

Teores de carbono orgânico de três espécies arbóreas em diferentes espaçamentos

Alexandre Behling¹, Carlos Roberto Sanquetta¹, Braulio Otomar Caron², Denise Schmidt², Elvis Felipe Elli², Ana Paula Dalla Corte¹

¹Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil

²Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Agronomia, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, CEP 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil

*Autor correspondente:
alexandre.behling@yahoo.com.br

Termos para indexação:

Espécies florestais
Biomassa
Densidades de plantio

Index terms:

Forest species
Biomass
Planting densities

Histórico do artigo:

Recebido em 04/07/2013
Aprovado em 10/03/2014
Publicado em 04/04/2014

doi: 10.4336/2014.pfb.34.77.562

Resumo - Este trabalho teve como objetivo avaliar os teores de carbono orgânico dos compartimentos folha, madeira, galho e casca das espécies florestais *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* Hill e *Mimosa scabrella* Benth submetidas a diferentes espaçamentos (2,0 x 1,0 m; 2,0 x 1,5 m; 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m), e verificar se o fator de conversão de 50% pode ser utilizado para o presente caso. Para determinação do carbono orgânico, utilizou-se um analisador de carbono (C-144). O teor de carbono apresentou variações em função da espécie, do espaçamento e do compartimento utilizado. Verificou-se que os fatores espécies, espaçamento e compartimento não são independentes. Portanto, as quantificações de carbono devem buscar a determinação do teor para cada espécie, bem como para cada componente da biomassa. O uso de fatores de conversão, como de 50%, não se mostrou apropriado devido à sub ou superestimativa do teor de carbono.

Organic carbon contents of three tree species in different spacing

Abstract - This study aimed to evaluate the content of organic carbon in plant parts (leaves, wood, twigs and bark) of forest species *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* Hill and *Mimosa scabrella* Benth, under different spacing between trees (2.0 m x 1.0 m, 2.0 m x 1.5 m, 3.0x1.0 m and 3.0 m x 1.5 m), one year after planting. It was also aimed to verify if the conversion factor of 50% can be applied. To determine the organic carbon it was used a carbon analyzer(C-144). The carbon content varied depending on the species, spacing and the part of the plant component used. It was observed that the factors: species, spacing, and parts of the plant are not independent. So, the carbon content measurements should be determined for each species and for each biomass component. The 50% conversion factor is not appropriate due to under or overestimate the carbon content.

Introdução

Os estudos de biomassa florestal têm sido realizados com propósitos variados, como por exemplo, para a quantificação da ciclagem de nutrientes, fins energéticos, estudos de sequestro de carbono e para a avaliação do crescimento da floresta. Em qualquer dos casos referidos, todos são de grande importância para a tomada de decisões ligadas à gestão dos recursos florestais.

A discussão científica contemporânea tem-se voltado às questões climáticas ligadas ao aumento da concentração de gases do efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono. Nesse sentido, o estabelecimento de povoamentos florestais passou a ter importância não somente para a produção madeireira, mas também para a fixação de carbono em sua biomassa.

Sanquetta (2002) descreve que a falta de conhecimento, o imediatismo e a superficialidade de muitos interessados nos estudos de carbono, vêm provocando o uso indiscriminado de percentuais genéricos de teores de carbono da biomassa florestal na tentativa de quantificar o carbono estocado pelas florestas. Dessa maneira, o uso generalizado de percentuais, como o de 50%, vem provocando a obtenção de estimativas irreais.

Para Watzlawick et al. (2004) os estoques de carbono estimados a partir do fator de conversão de 50% não representam a realidade, ressaltando-se a importância da determinação dos teores de carbono por espécie e por componente da planta para a obtenção de estoques de carbono mais exatos. Nesse mesmo sentido, Koehler et al. (2002) destacam que o uso de teores de carbono para espécies das quais não se conhece o verdadeiro teor pode levar a sub ou superestimativas do estoque de carbono.

O conhecimento dos teores de carbono em período inicial (1 ano de idade), pode trazer diversas informações consideradas de grande importância para a tomada de decisão e o adequado planejamento do povoamento florestal, uma vez que os teores de carbono variam em função das espécies, bem como nos diferentes componentes da planta, como nas folhas, galhos, madeira e casca. Estes fatos, podem ser constatados em diversos trabalhos da literatura, como de Rezende et al. (2001); Balbinot et al. (2003); Hoppe (2003); Gayoso & Guerra (2003); Machado et al. (2006); Lopes & Aranha (2006); Weber et al. (2006); Saidelles et al. (2009) e Watzlawick et al. (2011). Dessa maneira, as quantificações de carbono devem buscar a determinação do teor de carbono para cada espécie, bem como para cada componente da planta (Watzlawick et al., 2004).

Frente a isso, este estudo teve como objetivo avaliar os teores de carbono orgânico das espécies florestais *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* Hill e *Mimosa scabrella* Benth, nos diferentes compartimentos da planta, um ano após o plantio, sob diferentes espaçamentos, na região norte do Rio Grande do Sul, e verificar se o fator de conversão de 50% pode ser utilizado satisfatoriamente.

Metodologia

O estudo foi realizado em área pertencente ao Laboratório de Agroclimatologia, vinculado à Universidade Federal de Santa Maria, Campus CESNORS (Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul), sob coordenadas geográficas de 27°22'S; 53°25'W, a 480 m de altitude, no Município de Frederico Westphalen, RS.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa. Em Iraí, município tomado como referência para os dados de classificação climática de Frederico Westphalen, o clima é de tipo subtemperado subúmido, sendo a temperatura média anual de 18,8 °C e temperatura média do mês mais frio de 13,3 °C (Maluf, 2000). O solo da área experimental é de topografia levemente ondulada, pertencente à unidade de mapeamento de Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa, profundo e bem drenado (Santos et al., 2006).

O experimento foi instalado utilizando o delineamento experimental de blocos completos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo caracterizado por um arranjo fatorial de 3x4x4: três espécies florestais (*Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth), quatro espaçamentos (3,0x1,0 m, 3,0x1,5 m, 2,0x1,0 m, 2,0x1,5 m) e quatro compartimentos (subparcela composta por folha, madeira, galho e casca), conduzidos em três repetições. Cada unidade experimental (parcela) possui 45 plantas distribuídas em cinco linhas.

A coleta das amostras foi realizada em julho de 2009, um ano após o plantio. Foi feita a avaliação de uma árvore por repetição, por meio de uma seleção criteriosa, a fim de buscar a máxima representatividade da população. Para a casca e madeira foram retirados discos de aproximadamente 2 cm de espessura, ao longo de 0 %, 25 %, 50 % e 75 % em relação a altura total para montagem de uma amostra composta. Para galhos

e folhas foram retiradas amostras de aproximadamente 200 g para cada árvore.

As amostras foram transformadas manualmente em pequenas frações e posteriormente moídas em moinho Willey, secas em estufa de circulação e renovação do ar a 65 °C, até peso constante, para posterior determinação do teor de carbono para cada compartimento em analisador de carbono (C-144, LECO) no Centro de Excelência em Pesquisas de Biomassa e Carbono (Biofix) da Universidade Federal do Paraná.

Os dados foram submetidos à análise de variância com o uso do *software* SAS (*Statistical Analysis System Learning Edition* 8.0 (SAS Institute, 2002). Inicialmente, as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. Para as variáveis que apresentaram variância homogênea, os efeitos dos tratamentos foram testados por meio do teste de F, em uma análise de variância. Quando os resultados revelaram existir diferenças estatisticamente significantes entre médias de tratamentos, os mesmos foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a verificação dos valores observados neste trabalho com outros da literatura, e com o fator de conversão genérico de 50%, foi realizada a comparação de médias de uma amostra com valor fixo por meio do teste *t* a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

O teor médio de carbono, considerando todos os valores encontrados no experimento, foi de 47,76%, para um intervalo de confiança variando de 47,5 a 48,1%. O valor mínimo observado foi de 43,50% e o máximo de 51,83%.

Mesmo se tratando de uma floresta jovem, com um ano de idade, os valores observados estão na faixa dos obtidos por Higuchi & Carvalho Junior. (1994), ao estudar a fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia, que ficou em torno de 48,00%, valor que está dentro dos limites de concentrações em florestas tropicais, entre 46,00 e 52,00%.

Da mesma forma, os resultados são similares aos valores médios observados por Schumacher et al. (2001) em povoamentos de *Acacia mearnsii* de 37,99% a 45,19%, por Rochadelli (2001) em reflorestamento de *Mimosa scabrella* de 40,00% a 45,00% e por Balbinot et al. (2003) em povoamento de *Pinus taeda* L., que

observaram variação de 40,00% a 47,30%.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da análise de variância dos dados da variável teor de carbono, em percentagem (%) e o valor de Qui-Quadrado (c^2) referente ao teste de Bartlett. Pode-se observar que a variável analisada apresentou variâncias dos tratamentos homogêneas, não requerendo transformação dos dados.

A interação dos fatores espécies*espaçamento e espécie*compartimento foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$), indicando que seus efeitos não são independentes (Tabela 1). Os fatores principais espécies e compartimento também apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

Os teores de carbono nas diferentes espécies estão distribuídos conforme a Tabela 2. A espécie *Acacia mearnsii* foi a que apresentou o maior teor (49,06%), diferindo significativamente das demais. Os menores valores foram observados na espécie *Eucalyptus grandis* (46,58%). Watzlawick et al. (2011) também observaram diferenças entre o teor de carbono de 38 espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista no Paraná. Hoppe (2003) atribui estas diferenças à capacidade que cada vegetal tem de fixar carbono por meio do ciclo bioquímico.

Os teores de carbono podem apresentar variações com a idade e o tamanho das árvores, pois árvores menores tendem a apresentar maiores teores (Watzlawick et al., 2004). Para o mesmo autor, as espécies diferem no que se refere ao teor nos diferentes tecidos, sendo que isso depende do meio ambiente, distribuição para madeira e tecidos vivos, estágio de desenvolvimento, bem como para diferentes espécies. Assim, é de se esperar que as quantificações de carbono, busquem sempre a determinação do teor de carbono para cada espécie, bem como para cada componente e idade da planta (Watzlawick et al., 2004).

Os teores de carbono nos diferentes compartimentos da planta variaram conforme apresentados na Tabela 2. As folhas apresentaram valores significativamente superiores aos demais compartimentos, ao passo de que os galhos e a madeira não demonstraram diferença, sendo que a casca apresentou os menores teores de carbono, significativamente inferiores aos demais. Os resultados observados corroboram aos descritos na literatura, em que os teores são decrescentes de carbono da folhagem até a casca, a exemplo das pesquisas conduzidas por Neves (2000), Weber et al. (2006) e

Tabela 1. Análise de variância do teor de carbono em diferentes compartimentos de três espécies florestais (*Acacia mearnsii*, *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus grandis*), submetidas a diferentes espaçamentos, no Município de Frederico Westphalen, RS.

| Efeito principal | | |
|---|---------------------------|-----------------------|
| Fonte de variação | Graus de liberdade | Quadrado médio |
| Espécie | 2 | 74,5075* |
| Espaçamento | 3 | 0,4733 ^{ns} |
| Espécie espaçamento | 6 | 0,7183* |
| Compartimento | 3 | 47,6660* |
| Espécie compartimento | 6 | 20,9657* |
| Espaçamento compartimento | 9 | 0,1646 ^{ns} |
| Espécie espaçamento compartimento | 18 | 0,2888 ^{ns} |
| c ² | | 52,99 ^{ns} |
| Coeficiente de determinação (%) | | 95,46 |
| Efeito simples – espécie x espaçamento | | |
| Espécie | <i>Acacia mearnsii</i> | 0,8963* |
| | <i>Mimosa scabrella</i> | 0,3466 ^{ns} |
| | <i>Eucalyptus grandis</i> | 0,6671* |
| Espaçamento (m) | 2x1 | 18,7171* |
| | 2x1,5 | 24,7465* |
| | 3x1 | 11,7980* |
| | 3x1,5 | 21,4008* |
| Efeito simples – espécie x compartimento | | |
| Espécie | <i>Acacia mearnsii</i> | 38,8550* |
| | <i>Mimosa scabrella</i> | 11,1514* |
| | <i>Eucalyptus grandis</i> | 39,5908* |
| Compartimento | Folha | 30,0025* |
| | Madeira | 0,6262 ^{ns} |
| | Galho | 4,8157* |
| | Casca | 101,96* |

Tabela 2. Teor de carbono em diferentes compartimentos de três espécies florestais (*Acacia mearnsii*, *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus grandis*), no Município de Frederico Westphalen, RS.

| Espécie | Teor de carbono (%)* |
|---------------------------|-----------------------------|
| <i>Acacia mearnsii</i> | 49,06 a |
| <i>Mimosa scabrella</i> | 47,62 b |
| <i>Eucalyptus grandis</i> | 46,58 c |
| Compartimento | Teor de carbono (%) |
| Folha | 49,45 a |
| Madeira | 47,43 b |
| Galho | 47,29 b |
| Casca | 46,86 c |

*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Saidelles et al. (2009).

De modo geral, os teores dos elementos químicos, como o carbono orgânico, são maiores nas partes mais ativas metabolicamente das plantas, como folhas e brotações, conforme destaca Gonçalves & Mello (2000). Além do mais, nas folhas encontra-se a maior parte das células vivas, que tendem a acumular maiores quantidades de nutrientes em função dos processos de transpiração e fotossíntese (Kozłowski & Pallardy, 1996; Caldeira, 2003).

Weber et al. (2006), estudando os teores de carbono de seis espécies nativas do Paraná, da Floresta Ombrófila Mista, também observaram os maiores teores de carbono nas folhas, em comparação com os demais compartimentos da biomassa (casca, fuste, galhos vivos,

galhos mortos e miscelânea). Balbinot et al. (2003), analisando o carbono em plantios de *Pinus taeda*, Hoppe (2003) em *Platanus x acerifolia* (Ailton) Wild, Caldeira et al. (2003) em *Acacia mearnsii* e Machado et al. (2006) em *Mimosa scabrella* também encontraram maiores teores nas folhas e menores na casca. D'Almeida (1988) destaca que isso ocorre devido ao fato que os componentes químicos existentes na casca possuem pequeno número de compostos de longas cadeias de carbono em sua composição.

Entretanto, outros trabalhos evidenciam outros compartimentos com maiores teores de carbono. Gayoso & Guerra (2003) avaliaram 16 espécies arbóreas nativas no Chile, e o maior teor de carbono foi observado na madeira. Os autores atribuem este fator à maior quantidade de minerais e lignina contidos neste compartimento. Já Lopes & Aranha (2006) observaram maiores teores de carbono nos ramos, seguido das folhas e do tronco. Higuchi & Carvalho Junior (1994) analisaram diversas espécies da Floresta Tropical Úmida Densa de Terra Firme, na região de Manaus, AM, e concluíram que o teor médio de carbono para o tronco e galhos é de 48% e nas folhas de 39%.

Ao analisar a interação espécie*espaçamento (Tabela 3) para *Acacia mearnsii*, observa-se que os maiores teores foram obtidos nos espaçamentos 2x1,5 m e 3x1,5 m e esses diferiram significativamente dos demais. Já para *Eucalyptus grandis*, os maiores teores foram observados nos espaçamentos 3x1 m, 3x1,5 m e 2x1,5 m. A espécie *Mimosa scabrella* não apresentou variação significativa entre os espaçamentos (Tabela 1).

Watzlawick et al. (2004) avaliaram o teor carbono orgânico em diversas espécies da Floresta Ombrófila

Mista Montana e concluíram que os teores de carbono podem variar de acordo com a idade e também com o tamanho das árvores. Em estudo realizado por Rochadelli (2001), com *Mimosa scabrella*, o autor demonstrou que os teores de carbono possuem uma tendência de acréscimo ao longo das árvores dominadas, vindo a diminuir novamente nas árvores dominantes. Marcene et al. (2006) também observaram variações significativas do teor de carbono entre árvores. Assim, a influência do espaçamento no teor de carbono em relação a esta interação pode estar atribuída ao diferente tamanho das árvores, característica que é influenciada pelo espaçamento entre plantas e também pelas condições de crescimento impostas por este fator.

Para a interação espécie x compartimento, para todas as espécies o compartimento com maior teor de carbono foram as folhas, entretanto, os teores decrescentes entre os outros compartimentos não obedeceram a uma mesma ordem. Para a *Acacia mearnsii* a concentração deu-se da seguinte forma: folhas > casca > galho > madeira. Já para *Mimosa scabrella*: folhas > madeira > casca = galho. E para *Eucalyptus grandis*: folhas > madeira > galho > casca.

Evidencia-se, portanto, o efeito das espécies no teor de carbono de cada compartimento da biomassa. Hoppe (2003) atribui as variações entre os diferentes componentes das árvores às deficiências do solo e também às características dos vegetais em distribuir nutrientes para os diferentes órgãos, dados pelo ciclo biogeoquímico, em função de sua mobilidade.

Quando comparado os valores observados para cada espécie x compartimento com os valores obtidos por Neves (2000) e Trugilho et al. (2010) para a espécie *Eucalyptus grandis*, esses foram estatisticamente

Tabela 3. Teor de carbono em diferentes compartimentos de três espécies florestais (*Acacia mearnsii*, *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus grandis*), submetidas a diferentes espaçamentos, no Município de Frederico Westphalen, RS.

| Espécie | Espaçamento (m)* | | | |
|---------------------------|------------------|-----------|----------|-----------|
| | 2x1 | 2x1,5 | 3x1 | 3x1,5 |
| <i>Acacia mearnsii</i> | 48,82 Ab | 49,36 Aa | 48,85 Ab | 49,24 Aa |
| <i>Mimosa scabrella</i> | 47,67 Ba | 47,79 Ba | 47,65 Ba | 47,39 Ba |
| <i>Eucalyptus grandis</i> | 46,32 Cb | 46,49 Cab | 46,88 Ca | 46,64 Cab |
| Espécie | Compartimento* | | | |
| | Casca | Folha | Galho | Madeira |
| <i>Acacia mearnsii</i> | 49,82 Ab | 51,21 Aa | 48,00 Ac | 47,23 Ad |
| <i>Mimosa scabrella</i> | 46,77 Bc | 48,96 Ba | 47,10 Bc | 47,68 Ab |
| <i>Eucalyptus grandis</i> | 44,00 Cd | 48,17 Ca | 46,78 Bc | 47,40 Ab |

*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

inferiores. Já para *Acacia mearnsii* e *Mimosa scabrella*, foram estatisticamente superiores. Viezzani (1997) destaca que, de forma geral, a variação dos teores de carbono na biomassa pode variar em função da disponibilidade dos mesmos nos solos. Watzlawick et al. (2004) acrescentam ainda que os teores de carbono também podem variar em diferentes épocas do ano pela variação da atividade fisiológica das árvores.

Frizzo & Silva (1998) destacam que a quantidade dos componentes varia de uma espécie para outra, dentro de uma mesma espécie vegetal, de região para região, em uma mesma árvore e até mesmo de uma célula para outra. Mas de modo geral, a composição química da madeira apresenta cerca de 50% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de oxigênio, pequenos teores de nitrogênio e minerais, denominados como cinzas (Frizzo & Silva, 1998; Klock & Muniz, 1998).

Segundo Schneider et al. (2004), o teor de carbono tem sido considerado constante, variando pouco entre as diversas espécies já estudadas. Dessa maneira, em alguns trabalhos da literatura, é adotado o fator de conversão de 0,5 (50%) para converter o estoque de biomassa em estoque de carbono. No entanto, Koehler et al. (2002) ressaltam que o uso de fatores para espécie da qual não se conhece o verdadeiro teor pode levar a resultados de sub ou superestimativas do estoque de carbono, assim como ao observado neste trabalho.

Os valores observados para *Eucalyptus grandis* e *Mimosa scabrella* foram inferiores estatisticamente em relação ao valor fixo de 50%, indicando assim, que se estaria gerando uma superestimativa. Para *Acacia mearnsii*, o valor de 50% apenas não diferiu estatisticamente para o compartimento casca, sendo que uma superestimativa para madeira e galho e subestimativa para folhas.

Assim, o uso de um fator de conversão genérico não é apropriado e, conforme Sanquetta (2002), o uso irrestrito de percentuais da ordem de 50% provoca a geração de estimativas irreais.

Conclusões

Os fatores espécies, espaçamento e compartimento não são independentes.

As quantificações do estoque de carbono devem buscar a determinação do teor de carbono para cada espécie, bem como para cada componente da biomassa.

Para *Acacia mearnsii* e *Eucalyptus grandis* é necessário que as quantificações dos teores de carbono também sejam feitas por espaçamento.

Para todas as espécies o compartimento com maior teor de carbono são as folhas. Entretanto, os teores decrescentes entre os outros compartimentos não obedeceram a uma mesma ordem, pois varia conforme a espécie.

O teor médio de carbono é de 49,06% para *Acacia mearnsii*, 47,62% para *Mimosa scabrella* e 46,58% para *Eucalyptus grandis*.

O uso do fator de conversão de 50% não é apropriado, por levar a sub ou superestimativas.

Referências

- BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Inventário de carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 59-68, 2003.
- BARICHELLO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Conteúdo de macronutrientes na biomassa de *Acacia mearnsii* De Wild. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 11-20, 2006.
- CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. 1995. 166 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- D'ALMEIDA, M. L. O. **Composição química dos materiais lignocelulósicos**. São Paulo, SP: IPT, 1988. 105 p.
- FRIZZO, S. M. B.; SILVA, M. G. **Composição química da madeira**. Santa Maria, RS: UFSM, 1998. 17 p.
- GAYOSO, J.; GUERRA, J. **Contenido de carbono en la biomassa aérea de bosques nativos en Chile**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2003. 8 p.
- 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**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p. 221-267.
- HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 125.
- HOPPE, J. M. **Biomassa e nutrientes em *Platanus x acerifolia* (Aiton) Willd. estabelecido no município de Dom Feliciano-RS**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- KLOCK, U.; MUNIZ, G. I. B. **Química da madeira**. Curitiba: FUPEF, 1998. 91 p.

- KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2002. p. 251-264.
- KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiological of woody plants**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1996. 432 p.
- LOPES, D.; ARANHA, J. Avaliação do conteúdo de carbono na matéria seca de diferentes componentes de árvores de *Eucalyptus globulus* e de *Pinus pinaster*. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 14, n. 2, p. 149-154, 2006.
- MACHADO, S. A.; URBANO, S.; JARSCHER, B.; TEO, S. J.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. Relações quantitativas entre variáveis dendrométricas e teores de carbono para *Mimosa scabrella* Benthana da região Metropolitana de Curitiba. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 12, p. 37-60, 2006.
- MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.
- MARCENE, E. A.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; SCHNEIDER, C. R. Variação nos teores e estoques individuais de carbono fixado com o crescimento de *Gmelina arborea* Roxb. na região litorânea do Paraná, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 71, p. 55-63, 2006.
- NEVES, J. C. L. **Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 2000. 191 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Norte Fluminense, Campos do Goytacazes.
- ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamento (Estudo de caso: *Mimosa scabrella* Benthana, bracinga)**. 2001. 86 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BALBINOT, R. Uso de equações para estimar carbono orgânico em plantações de *Acacia mearnsii* de wild. no Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 907-915, 2009.
- SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F. BALBINOT, R. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2002. p. 119-140.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. North Carolina, 2002. 200 p.
- SCHENEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M.; SOBRINHO, V. G.; SCHENEIDER, P. S. P. Método de derivação do volume em biomassa e carbono: uma aplicação em *Platanus x acerifolia* (Aiton) Wild. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2004, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: UFSM, 2004. p. 381.
- SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; BARICHELLO, L. R.; CALDEIRA, M. V. W. Quantificação do carbono orgânico em floresta de *Acacia mearnsii* de Wild em diferentes idades. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2001, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: UFSM, 2001. p. 387.
- TRUGILHO, P. F. Estimativa de carbono fixado na madeira de um clone híbrido de na madeira de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 16, p. 33-40, 2010.
- URBANO, E.; MACHADO, A. S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; KOEHLER, H. S. Equações para estimar o peso de carbono fixado em árvores de *Mimosa scabrella* Benthana (bracinga) em povoamentos nativos. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 3, 194-203, 2008.
- VIEZZANI, F. M. **Aspectos nutricionais de povoamentos puros e mistos de *Eucalyptus saligna* (Smith) *Acacia mearnsii* (De Wild.)**. 1997. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIO, M. A. B. (Ed.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: UFPR, 2004. p. 95-109.
- WATZLAWICK, L. F. Variação nos teores de carbono orgânico em espécies arbóreas da floresta ombrófila mista. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 3, p. 248-258, 2011.
- WEBER, K. S.; BALBINOT, R.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**, Guarapuava, v. 2, n. 2, p. 167-177, 2000.

