandá canzil, mandinga, passuaré, pau pombo, taxi branco de terra firme, taxi branco do flanco, taxi pitomba, taxirana, taxirana do cerrado, taxizeiro branco, tinguizão velame e tinguizão veludo (<http://www.wikipedia.org>; <http://www.ipef.br>).

Segundo Lorenzi (1998), a espécie *Sclerolobium paniculatum* Vogel tem duas variedades: a *rubiginosum* e a *subvelutinum*. *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth. ocorre em cerrados *sensu stricto* e cerradões, no DF e nos estados do Amazonas, Bahia, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Piauí e Tocantins (LORENZI, 1998; SILVA JÚNIOR, 2005). A árvore é de pequeno porte, sua madeira é pesada, dura, de textura média, grã direita e medianamente resistente e durável. É uma planta semidecídua, heliófita, seletiva xerófita e pioneira (LORENZI, 1998). A madeira tem densidade de $0,70 \text{ g/cm}^3$, e é muito usada para carvão e lenha. Esta variedade é uma planta melífera e suas folhas produzem corante de cor cinza usado na tinturaria regional (SILVA JÚNIOR, 2005). Devido à suas pequenas dimensões, esta variedade é utilizada ainda para obras internas em construção e cabos de ferramentas (LORENZI, 1998). No sul do Maranhão, a variedade é utilizada para estacas, mourões e cercados (PIRES & MARCATI, 2005).

O *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* ocorre em regiões de cerrados *sensu stricto*, cerradões e matas semidecíduas de regiões altas do Brasil Central e região Amazônica, indo até o oeste da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Esta espécie produz madeira muito pesada ($1,02 \text{ g/cm}^3$) e chega a atingir altura de 5

a 10 m (LORENZI, 1998).

Qualitativamente, as variedades *S. paniculatum* var. *subvelutinum* e *S. paniculatum* var. *rubiginosum* não variam quanto à anatomia da madeira. As diferenças anatômicas do lenho destas espécies estão relacionadas apenas à variação da frequência e diâmetro dos vasos, frequência e largura dos raios, diâmetro e espessura da parede das fibras. Apesar das fibras das duas variedades serem classificadas como finas a espessas, a madeira da variedade *subvelutinum* apresenta maior espessura da parede das fibras quando comparada com a madeira da variedade *rubiginosum* (PIRES & MARCATI, 2005).

De acordo com Pires & Marcati (2005), em uma área de cerrado localizado no município de Riachão, sul do estado do Maranhão, observações apontaram para uma ampla utilização da madeira de *S. paniculatum* var. *subvelutinum* e *S. paniculatum* var. *rubiginosum* por comunidades rurais, sendo a variedade *subvelutinum* a preferida entre os agricultores. A partir de entrevistas realizadas com agricultores da região, os autores puderam levantar algumas informações relacionadas às espécies:

- a) Os agricultores diferenciavam as variedades através da coloração da casca, variando de branca a acinzentada, sendo mais escura na variedade *subvelutinum*.
- b) Todos conheciam *S. paniculatum* var. *subvelutinum* como cachamorra-preta e *S. paniculatum* var. *rubiginosum* como cachamorra-branca.
- c) 77% utilizavam com mais frequência a *S. paniculatum* var. *subvelutinum*, entretanto as duas variedades eram bastante consumidas nas propriedades rurais.
- d) *S. paniculatum* var. *subvelutinum* foi identificada pelos agricultores como sendo a mais pesada e com maior resistência às pragas, sendo utilizada para estacas, mourões e cercados.
- e) A durabilidade natural da madeira de *S. paniculatum* var. *subvelutinum* era maior do que a de *S. paniculatum* var. *rubiginosum*.

- f) Segundo os agricultores da região, *S. paniculatum* var. *subvelutinum* é mais resistente ao corte com machado e a mais importante para utilização geral nas propriedades.

Caramori et al. (2004), em estudo para determinação e quantificação de componentes nutricionais e antinutricionais de sementes de diversas espécies de Cerrado, concluiu que a atividade proteolítica (caseinolítica) foi alta no carvoeiro (*Sclerolobium paniculatum* Vog.), fazendo desta espécie uma fonte promissora de extração desta classe de enzima. Nenhuma atividade inibitória foi detectada no extrato desta semente, podendo indicar um possível uso na nutrição. A espécie também apresentou um dos maiores valores de fenóis, podendo ser utilizada na biotecnologia, além de outras aplicações. No entanto, os autores recomendam maiores estudos quanto à toxicidade da espécie, devido à alta presença de tanino nas sementes.

Vale (2002) quantificou e caracterizou energeticamente a madeira e a casca de várias espécies de um cerrado sentido restrito localizado em Brasília, DF, e concluiu que das espécies estudadas, *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* foi uma das espécies que mais se destacou por apresentar maior produção de massa seca, maior massa específica, poder calorífico acima da média das demais espécies estudadas e valores médios para carbono fixo. Além disso, apresentou a maior produção individual e a maior produção por hectare, sendo recomendada sua utilização para produção de energia.

A variedade *subvelutinum* possui grande potencial para recuperação de áreas degradadas e para arborização (SILVA JÚNIOR, 2005). Melo (2002), recomenda a variedade para reflorestamento em área de Cerrado, desde que seja feita correção dos níveis de fertilidade do solo. O autor afirma que a aplicação de fósforo e calcário na cova na época do plantio, aumenta o crescimento da espécie. No entanto, em seu estudo, sua sobrevivência não foi afetada pela aplicação de nutrientes, e provavelmente, dependeu mais das condições climáticas na época de plantio e dos tratamentos silviculturais dispensados às plantas.

3.4. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO MADEIREIRA E NÃO MADEIREIRA DE ESPÉCIES FLORESTAIS

A obtenção de estimativas precisas de produtividade em formações vegetais tropicais é um pré-requisito importante no estabelecimento de ações de manejo florestal. Tais estimativas são escassas para o Cerrado, principalmente devido à grande diversidade de espécies, à alta variabilidade existente entre indivíduos de uma mesma espécie, além da grande variação na forma do tronco e copa de indivíduos (REZENDE et al., 2006).

3.4.1 Volume

Estimar o volume das árvores é, na maioria das vezes, a principal finalidade dos levantamentos florestais. Vários pesquisadores florestais procuraram desenvolver metodologias que possibilitassem atender de forma acurada as necessidades práticas do cálculo do volume dito real dos fustes (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2003). Segundo Scolforo et al. (2004), em florestas sujeitas ao manejo, uma das variáveis mais importantes que se deve conhecer é o volume e experiências com equações para a vegetação nativa têm se restringido às equações volumétricas. Devido às diferentes fisionomias florestais existentes no Brasil e a variabilidade destas em função das diferenças nos fatores climáticos, edáficos e fisiográficos, os estudos sobre quantificações desta variável ainda estão localizados em algumas regiões e em fisionomias nas quais se tem um interesse específico.

Segundo Scolforo & Figueiredo Filho (1998), a quantificação do volume real das árvores ou de parte delas é muito útil, pois pode fornecer informações, por exemplo, relacionadas à:

- a) geração de equações de volume através das quais se estima o volume de qualquer árvore da população.
- b) volume, percentagem de casca, diversos volumes comerciais, fatores que possibilitem a conversão de volume sólido em volume de madeira empilhada e vice-versa, fatores para converter volume sólido ou volume de madeira empilhada em metro cúbico de carvão (mdc), dentre outros.

- c) obtenção de peso seco das árvores, permitindo a geração de equações de estimativa do peso de qualquer árvore da população, usando apenas dados de entrada como diâmetro e altura total.
- d) base consistente e precisa de dados, possibilitando a elaboração de planos de manejo otimizados para florestas plantadas e nativas.
- e) base consistente e precisa de dados, possibilitando a implementação e análise de propostas ou planos de manejo sustentado.

Os volumes reais têm sido obtidos com procedimentos capazes de proporcionar grande acuracidade do valor paramétrico do cálculo do volume da árvore ou de parte dela (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2003). O volume real das árvores pode ser obtido a partir de três formas (SCOLFORO & FIGUEIREDO FILHO, 1998): Deslocamento de água, Peso e Cubagem rigorosa.

Segundo Sanquetta & Balbinot (2004), o método mais utilizado para determinação de volume é a cubagem rigorosa, pois evita a pesagem integral do fuste. No entanto, a medição de todas as árvores de uma floresta visando conhecer seus volumes é uma tarefa impraticável e, por isso, quase sempre, a escolha das árvores é feita por amostragem (SOARES et al., 2005).

Segundo Scolforo & Thiersch (2004), os métodos de cubagem rigorosa podem ser divididos em absolutos e relativos. Alguns exemplos de fórmulas dos métodos absolutos são o de Smalian, Huber e Newton. Para os métodos de cubagem relativos alguns exemplos são as fórmulas de Hohenald e da FAO.

3.4.2. Biomassa

Biomassa é a massa de matéria de origem biológica, viva ou morta, animal ou vegetal. Em termos florestais, a biomassa pode ser toda a massa existente na floresta ou apenas a fração arbórea da mesma. A porção arbórea da biomassa de origem vegetal pode ser chamada de fitomassa florestal ou fitomassa arbórea (SANQUETTA & BALBINOT,

2004).

Os estudos que envolvem a quantificação da biomassa constituem a base para o conhecimento do estoque e dinâmica de nutrientes na floresta, e de como manejar esses ecossistemas de forma sustentada (VOGEL et al., 2006). Segundo Higuchi et al. (2006), a estimativa da biomassa é importante nas questões ligadas ao manejo florestal e ao clima. No manejo florestal, está relacionada com os estoques de macro e micronutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pelas concentrações de cada mineral. No caso do clima, é usada para estimar os estoques de carbono, que, por sua vez, são utilizados para estimar a quantidade de CO₂ que é liberada na atmosfera durante o processo de queimadas.

A maior fração de biomassa em ecossistemas florestais compreende o caule ou o fuste das árvores (SOARES et al., 2006). Segundo Barichello et al. (2005), a acumulação da biomassa é afetada por fatores ambientais e fatores da própria planta. Vogel et al. (2006), menciona que a estimativa da biomassa de uma floresta nativa pode variar muito com o tipo de floresta e local onde se encontra. Uma floresta estacional decidual em Itaara, RS, teve alta variação nos valores estimados, e acredita-se que esta variação tenha sido em decorrência da grande heterogeneidade de espécies, tamanhos dos indivíduos e densidade da madeira das espécies.

Barichello et al. (2005) observaram que o percentual de biomassa nos diferentes compartimentos para *Acacia mearnsii* De Wild. variou com a idade. Foi observado também que a produção de biomassa pelos órgãos da planta teve a seguinte ordem: madeira > raízes > galhos vivos > casca > galhos mortos > folhas. A biomassa acima do solo representou 87,5% da biomassa total das árvores do povoamento e a biomassa abaixo do solo chegou a aproximadamente 12% da biomassa total.

Vogel et al. (2006) averiguaram que na estimativa de biomassa de espécies de uma Floresta Estacional Decidual, no Rio Grande do Sul, os galhos corresponderam a 48,8% da biomassa acima do solo, seguidos da madeira do fuste com 43%, 5,4% para a casca do fuste e 2,4% para as folhas. A média da produção total da biomassa acima do solo ficou estimada em 210 Mg.ha⁻¹.

Já para o bioma Cerrado, segundo Castro & Kauffman (1998), boa parte da biomassa é subterrânea. Os autores estudaram uma área de Cerrado, na Reserva Ecológica RECOR – IBGE e no Jardim Botânico de Brasília, DF, e afirmaram que há um crescente aumento da biomassa subterrânea do campo limpo para cerrado denso, paralelamente ao incremento da biomassa aérea ao longo deste gradiente de vegetação. De todas as classes de tamanho, as raízes finas (≤ 5 mm de diâmetro) tiveram a maior proporção da biomassa total de raiz, considerando todas as comunidades estudadas (campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerradão).

Os métodos utilizados para determinação de biomassa variam de acordo com os objetivos e restrições de um determinado estudo. Há a pesagem quando nenhuma separação das partes da planta é realizada; a separação em diferentes frações de biomassa antes de realizar a pesagem e as técnicas de dissecação que procuram detalhar mais as frações da biomassa através de técnicas de secção, dissecação ou cortes em camadas (SANQUETTA & BALBINOT, 2004).

A maioria dos estudos de biomassa florestal utiliza estimativas e não determinações, pois estes últimos não são possíveis em grandes extensões florestais (SANQUETTA & BALBINOT, 2004). O método indireto é preferencialmente utilizado porque facilita o trabalho de campo e diminui o custo de coleta de dados. Faz uso de modelos de regressão, lineares ou não lineares, cujas variáveis independentes são as características diretamente mensuráveis das árvores-amostra (diâmetro, altura, etc) e as variáveis dependentes, são representadas pelo peso de matéria seca dos componentes ou pela quantidade de carbono (SOARES et al., 2006).

3.4.3. Carbono

As florestas têm papel importante no ciclo do carbono, pois são capazes de armazenar grandes quantidades de carbono em seus diferentes compartimentos (SOARES et al., 2005). Entender a relação da diversidade de espécies arbóreas e estoque de carbono é essencial para manter estoques de carbono de florestas protegidas (KIRBY & POTRIN, 2007). Estimativa do teor de carbono para uma floresta a partir de modelos que quantifiquem o teor de carbono presente em uma floresta, por exemplo, tem se tornado uma necessidade, devido ao grande interesse com relação à captura de carbono pelas

florestas (SOARES et al., 2005).

Estoques de carbono em ecossistemas tropicais tem recebido mais atenção recentemente devido ao aumento das concentrações de CO₂ na atmosfera e, também, em função do potencial destes sistemas como fonte de carbono. A biomassa de raiz pode constituir alta porção de estoque de carbono, e estudos têm negligenciado esta fonte por não ser imediatamente observável (BROWN & LUGO, 1993, apud CASTRO, 1996).

Segundo Watzlawick et al. (2004), os compostos de carbono constituem grande parte da biomassa da floresta, sendo por isso necessário desenvolver estudos quanto a métodos de quantificação, nos diversos componentes da planta, que possibilitem uma melhor compreensão do “seqüestro” e “armazenamento” de carbono da atmosfera pelas florestas.

Segundo Rezende & Felfili (2004), o cerrado *sensu stricto* apresenta menores valores de estoque de carbono do que os encontrados para a Floresta Amazônica, considerando a biomassa aérea. No entanto, plantas lenhosas do cerrado apresentam taxas relativamente altas de assimilação máxima de CO₂ e são caracterizadas por apresentarem alto grau de investimento em estruturas subterrâneas.

O maior estoque de carbono no Cerrado está contido na porção subterrânea dos ecossistemas, no componente subterrâneo da vegetação e na matéria orgânica do solo (ABDALA et al., 1998). Segundo Rodin (2004), a biomassa subterrânea representa um importante compartimento mesmo para estoque de carbono, nas savanas e, portanto torna-se de considerável relevância, dada a grande extensão do bioma Cerrado no continente Sul Americano.

Maia (2003), estudando por um período de três anos o balanço de energia e fluxo de carbono em uma área de cerrado *sensu stricto* que sofreu queima acidental, localizado na Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), em Brasília, observou que a vegetação teve um acúmulo de carbono líquido anual que variou de 1,2 tC.ha⁻¹ a 1,5 tC.ha⁻¹. Segundo o mesmo autor, o carbono da biomassa aérea total encontrada foi de 14,5 t.ha⁻¹, e esta se manteve estável durante os três anos. A maior parte desta biomassa estava concentrada no estrato arbóreo (9,16 t.ha⁻¹), enquanto que o estrato rasteiro representou 37% da biomassa

total. O autor concluiu que como a área estava servindo como sorvedouro de CO₂ durante os anos de estudo e como a biomassa aérea total não variou no período monitorado, parte do carbono acumulado estava sendo usado para manter o funcionamento do sistema e parte deveria estar estocado no sistema subterrâneo, onde estudos para cerrado mostram que a biomassa subterrânea chega a ser três vezes maior que a biomassa aérea.

Prado et al. (2005) estudaram a resposta da fotossíntese líquida às variações no fluxo de fótons fotossinteticamente ativos e à concentração de CO₂ em duas espécies de Cerrado de ampla distribuição: *Cybistax antisiphilitica* e *Tabebuia chrysotricha*. Indivíduos jovens de ambas as espécies vieram a incrementar a capacidade fotossintética com as demandas de carbono vigentes, sob ambiente não sombreado, gerando maiores valores de biomassa total e razão raiz/parte aérea. Com maior disponibilidade de energia luminosa houve maiores valores de biomassa total e da razão raiz/parte aérea. A irradiação plena, neste caso, permitiria maior reserva de carboidratos, como estratégias para situações desfavoráveis na seca. Sob sombreamento intenso, os indivíduos das duas espécies apresentaram capacidade de ajuste fisiológico e estrutural, para mitigar os efeitos dos menores valores de capacidade fotossintética no balanço de carbono.

Segundo Castro (1996), em contraste com outros ecossistemas, a biomassa acima do solo de cerrado *sensu lato*, contribui somente com uma pequena porcentagem (4%) do total de estoque de nutrientes. Segundo a mesma autora, a vegetação funciona como uma fonte e estoque de carbono. Em seu estudo, realizado na RECOR, verificou que o estoque de carbono acima do solo foi de 12,809 ton.ha⁻¹ e para as raízes variou de 7,633 a 25,482 ton.ha⁻¹.

O teor de carbono de diferentes partes da árvore pode ser obtido através de análises químicas. Segundo a literatura, o teor de carbono elementar presente na constituição da matéria seca (biomassa) de diferentes partes da árvore está em torno de 50% em base seca. A conversão das estimativas de biomassa de árvores individuais e de povoamentos, obtidas com base no peso seco de matéria seca, em estimativas de carbono, pode ser realizada satisfatoriamente pela aplicação da seguinte expressão (SOARES et al., 2006; OLIVEIRA et al., 1982):

$$\text{Carbono} = \text{Biomassa} \times 0,5$$

Segundo Higuchi e Carvalho Jr. (1994), dezenove espécies amazônicas, em Manaus, tiveram uma média aritmética de teor de carbono da base do tronco de 48,5% e do topo de 48,2%. Estes valores, segundo os autores, estão muito próximos das estimativas de teor de carbono contidas na literatura pertinente, de 50%.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado em uma área de cerrado *sensu stricto*, localizada na Reserva Ecológica e Experimental da Universidade de Brasília, Fazenda Água Limpa - FAL, situada a 30 km do Plano Piloto de Brasília, Distrito Federal.

A FAL ocupa uma área de 4390 ha e está situada a uma altitude de 1.100 m entre as coordenadas 15°56'- 15°59' S e 47°55'-47°58' W. Pertence a área núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado e está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) Gama e Cabeça de Veado.

O solo predominante na FAL é o Latossolo Vermelho-Amarelo, profundo, fase argilosa, com boa drenagem, baixa fertilidade e com alto teor de alumínio. O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com temperatura máxima de 28,5 °C e mínima de 12 °C. A umidade relativa entre maio e setembro fica abaixo de 70% e a umidade mínima ocorre em agosto, com média de 47%, podendo cair para 15% nos períodos mais secos. A precipitação média anual é de 1.600 mm, com pronunciada estação seca de junho a setembro.

O cerrado *sensu stricto* selecionado para a realização deste estudo ocupa cerca de 64 ha destinados a estudos silviculturais. Em 2006 este cerrado foi inventariado visando conhecer a estrutura e composição florística da vegetação arbórea, para posteriormente ser instalado um projeto envolvendo diferentes tratamentos silviculturais. O inventário foi realizado em 21 parcelas de 0,1 ha (de 20 x 50m) distribuídas em três blocos instalados de forma sistemática na área. Foram registrados na área inventariada 3614 indivíduos lenhosos com Db igual ou superior a 5 cm, os quais representam uma densidade de 1608,1

ind.ha⁻¹ e uma área basal de 10,01 m².ha⁻¹. A área apresentou uma flora rica, contendo 60 espécies, distribuídas em 31 famílias e 47 gêneros. As famílias mais representativas foram a Vochysiaceae, Leguminosae - Papilionoideae e Malpighiaceae.

Miconia pohliana, *Sclerolobium paniculatum*, *Qualea parviflora*, *Ouratea hexasperma*, *Dalbergia miscolobium*, *Caryocar brasiliense*, *Roupala montana*, *Vochysia thyrsoidea*, *Schefflera macrocarpa*, *Styrax ferrugineus* e *Qualea grandiflora* foram as espécies que mais se destacaram na área de estudo.

A espécie *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum* ocorreu em 100 % das parcelas, com 78 ind.ha⁻¹ e com área basal igual a 1,19 m².ha, o que representa, respectivamente 4,53% da densidade e 11,78 % da área basal total da área, valores estes que podem ser considerados significativos quando se avalia todas as espécies da área.

4.2. COLETA DE DADOS

4.2.1. Seleção das árvores de *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum*

Para atender os objetivos desta pesquisa foram selecionadas, na área de estudo, 7 parcelas de 0,1 ha (de 20 x 50m) que haviam sido implantadas para a realização do inventário florestal de 2006, e que não haviam sido submetidas a nenhuma intervenção silvicultural. Os indivíduos da espécie tiveram diâmetro e altura total remeidas no ano de 2008, para utilização destes dados nos modelos.

Todas as árvores de *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum* com Db maior ou igual a 5 cm, encontradas em cada uma das sete (7) parcelas foram demarcadas e os valores de Db e altura total registrados. No total foram encontradas 63árvores vivas e mortas pertencentes a diferentes classes de diâmetro.

Além destas árvores foram também demarcadas mais dez (10) árvores de *Sclerolobium paniculatum* que estavam localizadas em áreas de cerrado *sensu stricto*, adjacentes à área do projeto, que iriam ser desmatadas para implantação de outros projetos silviculturais.

Portanto, para atender este estudo foram utilizadas 73 árvores pertencentes à espécie *Sclerolobium paniculatum*.

4.2.2. Determinação do volume do fuste e galhos

Após a escolha das árvores foi realizada a cubagem rigorosa visando obter o volume real de cada árvore. Todas as árvores foram abatidas ao nível do solo com o uso de uma motosserra (Figura 4.1a).

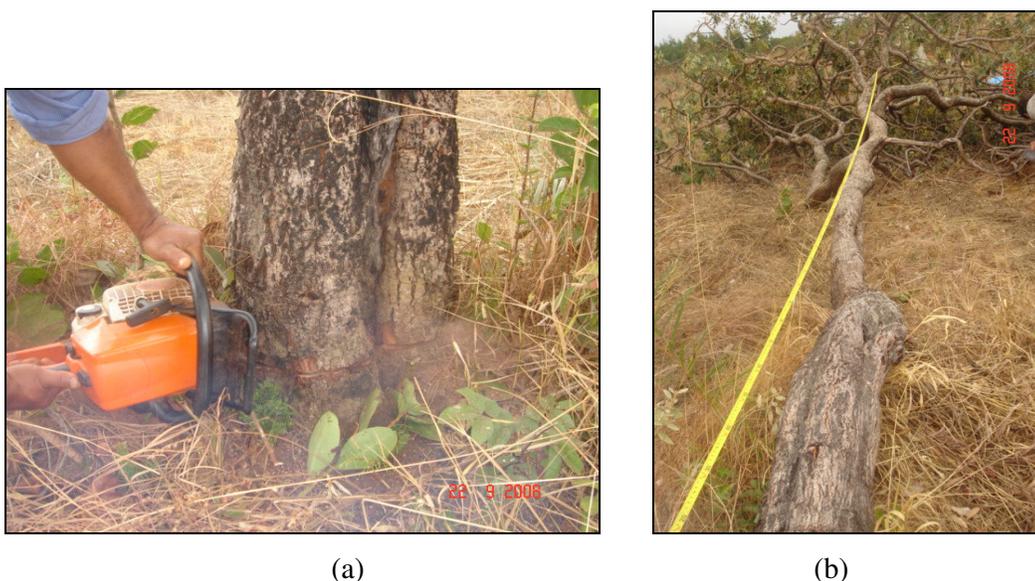


Figura 4.1. (a) Corte ao nível do solo; (b) Medição da altura total.

Após o abate, tronco e galhos, vivos e mortos foram separados. A altura comercial da árvore foi medida, considerando um diâmetro mínimo comercial de 3 cm (Figura 4.1b). O diâmetro mínimo comercial para galhos também foi de 3 cm.

A cubagem rigorosa do tronco e dos galhos foi realizada em seções de comprimentos variáveis ao longo do tronco. Sabe-se que uma das características das espécies lenhosas arbóreas-arbustivas do cerrado *sensu stricto* é a tortuosidade do tronco e dos galhos. Portanto, quanto menor o comprimento de uma seção desses compartimentos, mais esta se aproxima da forma cilíndrica.

A fórmula de Smalian foi utilizada para o cálculo do volume de cada seção do tronco ou dos galhos. Essa fórmula considera os diâmetros ou as circunferências tomadas nas extremidades de cada seção. O volume de cada seção é obtido a partir da seguinte fórmula (MACHADO & FILHO, 2003; SCOLFORO & THIERSCH, 2004):

$$v_i = \left(\frac{g_i + g_{i+1}}{2} \right) * l$$

$$g_i = \frac{\pi * d_i^2}{4}$$

$$g_{i+1} = \frac{\pi * d_{i+1}^2}{4}$$

sendo:

v_i = volume da seção i;

g_i = área transversal na base da seção i;

g_{i+1} = área transversal no topo da seção i;

l = comprimento da seção i;

d_i = diâmetro na base da seção i;

d_{i+1} = diâmetro no topo da seção i.

No caso de seções de formato muito irregulares, que fugiam da forma cilíndrica, como por exemplo, os nós de alguns galhos, foi utilizada a fórmula de Huber (MACHADO & FILHO, 2003; SCOLFORO & THIERSCH, 2004) para obtenção do volume da seção.

A fórmula de Huber é dada pela seguinte expressão:

$$V_i = g_{mi} * l_i$$

em que:

g_{mi} = área seccional tomada no meio da seção i.

l_i = comprimento da seção i.

O volume da cepa (Figura 4.2) foi obtido a partir da seguinte relação:

$$V = g_1 * hc$$

em que:

g_1 = área seccional tomada na base da primeira seção do tronco retirada na altura do corte de abate da árvore;

hc = altura da cepa.



Figura 4.2. Medição do diâmetro do toco para o método de Huber.

De posse dos volumes das seções do tronco, dos galhos e da cepa foi obtido o volume real individual (V) de cada árvore, dado por:

$$V = \left(\sum_{i=1}^n v_i \right) + v_c$$

em que:

v_i = volumes das diferentes seções da árvore;

v_c = volume da cepa.

4.2.3. Determinação da biomassa verde e seca do fuste e galhos

Imediatamente após a cubagem rigorosa, o fuste e os galhos, vivos e mortos de cada árvore foram separados. Todo ramo com diâmetro menor que 3 cm foi considerado como galho fino.

O fuste e os galhos grossos e finos de cada árvore foram pesados separadamente, visando a obtenção do peso verde. Para pesagem, foi utilizada uma balança com capacidade máxima de 300 kg da marca WELNI (Figura 4.3). As massas úmidas foram obtidas com casca.

No mesmo dia, após obtenção do peso verde, foram retiradas três amostras de seções transversais (discos) com aproximadamente 2,50 cm de espessura, ao longo do tronco nas posições base, meio e topo. Este mesmo procedimento ocorreu para dois galhos grossos. Nas árvores bifurcadas ou com mais de dois fustes, a escolha dos dois galhos representativos da árvore foi realizada ao acaso. As três amostras de cada posição foram acondicionadas em sacos de polietileno, identificadas e encaminhadas ao laboratório de tecnologia da madeira localizado dentro da própria fazenda.



Figura 4.3. Pesagem da biomassa em campo

Em laboratório, foi determinada a relação entre a madeira e a casca, seus teores de umidade e a densidade básica para o tronco e os ramos. Para tanto, cada disco de madeira coletado foi dividido em quatro cunhas (Figura 4.4 e 4.5a). Duas cunhas opostas entre si

diagonalmente foram separadas para determinação da massa úmida, massa seca, percentagem madeira e casca e densidade básica. Nesta etapa do trabalho houve o cuidado de se separar a madeira e a casca (Figura 4.5b).

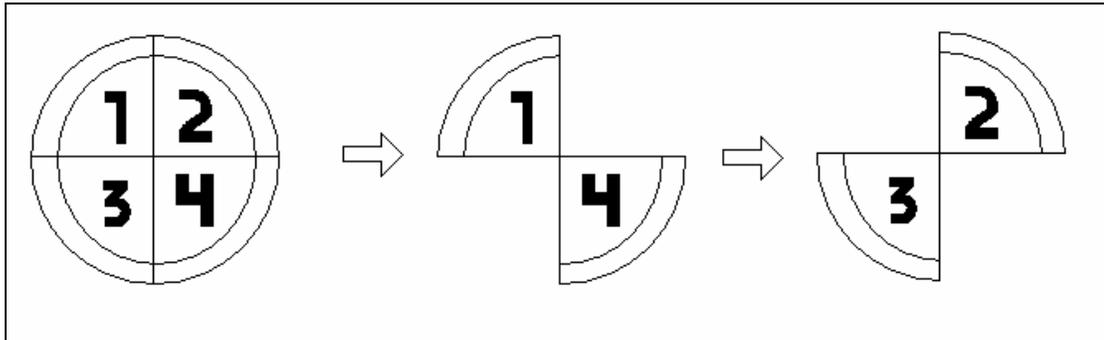


Figura 4.4. Demonstrativo da retirada de cunhas.



(a)

(b)

Figura 4.5. (a) Demonstrativo da retirada das cunhas; (b) Separação da casca e da madeira.

Todas as amostras foram pesadas em balança digital Marconi AS 2000C com precisão de 10^{-2} g (Figura 4.6a).

Para determinação do volume em laboratório, foram utilizados somente os corpos de prova de 46 indivíduos vivos que não apresentavam qualquer tipo de anomalia na casca ou madeira. Exemplos de anomalia seriam a falta de casca em um dos discos retirados do indivíduo ou com parte de sua casca ou madeira morta. Portanto, os corpos de prova de cada indivíduo vivo, com massa úmida saturada (casca e madeira) tiveram seus volumes

determinados pelo método de imersão, usando o princípio de Arquimedes (Figura 4.7a e 4.7b).



(a)



(b)

Figura 4.6. (a) Balança utilizada para pesagem dos corpos de prova; (b) Estufa utilizada para secagem dos corpos de prova.



Figura 4.7. Volumetria dos corpos de prova.

Após a obtenção da massa úmida, os corpos de prova foram levados a uma estufa de esterilização e secagem da marca Nova Técnica NS 515 (Figura 4.6b), a uma temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$, visando obter a massa seca até peso constante e posteriormente o

teor de umidade. O cálculo do teor de umidade foi realizado pela seguinte relação (ABNT, 1997; VITAL, 1984):

$$TU = \frac{MU - MS}{MS} * 100$$

em que:

TU = Teor de umidade;

MU = massa úmida;

MS = massa seca.

O cálculo de massa e volume de casca e madeira do material pesado no campo foi feito após a determinação da relação madeira/casca com os corpos de prova de cada indivíduo. Essa relação percentual madeira/casca foi realizada para fuste e galhos grossos. A partir dela foi possível estimar a relação madeira-casca para volume e biomassa úmida obtida em campo. A seguinte relação foi utilizada:

$$\% = \frac{Zx}{Zy} * 100$$

em que:

% = porcentagem para a seção requerida (exemplo: volume de madeira do fuste em relação à casca);

Zx = massa ou volume de madeira ou casca do corpo de prova;

Zy = massa ou volume de madeira ou casca total para aquele corpo de prova.

Após a obtenção do teor de umidade e da relação madeira/casca para cada parte do indivíduo estudado, foi possível estimar a massa seca em campo com a seguinte relação:

$$MS(bs) = \frac{MU}{\frac{TU}{100} + 1}$$

em que:

MS = massa seca;

MU = massa úmida;

TU = teor de umidade.

A variável volume para os corpos de prova foi determinada com 46 indivíduos da amostra total. A partir deste dado, foi calculada a densidade básica da relação madeira/casca, para galhos grossos e fuste. Através desta foi realizada um média aritmética de todos os indivíduos para determinação da densidade média da espécie. A seguinte relação foi utilizada para cálculo da densidade básica (ABNT, 1997; VITAL, 1984):

$$\rho = \frac{MS}{V_v}$$

em que:

ρ = densidade básica;

MS = massa seca;

V_v = volume verde.

4.2.4. Determinação da biomassa verde e seca de folhas

Imediatamente após a derrubada da árvore, foi realizada também a separação das folhas dos galhos (Figura 4.8), e o peso verde de todas as folhas de cada indivíduo foi obtido em campo, usando uma balança com capacidade de 300 kg da marca WELNI.



Figura 4.8. Separação das folhas de *Sclerolobium paniculatum*.

Em seguida, uma amostra de folhas, de peso conhecido, foi separada para ser levada para laboratório visando a determinação do peso da matéria úmida (MU) e seca (MS). A secagem foi feita em estufa de circulação fechada de ar, a uma temperatura de 70°

C, para que não houvesse combustão do material. A secagem foi realizada até estabilização do peso seco. Após secagem as amostras foram pesadas em balança digital com precisão de 10^{-2} g.

Por transformação, utilizando a mesma fórmula de massa seca de galhos e fuste, foi obtida a biomassa total seca de folhas para cada árvore selecionada.

4.2.5. Estimativa do estoque de carbono

O estoque de carbono de tronco, galhos e folhas considerou as árvores vivas e mortas. A massa seca, obtida na etapa de quantificação de biomassa, foi usada para obtenção dos teores de carbono (SANQUETTA & BALBINOT, 2004; SOARES et al., 2006).

O teor de carbono da biomassa aérea foi determinado usando a relação comumente utilizada na literatura para folhosas (SOARES et al., 2006; HIGUCHI e CARVALHO JR., 1994), que é de 48 – 50% da massa seca da árvore. Neste trabalho considerou-se 48% da massa seca.

A partir do teor de carbono de cada componente analisado na árvore (tronco, galhos e folhas) e dos respectivos valores de biomassa seca, foi estimado o estoque de carbono contido em cada componente analisado.

4.3. ANÁLISE DE DADOS

4.3.1. Análise das relações

Foram analisadas relações dendrométricas para a espécie quanto à contribuição percentual de cada componente da árvore (fuste, galho grosso, galho fino e folhas) no volume, biomassa úmida e biomassa seca, além da contribuição do percentual de casca e madeira, por classe diamétrica.

Além deste percentual por componente da espécie, foi realizada uma avaliação do teor de umidade (base seca) por classe diamétrica dos indivíduos de *Sclerolobium*

paniculatum amostrados. A densidade básica para madeira e casca de fuste e galhos grossos também foi analisada.

4.3.2 Estimativa dos estoques em volume, biomassa e carbono de *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum*.

Para estimar os estoques em volume, biomassa seca e carbono da fitomassa lenhosa foram testados 4 modelos estatísticos lineares e não lineares, comumente utilizados para estimativa de volume e biomassa lenhosa. O ajuste dos modelos foi feito com o auxílio do programa STATISTICA 8.

Os modelos testados foram:

- Lineares

1. Meyer:
$$Y = \beta_0 + \beta_1 Db + \beta_2 Db^2 + \beta_3 DbHt + \beta_4 Db^2 Ht + \beta_5 Ht + \varepsilon$$

- Não lineares

2. Honner:
$$Y = \frac{Db^2}{\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{Ht}} + \varepsilon$$

3. Schumacher-Hall:
$$Y = \beta_0 * Db^{\beta_1} * Ht^{\beta_2} * \varepsilon$$

4. Spurr-log
$$Y = \beta_0 * (Db^2 Ht)^{\beta_1} + \varepsilon$$

em que:

Y = volume real (m³) ou biomassa seca (kg) ou estoque de carbono (kg);

Db = diâmetro do fuste tomado a 30 cm do solo;

Ht = altura total (m) da árvore;

β_n = parâmetros dos modelos;

ε = erro aleatório.

O ajuste dos modelos considerou todos os 73 indivíduos amostrados.

Na estimativa do estoque em volume foram testados modelos para:

- a. Fuste (madeira + casca)
- b. Fuste + galhos em geral (finos e grossos)

Na estimativa dos estoques de biomassa seca e carbono foram testados modelos para:

- a. Fuste (madeira + casca)
- b. Fuste + galhos grossos
- c. Fuste + galhos em geral
- d. Fuste + galhos + folhas

Os critérios utilizados para a escolha do melhor modelo para cada variável analisada foram:

a) coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado) (DRAPPER e SMITH, 1981);

b) erro padrão da estimativa expresso como uma percentagem da média aritmética da variável dependente ($Sy_x\%$), sendo, neste caso, interpretado de forma análoga ao coeficiente de variação (DRAPPER e SMITH, 1981);

c) distribuição gráfica dos valores residuais (DRAPPER e SMITH, 1981);

Após a seleção das equações para cada variável de interesse, estas foram submetidas a um teste de validação, com o objetivo de se avaliar suas eficiências em estimar o valor real de cada variável. O teste t para dados pareados foi então adotado para testar a validade dos modelos e para isso foram utilizadas 13 árvores pertencentes ao mesmo intervalo de classe diamétrica que originou as equações.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ESTATÍSTICA DESCRITIVA E RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS DA ESPÉCIE *SCLEROLOBIUM PANICULATUM* VAR. *SUBVELUTINUM*

As 73 árvores de *Sclerolobium paniculatum* amostradas neste estudo, visando a obtenção de estimativas de volume, biomassa e estoque de carbono, foram distribuídas em classes de diâmetro com intervalos de classe igual a 4 cm, o qual foi determinado pela fórmula $IC = A/NC$ (SPIEGEL, 1976), onde IC é o intervalo de classe, A é a amplitude de classe e NC, o número de classes, definido pela fórmula $NC = 1+3,3.\log(n)$, sendo “n” o número total de indivíduos amostrados. As frequências por classe de diâmetro tanto das árvores amostradas estão apresentadas na tabela (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Distribuição de frequência absoluta e relativa por classe de diâmetro das árvores de *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum* amostradas visando a obtenção de estimativas de volume, biomassa e estoque de carbono

Classes de Db (cm)	Frequência Total	
	Absoluta	Relativa (%)
5 – 8,9	29,00	39,72
9 – 12,9	14,00	19,18
13 – 16,9	7,00	9,59
17 – 20,9	12,00	16,44
21 – 24,9	6,00	8,22
25 – 28,9	5,00	6,85
Total	73,00	100,00

Observa-se que o maior número de indivíduos amostrados está concentrado na menor classe de diâmetro.

A Tabela 5.2 apresenta, resumidamente, as estatísticas descritivas relativas às variáveis dendrométricas das árvores de *Sclerolobium paniculatum* amostradas. Observa-se que todas as variáveis apresentam considerável variação, como era de se esperar, por se tratar de uma espécie nativa.

Tabela 5.2. Valores mínimos e máximos, média e desvio padrão das variáveis das árvores de *Sclerobium paniculatum* var. *subvelutinum* amostradas

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Db (cm)	5,0000	37,8000	13,3541	6,7235
HT (m)	3,0000	10,6000	5,9133	1,5353
VT	0,0017	0,3928	0,0647	0,0745
VF	0,0004	0,2295	0,0286	0,0373
Vgg	0,0005	0,1667	0,0362	0,0422
PFGf	3,4000	567,0000	84,1627	95,8422
PFG	2,0500	513,3500	72,9875	85,3928
PFgg	2,0000	413,8500	61,9927	72,5271
PF	1,6000	214,9000	26,9823	34,5601
PGG	0,4000	198,9500	35,0104	42,1464
PG	1,6000	311,0500	51,6374	59,1285
Pfo	0,1500	41,0500	6,1984	7,1982

Db – Diâmetro tomado a 0,30 cm do nível do solo; HT – altura total; VF – Volume do fuste; Vgg – Volume dos galhos grossos; PFGf – peso do fuste + galhos + folhas; PFG – Peso do fuste + galhos em geral; PFgg – Peso do fuste + galhos grossos; PF – Peso do fuste; PGG – Peso dos galhos grossos; PG – Peso dos galhos em geral; Pfo – Peso das folhas.

Observa-se na Tabela 5.3, que a maior parte da biomassa úmida total das árvores de *Sclerobium paniculatum* está concentrada nos galhos grossos, seguida da concentração no fuste, galhos finos e folhas. O mesmo é observado para a biomassa seca (Tabela 5.4). Verifica-se que o peso verde e o peso seco dos galhos em geral representam, em média, aproximadamente, 58,72% do volume e peso total da árvore (Tabelas 5.3 e 5.4).

Um valor semelhante para biomassa seca de galhos grossos foi encontrado por Oliveira et al. (2008) para o *Sclerobium paniculatum* cultivado em diferentes níveis de adubação em Planaltina, DF. Os autores afirmam que 37,67% da biomassa seca total de uma árvore estão concentrados nos galhos.

Deve-se atentar para a importância da biomassa seca dos galhos finos (Tabela 5.4), que representou cerca de 20% da biomassa seca total encontrada para a amostra estudada. Isso pode representar uma parcela significativa do carbono estocado pela espécie. As folhas em menor proporção representaram em média 7% do total de fitomassa seca.

Tabela 5.3. Biomassa úmida de cada componente das árvores de *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum*

Biomassa úmida- relação geral				
CD	Fuste	Galhos G.	Galho fino	Folhas
5 a 9	35,85	24,83	26,20	13,12
9 a 13	33,38	34,29	21,92	10,41
13 a 17	34,62	39,86	19,20	6,31
17 a 21	30,61	45,88	18,21	5,30
21 a 25	28,47	47,01	18,62	5,90
25 a 29	36,58	37,36	19,01	7,04
Média	33,25	38,20	20,53	8,01

Tabela 5.4. Biomassa seca de cada componente das árvores de *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum*

Biomassa seca - relação geral				
CD	Fuste	Galhos G.	Galho fino	Folhas
5 a 9	37,91	25,07	24,77	12,25
9 a 13	32,97	35,12	22,43	9,48
13 a 17	35,46	39,95	19,24	5,35
17 a 21	31,37	45,86	18,21	4,55
21 a 25	29,79	46,65	18,40	5,15
25 a 29	37,69	37,47	19,15	5,70
Média	34,20	38,35	20,37	7,08

Quando se avaliou a variável volume do fuste mais galhos grossos das árvores com diâmetros variando de 5 a 29 cm, verificou-se que os galhos grossos contribuíram com 42% a 63%, com uma média de 53,07%, e o fuste contribuiu com uma média de 46,93% (Figura 5.1). Para peso úmido, os galhos grossos estiveram na faixa de 40% a 64% da biomassa verde total, com uma média de 53,48% do peso verde total e o fuste contribuiu com 46,52% em média (Figura 5.1).

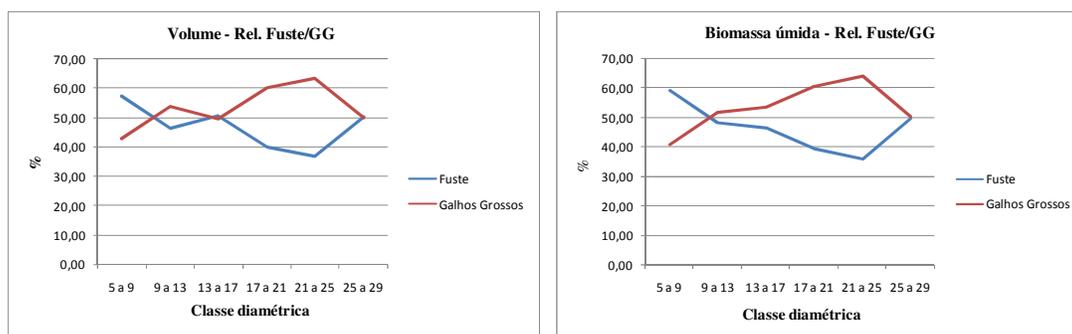


Figura 5.1. Relação fuste/galhos grossos para volume e biomassa úmida.

Quanto à relação madeira/casca, em cada classe diamétrica, pode ser constatada com a Tabela 5.5, que em média, o volume da madeira da espécie corresponde a 69% da relação para galhos grossos e 67% para fuste, tendo, portanto uma média geral de 68% para a espécie. Para biomassa úmida (Tabela 5.6), a madeira equivaleu a 67% da biomassa total para os galhos grossos e 70% no fuste, com uma média geral de 68,5% de madeira (Tabela 5.4). Para biomassa seca, a madeira foi equivalente a 70% dos galhos grossos e 72% do fuste, com uma média de 71% (Tabela 5.7).

A porcentagem de madeira e casca, tanto para galhos grossos quanto para o fuste, encontrada para volume, biomassa úmida e biomassa seca apresentaram valores muito semelhantes. Através de uma análise de correlação foi possível averiguar que há uma alta correlação entre os dados, em que o menor valor encontrado foi de 0,86 entre biomassa seca e volume.

Como as relações apresentaram boa correlação, o fator de 69% para madeira de galho grosso, 70% para madeira do fuste, 31% para casca de galho grosso e 30% para casca do fuste podem ser utilizadas como relação geral tanto para volume, biomassa úmida e biomassa seca.

Valores semelhantes foram encontrados por Vale et al. (2002), que ao realizarem uma avaliação energética em árvores de um cerrado *sensu stricto* constataram que, em média, para biomassa úmida total, 70% é devido a madeira e 30% a casca.

Existe tendência das árvores pertencentes as menores classes de diâmetro possuírem maior porcentagem de casca em relação às árvores de maior diâmetro (Tabelas 5.5 e 5.6). Isso ocorreu para volume e biomassa úmida tanto dos galhos grossos quanto do fuste. Isso pode ser resposta a uma tendência existente nas espécies de cerrado *sensu stricto* de investir mais nas fases iniciais de seu desenvolvimento em fitomassa de casca, para proteção contra possíveis queimadas ou incêndios, que são frequentes neste bioma.

Relações semelhantes para biomassa seca foram encontradas por Vale (2000), que estudando um cerrado *sensu stricto* avaliou a participação da madeira na biomassa seca total (fuste e galho grosso) de árvores dessa fitofisionomia, e constatou que sua participação aumenta das classes inferiores para as maiores, variando de 65% a 78%. O

autor mostrou que a casca é um componente importante da biomassa seca de uma árvore do cerrado, chegando em média a 29%.

Rufini (2008) também encontrou esta tendência de diminuição de percentagem de casca na medida em que se aumentou o diâmetro das árvores, quando estudou três regiões de cerrado sentido restrito na bacia do Rio São Francisco.

Tabela 5.5. Relação volume, madeira/casca para as árvores de *S. paniculatum*

CD	Volume - relação madeira/casca			
	Galho grosso		Fuste	
	madeira	casca	madeira	casca
5 – 9	0,60	0,40	0,57	0,43
9 – 13	0,64	0,36	0,64	0,36
13 – 17	0,67	0,33	0,72	0,28
17 – 21	0,67	0,33	0,74	0,26
21 – 25	0,86	0,14	0,65	0,35
25 – 29	0,72	0,28	0,72	0,28
Média	0,69	0,31	0,67	0,33

Tabela 5.6. Relação biomassa úmida, madeira/casca para as árvores de *S. paniculatum*

CD	Biomassa úmida - relação madeira/casca			
	Galho grosso		Fuste	
	madeira	casca	madeira	casca
5 – 9	0,60	0,40	0,57	0,43
9 – 13	0,64	0,36	0,65	0,35
13 – 17	0,65	0,35	0,73	0,27
17 – 21	0,66	0,34	0,75	0,25
21 – 25	0,73	0,27	0,74	0,26
25 – 29	0,72	0,28	0,74	0,26
Média	0,67	0,33	0,70	0,30

O teor de umidade (base seca) médio encontrado para a espécie, em cada classe diamétrica, pode ser observado na Tabela 5.8. Para diâmetros de 5 a 29 cm, o teor de umidade dos galhos grossos variou de 37,96 a 57,36% para madeira e de 83,63 a 97,06% para casca. Em relação ao fuste, o teor de umidade variou de 40,04% a 68,01% para madeira e de 70,66 a 93,99% para casca. Para as folhas a variação foi de 90,48 a 100,37%.

O teor de umidade médio geral para madeira foi de 51,81%, para a casca foi de

84,07% e para as folhas foi de 95,52%.

Tabela 5.7. Relação biomassa seca, madeira/casca para os indivíduos de *S. paniculatum*

Biomassa seca - relação madeira/casca				
	Galho grosso		Fuste	
CD	madeira	casca	madeira	casca
5 – 9	0,64	0,36	0,61	0,39
9 – 13	0,68	0,32	0,67	0,33
13 – 17	0,69	0,31	0,75	0,25
17 – 21	0,70	0,30	0,77	0,23
21 – 25	0,75	0,25	0,77	0,23
25 – 29	0,74	0,26	0,76	0,24
Média	0,70	0,30	0,72	0,28

Tabela 5.8. Teor de umidade médio para cada classe diamétrica

TU (base seca) - Relação madeira/casca					
	Galho grosso		Fuste		Folha
CD	Madeira	Casca	Madeira	Casca	-
5 – 9	56,30	97,06	53,54	93,99	95,92
9 – 13	53,98	90,09	68,01	82,28	95,69
13 – 17	57,36	88,53	57,59	81,53	97,06
17 – 21	37,96	86,21	40,04	74,46	93,61
21 – 25	41,43	83,63	44,64	81,43	90,48
25 – 29	57,15	79,04	53,68	70,66	100,37
Média	50,70	87,43	52,92	80,72	95,52

Foi obtida a densidade básica média para a espécie, através de uma média aritmética de 46 indivíduos que tiveram sua densidade calculada. A densidade básica da madeira, para o fuste e para os galhos grossos, variou de 0,69 a 0,77 g/cm³. Para a casca, a densidade básica média do fuste e para os galhos grossos, variou de 0,60 a 0,62 g/cm³. A densidade básica média (Tabela 5.9) foi maior no fuste do que nos galhos. Os resultados corroboram com Vale (2000) que encontrou valores na faixa de 0,70 g/cm³ para madeira, e 0,56g/cm³ para a casca da espécie.

É possível constatar que o *Sclerolobium paniculatum* apresenta alta densidade básica, tanto para madeira quanto para casca, se comparada a outras espécies. Segundo Vale (2000), madeiras com maiores densidades produzem maiores quantidades de energia. Siqueira et al. (2001) encontraram para a espécie *Pinus merkusii*, uma densidade básica de

0,458 g/cm³ para a madeira e de 0,391 g/cm³ para casca. Brito et al. (1983) encontraram para o *Eucalyptus saligna* uma densidade básica da madeira de 0,469 g/cm³.

Tabela 5.9. Densidade média para a espécie *Sclerobium paniculatum* var. *subvelutinum*

	Madeira		Casca	
Densidade média/ g/cm ³	Galhos	Fuste	Galhos	Fuste
	0,70	0,74	0,61	0,62

5.2. AJUSTE DOS MODELOS VOLUMÉTRICOS, DE BIOMASSA SECA E DE CARBONO

Antes do ajuste de modelos, foram construídos os gráficos de dispersão entre cada variável de interesse e as variáveis independentes, Db (diâmetro da base) e Ht (altura total), o que possibilitou verificar a presença de “outliers” entre os dados, que é uma característica comum em relações que envolvem variáveis biológicas.

A presença desses "outliers" foi também constatada nos gráficos de resíduos, resultantes do ajuste de cada modelo proposto. Pode-se considerar que esses "outliers" sejam decorrentes, provavelmente, ou de erros sistemáticos ocorridos durante a coleta dos dados ou da grande diversidade de formas de fustes e copas dos indivíduos arbóreos do Cerrado. Esta diversidade de formas é uma característica típica da vegetação e ocorre tanto entre espécies como entre indivíduos de uma mesma espécie.

Analisando os "outliers" separadamente, foi possível verificar que estes correspondiam a indivíduos cujo volume ou peso encontrava-se muito distante da média dos padrões encontrados para cada classe de diâmetro a que pertenciam. Assim sendo, decidiu-se eliminar do conjunto de dados os "outliers", e em seguida procedeu-se o novo ajuste.

5.2.1. Ajuste dos modelos volumétricos

As estimativas dos parâmetros e as principais estatísticas para os modelos volumétricos, tanto para o fuste, quanto para o fuste mais os galhos grossos, são apresentadas na Tabela 5.10. Os gráficos dos resíduos relativos às equações ajustadas para

essas variáveis encontram-se nas Figuras 5.2 e 5.3.

Observa-se na Tabela 5.10, que para a variável volume do fuste, o coeficiente de determinação variou de 77,34% a 86,22% e erro percentual de 40,71% a 52,49%. O erro padrão da estimativa para as diferentes equações foi alto, o que é característico das espécies nativas.

Tabela 5.10. Estatísticas dos parâmetros e medidas de precisão das equações volumétricas, ajustadas para os indivíduos de *Sclerolobium paniculatum* de um cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, DF.

Modelo	Coeficientes					F	R ² _{ajustado}	Syx	Syx%		
	β0	β1	β2	β3	β4					β5	
Modelos volumétricos Fuste											
Meyer	1	0,03574	-0,01406	0,00084	0,00080	-0,00006	0,00360	87,33	0,8622	0,0108	40,71
Honner	2	7845,35768	-2308,29717	-	-	-	-	325,27	0,8252	0,0122	46,10
Schumacher-Hall	3	0,00007	2,87762	-1,00877	-	-	-	272,17	0,8600	0,0110	41,57
Spurr-log	4	0,00004	0,89298	-	-	-	-	243,08	0,7734	0,0139	52,49
Modelos volumétricos - Fuste + Galhos Grossos											
Meyer	1	0,02320	-0,00568	0,00034	0,00084	-0,00001	-0,00369	327,29	0,9594	0,0129	20,87
Honner	2	983,64736	16358,30141	-	-	-	-	1666,37	0,9612	0,0127	20,60
Schumacher-Hall	3	0,00008	2,03978	0,64813	-	-	-	1102,58	0,9614	0,0128	20,67
Spurr-log	4	0,00007	0,94393	-	-	-	-	1564,90	0,9587	0,0131	21,24

As equações 1 e 3 apresentaram as melhores medidas de precisão quando comparadas às outras equações. Entretanto, observa-se na Figura 5.2a, que a equação 1, apresenta tendências a superestimação e subestimação do volume do fuste das árvores nas menores classes diamétricas. Já para a equação 3 (Figura 5.2c), os resíduos seguem uma melhor distribuição.

Desta forma, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação de Schumacher e Hall (equação 3), como sendo aquela que melhor estimou o volume do fuste dos indivíduos de *Sclerolobium paniculatum* para a área de cerrado *sensu stricto* estudado.

O volume real encontrado foi de 2,68 m³. ha⁻¹, e a partir do modelo selecionado verificou-se que a produção volumétrica do fuste estimada para a espécie na área de estudo foi subestimada para 2,57 m³.ha⁻¹.

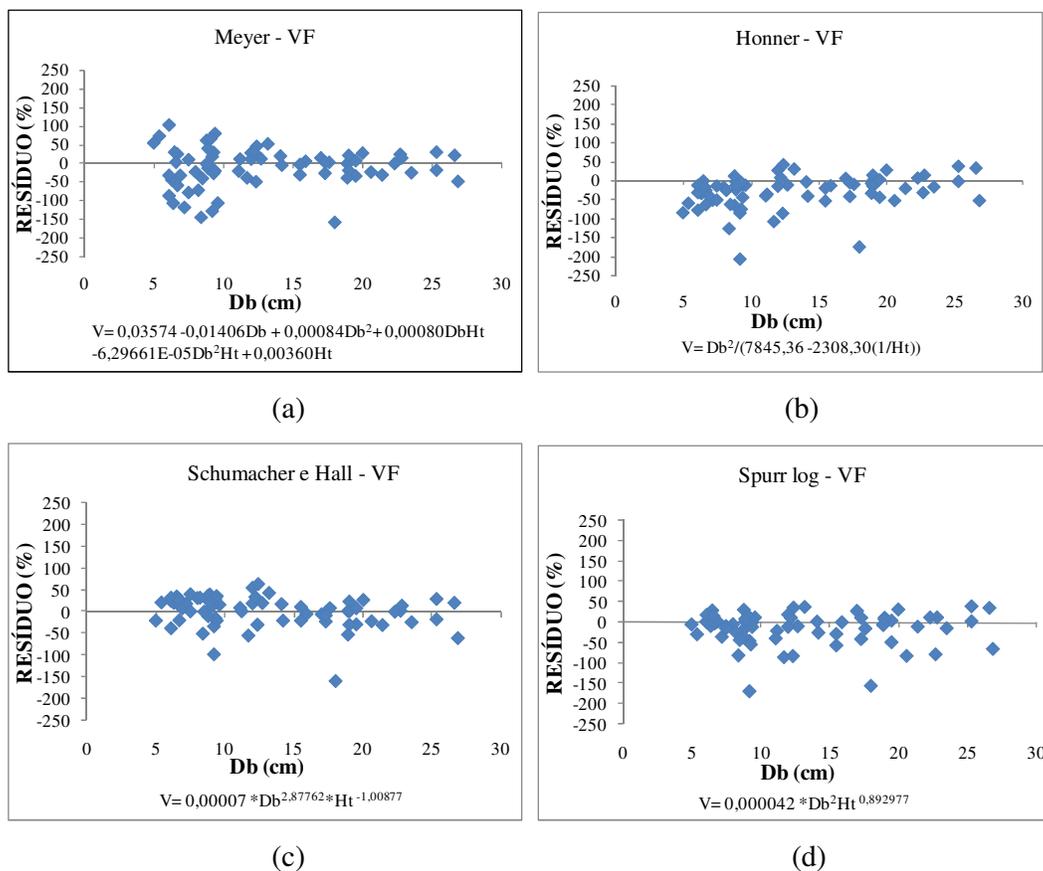


Figura 5.2. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de volume do fuste (VF), obtidas com as equações referentes aos modelos (a, b, c e d) ajustados para as árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Quanto ao volume de fuste mais galhos grossos, observa-se na Tabela 5.10, que as equações ajustadas a partir dos modelos testados, apresentaram estimativas mais precisas. As equações apresentaram coeficiente de determinação variando de 95,87 % a 96,14% e erro percentual de 20,60 % a 21,24 %.

As equações 2 e 3 apresentaram as melhores medidas de precisão quando comparadas às outras equações, tendo valores muito próximos entre elas. Observa-se também que nas figuras 5.3b e 5.3c, referente às equações 2 e 3, os gráficos de resíduos são muito semelhantes. Somente pelas medidas de precisão e pelo gráfico de resíduos, os dois modelos poderiam ser utilizados para estimar o volume do fuste e galhos grossos. No entanto, ao se realizar a validação do modelo pelo teste t para dados pareados nos dois modelos, a equação 2 obteve valores estimados significativamente diferente aos dos dados reais para 13 árvores selecionadas na população, não sendo portanto adequada para essa estimativa.

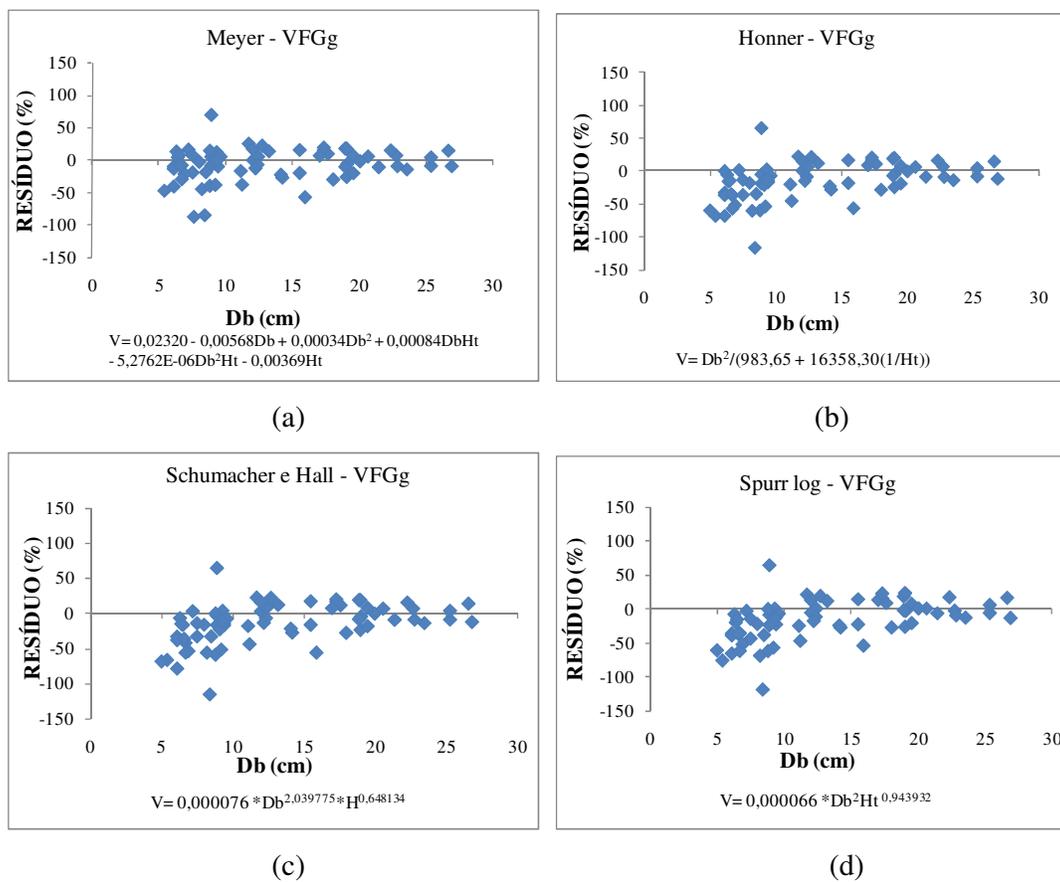


Figura 5.3. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de volume do fuste + galhos grossos (VFGg), obtidas com as equações referentes aos modelos (a, b, c e d) ajustados para as árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Desta forma, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação obtida pelo procedimento Schumacher e Hall, equação 3, como sendo aquela que melhor estimou o volume do fuste e galhos grossos dos indivíduos de *Sclerolobium paniculatum* para a área de cerrado *sensu stricto* estudada.

O volume real de fuste e galhos grossos encontrado foi de $6,17 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, e a partir do modelo selecionado verificou-se que a produção volumétrica estimada para a espécie na área de estudo foi ligeiramente superestimada para $6,22 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Rezende (2002) ajustou um modelo matemático para estimar o volume de madeira (fuste + galhos grossos) de todas as espécies do cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa. Tal modelo, quando aplicado ao cerrado deste estudo, gerou um volume total igual a $43,82 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Portanto, pode-se dizer que a população de *Sclerolobium* corresponde a,

aproximadamente, 14,19% do volume total de madeira (fuste + galhos grossos) do cerrado estudado. Como na área foram registradas 60 espécies, considera-se que a representatividade da produção volumétrica da espécie em questão, na área de estudo é bastante significativa.

5.2.2. Ajuste dos modelos de biomassa seca

As estimativas dos parâmetros e as principais estatísticas para os modelos de biomassa seca são apresentadas na Tabela 5.11. Os gráficos dos resíduos relativos aos ajustes dessas variáveis encontram-se nas Figuras 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7.

Observa-se na Tabela 5.10, que para a variável biomassa seca do fuste, as equações ajustadas apresentaram medidas de precisão diferenciadas. O coeficiente de determinação variou de 82,88% a 87,16% e o erro percentual de 39,22% a 53,80%.

As equações 1 e 3 apresentaram as melhores medidas de precisão quando comparadas com as outras equações. Entretanto, observa-se na Figuras 5.4a, referente à equação 1 que há tendência a superestimação da biomassa seca do fuste das árvores de menor diâmetro. Nas duas equações foi observado um ponto de superestimação na faixa de diâmetro de 15 a 20 cm. Entre as duas equações, a equação 1 apresentou menor erro padrão residual e maior coeficiente de determinação, mas devido à sua distribuição de resíduos ser mais heterogênea e o fato do modelo não ter sido validado pelo teste t para dados pareados, este foi desconsiderado como melhor modelo.

Tabela 5.11. Estatísticas dos parâmetros e medidas de precisão das equações de biomassa seca, ajustadas para os indivíduos de *Sclerolobium paniculatum* de um cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, DF

Modelo		Coeficientes						F	R ² _{ajustado}	Syx	Syx%
		β0	β1	β2	β3	β4	β5				
Modelos de biomassa seca - Fuste											
Meyer	1	29,60462	-9,15874	0,54861	0,74719	-0,04762	-0,41614	97,36	0,8716	6,2609	39,22
Honner	2	14,50599	-15,82103	-	-	-	-	342,54	0,8288	7,2802	45,60
Schumacher-Hall	3	0,07247	2,84414	-1,23911	-	-	-	295,29	0,8665	6,4739	40,55
Spurr-log	4	0,03742	0,84564	-	-	-	-	236,18	0,7616	8,5901	53,80
Modelos de biomassa seca - Fuste + Galhos Grossos											
Meyer	1	38,12675	-7,41138	0,39673	1,30785	-0,03574	-7,60307	251,11	0,9470	9,0747	23,84
Honner	2	2,99418	15,96058	-	-	-	-	1241,12	0,9473	9,1059	25,11
Schumacher-Hall	3	0,07877	2,05401	0,36688	-	-	-	812,00	0,9470	9,1914	24,47
Spurr-log	4	0,06123	0,89405	-	-	-	-	1057,65	0,9384	9,8408	26,20
Modelos de biomassa seca - Fuste + Galhos em geral											
Meyer	1	41,25807	-8,14490	0,46605	1,42587	-0,03992	-8,06370	297,30	0,9543	10,1563	21,73
Honner	2	2,75793	10,63650	-	-	-	-	1487,81	0,9544	10,2084	21,84
Schumacher-Hall	3	0,11603	2,02995	0,31272	-	-	-	971,99	0,9542	10,3116	22,06
Spurr-log	4	0,08839	0,87406	-	-	-	-	154221,43	0,9441	11,3040	24,19
Modelos de biomassa seca - Fuste + Galhos + Folhas											
Meyer	1	23,00886	-3,62149	0,26144	0,81251	-0,01154	-5,61607	445,71	0,9729	7,9501	18,01
Honner	2	2,38522	12,63068	-	-	-	-	2136,08	0,9740	7,8524	17,79
Schumacher-Hall	3	0,10807	1,98081	0,43562	-	-	-	1402,38	0,9740	7,9129	17,93
Spurr-log	4	0,08668	0,88011	-	-	-	-	1729,37	0,9679	8,7127	19,74

Desta forma, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação de Schumacher e Hall (equação 3), como sendo aquela que melhor estimou a biomassa seca do fuste das árvores de *Sclerolobium paniculatum*.

A biomassa seca do fuste obtida em campo foi de 1642,14 kg.ha⁻¹ e a partir do modelo 3 selecionado verificou-se que a produção de biomassa seca do fuste estimado para a espécie na área de estudo foi subestimada para 1619,37 kg.ha⁻¹. Este valor é ligeiramente superior ao encontrado por Vale (2000), que observou uma massa seca do fuste, para o *Sclerolobium paniculatum*, de 1345,04 kg.ha⁻¹.

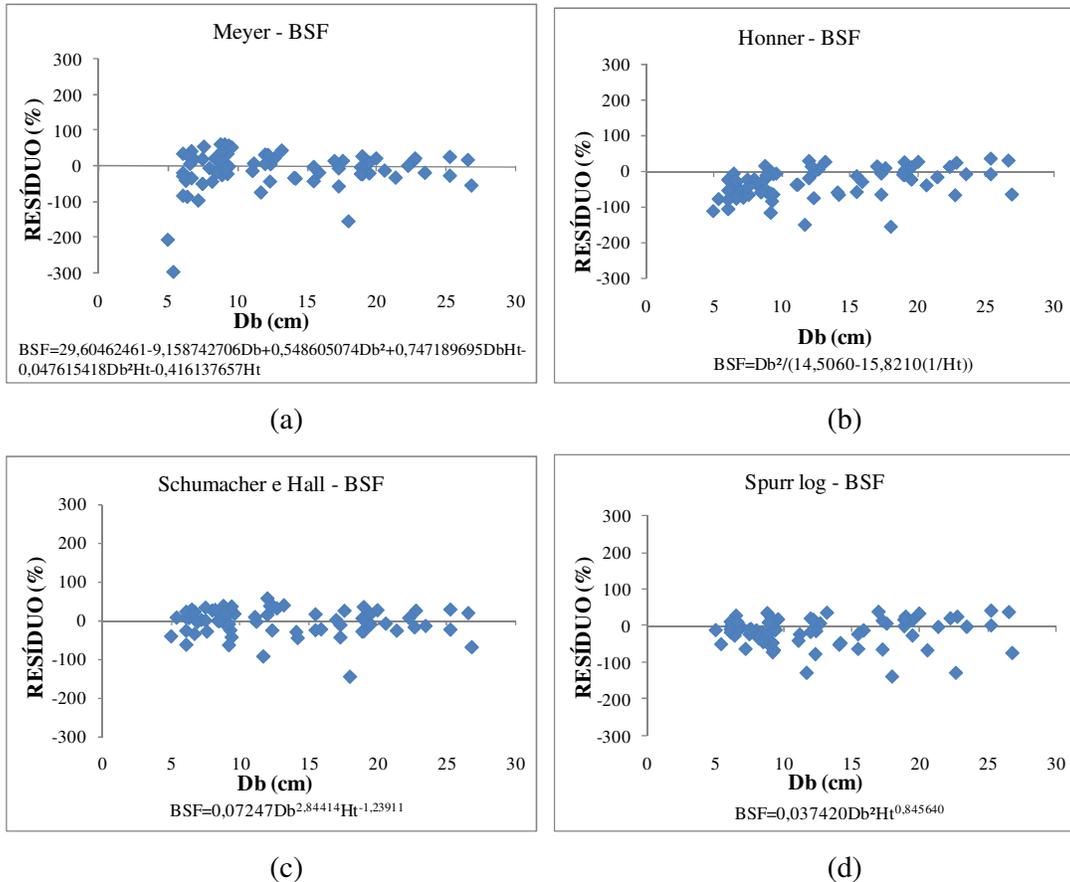


Figura 5.4. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de biomassa seca do fuste (BSF), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Observa-se na Tabela 5.11 que os modelos ajustados para estimar a biomassa lenhosa seca do fuste e dos galhos grossos apresentaram melhores medidas de precisão. O coeficiente de determinação variou de 93,84% a 94,73% e o erro percentual de 23,84% a 26,20%.

As equações 1 e 3 apresentaram as melhores medidas de precisão quando comparadas com as outras equações. Observou-se que a equação 1 obteve o menor erro padrão residual e uns dos maiores coeficientes de determinação (Tabela 5.11), além de ter obtido o melhor gráfico de resíduos (Figura 5.5a) e ter sido validada pelo teste t para dados pareados.

Assim, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação de Meyer, equação 1, como sendo aquela que melhor estimou a biomassa seca do fuste e galhos

grossos de árvores de *Sclerolobium paniculatum*.

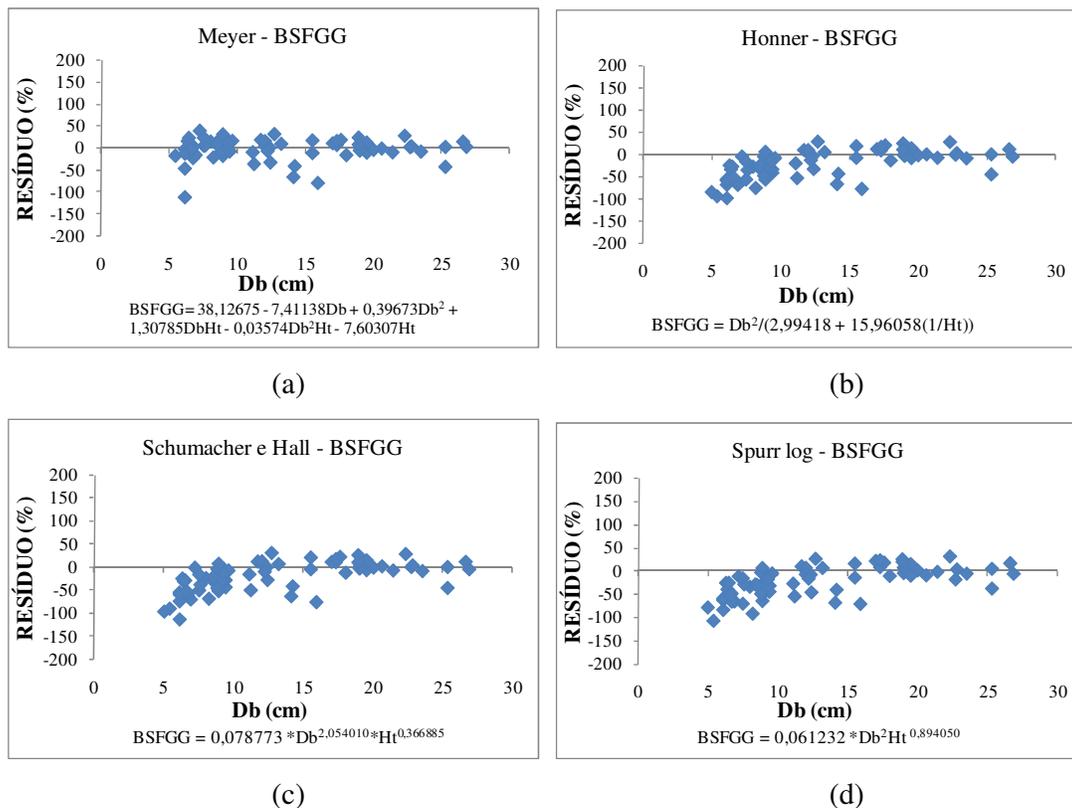


Figura 5.5. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de biomassa seca do fuste + galhos grossos (BSFGG), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Ao ajustar modelos de peso de matéria seca de fuste e galhos grossos, para a espécie *Anadenanthera colubrina* (Benth) Brenan, foi encontrada para o modelo de Meyer, para várias localidades de cerrado *sensu stricto* em Minas Gerais, um intervalo de R^2 igual a 85,74% a 92,49% e um erro padrão percentual com um intervalo entre 20,92% e 31,12% (RUFINI, 2008). Os valores encontrados para o *Sclerolobium paniculatum* estão bem próximos do intervalo encontrado pela autora para a espécie estudada.

A biomassa seca do fuste e galhos grossos, para 78 árvores/ha, obtida em campo foi de 3860,88 kg.ha⁻¹ e a partir do modelo 1 selecionado verificou-se que a produção de biomassa seca do fuste e galhos grossos estimado para a espécie na área de estudo foi idêntica ao valor real obtido (3860,87 kg.ha⁻¹). Vale (2000) determinou a massa seca do fuste e galhos para o *Sclerolobium paniculatum*, para uma densidade de 46 árvores/ha e

encontrou 2886,04 kg.ha⁻¹.

A equação matemática ajustada por Rezende (2002) para estimar a biomassa seca do fuste e galhos grossos de todas as espécies de um cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, Brasília, foi aplicada aos dados deste estudo e estimou um valor igual 17237,01 kg.ha⁻¹. Pode-se dizer, portanto, que a população de *Sclerobium* corresponde a, aproximadamente, 22,39% da biomassa seca total de fuste e galhos grossos do cerrado estudado. Como na área foram registradas 60 espécies, considera-se que a representatividade da produção de biomassa seca da espécie em questão, na área de estudo é bastante significativa.

Observa-se na Tabela 5.11, que para a variável biomassa seca do fuste e galhos em geral (galhos grossos e galhos finos), as equações ajustadas apresentaram melhores medidas de precisão aos da variável biomassa seca do fuste e galhos grossos. O coeficiente de determinação variou de 94,41% a 95,44% e o erro percentual de 21,73% a 24,19%.

A equação 1 e 2 apresentaram as melhores medidas de precisão quando comparada às outras equações. Entretanto, observa-se na Figura 5.6a, referente à equação 1, tendências a superestimação da biomassa seca de fuste e galhos em geral das árvores da classe diamétrica de 5 a 10 cm. A equação 2 (Honner) apresentou uma distribuição de resíduos mais homogênea (Figura 5.6b), mas apresentou um erro percentual levemente maior (21,84%) que o encontrado pela equação 1 (21,73%) e um coeficiente de determinação praticamente igual (de 95,44%) ao da equação obtida pelo método de Meyer (95,43%).

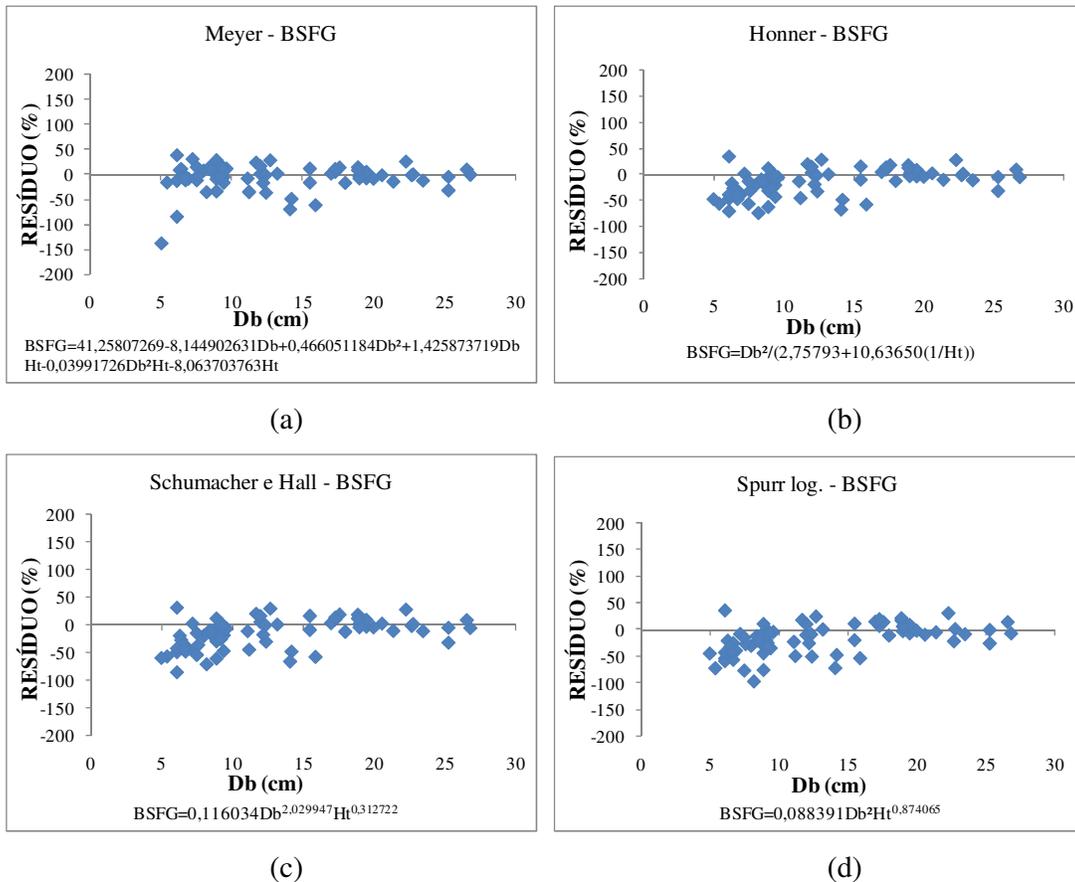


Figura 5.6. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de biomassa seca do fuste + galhos em geral (BSFG), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Assim, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação de Honner como sendo aquela que melhor estimou a biomassa seca do fuste mais galhos em geral dos indivíduos de *Sclerolobium paniculatum*, para esta área de cerrado *sensu stricto*.

A biomassa seca do fuste e galhos em geral obtida em campo foi igual a 4860,8 kg.ha⁻¹ e a partir do modelo 2 selecionado verificou-se que a produção de biomassa seca do fuste estimado para a espécie na área de estudo foi superestimada para 4886,32 kg.ha⁻¹.

Ao utilizar para a análise a biomassa seca total obtida em campo (somando-se fuste, galhos grossos, galhos finos e folhas), o resultado foi superior aos obtidos anteriormente. Observa-se na Tabela 5.11, que para a variável biomassa seca do fuste, com galhos e folhas, o coeficiente de determinação variou de 96,79% a 97,40% e o erro percentual de 17,79 % a 19,74 %.

As equações 2 (Honner) e 3 (Schumacher e Hall) apresentaram as melhores medidas de precisão quando foram comparadas às outras equações. Entretanto, observa-se nas Figuras 5.7b, 5.7c, que os gráficos de dispersão dos resíduos foram bastante semelhantes. O que variou entre uma equação e outra foram os valores do coeficiente de determinação e do erro padrão residual, mas com diferenças muito pequenas. No entanto, o modelo 2, de Honner, obteve dados significativamente diferentes com os dados reais testados pela validação do teste t para dados pareados.

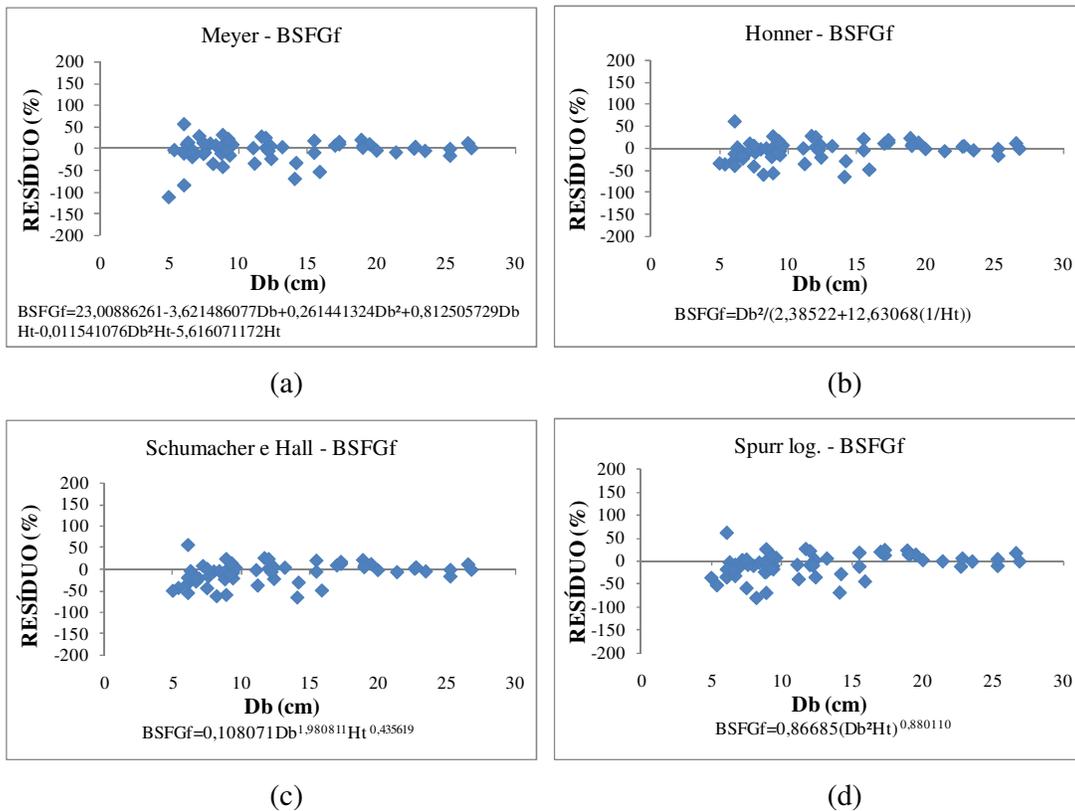


Figura 5.7. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de biomassa seca do fuste + galhos + folhas (BSFGf), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Assim, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação de Schumacher e Hall, equação 3, como sendo aquela que melhor estimou a biomassa lenhosa seca total dos indivíduos de *Sclerolobium paniculatum* para esta área de cerrado *sensu stricto*, pois apresentou o maior valor de coeficiente de determinação (97,40%) e o menor valor de erro padrão percentual (17,79%).

A biomassa seca do fuste, galhos em geral e folhas obtida em campo, para os 63 indivíduos, desconsiderando as árvores mortas foi de 4498,12 kg.ha⁻¹ e a partir do modelo 3 selecionado verificou-se que a produção de biomassa seca do fuste, galhos em geral e folhas estimado para a espécie na área de estudo foi subestimada para 4008,91 kg.ha⁻¹.

5.2.3. Ajuste dos modelos de carbono

As estimativas dos parâmetros e as principais estatísticas para os modelos de carbono do fuste são apresentadas na Tabela 5.12. Os gráficos dos resíduos relativos aos ajustes dessas variáveis encontram-se nas Figuras 5.8, 5.9, 5.10 e 5.11.

Tabela 5.12. Estatísticas dos parâmetros e medidas de precisão das equações de carbono ajustadas para os indivíduos de *Sclerolobium paniculatum* de um cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, DF

Modelo		Coeficientes						F	R ² _{ajustado}	Syx	Syx%
		β0	β1	β2	β3	β4	β5				
Modelos de carbono - Fuste											
Meyer	1	20,04542	-5,35443	0,29726	0,51261	-0,02810	-1,15963	104,43	0,8838	2,8888	36,54
Honner	2	30,52966	-37,78581	-	-	-	-	366,43	0,8425	3,3877	43,55
Schumacher-Hall	3	0,01730	2,87428	-0,90294	-	-	-	430,82	0,9112	2,5621	33,48
Spurr-log	4	0,00289	1,08862	-	-	-	-	501,34	0,8884	2,8677	37,74
Modelos de carbono - Fuste + Galhos Grossos											
Meyer	1	17,76233	-3,11836	0,17343	0,61864	-0,01619	-4,01071	263,27	0,9507	4,2330	22,75
Honner	2	6,29408	32,81967	-	-	-	-	1173,29	0,9448	4,4953	23,63
Schumacher-Hall	3	0,03844	2,05090	0,36350	-	-	-	767,35	0,9445	4,5384	23,86
Spurr-log	4	0,03027	0,89050	-	-	-	-	1004,58	0,9359	4,8466	25,51
Modelos de carbono - Fuste + Galhos em Geral											
Meyer	1	25,70217	-4,66490	0,24585	0,81516	-0,02287	-4,93333	282,51	0,9533	4,9373	21,44
Honner	2	5,76255	22,03134	-	-	-	-	1467,74	0,9539	4,9334	21,71
Schumacher-Hall	3	0,05602	2,02927	0,31093	-	-	-	959,05	0,9537	4,9828	21,93
Spurr-log	4	0,04219	0,87473	-	-	-	-	1191,15	0,9437	5,4610	24,08
Modelos de carbono - Fuste + Galhos + Folhas											
Meyer	1	17,31918	-2,54723	0,14899	0,53318	-0,00958	-3,84749	423,91	0,9724	3,8655	17,71
Honner	2	4,91018	26,76814	-	-	-	-	2146,26	0,9744	3,7591	17,56
Schumacher-Hall	3	0,05101	1,98369	0,43941	-	-	-	1405,37	0,9743	3,7930	17,72
Spurr-log	4	0,04100	0,88190	-	-	-	-	1729,82	0,9683	4,1803	19,53

Observa-se na Tabela 5.12, que as equações ajustadas para carbono no fuste apresentaram medidas de precisão diferenciadas. O coeficiente de determinação variou de 88,38% a 91,12% e erro percentual de 33,48% a 43,55%.

A equação 3 apresentou as melhores medidas de precisão quando comparadas as outras equações. Se comparada aos outros modelos testados, a equação 3 (Figura 5.8c) teve uma distribuição mais homogênea de seus resíduos, maior R² ajustado e menor erro

padrão.

Desta forma, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação de Schumacher e Hall, equação 3, como sendo aquela que melhor estimou o carbono no fuste dos indivíduos de *Sclerolobium paniculatum*.

O carbono do fuste obtido em campo foi de 788,22 kg.ha⁻¹ e a partir do modelo 3 selecionado verificou-se que a produção de biomassa seca do fuste estimado para a espécie na área de estudo foi subestimada para 768,22 kg.ha⁻¹.

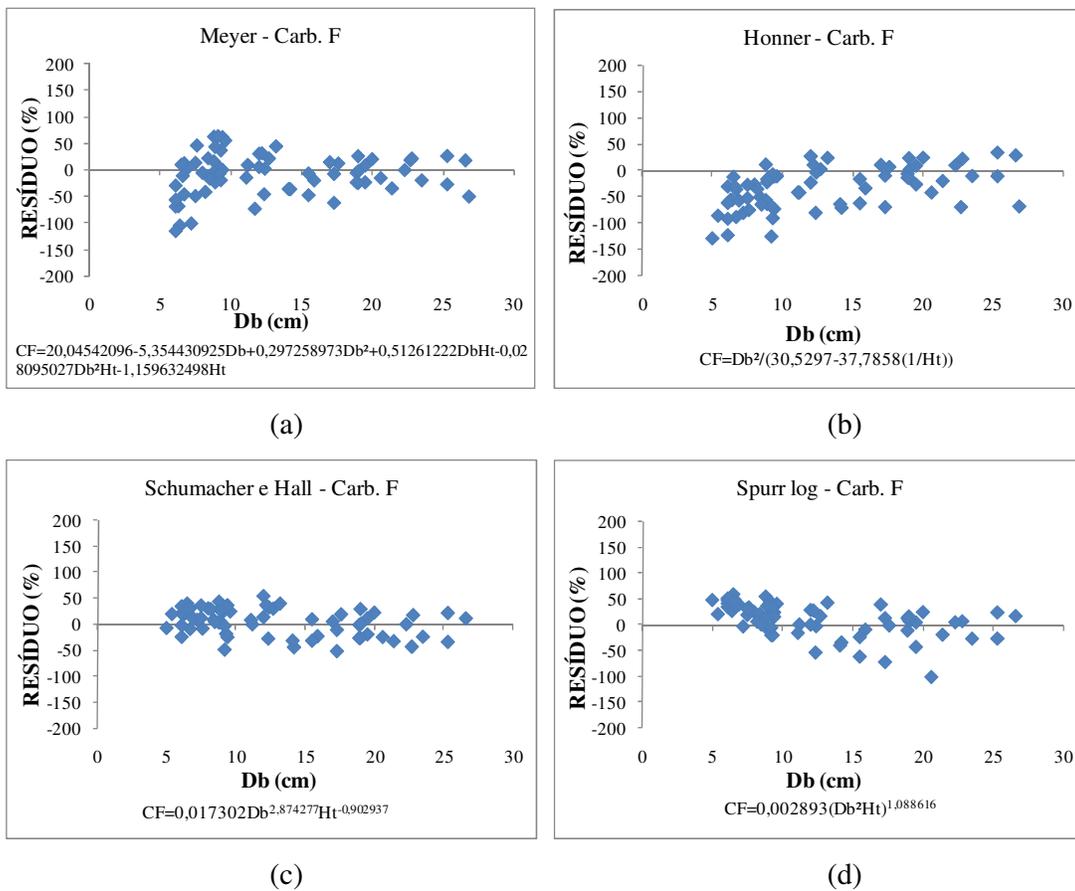


Figura 5.8. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de carbono do fuste (CF), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Ao analisar os modelos para carbono no fuste e galhos grossos, o resultado das estimativas dos parâmetros e as principais estatísticas melhoraram. O coeficiente de determinação variou de 93,59% a 95,07% e erro percentual de 22,75% a 25,51% (Tabela

5.12).

As equações 1 e 2 apresentaram as melhores medidas de precisão quando comparadas às outras equações. Entretanto, observa-se na Figura 5.9b, referente à equação 2, tendências a superestimação do carbono no fuste mais galhos grossos nas classes de menor diâmetro. Já a equação 1 (Figura 5.9a) teve uma distribuição mais homogênea de seus resíduos, um menor erro padrão (22,75%) e um dos R^2 ajustado mais altos (95,07%) do que o modelo 2.

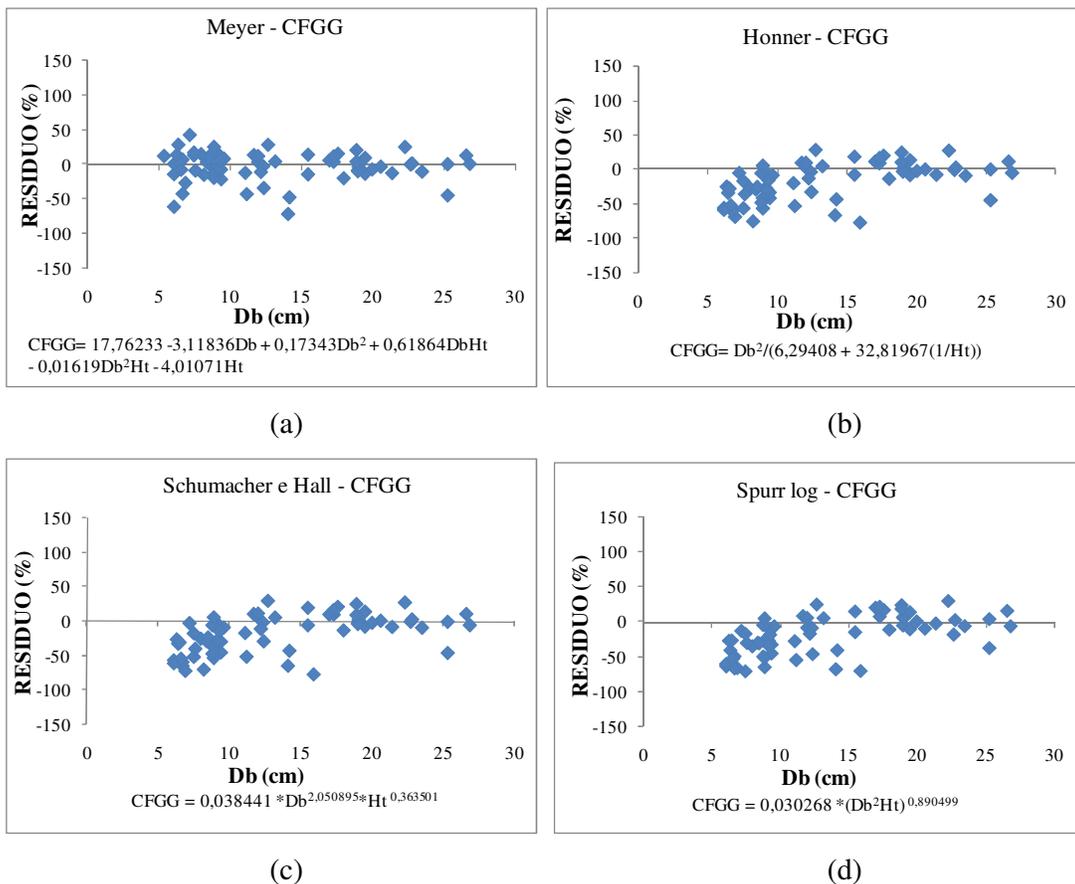


Figura 5.9. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de carbono do fuste + galhos grossos (CFGG), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Desta forma, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação de Meyer, equação 1, como sendo aquela que melhor estimou o carbono no fuste e galhos grossos dos indivíduos de *Sclerolobium paniculatum*, para uma área de cerrado *sensu stricto*.

O carbono do fuste e galhos grossos obtido em campo foi de 1848,52 kg.ha⁻¹ e a partir do modelo 1 selecionado verificou-se que o estoque de carbono estimado para fuste e galhos grossos obteve um valor subestimado de 1587,91 kg.ha⁻¹.

Rezende (2002) ajustou um modelo matemático para estimar o carbono do fuste e galhos grossos de todas as espécies de um cerrado *sensu stricto* da Fazenda Água Limpa, Brasília. Tal modelo, quando aplicado aos cerrado estudado, gerou um estoque de carbono para fuste e galhos grossos de 8587,5 kg.ha⁻¹. Pode-se dizer, portanto, que a população de *Sclerolobium* corresponde a, aproximadamente, 21,45 % do carbono total de fuste e galhos grossos do cerrado estudado. Como na área foram registradas 60 espécies, considera-se que a representatividade da produção de carbono da espécie em questão, na área de estudo é bastante significativa.

Ao analisar os modelos para carbono no fuste e galhos em geral, verificou-se que os coeficientes de determinação variaram de 94,37% a 95,39% e o erro percentual de 21,44% a 24,08% (Tabela 5.12).

As equações 1 e 2 apresentaram as melhores medidas de precisão quando comparadas às outras equações. Observa-se entre as Figuras 5.10a e 5.10b, distribuição de resíduos muito semelhantes, mas na equação 2 há uma tendência maior a superestimar os dados nas primeiras classes diamétricas. O modelo 3 obteve medidas de precisão e gráfico de resíduos muito semelhantes aos do modelo 2. O modelo 1 (Figura 5.10a), obteve a melhor distribuição no gráfico de resíduos, coeficiente de determinação e erro percentual.

Desta forma, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação de Meyer, equação 1, como sendo aquela que melhor estimou carbono de fuste e galhos em geral dos indivíduos de *Sclerolobium paniculatum*. No entanto, os modelos 2 e 3 poderiam também ser utilizados para tal objetivo.

O carbono do fuste e galhos em geral obtido em campo foi de 2333,18 kg.ha⁻¹, e a partir do modelo 1 selecionado verificou-se que a produção de carbono do fuste e galhos grossos estimado para a espécie na área de estudo foi subestimado se comparado ao valor real (1931,00 kg.ha⁻¹).

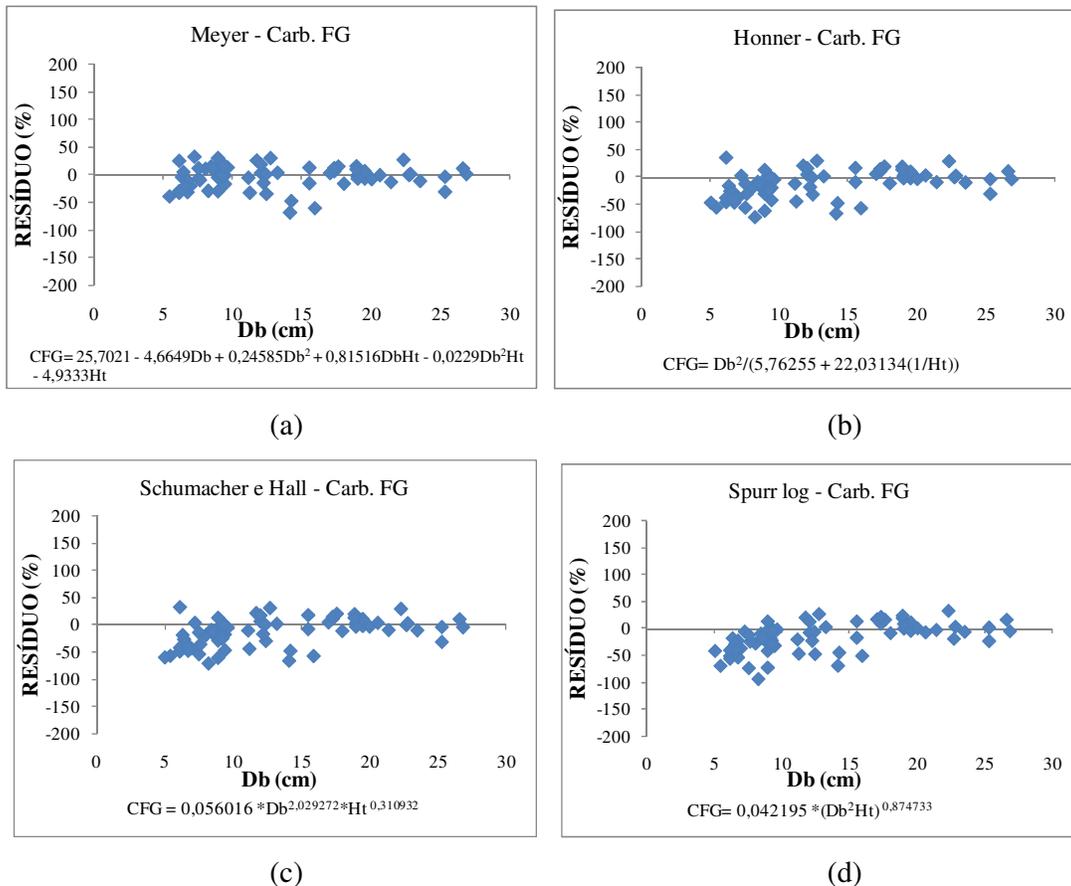


Figura 5.10. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de carbono do fuste + galhos em geral (CFG), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Ao serem analisados os modelos para estimar o carbono de fuste, galhos e folhas, verifica-se que o coeficiente de determinação variou de 96,83% a 97,44% e o erro percentual de 17,56% a 19,53% (Tabela 5.12).

A equação 1 apresentou as melhores medidas de precisão, quando comparadas aos modelos 2 e 3 que também tiveram medidas de precisão boas e bem semelhantes entre si. Observa-se na Figura 5.11b e 5.11c, referente aos modelos 2 e 3, gráficos muito semelhantes, enquanto que na Figura 5.11a existem alguns pontos na primeira classe de diâmetro com dados subestimados. Analisando somente as medidas de precisão e os gráficos de resíduos, o modelo selecionado seria o de Honner, equação 2, no entanto esta não foi validada pelo teste t para dados pareados.

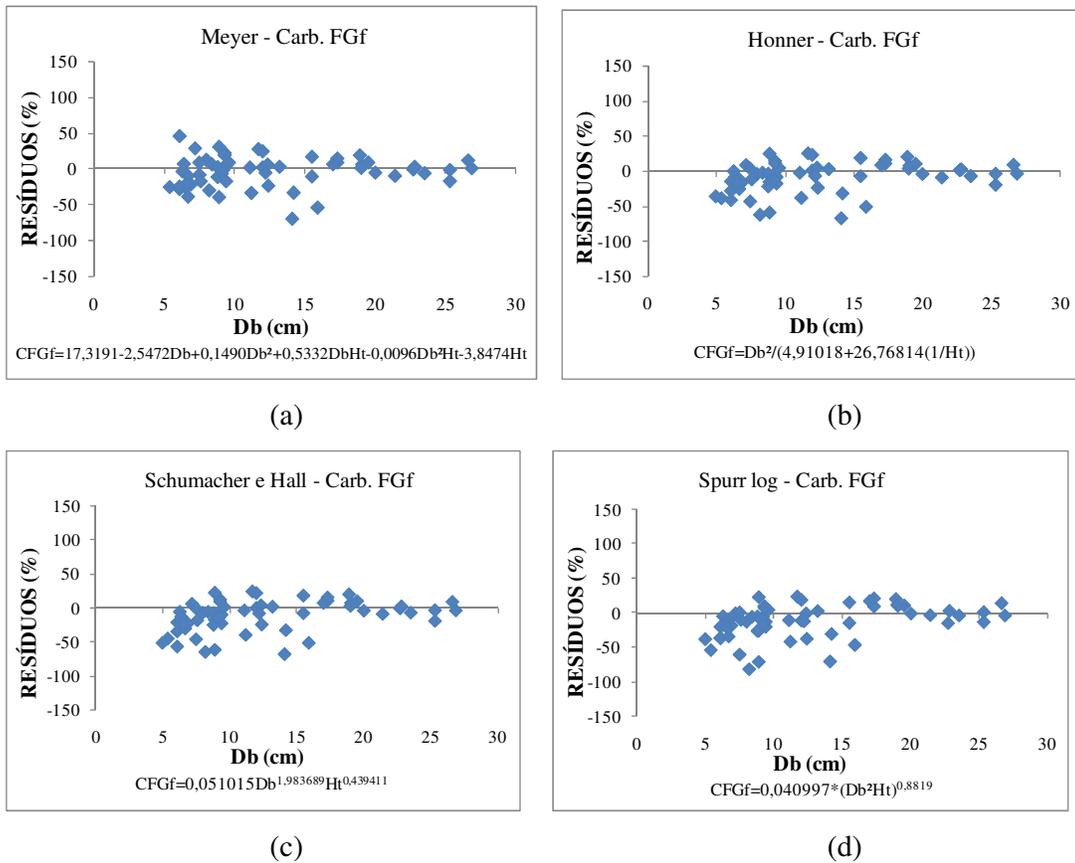


Figura 5.11. Resíduos percentuais em relação ao Db, para as estimativas de carbono do fuste + galhos + folhas (CFGf), obtidas com as equações referentes aos modelos matemáticos ajustados (a, b, c e d) de árvores de *Sclerolobium paniculatum* da Fazenda Água Limpa, DF

Portanto, baseado nas análises comparativas, selecionou-se a equação de Schumacher e Hall, equação 3, como sendo aquela que melhor estimou o carbono total (fuste, galhos e folhas) dos indivíduos de *Sclerolobium paniculatum* para esta área de cerrado *sensu stricto*, pois apesar de não ter obtido os melhores valores de precisão, passou pelo teste t de validação do modelo e obteve um gráfico de resíduos semelhante ao do modelo 2.

O carbono do fuste, galhos em geral e folhas obtido em campo, para 63 árvores, desconsiderando as árvores mortas foi de 2159,09 kg.ha⁻¹, e a partir do modelo 3 selecionado verificou-se que a produção de carbono do fuste, galhos em geral e folhas estimado para a espécie na área de estudo foi ligeiramente superestimada para 2180,14 kg.ha⁻¹.

Ao se analisar a participação do carbono dos galhos finos de 73 árvores no carbono total obtido para a área, verificou-se que este componente representa aproximadamente 20,55% do total, o que é próximo da relação encontrada na Tabela 5.2. Este fato pode ser considerado de relevante interesse em estudos de carbono para espécies desta fitofisionomia.

Desconsiderando as árvores mortas, a participação do carbono dos galhos finos e folhas de 63 árvores, no carbono total obtido para a área, representaram cerca de 24,19% do total. Boa parte dessa porcentagem é devido aos galhos finos dos indivíduos, mas os dois componentes demonstram ser de relevante interesse em estudos de carbono para espécies desta fitofisionomia.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES

- A espécie *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *subvelutinum* Benth apresentou potencial de interesse para uso de forma sustentável em áreas de cerrado *sensu stricto*, por se destacar produtivamente nesta fisionomia.

- O modelo de Schumacher e Hall foi o mais preciso para estimar as seguintes variáveis:

- a) Volume do fuste
- b) Volume do fuste e galhos grossos
- c) Biomassa seca do fuste
- d) Biomassa seca do fuste, galhos e folhas
- e) Carbono do fuste.
- f) Carbono do fuste, galhos e folhas

- O modelo de Honner foi o mais preciso para estimar as seguintes variáveis:

- a) Biomassa seca do fuste mais galhos em geral

- O modelo de Meyer foi o mais preciso para estimar as seguintes variáveis:

- a) Biomassa seca do fuste e galhos grossos
- b) Carbono do fuste e galhos grossos
- c) Carbono do fuste e galhos em geral

- Na relação galhos grossos e fuste, os galhos grossos representaram um pouco mais da metade do volume total, o mesmo ocorreu com a biomassa úmida.

- Existe tendência de as menores classes possuírem maior porcentagem de casca em relação às classes de maior diâmetro.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Mais estudos devem ser realizados para a espécie *Sclerolobium paniculatum* em outras áreas de cerrado *sensu stricto*. Assim como, devem ser realizados estudos relacionados à silvicultura da espécie, pois foi observado em campo que árvores em áreas abertas, próximas à plantios de eucalipto, tinham diâmetros e altura superiores aos encontrados na área de estudo deste trabalho.

São indicados outros estudos com relação a outros produtos potenciais que a espécie possa fornecer, como por exemplo, os corantes naturais utilizados para tinturaria regional e potencial melífero, como já citados em literatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA, G. C.; CALDAS, L. S.; HARIDASAN, M.; EITEN, G. Above and belowground organic matter and root: Shoot ratio in a cerrado in central Brazil. **Brazilian Journal of Ecology**, vol. 2, n.1, 1998.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma ABNT NBR 7190**, 107p. CB-02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil. E-02:003.10 – Comissão de Estudo de Estruturas de Madeira, p. 48-51. 1997.
- ALHO, C. J. R. Desafios para a conservação do Cerrado, em face das atuais tendências de uso e ocupação. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, p. 367-381, 2005.
- ALMEIDA, S. P. de. **Cerrado: aproveitamento alimentar**. Embrapa, CPAC. Planaltina, DF. 1998.
- ALVINO, F. de O.; SILVA, M. F. da; RAYOL, B. P. Potencial de uso das espécies arbóreas de uma floresta secundária, na Zona Bragantina, Pará, Brasil. **Acta Amazônica**. v. 35, n. 4, p. 413-420, 2005.
- AQUINO, F. de G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Espécies Vegetais de Uso Múltiplo em Reservas Legais de Cerrado - Balsas, MA. Nota Científica. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1. 2007.
- BARICHELO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M. Quantificação de biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Vol. 15, n. 2. Santa Maria. 2005. p. 129-135.
- BARREIRA, S.; SCOLFORO, J. R. S.; BOTELHO, S. A.; MELLO, J. M. de. Estudo da estrutura da regeneração natural e da vegetação adulta de um cerrado sensu stricto para fins de manejo florestal. **Scientia forestalis**, n. 61. 2002.

- BENTES-GAMA, M. de M. et al. Estrutura e valoração de uma floresta de várzea alta na Amazônia. **Cerne**. v. 8, n. 1, p. 88-102, 2002a.
- BENTES-GAMA, M. de M.; SCOLFORO, J. R. S.; GAMA, J. R. V. Potencial produtivo de madeira e palmito de uma floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore**. Viçosa: UFV. v. 26, n. 3, p. 311-319, 2002b.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; SEIXAS, F. **Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de eucalipto**. ESALQ-USP; IPEF. , n. 23, p. 53-56. 1983.
- CARAMORI, S. S.; LIMA, C. S.; FERNANDES, K. F. Biochemical Characterization of Selected Plant Species from Brazilian Savannas. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. V.47, n. 2. Brasil. 2004. p. 253-259.
- CARVALHO, P. E. R (coord.). **Anais – IV Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais “Bracatinga uma Alternativa para Reflorestamento”**. Curitiba, PR. 1981. 198 p.
- CASTRO, E. A. de.; KAUFFMAN, J. B. Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption by fire. Cambridge university Press. **Journal of Tropical Ecology**. v.14, p. 263 – 283. 1998.
- CETEC, FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas do estado de Minas Gerais e outras regiões do país: **Relatório final**. Belo Horizonte. 1995.
- FELFILI, J. M.; FILHO, H. C. B. **Extrativismo racional da casca do barbatimão [Stryphnodendron adstringens (MART.) COVILLE]**. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. Brasília. 2004.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e Métodos em fitossociologia**. Vol. 5, n. 1. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, UnB. 2003. 68p.

- FIEDLER, N. C. et al. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**. Viçosa-MG. v. 28, p. 129-138, 2004.
- FILHO, A. C. et al. A Floresta e o Clima. In: HIGUCHI, M. I. G.; HIGUCHI, N. (editores). **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões**: uma proposta de educação ambiental. INPA/CNPq. 2004. 146 p.
- FRANCO, A.C. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado. In: SCARIOT *et al.* (orgs). **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p.179-196.
- GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (ed.). **Nutrição e Fertilização Florestal**. IPEF, São Paulo. 2005.
- HIGUCHI, N. et al. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. In: HIGUCHI, N.; SANTOS, J. de.; LIMA, A. J. N.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; TRIBUZY, E. S. (org.). **III curso de manejo florestal-turma: Manuel Natividade Taveira**. INPA, Manaus. 2006.
- HIGUCHI, N.; CARVALHO JR. J. A. Fitomassa e Conteúdo de Carbono de espécies da Amazônia. In: Seminário Emissão x Seqüestro de CO₂ – Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Rio de Janeiro. 1994. Anais... Companhia Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro. 1994. p.125 – 154.
- JUNIOR, L. L. Bracatinga como Fonte Energética. **Anais** – IV Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais “Bracatinga uma Alternativa para Reflorestamento”. Curitiba, PR. 1981. 198 p.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation Description and Analysis. A Practical Approach**. Chichester, UK. John Willey. 1992.

- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the brazilian cerrado. **Conservation Biology**. v. 19, n. 3. 2005. p. 707-713.
- KIRBY, K. R.; POTRIN, C. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. **Forest Ecology and Management**, n. 246. 2007. p. 208-221.
- LÍBANO, A. M.; FELFILI, J. M. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado *sensu stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). **Acta Botânica Brasílica**. 20(4): 927-936. 2006.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.2. São Paulo: Editora Plantarum. 1998.
- MACHADO, S. do A.; FILHO, A. F. **Dendrometria**. Curitiba, 2003. 309 p.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and it's measurement**. London: Croom Helm, 1988. 179p
- MAIA, J. M. F. Balanço de energia e fluxo de carbono em uma área de cerrado que sofreu queima acidental. **Tese de doutorado**. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2003.
- MARTINS, S. S. et al. Efeito da exploração florestal seletiva em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**. Viçosa: UFV. v. 27, n. 1, p. 65-70, 2003.
- MARTINS, C. F.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; KOEDAM, D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Espécies arbóreas utilizadas na nidificação por abelhas sem ferrão na Caatinga (Seridó. PB: João Câmara, RN). **Biota Neotropica**, vol. 4, n. 2. <http://www.biotaneotropica.org.br>. 2004.
- MEDEIROS, M. M.; FELFILI, J. M.; LÍBANO, A. M. Comparação florístico-estrutural dos estratos de regeneração e adulto em cerrado *sensu stricto* no Brasil Central. **Revista Cerne**. Lavras, v. 13, n. 3, p. 291-298. 2007.

- MELO, J. T. de. Efeito da adubação e calagem sobre o crescimento de carvoeiro. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 76. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002.
- MELO, L. Q. **Estratégias para conservação ex situ de Arnica (*Lychnophora ericoides* Less)**. Dissertação de mestrado em Ciências Agrárias. Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Brasília, DF. 2006.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. John Wiley & Sons New York. 1974.
- NASCIMENTO, N. A. do; CARVALHO, J. O. P. de; LEÃO, N. V. M. Distribuição espacial de espécies arbóreas relacionada ao manejo de florestas naturais. **Revista de Ciências Agrárias**. Belém. n. 37. p. 175-194, 2002.
- NERI, A. V. et al. Análise da estrutura de uma comunidade lenhosa em área de cerrado *sensu stricto* no município de Senador Modestino Gonçalves, norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**. v. 31, n. 1, p. 123-134. 2007.
- NUNES, M. M. **Atividade Antiinflamatória de Extrato Etanólico de *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk, Sapotaceae**. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Faculdade de Medicina. Brasília, DF. 2004.
- OLIVEIRA, J. B. et al. Produção de carvão vegetal-aspectos técnicos. In: PENEDO, W. R. **Produção e utilização de carvão vegetal**. CETEC. Série de publicações técnicas 8, v1. Belo Horizonte. 1982.
- OLIVEIRA, A. D. de.; LEITE, A. N. BOTELHO, S. A.; SCOLFORO, J. R. S. Avaliação Econômica da Vegetação de Cerrado submetida a diferentes regimes de manejo e de povoamentos de eucalipto plantados em monocultivo. **Cerne**, v.4, n.1. Lavras. 1998.
- OLIVEIRA, R. S. et al. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**, v. 19, p. 574 – 581. 2005.
- OLIVEIRA, E. C. L. **Distribuição espacial de espécies Arbóreas em um cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal**. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais.

Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2006.

OLIVEIRA, I. R. M.; et al. Biomassa e Características da Madeira de *Sclerolobium paniculatum* cultivado em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, v.14, n.4. Lavras. 2008.

PAIVA, A. O. **Avaliação do Estoque de Carbono em um Cerrado *sensu stricto* na Fazenda Água Limpa – UnB**. Trabalho Final de Curso. Departamento de Engenharia Florestal, UnB. 2006.

PELLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Vol. 1. Curitiba: editorado pelos autores, 1997.

PÉREZ, J. F. M. et al. Sistema de Manejo para a Candeia – *Eremanthus erythropappus* (DC.) Mac Leish – A opção do Sistema de Corte Seletivo. **Cerne**, v. 10, n. 2. Lavras. 2004. p.257-273.

PIRES, I. P. P.; MARCATI, C. R. Anatomia e uso da madeira de duas variedades de *Sclerolobium paniculatum* Vog. do Sul do Maranhão, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, vol. 19, n. 4. 2005.

PIVELLO, V. R. Manejo de fragmentos de Cerrado: princípios para a conservação da biodiversidade. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, p. 401-413, 2005.

PRADO, C.H.B. de A.; RONQUIM, C.C.; PERON, M.C.C. Balanço de carbono em duas espécies lenhosas de Cerrado cultivadas sob irradiação solar plena e sombreadas. In: SCARIOT *et al.* (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p.197-215.

REZENDE, A. V. **Diversidade, Estrutura, Dinamica e Prognose do Crescimento de um Cerrado *sensu stricto* submetido a diferentes distúrbios por desmatamento**. 2002. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Parana, Curitiba, PR. 2002.

- REZENDE, A. V. Respostas da regeneração Natural do Cerrado a Diferentes Distúrbios por Desmatamento. **Anais – 3º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal**. 2004. Santa Maria, RS. 465 p.
- REZENDE, A. V; FELFILI, J. M. Avaliação do estoque de carbono no cerrado sensu stricto do Brasil Central. **Comunicações Técnicas Florestais**. V. 6, n. 2. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. 2004. 28 p.
- REZENDE, A. V. et al. 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**, n. 71. 2006. p. 65-76.
- RIBEIRO, J. F. Ocupação do bioma Cerrado e conservação da sua diversidade vegetal. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, p. 383-399, 2005.
- RODIN, P. **Distribuição da biomassa subterrânea e dinâmica de raízes finas em ecossistemas nativos e em uma pastagem plantada no Cerrado do Brasil Central**. 2004. Dissertação de Mestrado em Ecologia – Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.
- RODRIGUES, M. T. A biodiversidade dos cerrados: conhecimento atual e perspectivas, com uma hipótese sobre o papel das matas galerias na troca faunística durante ciclos climáticos. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (orgs). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, p. 235-246, 2005.
- RUFINI, A. L. **Volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o cerrado sensu stricto em Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2008.
- SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. de. Baru: biologia e uso. **Documentos** 116. Embrapa, CPAC. Planaltina, DF. 2004

- SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al (editores). **As Florestas e o Carbono**. Curitiba. 2002. 265 p.
- SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R., Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. 2º Simpósio Latino Americano sobre Fixação de Carbono. Metodologias Curitiba, 2004. 205p.
- SCOLFORO, J. R. S. et al. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Cerne**. Lavras, Minas Gerais. Vol. 10, n. 1. p. 87 a 102. 2004.
- SCOLFORO, J. R. S.; FILHO, A. F. **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores**. Textos técnicos. UFLA. Lavras. 1998. 310p.
- SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria Florestal: Medição, Volumetria e Gravimetria**. Textos Acadêmicos. UFLA, Lavras. 2004. 285 p.
- SILVA, L. O. et al. Levantamento florístico e fitossociológico em duas áreas de cerrado *sensu stricto* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. **Acta Botânica Brasílica**. v. 16, n. 1, p. 43-53. 2002.
- SILVA JÚNIOR, M. C. da. **100 árvores do Cerrado: guia de campo**. Editora Rede de Sementes do Cerrado. Brasília, 2005. 278 p.
- SIQUEIRA, M. de M. et al. Características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Pinus merkusii*. **Comunicado técnico** 65, IPEF. Colombo, PR. 2001.
- SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; GORGENS, E. B. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista Árvore**, vol. 29, n. 5. Viçosa, Brasil. 2005. p. 711-718.
- SOARES, C. P. B.; NETO, F. de P.; SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa. Ed.UFV. 2006. 278 p.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill, 1976. 357 p.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Sclerolobium_paniculatum. Acessado em: 15/11/2007.

<http://www.ipef.br/identificacao/nativas/detalhes.asp?codigo=65>). Acessado em:
15/11/2007.

UNESCO. **Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço**. 2000. 74p.

VALE, A. T; **Caracterização da Biomassa Lenhosa de um Cerrado Sensu Stricto da Região de Brasília para uso energético**. Tese de doutorado. UNESP. Botucatu, SP. 2000.

VALE, A. T; BRASIL, M. A. M; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v. 12, n.1. Santa Maria. 2002. p. 71-80.

VALE, A. T; FIEDLER, N. C.; SILVA, G. T. Avaliação energética da biomassa do cerrado em função do diâmetro das árvores. **Ciência Florestal**, v. 12, n.2. Santa Maria. 2002. p. 115-126.

VITAL, B.R. 1984. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa: SIF, 21p.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRUBY, P. Quantificação da biomassa em uma floresta estacional decidual em Itaara, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4. Santa Maria. 2006. p. 419 – 425.

WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SANQUETTA, C. R. Quantificação de Biomassa e Carbono Orgânico em Povoamento de Pinus taeda L. no Sul do estado do Paraná – Brasil. **Anais – 3º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal**. Santa Maria, RS. 2004. 465 p.