

Relações Quantitativas entre Variáveis Dendrométricas e Teores de Carbono para *Mimosa scabrella* Bentham da Região Metropolitana de Curitiba

Sebastião do Amaral Machado¹

Edilson Urbano²

Barbara Jarschel³

Saulo Jorge Teo³

Marco Aurélio Figura³

Luis César Rodrigues da Silva³

RESUMO

Esta pesquisa objetivou determinar o teor de matéria seca e teores de carbono por idade e classe de diâmetro, para o fuste e outros componentes de árvores de *Mimosa scabrella* Bentham (bracatinga), bem como suas correlações com as variáveis medidas em campo. Os dados para o desenvolvimento desta pesquisa compõem-se de 190 árvores coletadas em bracatingais de diversos municípios da região metropolitana de Curitiba, cobrindo idades de 5 a 17 anos. Nestas idades foram medidas as seguintes variáveis: altura total, altura de copa, altura do fuste, diâmetro à altura do peito e o diâmetro da copa. As árvores foram derrubadas e divididas nos seguintes componentes: fuste, galhos (diâmetros ≥ 4 cm e diâmetros < 4 cm), folhagem e galhos mortos. O peso verde de cada componente foi obtido no campo. Amostras de cada componente verde foram coletadas, pesadas e levadas para secagem em estufa até peso seco constante. Posteriormente foi obtido o peso seco de cada componente por extrapolação dos pesos das amostras. Pequenas porções de cada componente de 55 árvores foram moídas para determinação do teor de carbono. O peso do fuste foi a variável mais representativa (média de 69,85% do peso total das árvores), com um coeficiente de variação de 17,88%. O DAP e o produto D^2H foram os que apresentaram maior coeficiente de

¹. Engenheiro Florestal, Ph.D., Professor Sênior do Departamento de Ciências Florestais - UFPR - PQ 1A do CNPq. email: samachado@ufpr.br

². Engenheiro Florestal, Mestrando Engenharia Florestal - UFPR. email:eurbano@ufpr.br

³. Acadêmicos de Engenharia Florestal - UFPR

correlação com o peso do fuste (0,90 e 0,95 respectivamente), bem como com os demais componentes das árvores. Não houve diferença estatisticamente significativa do teor médio de carbono entre idades e nem entre classes de diâmetro para todos os componentes das árvores. Já o teor de carbono da folhagem é estatisticamente diferente quando comparado ao teor de carbono dos demais componentes.

Palavras-chave: Peso verde, peso seco, teor de carbono, bracingais.

Studies of Quantitative Relationships Among Dendrometric Variables and Carbon Contents for Native *Mimosa scabrella* Stands in the Curitiba Metropolitan Region

ABSTRACT

This research aimed to determine dry weights and carbon contents by age, and by compartment of *Mimosa scabrella* trees, their correlations with other measured tree variables. The data for this research work came from 190 trees located in several counties of the Curitiba metropolitan region. Total height, crown height, stem height, DBH and crown diameter were measured of each one of the 190 trees. Every sample tree was felled down and sectioned in the following components: stem, thick branches (diameter ≥ 4 cm), thin branches (diameter < 4 cm), foliage, and dead branches. The green weight of each tree component was weighted in the field. Small sub samples of each tree component were also weighted in the field and brought to the laboratory for oven dry. Thus it was obtained the dry weight of the whole component by extrapolation. Small portions of each component from 55 trees were triturated for carbon content determination. The stem dry weight participated with 69.85% of the whole tree, as an average, and presented a coefficient of variation of 17.88%. The product $DBH^2 \times \text{Total height}$ and the DBH were the variables which presented the highest coefficient of correlation with the stem weight, as well as with the other tree components. There was no significative differences of carbon content among ages, either diameter classes for all analized components.

Keywords: Green weight, dry weight, carbon content, *Mimosa scabrella*

1. INTRODUÇÃO

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) é atualmente a espécie florestal nativa mais importante do ponto de vista econômico e social da região metropolitana de Curitiba. Sua cultura é realizada, predominantemente, em propriedades agrícolas de até 50 hectares (BAGGIO et al. 1986). A implantação tradicional é feita por regeneração natural via sementes, induzida pela queima dos restos da exploração florestal anterior. No primeiro ano a bracatinga é em muitos casos, consorciada com culturas de ciclo curto, principalmente milho e feijão. Após a colheita das culturas agrícolas, não são realizados tratos culturais no povoamento florestal, implicando em custos mínimos na implantação e manutenção dos bracatingais (CARPANEZZI et al., 1984).

O principal e mais importante uso da madeira de bracatinga é para energia, como lenha e, secundariamente como carvão. Além dessa utilização, a bracatinga tem várias outras: para celulose, como planta apícola e forrageira, na recuperação de áreas degradadas e como sombreadoras em cafezais (CARPANEZZI et al., 1984). É utilizada ainda como escora na construção civil, na fabricação de aglomerados, como material de construção e para cercas e outras pequenas construções rurais. Outros usos citados são como planta ornamental e paisagística, como adubo verde, para produção de compensados e madeira serrada para o fabrico de caixotaria e em acabamentos internos na construção civil. Rochadelli (1997) citou ainda o uso em peças para estaleiros para olericultura e na fabricação de moveis, após tratamento adequado de secagem e usinagem. Esse autor mencionou ainda que as lâminas de bracatinga, algumas vezes, são vendidas sob o nome de “imbuia-branca”, devido aos desenhos atraentes. Baggio et al. (1986) acrescentaram também a capacidade dessa leguminosa em amenizar danos ambientais. Além desses usos já conhecidos, a espécie apresenta diversas potencialidades sob investigação.

A emissão de dióxido de carbono na atmosfera tem sido considerada como o principal agente causador do efeito estufa, entre outros tipos de gases (HOSOKAWA et al., 1998). Como instrumento de flexibilização dos compromissos de redução desses gases foi lançada na Convenção do Clima da ONU, uma nova modalidade dentro do mecanismo de desenvolvimento limpo definido no protocolo de Quioto. Trata-se do seqüestro florestal de carbono (CHANG, 2004).

A absorção de dióxido de carbono se dá, em parte, pelo período de tempo existente entre o crescimento acelerado das plantas e a morte e decomposição delas. Deste modo, as florestas são importantes para o equilíbrio do balanço global de gás carbônico, pois os diferentes tipos de florestas armazenam diferentes quantidades de carbono em função dos estágios de sucessão, da idade, do regime de manejo e da composição de espécies (WATZLAWICH et al., 2004).

Várias empresas e entidades representativas oficiais e não-oficiais passaram a investir em projetos de pesquisa de fixação de carbono, para obtenção de créditos visando compensar parte das emissões (CHANG, 2004), o que reforça o surgimento de um novo mercado e de novas oportunidades de negócios para este setor. A realização de pesquisas silviculturais, com espécies nativas ou introduzidas, que possam definir parâmetros que possuam correlação com o seqüestro de carbono permitirá determinar as áreas a serem reflorestadas para compensação das emissões.

Assim, tornou-se muito importante a geração de informações mais acuradas quanto aos teores de carbono nas diferentes espécies e em diferentes regimes de manejo, visando esse mercado emergente que vê a floresta como potencial fixadora de carbono. Deve-se ressaltar, portanto, que estudos de fixação de carbono sem uma avaliação fidedigna de biomassa e sem um trabalho sério de inter-relação entre as distintas frações da mesma com os teores de carbono conduzem a informações sem valor científico (SANQUETTA, 2002).

A biomassa de uma árvore expressa em peso seco, pode ser determinada diretamente por meio da determinação do peso verde de cada um dos componentes ou com uma amostra representativa destes. Desta forma pode-se estimar o teor de umidade e, então calcular o peso seco de cada componente. Estes valores assim determinados de biomassa de cada componente da árvore podem ser correlacionados com variáveis de fácil obtenção, tais como DAP e altura, para se estimar indiretamente a biomassa seca de uma árvore, ou separadamente para cada um dos componentes da mesma (SOARES & HOSOKAWA, 1984).

Apesar da importância da bracatinga para os pequenos proprietários, que a cultivam num sistema agroflorestal há quase 100 anos e a consideram como uma poupança verde, seu manejo é ainda feito de maneira empírica, carecendo de informações a respeito desta importante espécie. Esta pesquisa objetivou

quantificar e analisar a matéria seca (biomassa) e teor de carbono por componente da bracatinga, por idade e por classe de DAP, bem como suas relações com variáveis medidas no campo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

A Região Metropolitana de Curitiba, onde a pesquisa foi realizada, segundo a classificação de Köppen, apresenta o tipo climático Cfb, que corresponde ao clima temperado, sem estação seca definida. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, com verões frescos e temperatura média do mês mais quente fica abaixo de 22°C.

2.2. Obtenção dos dados

Foram amostradas 190 árvores com idades e diâmetros variando, respectivamente, de 5 a 17 anos e 4 a 35 cm em diversas localidades de municípios da região metropolitana de Curitiba, notadamente da parte norte dessa região, onde se encontra a maior concentração de bracatingais.

Para obtenção da biomassa seca de cada componente analisado das 190 árvores procedeu-se da seguinte forma:

No campo, foram escolhidas árvores representativas de cada idade e por classe de DAP, sendo medidos o diâmetro de copa (duas medições transversais), CAP, altura total, altura do fuste e altura de copa. Na sequência, cada árvore foi seccionada em componentes (Fuste, Galhos maiores que 4 cm de diâmetro, Galhos menores que 4 cm de diâmetro e Folhagem), dos quais se obteve in loco seus respectivos pesos verdes totais. Desses componentes foram retiradas amostras, as quais foram imediatamente embaladas em sacos plásticos para posterior pesagem (peso verde).

No laboratório, as amostras foram fracionadas em tamanhos menores e secas em estufa a uma temperatura de 103°C até peso constante. O peso seco da biomassa total de cada componente foi então obtido por extrapolação.

Os teores percentuais de biomassa das amostras de cada componente foram calculados com base na relação: Teor de matéria seca = (Peso seco / Peso verde) * 100. Os pesos secos de cada componente foram calculados com base nos teores de matéria seca das amostras por simples consideração do percentual do peso seco sobre o peso verde obtido em campo.

Os teores de carbono foram obtidos em análises feitas nas amostras das primeiras 55 árvores coletadas. Depois de secas em estufas, parte das amostras foram moídas em um moinho de facas e submetidas às análises de carbono por queima total no aparelho analisador de carbono Leco C144, existente no Laboratório de Inventário Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da UFPR. Tal análise consiste em introduzir uma pequena amostra no reator deste aparelho, onde todo o carbono é convertido em dióxido de carbono, medido no detector que indica a quantidade de carbono existente na amostra, em porcentagem.

Os volumes reais do fuste e dos galhos com mais de 4 cm de diâmetro foram obtidos pelo método de deslocamento de água (Xilômetro) das primeiras 55 árvores coletadas. A partir do volume real (cm³) e do peso seco (g) dos componentes, calculou-se um fator de conversão pela relação: Fator de conversão = Peso seco / Volume.

2.3. Análises estatísticas

Após a obtenção dos teores de matéria seca e carbono dos componentes das árvores, estes foram estratificados por classes de diâmetro e por classes de idades e submetidos ao teste de homogeneidade de variâncias, análise de variância e teste de comparação de médias de Tukey. Como os tratamentos por classes tiveram número de repetições diferentes na análise de variância para cada componente, o teste de Tukey foi feito usando a seguinte formula:

$$\text{Onde: } \Delta = q_{\alpha} \sqrt{\frac{1}{2} * \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{x} \right) * QMERRO}$$

" = valor comparador;

$q_{\pm}$ = valor tabelado em função do número de tratamentos e grau de liberdade;

QMERRO = quadrado médio do erro;

$\bar{x}$ = média de cada tratamento.

3. RESULTADOS

3.1. Pesos secos dos componentes das árvores

A Tabela 1 mostra o percentual de peso seco referente a cada componente em relação ao peso seco total das árvores, com os respectivos valores máximos, mínimos e médios, a variação entre eles e demais índices estatísticos. Estes valores foram obtidos para cada componente individualmente a partir dos teores de matéria seca das 190 árvores analisadas.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos para os percentuais dos pesos secos dos componentes em relação ao peso total dos fustes e galhos maiores ou iguais a 4 cm.

Estatísticas	Componentes				
	Fuste	Galhos ≥ 4	Galhos < 4	Folhas	G. Mortos
Mínimo	35,25	1,12	0,94	1,26	0,28
Média	69,82	11,51	9,28	5,57	3,83
Máximo	96,36	47,78	50,75	24,43	20,11
Mediana	71,95	13,71	7,25	5,27	3,56
Coeficiente de Variação %	17,88	68,00	78,51	47,95	65,70
Erro padrão	0,91	0,99	0,53	0,19	0,22
Desvio padrão	12,49	11,34	7,27	2,67	2,86

Observando-se a Tabela 1, verifica-se que os pesos dos fustes dentre os pesos dos demais componentes tem maior representabilidade e menor coeficiente de variação, com uma média de 69,82 % do peso total das árvores e com um coeficiente de variação de 17,88 %. Os galhos mortos apresentam a menor quantidade, porém não estão presentes em todas as árvores.

3.2. Correlação simples entre variáveis

Com base nos dados obtidos em campo e em laboratório, obteve-se os valores do coeficiente de correlação entre as variáveis de fácil obtenção, o peso seco dos componentes das árvores e os volumes do fuste e dos galhos maiores que 4 cm de diâmetro, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Coeficientes de correlação simples entre variáveis dendrométricas obtidas no campo e no laboratório.

□	Variáveis de Campo						Variáveis de laboratório (Peso seco dos componentes em kg)				
	Idade	d	Dcopa	h	d ² h	Hcopa	Fuste	G. ≥4	G. <4	Folhas	G. Mortos
d (cm)	0,66	1,00									
Dcopa (m)	0,59	0,82	1,00								
h (m)	0,60	0,64	0,57	1,00							
d ² h	0,66	0,97	0,75	0,70	1,00						
Hcopa (m)	0,44	0,60	0,63	0,46	0,55	1,00					
Fuste (kg)	0,68	0,90	0,72	0,77	0,95	0,42	1,00				
Galhos ? 4 (kg)	0,58	0,70	0,60	0,40	0,70	0,67	0,60	1,00			
Galhos < 4 (kg)	0,56	0,76	0,75	0,46	0,70	0,63	0,64	0,63	1,00		
Folhas (kg)	0,48	0,78	0,80	0,44	0,72	0,59	0,68	0,69	0,84	1,00	
Galhos Secos (kg)	0,41	0,71	0,57	0,49	0,68	0,56	0,64	0,59	0,80	0,70	1,00
Fuste (m ³)	0,64	0,91	0,71	0,73	0,96	0,39	0,98	0,58	0,63	0,65	0,63
Galhos ≥ 4 (m ³)	0,58	0,77	0,71	0,44	0,75	0,76	0,62	0,94	0,76	0,74	0,66

d = DAP; h = altura total; Dcopa = diâmetro de copa; Hcopa = altura de copa; G. = galhos

Conforme demonstrado na Tabela 2, verifica-se que as variáveis que apresentaram maior coeficiente de correlação com as demais foram d²h (diâmetro a altura do peito ao quadrado multiplicado pela altura total) e o DAP (diâmetro a altura do peito). Resultados semelhantes foram obtidos por Sharma (1976), Phillips (1977), Clark III e Schroeder (1977), citados por Rosot (1980), onde a variável independente mais correlacionada com o peso foi d²h. Rosot (1980), estudando *Pinus taeda* verificou que as variáveis que apresentavam maior correlação simples com a variável peso de madeira seca foi o d com casca.

Comparando as variáveis de fácil obtenção com as variáveis de peso seco dos componentes, verificou-se que o d²h e o DAP foram os que apresentaram maiores correlações com o peso do fuste, com valores de 0,90 e 0,95 respectivamente, e também as maiores correlações com os demais componentes.

Os componentes que formam a copa das árvores apresentaram altas correlações entre si e com o diâmetro de copa. Os volumes apresentaram alta correlação com as suas correspondentes variáveis de peso seco, resultando em 0,98 para o fuste e 0,94 para os galhos maiores que 4 cm de diâmetro.

3.3. Teores de matéria seca

A Tabela 3 mostra as estatísticas para os teores de matéria seca dos componentes das 190 árvores analisadas.

Tabela 3: Estatísticas do teor de matéria seca em % dos componentes das árvores.

Estatísticas	Componentes					
	Fuste c/c	Fuste s/c	Casca	Galhos > 4	Galhos < 4	Folhas
Mínimo	38,68	38,36	34,14	30,84	40,00	30,48
Médio	48,49	49,02	45,23	49,37	50,87	39,87
Maximo	58,79	59,59	57,03	59,48	56,83	53,76
Variância	14,08	16,19	27,10	14,67	9,42	17,51
Coef. Variação	7,74	8,21	11,46	7,76	6,03	10,50

As folhas apresentaram em média o menor percentual de matéria seca (39,87%) com o maior coeficiente de variação (10,50%), enquanto que os galhos (< 4 cm de diâmetro) apresentaram o maior percentual médio de matéria seca (50,87%) e o menor coeficiente de variação (6,03%), (Tabela 3).

3.3.1. Teores de matéria seca por idade

Com a finalidade de analisar o efeito da idade sobre os teores de matéria seca, separaram-se os dados por idade. A Tabela 4 mostra as idades estudadas e a quantidade de árvores consideradas no estudo e seus respectivos teores médios de matéria seca. A razão da existência de um número menor de árvores analisado para galhos ≥ 4 cm foi porque algumas árvores, ainda pequenas ou jovens, não tinham galhos com dimensões acima deste limite.

Tabela 4. Teores médios de matéria seca em porcentagem dos compartimentos das árvores por idade.

Idade (anos)	Galhos ? 4 cm		N° árvores	Médias				
	N° árvores	Médias		Fuste cc	Fuste sc	G < 4 cm	Folhas	Casca
5	4	51,10	11	50,65	51,08	50,35	42,15	48,17
6	8	48,54	13	49,65	50,34	49,65	37,55	48,54
7	18	49,79	39	49,39	49,89	50,13	41,27	47,97
8	25	47,56	28	47,23	47,62	50,27	39,49	44,95
9	23	50,63	23	48,53	48,78	51,85	40,49	47,08
10	19	48,83	19	47,64	47,96	52,08	37,65	45,56
11	24	49,90	25	47,95	48,92	52,03	39,65	41,73
12	9	48,67	9	47,81	48,99	51,06	39,96	44,52
13	10	48,73	10	47,07	48,09	50,02	39,94	40,42
16	3	54,49	3	52,11	53,22	53,85	46,93	49,29
17	10	49,63	10	48,36	49,49	52,14	38,01	39,81

O teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett) foi aplicado, para em seguida fazer a análise de variância. A Tabela 5 mostra os resultados obtidos no teste. Como o nível de significância para todos os componentes das árvores ultrapassou o valor crítico de $\pm = 0,05$ a 95% de probabilidade, ficando evidenciada que as variâncias são homogêneas e que, portanto podem ser submetidas à análise de variância.

Tabela 5. Valores do qui-quadrado (χ^2) obtidos no teste de Bartlett e seus respectivos níveis de significância para cada componente por idade.

Componentes	Valor (χ^2)	Nível de significância
Fuste com casca	1,100	0,090
Fuste sem casca	1,089	0,143
Galhos $\geq$ 4 cm	1,099	0,237
Galhos < 4 cm	1,100	0,090
Folhas	1,093	0,124
Casca	1,070	0,313

Para a análise de variância considerou-se cada idade como um tratamento e os teores de matéria seca como repetições; desta forma cada idade apresentou número de repetições diferentes. Os resultados da análise de variância encontram-se dispostos na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de variância para os componentes das árvores analisadas por idade.

Componente	Fonte da variação	G. L.	QM	F calculado	Nível de significância
Fuste com casca	Tratamento	10	23,0337	2,13	0,024
	erro	179	10,7919		
Fuste sem casca	Tratamento	10	24,0203	1,66	0,093
	erro	179	14,4751		
Galhos > 4 cm	Tratamento	10	23,9320	1,71	0,084
	erro	142	14,0134		
Galhos < 4 cm	Tratamento	10	18,4923	1,46	0,159
	erro	179	12,6932		
Folhas	Tratamento	10	49,5122	2,89	0,002
	erro	179	17,1227		
Casca	Tratamento	10	149,211	7,76	0,000
	erro	179	19,2322		

Observando-se os resultados na Tabela 6, verifica-se que os componentes, fuste sem casca, galhos ≥ 4 cm e galhos < 4 cm não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, ao nível de significância ($\alpha = 0,05$), ou seja, as médias dos teores de matéria seca para todas as idades são estatisticamente iguais. Já os componentes, fuste com casca, folhas e casca apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, ao nível de significância estabelecido. Como as médias dos teores de biomassa seca dos componentes analisados por idade não apresentaram independência entre elas, não é apropriado a aplicação de teste de comparação de médias.

Assim, a aplicação da técnica de análise de regressão é a mais indicada para se detectar possíveis tendências dos dados em relação à idade para cada um dos componentes das árvores. Antes de se proceder à análise de regressão propriamente dita, verificou-se a correlação existente entre a idade com os diversos componentes das árvores, como apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Correlação entre teores de matéria seca em porcentagem por componente com a idade das árvores.

Componentes	Idade
Fuste com casca	- 0,12219
Fuste sem casca	- 0,05644
Casca	- 0,43491
Galhos ≥ 4	0,07298
Galhos < 4	0,13552
Folhas	- 0,06137

Como se observa na Tabela 7, as correlações simples foram bastante baixas. Mesmo assim ajustou-se o modelo linear aos dados, resultando índices de ajuste (R^2) ruins para todos os componentes.

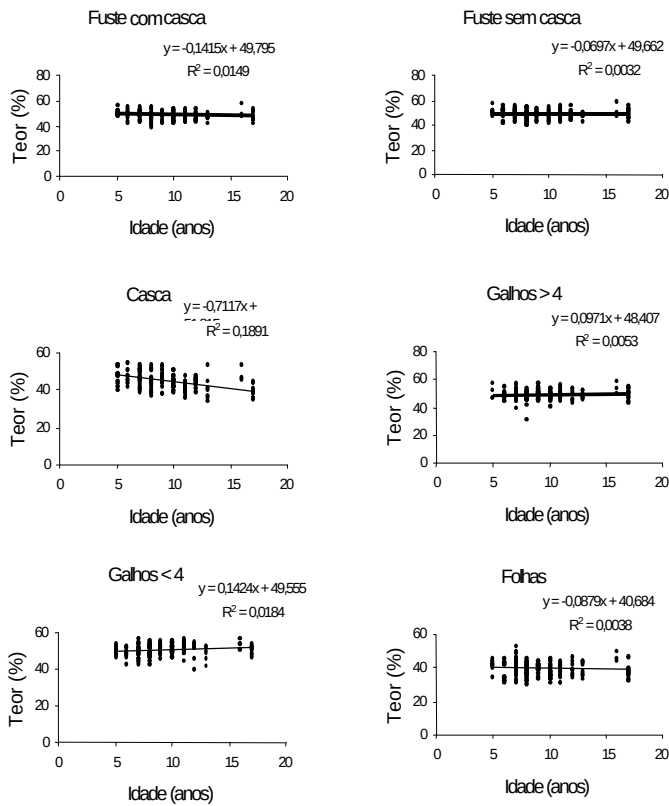


Figura 1. Gráficos de tendência para os teores médios de matéria seca por idade para os tratamentos analisados.

Após a análise de regressão, construíram-se os gráficos de tendência, onde se observou que a distribuição dos teores de matéria seca em porcentagem com relação a idade não segue uma tendência definida para os componentes cujas medias foram iguais na análise de variância. Já os componentes que apresentaram diferença entre as idades na análise de variância apresentaram uma pequena tendência de diminuição do teor com o aumento da idade (Figura 1).

3.3.2. Teores de matéria seca por classe de diâmetro

Com a finalidade de analisar as possíveis diferenças nos teores de matéria seca entre árvores de diferentes diâmetros (DAP), agruparam-se os dados em classes de diâmetro. A Tabela 8 mostra as classes de diâmetro com o número de árvores em cada classe e seus respectivos teores médios por componente analisado.

Tabela 8. Teores médios de matéria seca (%) dos compartimentos das árvores por classe de diâmetro, com respectivos números de árvores analisadas.

Classes de Diâmetro(cm)	Galhos $\geq$ 4 cm		N° árvores	Médias				
	N° Árvores	Médias		Fuste cc	Fuste sc	G < 4 cm	Folhas	Casca
4 - 6	0	0,00	21	50,52	50,96	49,38	40,86	47,22
6 - 8	12	49,22	22	50,24	50,52	50,63	40,80	48,64
8 -10	28	50,86	33	49,60	49,40	51,45	40,34	48,66
10 - 12	26	49,88	27	48,75	49,33	50,97	39,19	44,59
12 - 14	20	47,95	20	48,08	48,63	51,26	40,08	44,36
14 - 16	15	48,11	15	46,81	47,22	50,35	39,80	44,19
16 - 18	12	49,92	12	46,72	47,21	51,39	39,32	43,23
18 - 20	9	48,82	9	47,67	47,97	49,73	42,05	44,44
20 - 22	6	50,47	6	47,65	48,55	52,64	41,95	42,06
22 - 24	8	48,42	8	47,16	48,22	51,07	39,76	39,07
24 - 26	8	48,97	8	45,89	47,04	51,23	36,79	41,98
26 - 28	5	48,04	5	46,75	47,13	50,65	35,78	38,79
> 28	4	50,01	4	48,33	49,25	51,66	39,54	39,35

Com as classes de diâmetro definidas procedeu-se o teste de homogeneidade das variâncias (Bartlett), para em seguida fazer a análise de variância. Os resultados deste teste, conforme apresentados na Tabela 9, apresentaram nível de significância superior aos valores de alfa estabelecidos com 95% de probabilidade, condicionando os dados à análise de variância.

Tabela 9. Valores do qui-quadrado (c2) obtidos no teste de bartlett e seus respectivos níveis de significância para cada componente.

Componentes	Valor (c ²)	Nível de significância
Fuste com casca	1,12792	0,0596312
Galhos ≥ 4 cm	1,08461	0,448933
Galhos < 4 cm	1,08749	0,2893
Folhas	1,0808	0,356243
Casca	1,10851	0,134575

Para a análise de variância considerou-se cada classe de diâmetro como um tratamento e os teores de matéria seca como repetições, desta forma cada classe apresentou número de repetições diferentes. Os resultados da análise de variância encontram-se dispostos na Tabela 10.

Tabela 10. Análise de variância para cada componente das árvores analisadas por classes de diâmetro.

Componente	Fonte da variação	G L	QM	F	Nível de significância
Fuste	Tratamento	12	31,0044	2,61	0,003
	erro	177	11,8972		
Galhos ≥ 4 cm	Tratamento	11	15,1377	1,03	0,419
	erro	141	14,6292		
Galhos < 4 cm	Tratamento	12	8,7716	0,93	0,521
	erro	177	9,4607		
Folhas	Tratamento	12	24,1726	1,23	0,263
	erro	177	19,5983		
Casca	Tratamento	12	133,6927	8,73	0,000
	erro	177	15,3208		

Observando-se os resultados na Tabela 10, verifica-se que os componentes, galhos maiores ou iguais a 4 cm, galhos menores que 4 cm e folhas não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Já os componentes fuste com casca e casca apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. A estes componentes foi aplicado o teste de comparação de médias.

Após a análise de variância ter detectado diferença entre as classes de diâmetros para os componentes casca, fuste, calculou-se os comparadores $\bar{A}=6,2642$ e $\bar{A}=6,0456$ respectivamente. Procedeu-se então o teste de comparação de médias pelo teste de Tukey (Tabela 11). Observa-se que para o componente casca as médias por classe de diâmetro tendem a diferir com o aumento do diâmetro. Para o fuste não foi detectada diferença estatística entre as classes de diâmetro para uma probabilidade de 95%.

Tabela 11. Comparação de médias entre os teores de matéria seca por classe de diâmetro para os tratamentos analisados.

Casca			Fuste		
Classe de Diâmetro	Média	Sumarização	Classe de diâmetro	Média	Sumarização
8 - 10	48,66	A	4 a 6	50,52	A
6 - 8	48,64	A	6 a 8	50,24	A
4 - 6	47,22	AB	8 a 10	49,60	A
10 - 12	44,59	AB	10 a 12	48,75	A
18 - 20	44,44	ABC	> 28	48,33	A
12 - 14	44,36	ABC	12 a 14	48,08	A
14 - 16	44,19	BC	18 a 20	47,67	A
16 - 18	43,23	BC	20 a 22	47,65	A
20 - 22	42,06	BC	22 a 24	47,16	A
24 - 26	41,98	BC	14 a 16	46,81	A
> 28	39,35	C	26 a 28	46,75	A
22 - 24	39,07	C	16 a 18	46,72	A
26 - 28	38,79	C	24 a 26	45,89	A

3.3.3. Análise do teor de matéria seca entre componentes

Com a finalidade de detectar diferença estatística entre os teores de matéria seca dos componente das árvores, procedeu-se à análise de variância (Tabela 12). Nesta análise, os componentes fuste, galhos > 4cm, galhos < 4cm, folhagem e casca foram considerados como tratamentos e as 190 árvores, como repetições.

Tabela 12. Análise de variância entre os componentes das árvores.

Fonte da variação	GL	QM	F calculado	Nível de Significância
Tratamentos	5	2969,325	102,22	0,000
Erro	1127	29,048		

Após a análise de variância ter mostrado que há diferença entre as médias do teor de matéria seca entre os componentes (Tabela 12), procedeu-se o teste de Tukey ($\Delta = 3,3925$) conforme a Tabela 13.

Tabela 13. Comparação de médias entre os teores de matéria seca por componente.

Componentes	Frequência	Média	Sumarização
Galhos < 4	190	50,40495	A
Galhos > 4	158	48,82998	A
Fuste sem casca	190	48,63919	A
Fuste com casca	190	48,10279	A
Casca	190	44,96772	AB
Folhas	190	39,62858	B

Os resultados apresentados na Tabela 13 mostram que a média do componente folha mantém igualdade com a média do componente casca, mas difere dos demais com 95% de probabilidade.

3.4. Teores de Carbono

3.4.1. Teores de carbono por classe de idade

Como nos itens anteriores, aplicou-se os mesmos testes estatísticos para identificar diferenças nos teores de carbono por componente, nas idade amostradas, conforme consta na Tabela 14. Observa-se que para esta análise foram usadas apenas 55 árvores.

Tabela 14. Teores médios de carbono (%) por idade, com respectivos números de árvores analisadas.

Idade (anos)	Galhos $\geq$ 4 cm		Nº árvores	Médias			
	nº árvores	Médias		Fuste sc	G < 4 cm	Folhas	Casca
6 e 7	6	43,26	9	43,36	43,79	44,89	44,00
8	3	43,35	6	43,40	44,12	45,13	44,22
9	9	44,47	9	44,23	44,95	46,20	45,37
10	7	43,83	7	43,45	43,82	45,35	44,77
11	6	43,94	6	43,98	44,10	45,64	44,36
12	9	44,06	9	43,64	44,00	45,37	44,41
13	5	44,05	5	43,79	43,89	44,67	45,10
16 e 17	4	44,22	4	43,74	44,36	46,73	45,91

A Tabela 15 mostra os resultados obtidos no teste de homogeneidade de variâncias. Observa-se que as variâncias de todas as classes de idade apresentaram nível de significância superior aos valores de alfa ($\alpha = 0,05$) estabelecidos com 95% de probabilidade. Isto condicionou os dados à análise de variância

Tabela 15. Valores do qui-quadrado (c^2) obtidos no teste de Bartlett e seus respectivos níveis de significância para cada componente por classe de idade.

Componentes	Valor (c^2)	Nível de significância
Fuste sem casca	1,27899	0,1479
Galhos > 4 cm	1,40733	0,0756
Galhos < 4 cm	1,18164	0,3963
Folhas	1,06408	0,9093
Casca	1,09635	0,7758

Para a análise de variância considerou-se cada idade como um tratamento e os teores de carbono como repetições; desta forma cada idade apresentou número de repetições diferentes. Os resultados da análise de variância encontram-se dispostos na Tabela 16.

Tabela 16. Análise de variância para cada componente das árvores analisadas por classes de idade.

Componente	Fonte da variação	G. L.	QM	F calculado	Nível de significância
Fuste sem casca	Tratamento	7	0,7249	0,724	0,652
	erro	47	1,0006		
Galhos > 4 cm	Tratamento	7	0,9888	0,789	0,600
	erro	41	1,2526		
Galhos < 4 cm	Tratamento	7	1,2050	0,867	0,539
	erro	47	1,3896		
Folhas	Tratamento	7	2,6387	1,814	0,107
	erro	47	1,4544		
Casca	Tratamento	7	2,5673	1,140	0,355
	erro	47	2,2522		

Observando-se os resultados na Tabela 16, verifica-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, para todos os componentes com nível de significância acima do valor alfa ($\alpha = 0,05$) estabelecido com 95 % de probabilidade, ou seja, as médias dos teores de carbono para todas as idades são estatisticamente iguais.

3.4.2. Teores de carbono por classe de diâmetro

A Tabela 17 apresenta os teores médios de carbono para cada uma das 4 classes de diâmetro estabelecidas, com o respectivo número de árvores analisadas. Como se observa nesta tabela, os teores médios de carbono por classe de diâmetro variam pouco dentro de cada componente e dentre eles, o componente folhas é o que apresenta teores de carbono mais elevados.

Tabela 17. Teores médios de carbono (%) por classe de diâmetro com respectivos números de árvores analisadas.

<i>Classes de diâmetro</i>	Galhos > 4 cm			Médias			
	n° árvores	Médias	n° árvores	Fuste sc	G < 4 cm	Folhas	Casca
< 10	6	44,23	12	43,97	44,55	45,10	44,54
10 a 15	18	43,68	18	43,37	43,88	45,30	44,42
15 a 20	14	44,00	14	43,67	44,03	45,73	45,10
> 20	11	44,16	11	43,92	44,25	45,78	44,78

Seguindo o mesmo procedimento metodológico, verificou-se primeiramente que a variâncias são homogêneas, podendo-se então fazer a análise de variância, considerando-se cada classe de diâmetro como um tratamento e os teores de carbono como repetições.

Os resultados da análise de variância indicaram que não houve diferença significativa entre os tratamentos em nenhum dos componentes, com nível de significância acima do valor de alfa ($\alpha = 0,05$) estabelecido com 95% de probabilidade. Isto significa que as médias dos teores de carbono são estatisticamente iguais entre si para todas as classes de diâmetro.

3.4.3. Teores de carbono para o total dos dados

A análise de variância não detectou diferença significativa entre as idades das árvores analisadas nem entre a sua distribuição em classes de diâmetro. Analisou-se então, o total dos dados fazendo-se análise de variância, onde cada componente foi considerado como um tratamento e os teores de carbono de cada árvore foram considerados como repetição. A Tabela 18 mostra os resultados.

Tabela 18. Análise de variância entre os componentes das árvores.

Fonte da variação	GL	QM	F calculado	Nível de Significância
Tratamento	4	27,1484	18,2161	0,000
Erro	264	1,4904		

Observando-se os resultados na Tabela 18, verifica-se que há diferença significativa entre os tratamentos, com nível de significância inferior ao valor alfa ($\alpha = 0,05$) estabelecido com 95 % de probabilidade, ou seja, pelo menos uma das médias dos teores de carbono dos componentes é diferente.

Após a análise de variância ter mostrado que há diferença entre as médias do teor de carbono entre os componentes, procedeu-se o teste de Tukey ($p = 1,0372$); os resultados são mostrados na Tabela 19.

Tabela 19. Comparação de médias entre os teores de carbono por componente.

Componentes	Frequência	Média	Sumarização
Folhas	55	45,46269	A
Casca	55	44,69276	B
Galhos < 4	55	44,13755	B
Galhos > 4	49	43,94708	B
Fuste	55	43,68735	B

Os resultados constantes na Tabela 19 demonstram que a média do componente folhas é a única que difere das demais com 95% de probabilidade.

Com a finalidade de sintetizar os dados calcularam-se então os valores máximos, médios e mínimos, bem como a variância e o coeficiente de variação em porcentagem para os componentes de todas as 55 árvores analisadas, conforme é mostrado na Tabela 20.

Tabela 20. Estatísticas do teor de carbono em % dos componentes das árvores.

Estatísticas	Componentes				
	Folhas	Fuste	Galhos < 4	Galhos ? 4	Casca
Mínimo	42,594	41,513	41,025	41,416	41,055
Media	45,463	43,687	44,138	43,947	44,693
Maximo	47,778	45,155	46,345	45,681	48,297
Variância	1,608	0,949	1,366	1,205	2,293
Coeficiente Variação	2,79	2,23	2,65	2,50	3,39

Observando-se os resultados constantes na Tabela 20, percebe-se que em média as folhas contêm maior quantidade de carbono, seguido pelo componente casca, galhos < 4 cm, galhos > 4 cm e fuste, com um coeficiente de variação máximo de 3,39% para as cascas e um mínimo de 2,23% para o fuste. Já Watzlawick et al. (2004) ao estudar os teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista encontrou os seguintes teores de carbono em porcentagem para a bracatinga: 44,12; 40,92; 41,88; 37,29 e 41,34 para folhas, galhos vivos, galhos mortos, casca e fuste, respectivamente.

Esses valores são próximos, porém diferentes, devido principalmente as características das formações florestais analisadas, entretanto, muito parecidos com os resultados encontrados por Rochadelli (2001), que realizou estudos sobre a estrutura de fixação dos átomos de carbono em povoamentos de *Mimosa scabrella* Bentham, encontrando uma concentração relativa do elemento carbono variando de 40 a 45% da biomassa total, além de constatar que as árvores dominadas apresentam maior eficiência na fixação de carbono, em detrimento das árvores dominantes.

Com base nos teores médios de carbono obtidos para cada componente das árvores, ou mesmo uma média dos teores de carbono dos componentes que são estatisticamente iguais entre si, pode-se então calcular o peso de carbono de cada componente de uma árvore dos bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba usando-se o peso de biomassa seca. Desta forma o teor médio de carbono de cada componente pode ser usado como um fator de conversão de peso de matéria seca (biomassa) para peso de carbono.

3.5. Fator de conversão volume – peso seco

A Tabela 21 mostra os índices estatísticos para os valores do fator de conversão, onde estão apresentados os valores máximos, médios e mínimos, bem como os valores de variância e coeficiente de variação em porcentagem para os componentes analisados das 55 árvores.

Observando-se a Tabela 21, verifica-se que o fator de conversão médio do fuste apresentou 0,586 g/cm³ com um coeficiente de variação de 10,4%, enquanto os galhos > 4 cm apresentou em média 0,596 g/cm³ com um coeficiente de variação de 14,6%.

Tabela 21. Estatísticas do fator de conversão volume/peso seco do fuste e dos galhos e" 4 cm de diâmetro.

Estatísticas	Fuste	Galhos > 4 cm
Mínimo (g/cm ³)	0,4080	0,3910
Médio (g/cm ³)	0,5860	0,5960
Maximo (g/cm ³)	0,7340	0,9450
Variância (g/cm ³)	0,0037	0,0076
Coefficiente de Variação (%)	10,4000	14,6000

Com base nos valores médios obtidos do fator de conversão para os dois componentes analisados, pode-se então calcular o volume utilizando-se o peso de biomassa seca do componente, ou com base no volume calcular o peso seco do fuste ou dos galhos ≥ 4 cm de diâmetro de uma árvore dos bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba.

4. CONCLUSÕES

A variável combinada d^2h e o diâmetro à altura do peito (d) são as que apresentaram as mais altas correlações com as demais variáveis medidas no campo e com as demais variáveis medidas no campo e com as determinadas em laboratório e que portanto devem sempre ser testadas como variáveis independentes ao modelar o peso seco, o peso de carbono e volumes dos componentes fuste, galhos e folhagem da bracatinga, em bracatingais da região metropolitana de Curitiba.

Os pesos secos dos galhos finos e da folhagem tem uma baixa participação no peso total da bracatinga e sendo assim deveriam permanecer no campo para favorecer a ciclagem de nutrientes. A média do teor de matéria seca do componente folha, dado em porcentagem é estatisticamente igual à do componente casca, porém difere dos teores dos demais componentes das árvores. Já os teores médios dos demais componentes, incluindo os da casca são estatisticamente iguais entre si.

Testes estatísticos indicam que a idade não exerce efeitos significativos sobre o teor de matéria seca dos componentes fuste, galhos e folhas, porém afeta ligeiramente os teores de matéria seca da casca.

Ao agrupar as árvores amostradas em classe de diâmetro verificou-se que os teores de matéria seca dos componentes fuste, galhos e folhas são estatisticamente iguais para todas as classes. Já o teor de matéria seca da casca tendem a diminuir a medida que se aumenta os diâmetros.

Não existe diferença estatisticamente significativa do teor de carbono entre idades e nem entre classes de diâmetro para todos os componentes das árvores. Já o teor de carbono da folhagem é estatisticamente diferente quando comparado ao dos demais componentes.

5. REFERÊNCIAS

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A.; GRAÇA, L. R.; CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas anuais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n.12, p.73-82, 1986.

CARPANEZZI, A.A.; IVANCHECHEN, S.L.; LISBÃO JUNIOR, L. **Deposição de matéria orgânica e nutrientes por bracatinga (Mimosa scabrella Benth.)**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1984. 3p. (EMBRAPA-URPFCS. Pesquisa em Andamento, s/n).

CARVALHO, P. E. R. Composição e crescimento de um povoamento natural de bracatinga (Mimosa scabrella Benth.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: **Anais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, p. 67-75. 1981. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).

CHANG, M. Y. Seqüestro florestal de carbono no Brasil – Dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisa**. In: 2º Simpósio Latino Americano sobre Fixação de Carbono. Curitiba, p 15-37. 2004.

HOSOKAWA, R.T., MOURA, J.B. & CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia florestal**. Curitiba. Editora da UFPR, 1998.

ROCHADELLI, R. **Contribuição sócio-econômica da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) na Região Metropolitana de Curitiba-Norte (RMCN).** 1997. Dissertação Mestrado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamento (Estudo de caso: *Mimosa scabrella* Bentham, Bracatinga).** 2001. 86p. Tese Doutorado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ROSOT, N. C. **Estimativa do peso de madeira seca de *Pinus taeda* L. por ocasião do primeiro desbaste.** 1980. Dissertação mestrado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: **As florestas e o carbono.** Curitiba, p. 119-140. 2002.

SOARES, R. V.; HOSOKAWA, R. T. Estimativa da Biomassa Energética de Árvores de Bracatinga. **Brasil florestal: Boletim Técnico**, Brasília, n.8, p. 37 – 48. 1984.

WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; SANQUETA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Teores de Carbono em Espécies da Floresta Ombrófila Mista. **Fixação de carbono: Atualidades, Projetos e Pesquisa.** In: 2º Simpósio Latino Americano sobre Fixação de Carbono. Curitiba. p. 95 – 109. 2004.