

## Variação nos Teores de Carbono Orgânico em Espécies Arbóreas da Floresta Ombrófila Mista

Luciano Farinha Watzlawick<sup>1</sup>, Ângelo Augusto Ebling<sup>2</sup>, Aurélio Lourenço Rodrigues<sup>2</sup>,  
Qohélet José Ianiski Veres<sup>2</sup>, Alexandre Maceno de Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Ciências Florestais,  
Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO

### RESUMO

O conhecimento dos teores de carbono em florestas é essencial para a quantificação e o planejamento de atividades ligadas ao sequestro de carbono. Este estudo visa analisar os teores de carbono em espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista de General Carneiro- PR. Foram identificadas 38 espécies no inventário florestal, das quais foram analisados os teores de carbono presentes em cada espécie, em seus componentes (madeira do fuste, casca, folhagem, galhos vivos e mortos) e a interação entre espécies e componentes. Entre espécies, o maior teor de carbono foi encontrado por *Prunus brasiliensis*, sendo observada a formação de 19 grupos entre as médias. Entre os componentes, a folhagem descreveu maior teor, sendo observados cinco grupos entre estes. Desse modo, observa-se uma grande heterogeneidade nos teores de carbono orgânico entre espécies e dentro de uma espécie.

**Palavras chave:** fixação de carbono, Floresta de Araucária, teor de carbono.

### Organic Carbon Levels Variation in Tree Species of the MIXED Rain Forest

### ABSTRACT

The knowledge of the carbon levels in forests is important for quantifying and planning activities related to carbon sequestration. The purpose of this study was to analyze the carbon contents in tree species of the 'Araucaria' Forest in General Carneiro, State of Parana. Thirty-eight species were identified in a forest inventory. The components (stem wood, bark, foliage, live and dead branches) of each species, as well as the interaction between species and components, were analyzed. Regarding the studied species, the highest carbon content was found in *Prunus brasiliensis*. The creation of 19 groups was observed through the averages. Five groups of components were formed and foliage presented the highest carbon content. The analyses indicated great heterogeneity on the carbon contents between the species and even within one single species.

**Key words:** carbon fixation, Araucaria Forest, statistical analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o boletim de novos cenários climáticos, divulgado pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), a ação antrópica fez a concentração de dióxido de carbono, principal gás estufa que influencia no aquecimento global, aumentar desde a época pré-industrial. Esse fato se deve principalmente ao uso de combustíveis fósseis e, em menor intensidade, às mudanças no uso da terra (Intergovernmental..., 2007).

São considerados gases-estufa o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), o hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), os perfluorcarbonos (compostos completamente fluorados) – em especial perfluorometano ( $\text{CF}_4$ ) e o perfluoretano ( $\text{C}_2\text{F}_6$ ) –, os hidrofluorcarbonos (HFCs), os clorofluorcarbonos (CFCs) e o vapor de água. No entanto, o dióxido de carbono, o metano e o dióxido de nitrogênio correspondem a 88% do fenômeno natural chamado “efeito estufa”, o qual é responsável pela manutenção da temperatura que influencia toda biosfera (Watzlawick et al., 2004).

Diante da efetivação do Protocolo de Quioto, que tem como objetivos discutir e firmar acordos internacionais entre os países integrantes, estabelecendo metas quanto à redução de gases-estufa na atmosfera – principalmente por parte dos países industrializados –, efetivou-se a redução em torno de 5,2% entre os anos de 2008 e 2012 na emissão desses gases. Países em franco desenvolvimento, como o Brasil, não tiveram metas estabelecidas quanto à redução de suas emissões; no entanto, o Protocolo estabelece que esses países podem negociar créditos de carbono por meio dos Certificados de Emissão Reduzida (CER), a fim de que países com maior potencial poluidor, possam atingir suas metas de redução.

Os CERs são emitidos pelo conselho executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que segue metodologias validadas por entidades operacionais designadas. O MDL incentiva a sustentabilidade pelo desenvolvimento de fontes alternativas e renováveis de energia, pelo emprego de tecnologias limpas e pela remoção de emissões da atmosfera por meio de projetos como florestamento e reflorestamento.

Referente às emissões de gases-estufa no Brasil, cerca de 55% são relativas aos gases  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  provenientes do desmatamento realizado na Amazônia e no Cerrado, e 25% provenientes da agricultura, estando relacionadas às emissões de metano emitido pelos ruminantes. Este cenário diferencia o Brasil dos países desenvolvidos e mesmo de países emergentes, como a China e a Índia, nos quais a queima de combustíveis fósseis é responsável por entre 60 e 80% das emissões. No Brasil, 80% das emissões são resultantes direta ou indiretamente da agricultura e apenas 17% são provenientes do uso de petróleo e seus derivados (Nobre, 2008).

Para Weber et al. (2006), o potencial de armazenar carbono por meio de projetos de florestamento ou reflorestamento é de grande importância, pois possibilita o direcionamento de projetos que visem à fixação de carbono, com a consequente mitigação das mudanças climáticas. Os autores complementam dizendo que há forte demanda por informações científicas que provem as relações alométricas dos teores de carbono nas diferentes partes das árvores, em razão do crescente interesse no mercado de carbono armazenado por florestas.

De acordo com Balbinot et al. (2003), o conceito de fixação de carbono está relacionado com a ideia de armazenar reservas de carbono em solos, florestas e outros tipos de vegetação, por meio de plantações florestais, sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas.

Andrade (1997) cita que plantações florestais influenciam a distribuição do carbono no ecossistema, como, por exemplo, no solo, na serapilheira, nas raízes, na biomassa e na ciclagem biogeoquímica de nutrientes. O carbono orgânico, constituinte da matéria orgânica do solo, é um dos principais agentes na formação e na estabilização dos agregados do solo, deixando-o menos suscetível à erosão (Castro Filho et al., 1998).

Algumas metodologias descrevem o emprego de fatores de redução ou equações, visando converter a massa seca em teor de carbono em florestas. Porém, os resultados provenientes dessas estimativas em espécies – cujos verdadeiros teores não são conhecidos – podem proporcionar estimativas errôneas, sub ou superestimando o estoque de carbono real (Koehler et al., 2005).

A Floresta Ombrófila Mista (FOM), também conhecida como Floresta de Araucária, está inserida na área de domínio da Mata Atlântica e representa cerca de 170 mil km<sup>2</sup> (Capobianco, 2002). Constitui um ecossistema regional complexo e variável, com algumas espécies endêmicas, com a característica única de abrigar a conífera mais expressiva da vegetação brasileira – *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Narvaes et al., 2005) (Figura 1).

Na FOM, verifica-se a coexistência de floras de origens distintas: uma temperada, austrobrasileira, bastante antiga, oriunda de um clima mais frio, dominada por gêneros *Drymis* e *Araucaria*, e outra tropical, afrobrasileira, associada a condições climáticas hodiernas de maior temperatura e umidade (Leite & Klein, 1990).

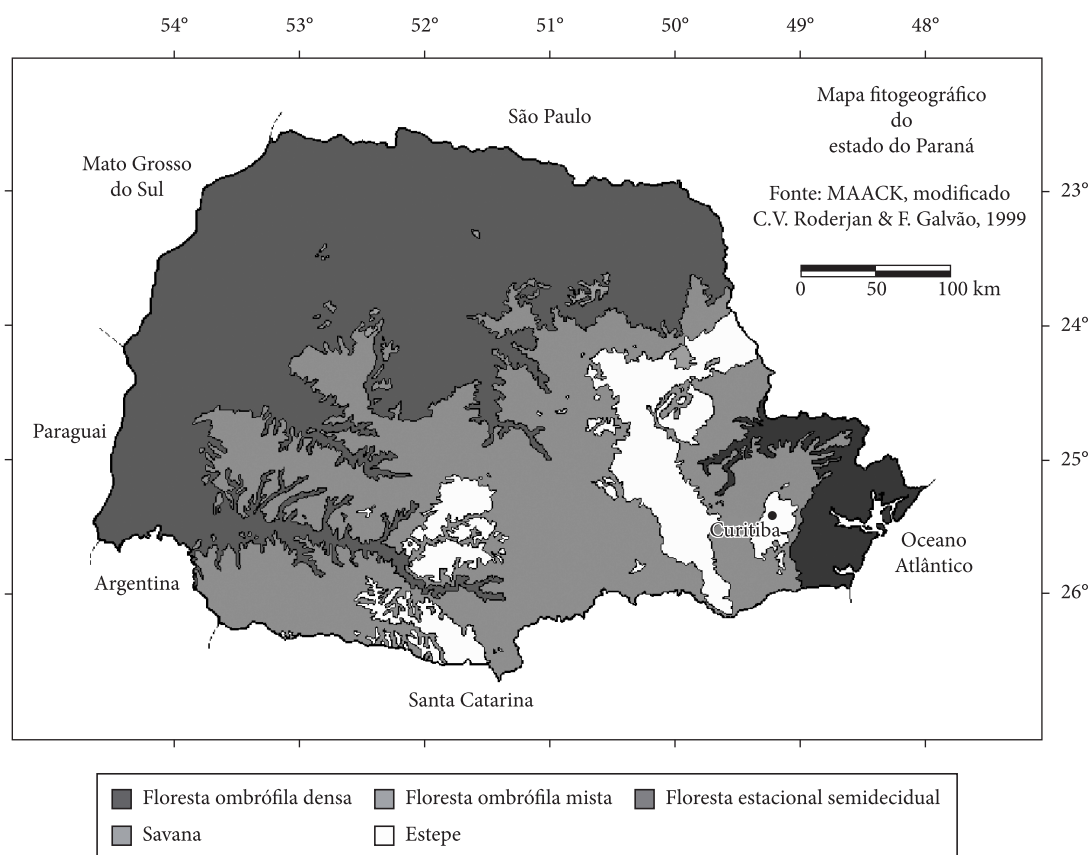
Na medida em que diferentes tipologias florestais armazenam diferentes quantidades de carbono em sua biomassa em função dos diferentes estágios de sucessão, idade, espécie, regime de manejo, entre

outros aspectos, este estudo se propõe a realizar a descrição florística de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, quantificando o teor de carbono das espécies amostradas, dos respectivos componentes, das famílias botânicas e dos estágios de sucessão. A aplicação de testes estatísticos possibilitará identificar as semelhanças e diferenças nos teores de carbono, alicerçando, dessa forma, a bibliografia existente sobre o assunto, bem como identificar o potencial fixador da floresta.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área

A área de estudos fica localizada em propriedade pertencente às Indústrias Pedro N. Pizzatto Ltda., localizada no município de General Carneiro, no extremo sul do Estado do Paraná. A propriedade compreende uma área de 4.210,75 ha e situa-se entre



**Figura 1.** Regiões fitogeográficas do Estado do Paraná. Fonte: Maack, modificado por Roderjan & Galvão (1989).  
**Figure 1.** Phytogeographic regions of Paraná state. Source: Maack, modified by Roderjan & Galvão (1989).

as coordenadas geográficas 26° 20' 35" e 26° 26' 13" Latitude Sul e 51° 19' 49" e 51° 25' 29" Longitude Oeste. A altitude local está em 1050 m acima do nível do mar.

A vegetação natural da área corresponde ao Bioma Mata Atlântica, sendo classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana por estar situada entre uma altitude entre 500 e 1500 m acima do mar (Instituto..., 1992).

Quanto ao clima, de acordo com a classificação de Köppen, é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), com verões frescos e invernos com a ocorrência de severas geadas, com ausência de estações secas. As médias das temperaturas dos meses mais quentes são inferiores a 22 °C e as dos meses mais frios, superiores a 18 °C (Paraná, 1987).

Conforme o Boletim de Pesquisa (EMBRAPA, 1984), o substrato geológico da região é formado pelo derrame de Trapp da formação da Serra Geral. As características topográficas dividem-se em plana, ondulada e montanhosa, sendo a última de maior predominância. Os solos são orgânicos e hidromórficos, com o predomínio de Neossolos Litólicos, Cambissolos e Argissolos (EMBRAPA, 2006).

## 2.2. Metodologia

Os dados para este estudo foram coletados utilizando-se uma rede de amostragem com distribuição sistemática. Foram estabelecidas 56 possíveis unidades amostrais, sendo que dessas foram selecionadas, de maneira aleatória, 20 unidades que serviram de base à coleta de informações. As unidades amostrais implantadas possuíam configuração no formato quadrado de 12 × 12 m (144 m<sup>2</sup>), obedecendo a orientação Norte/Sul.

Foram inventariados todos os indivíduos arbóreos cujo diâmetro a altura do peito fosse igual ou superior a 10 cm (DAP ≥ 10 cm). Foram mensuradas informações referentes à altura total e à altura comercial (convencionada como o ponto de inversão morfológica). A identificação das espécies foi realizada seguindo o sistema proposto pelo Angiosperm Phylogeny Group III (2009).

Com base nos dados inventariados, cada espécie teve os indivíduos distribuídos em classes

diamétricas, sendo selecionados três indivíduos de cada espécie, correspondentes às classes média, inferior e superior. A amostragem abrangendo as classes de diâmetro foi realizada com o objetivo de aumentar a representatividade das análises na floresta. Após a seleção e a identificação dos indivíduos a campo, os mesmos foram abatidos, cada um tendo seus componentes da biomassa separados em madeira do fuste, galhos vivos, galhos mortos, casca e folhas.

Os componentes foram pesados separadamente empregando-se balança com capacidade para 500 kg, obtendo-se o peso verde de biomassa para cada componente. Posteriormente, procedeu-se à determinação do teor de umidade em cada componente, separadamente.

## 2.3. Amostragem dos componentes

Para a determinação do teor de carbono na madeira do fuste, foram retirados dois discos de cada árvore: o primeiro a 0,50 cm acima do solo e o segundo a 0,50 cm abaixo do ponto de inversão morfológica.

Nos discos amostrados do fuste, separou-se a casca da madeira, obtendo-se assim amostras de cada componente separadamente e respectivos pesos. A quantificação do peso total da casca foi realizada por relações de fator de casca.

Nas amostragens de galhos vivos e galhos mortos, foram retiradas amostras em todos os diâmetros e a todas as alturas da copa. Para as folhas, foram retiradas amostras na ponta, no meio e na base da copa, resultando uma amostra composta.

Todas as amostras foram pesadas no campo em balança mecânica com precisão de 0,1 g, para posterior determinação em laboratório do teor de umidade e carbono.

## 2.4. Determinação do teor de umidade e carbono orgânico

Todo o material amostrado foi acondicionado em sacos de papel, devidamente identificados e enviados ao Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria. As amostras foram secas em estufa de renovação e circulação de ar a uma temperatura constante de 75 °C até atingir o

peso constante, para posterior determinação de peso seco e preparação para análise química do teor de carbono orgânico.

As análises de carbono orgânico no tecido vegetal foram executadas de acordo com o método Walkley-Black, com calor externo.

Com os valores referentes ao teor de carbono para cada indivíduo amostrado, foram realizados os cálculos para estimativa da média aritmética, com os valores referentes a cada espécie, para cada componente da espécie.

### 2.5. Análise estatística

A análise estatística buscou descrever as variações dos teores de carbono entre as espécies, bem como as diferenças existentes dentro de cada espécie. As variâncias foram testadas empregando um delineamento fatorial com dois fatores, em que foram avaliadas as variâncias entre as espécies (Fator 1), entre os componentes (Fator 2) e a interação entre espécies e componentes (Fator 1 × Fator 2).

Para variâncias cujo valor revelou haver diferenças significativas entre as médias analisadas, procedeu-se ao teste de agrupamento de médias Scott e Knott (SK), que utiliza a razão de verossimilhança para testar a significância de que os tratamentos podem ser divididos em dois grupos que maximizem a soma de quadrados entre grupos (Ramalho et al., 2005).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Análise florística

A significância amostral do inventário foi verificada com a estabilização da curva “espécie × área”. Pelo estudo da análise florística, foram descritas 38 diferentes espécies com CAP ≥ 31,4 cm. As espécies encontradas estão distribuídas em 30 gêneros distintos, pertencentes a 20 famílias botânicas. A Tabela 1 apresenta os nomes científicos, nomes vulgares e famílias botânicas das espécies amostradas na área.

Os gêneros que apresentaram maior número de espécies foram: *Ilex* (4), *Ocotea* (3), *Myrsine* (2), *Sebastiania* (2) e *Symplocos* (2); os demais

gêneros apresentaram apenas uma única espécie representante. As famílias mais representativas em número de espécies foram Lauraceae (5), Aquifoliaceae (4), Euphorbiaceae (3), Myrtaceae (3), Sapindaceae (3), Anacardiaceae (2), Asteraceae (2), Myrsinaceae (2), Salicaceae (2) e Symplocaceae (2); as demais famílias apresentaram uma única espécie representante.

A análise florística evidencia a riqueza de algumas famílias botânicas características dessa tipologia florestal, como Araucariaceae, Winteraceae, Aquifoliaceae e Lauraceae, firmando sua classificação de Floresta Ombrófila Mista com indivíduos oriundos das floras austrobrasileira e afrobrasileira.

### 3.2. Análise estatística dos teores de carbono

A análise estatística aplicada entre as 38 diferentes espécies amostradas (Fator 1), seus componentes (Fator 2) e a interação entre espécies e componentes (Fator 1 × Fator 2) está descrita na Tabela 2.

A análise de variância revelou diferenças altamente significativas para os teores de carbono entre as espécies ( $F_{obs}=13,78 > F_{tab(99\%)} = 1,67$ ), entre os componentes folhagem, madeira do fuste, casca, galhos vivos e galhos mortos ( $F_{obs}=151,03 > F_{tab(99\%)}=3,36$ ), e entre as relações entre espécies e componentes ( $F_{obs}=4,59 > F_{tab(99\%)}=1,36$ ). O coeficiente de variação calculado entre as amostras foi de 3,59%. O agrupamento das médias pela verossimilhança entre espécies e pela interação está descrito na Tabela 3.

De modo geral, os valores encontrados não apresentam variações expressivas, porém permitem a formação de diferentes grupos pelo teste de agrupamento de médias, sendo identificados 19 grupos distintos entre as espécies. Nas iterações entre espécies e componentes foram descritos 11 grupos entre “Espécie × Madeira do Fuste”, 12 grupos para “Espécie × Casca”, 16 em “Espécie × Galho Vivo”, 18 em “Espécie × Galho Morto” e 19 grupos para “Espécie × Folhagem”.

Os teores médios de carbono e os limites superior e inferior descritos pelas espécies constam na Figura 2, sendo que os maiores valores foram atribuídos às espécies *Prunus brasiliensis*, *Ocotea puberula* e *Drimys cf. angustifolia*. Em contrapartida,

**Tabela 1.** Espécies arbóreas com CAP  $\geq$  31,4 cm amostradas por meio de inventário florestal na Floresta Ombrófila Mista de General Carneiro-PR, Brasil.**Table 1.** trees species with circumference at breast height (CBH)  $\geq$  31.4 cm sampled by Forest inventory in the Araucaria Forest of General Carneiro, PR, Brazil.

Espécie/autor	Nome vulgar	Família
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	Chal-chal	Sapindaceae
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucária	Araucariaceae
<i>Baccharis cf. organensis</i>	Vassourão	Asteraceae
<i>Calyptranthes concinna</i> DC.	Guamirim-ferro	Myrtaceae
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg	Guabirova	Myrtaceae
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatunga	Salicaceae
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Carne-de-vaca	Clethraceae
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatá-vermelho	Sapindaceae
<i>Drimys cf. angustifolia</i>	Cataia	Winteraceae
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	Caúna-miúda	Aquifoliaceae
<i>Ilex microdonta</i> Reissek	Congonha	Aquifoliaceae
<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	Erva-mate	Aquifoliaceae
<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	Caúna-graúda	Aquifoliaceae
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Caroba	Bignoniaceae
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	Guaperê	Cunoniaceae
<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	Bugreiro	Anacardiaceae
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Miguel-pintado	Sapindaceae
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Bracatinga	Fabaceae
<i>Myrcia</i> sp.	Guamirim	Myrtaceae
<i>Myrsine ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Capororoquina	Myrsinaceae
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Capororoca	Myrsinaceae
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Canela-preta	Lauraceae
<i>Ocotea porosa</i> (Nees & C. Mart.) Barroso	Imbuia	Lauraceae
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela-guaicá	Lauraceae
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	Canela-lageana	Lauraceae
<i>Persea major</i> (Nees) L.E. Kopp	Pau-andrade	Lauraceae
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	Vassourão-branco	Asteraceae
<i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltdl.) D. Dietr.	Pessegueiro-bravo	Rosaceae
<i>Quillaja brasiliensis</i> (A. St.-Hil. & Tul.) Mart.	Pau-sabão	Quillajaceae
<i>Sapium glandulosum</i> (Vell.) Pax	Leiteiro	Euphorbiaceae
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira	Anacardiaceae
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	Branquilha-leiteiro	Euphorbiaceae
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	Branquilha	Euphorbiaceae
<i>Sloanea lasiocoma</i> K. Schum.	Sapopema	Elaeocarpaceae
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	Maria-mole-graúda	Styracaceae
<i>Symplocos celastrina</i> Mart. ex Miq.	Maria-mole-branca	Symplocaceae
<i>Symplocos uniflora</i> (Pohl) Benth.	Sete-sangrias	Symplocaceae
<i>Xylosma</i> sp.	Sucará	Salicaceae

os menores teores foram encontrados para as espécies *Persea major*, *Myrcia* sp. e *Lamanonia ternata*, sendo estas classificadas no mesmo grupo de médios teores.

A análise da Figura 2 ainda permite identificar que as maiores variações das médias de carbono são encontradas para as espécies *Cupania vernalis* (2,36), *Styrax leprosus* (2,02) e *Jacaranda puberula* (1,67). Estas variações corroboram com as análises realizadas por Marcene et al. (2006), que justificaram as diferenças nos teores de carbono em uma mesma espécie por causa da influência da posição sociológica e do sítio de crescimento.

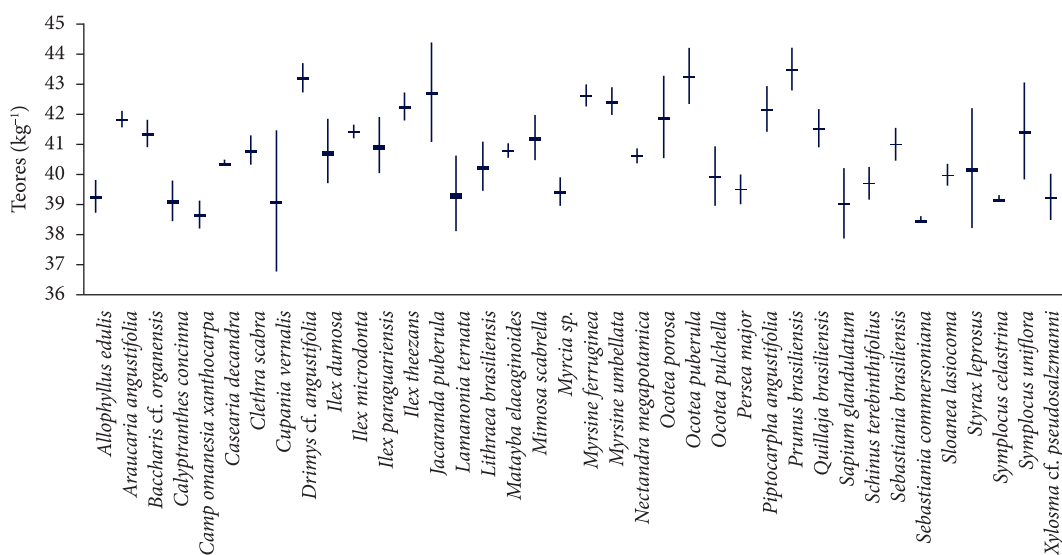
Analisando-se as três espécies em comum que este estudo apresenta, quando comparado ao estudo desenvolvido por Brun (2007) – *Allophylus edulis*, *Matayba elaeagnoides* e *Campomanesia xanthocarpa* –, nota-se que, além de apresentarem semelhança nos valores referentes aos teores carbono, ambos indicaram uma maior concentração de carbono nos mesmos componentes, sendo estes, respectivamente às três espécies: Madeira do Fuste, Folhagem e Madeira do Fuste. A mesma autora cita que a espécie *Matayba elaeagnoides* indica ser ineficiente para o sequestro de carbono em razão de sua alta taxa de mortalidade; por outro lado, recomenda o emprego

**Tabela 2.** Análise de variância realizada entre a estimativa dos teores médios de carbono para espécies, componentes e interação (espécies × componentes).

**Table 2.** Analysis of variance for the carbon's levels estimated average for species, components and interaction (species × components).

F. V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F obs.	F tab.(1%)
Espécies	37	1094,85	29,59	13,78**	1,67
Componentes	4	1297,05	324,26	151,03**	3,36
Espécie × componente	148	1460,73	9,86	4,59**	1,36
Tratamentos	189	3852,65	20,38	9,49**	1,33
Resíduo	380	815,84	2,14	-	-
Total	569	4668,49894	-	-	-

Em que: F.V.: Fonte de variação; G.L.: Graus de liberdade; S.Q.: Soma dos quadrados; Q.M. Quadrado médio; F obs.: Valor de F observado; F tab. (1%): Valor de F encontrado pela tabela Student em níveis de 1% de probabilidade de confiança. \*\*significativo para o nível de probabilidade descrito.



**Figura 2.** Médias e desvio padrão dos teores de carbono para as espécies amostradas em General Carneiro-PR.

**Figure 2.** Average and standard deviation of carbon content from species sampled in the Araucaria Forest of General Carneiro, PR, Brazil.

**Tabela 3.** Médias estimadas dos teores de carbono ( $\text{kg}^{-1}$ ) para espécies entre a interação de espécies e diferentes componentes arbóreos na Floresta Ombrófila Mista de General Carneiro-PR, Brasil.

**Table 3.** Estimated average carbon content ( $\text{kg}^{-1}$ ) from species and interaction between the species and different components of trees in the Araucaria Forest of General Carneiro, PR, Brazil.

Espécies (Fator 1)		Interação espécie × Componente (Fator 1 × Fator 2)				
		Madeira do fuste	Casca	Galho vivo	Galho morto	Folhagem
<i>Allophylus edulis</i>	39,29 <sup>S</sup>	40,85 <sup>K</sup>	37,59 <sup>L</sup>	39,88 <sup>Q</sup>	39,15 <sup>S</sup>	38,95 <sup>T</sup>
<i>Araucaria angustifolia</i>	41,87 <sup>J</sup>	43,39 <sup>C</sup>	39,40 <sup>L</sup>	40,81 <sup>O</sup>	43,29 <sup>D</sup>	42,46 <sup>T</sup>
<i>Baccharis cf. organensis</i>	41,40 <sup>N</sup>	40,76 <sup>K</sup>	40,90 <sup>F</sup>	41,49 <sup>I</sup>	43,68 <sup>B</sup>	40,17 <sup>T</sup>
<i>Calyptanthus concinna</i>	39,14 <sup>S</sup>	40,71 <sup>K</sup>	36,23 <sup>L</sup>	40,86 <sup>N</sup>	38,00 <sup>S</sup>	39,90 <sup>T</sup>
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	38,69 <sup>S</sup>	40,39 <sup>K</sup>	34,87 <sup>L</sup>	39,69 <sup>Q</sup>	38,71 <sup>S</sup>	39,78 <sup>T</sup>
<i>Casearia decandra</i>	40,38 <sup>S</sup>	42,02 <sup>K</sup>	35,16 <sup>L</sup>	40,51 <sup>Q</sup>	42,51 <sup>K</sup>	41,68 <sup>T</sup>
<i>Clethra scabra</i>	40,84 <sup>R</sup>	42,07 <sup>K</sup>	40,90 <sup>G</sup>	40,17 <sup>Q</sup>	41,64 <sup>S</sup>	39,44 <sup>T</sup>
<i>Cupania vernalis</i>	39,10 <sup>S</sup>	40,95 <sup>K</sup>	34,04 <sup>L</sup>	40,22 <sup>Q</sup>	38,27 <sup>S</sup>	41,99 <sup>T</sup>
<i>Drimys cf. angustifolia</i>	43,18 <sup>C</sup>	44,12 <sup>A</sup>	42,51 <sup>A</sup>	39,15 <sup>Q</sup>	43,10 <sup>F</sup>	47,04 <sup>C</sup>
<i>Ilex dumosa</i>	40,80 <sup>S</sup>	41,54 <sup>K</sup>	37,93 <sup>L</sup>	40,17 <sup>Q</sup>	42,37 <sup>L</sup>	41,98 <sup>T</sup>
<i>Ilex microdonta</i>	41,46 <sup>M</sup>	41,68 <sup>K</sup>	36,37 <sup>L</sup>	42,17 <sup>F</sup>	41,29 <sup>S</sup>	45,77 <sup>H</sup>
<i>Ilex paraguariensis</i>	41,01 <sup>Q</sup>	41,34 <sup>K</sup>	38,23 <sup>L</sup>	41,10 <sup>L</sup>	40,10 <sup>S</sup>	44,26 <sup>K</sup>
<i>Ilex theezans</i>	42,29 <sup>G</sup>	41,20 <sup>K</sup>	39,15 <sup>L</sup>	41,82 <sup>G</sup>	43,24 <sup>E</sup>	46,02 <sup>E</sup>
<i>Jacaranda puberula</i>	42,74 <sup>D</sup>	43,07 <sup>D</sup>	41,05 <sup>E</sup>	42,51 <sup>D</sup>	42,51 <sup>J</sup>	44,56 <sup>J</sup>
<i>Lamanonia ternata</i>	39,38 <sup>S</sup>	40,90 <sup>K</sup>	37,54 <sup>L</sup>	38,71 <sup>Q</sup>	40,47 <sup>S</sup>	39,30 <sup>T</sup>
<i>Lithraea brasiliensis</i>	40,26 <sup>S</sup>	41,39 <sup>K</sup>	36,23 <sup>L</sup>	40,37 <sup>Q</sup>	39,44 <sup>S</sup>	43,87 <sup>M</sup>
<i>Matayba elaeagnoides</i>	40,81 <sup>S</sup>	42,50 <sup>K</sup>	38,86 <sup>L</sup>	40,02 <sup>Q</sup>	38,70 <sup>S</sup>	43,97 <sup>L</sup>
<i>Mimosa scabrella</i>	41,25 <sup>O</sup>	41,34 <sup>K</sup>	37,20 <sup>L</sup>	40,91 <sup>K</sup>	41,88 <sup>P</sup>	44,90 <sup>I</sup>
<i>Myrcia sp.</i>	39,44 <sup>S</sup>	40,42 <sup>K</sup>	35,69 <sup>L</sup>	38,45 <sup>M</sup>	41,88 <sup>Q</sup>	40,76 <sup>T</sup>
<i>Myrsine ferruginea</i>	42,68 <sup>E</sup>	40,90 <sup>K</sup>	41,33 <sup>C</sup>	41,68 <sup>Q</sup>	42,22 <sup>O</sup>	47,25 <sup>B</sup>
<i>Myrsine umbellata</i>	42,46 <sup>F</sup>	43,05 <sup>E</sup>	40,66 <sup>I</sup>	41,29 <sup>H</sup>	41,40 <sup>S</sup>	45,87 <sup>F</sup>
<i>Nectandra megapotamica</i>	40,63 <sup>S</sup>	40,76 <sup>K</sup>	37,84 <sup>L</sup>	39,13 <sup>Q</sup>	45,29 <sup>A</sup>	40,15 <sup>T</sup>
<i>Ocotea porosa</i>	41,93 <sup>I</sup>	42,76 <sup>H</sup>	41,11 <sup>D</sup>	37,27 <sup>Q</sup>	42,71 <sup>I</sup>	45,82 <sup>G</sup>
<i>Ocotea puberula</i>	43,32 <sup>B</sup>	42,03 <sup>K</sup>	42,07 <sup>B</sup>	42,85 <sup>C</sup>	43,39 <sup>C</sup>	46,26 <sup>D</sup>
<i>Ocotea pulchella</i>	39,95 <sup>S</sup>	43,05 <sup>F</sup>	37,12 <sup>L</sup>	40,52 <sup>Q</sup>	36,23 <sup>S</sup>	42,85 <sup>Q</sup>
<i>Persea major</i>	39,56 <sup>S</sup>	41,12 <sup>K</sup>	39,56 <sup>K</sup>	39,30 <sup>Q</sup>	39,70 <sup>S</sup>	38,13 <sup>T</sup>
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	42,21 <sup>H</sup>	42,61 <sup>J</sup>	40,86 <sup>H</sup>	41,44 <sup>J</sup>	43,05 <sup>G</sup>	43,10 <sup>P</sup>
<i>Prunus brasiliensis</i>	43,56 <sup>A</sup>	43,83 <sup>B</sup>	40,47 <sup>J</sup>	43,39 <sup>B</sup>	42,80 <sup>H</sup>	47,33 <sup>A</sup>
<i>Quillaja brasiliensis</i>	41,55 <sup>K</sup>	42,80 <sup>G</sup>	38,71 <sup>L</sup>	40,32 <sup>Q</sup>	42,22 <sup>N</sup>	43,68 <sup>N</sup>
<i>Sapium glandulatum</i>	39,03 <sup>S</sup>	42,46 <sup>K</sup>	36,42 <sup>L</sup>	39,10 <sup>Q</sup>	40,40 <sup>S</sup>	36,77 <sup>T</sup>
<i>Schinus terebinthifolius</i>	39,74 <sup>S</sup>	39,59 <sup>K</sup>	35,35 <sup>L</sup>	40,76 <sup>P</sup>	41,64 <sup>S</sup>	41,34 <sup>T</sup>
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	41,05 <sup>P</sup>	41,49 <sup>K</sup>	39,30 <sup>L</sup>	40,30 <sup>Q</sup>	41,64 <sup>S</sup>	42,51 <sup>S</sup>
<i>Sebastiania commersoniana</i>	38,48 <sup>S</sup>	39,45 <sup>K</sup>	34,33 <sup>L</sup>	42,37 <sup>E</sup>	40,00 <sup>S</sup>	36,23 <sup>T</sup>
<i>Sloanea lasiocoma</i>	40,03 <sup>S</sup>	42,66 <sup>I</sup>	29,95 <sup>L</sup>	43,68 <sup>A</sup>	41,20 <sup>S</sup>	42,66 <sup>R</sup>
<i>Styrax leprosus</i>	40,27 <sup>S</sup>	42,03 <sup>K</sup>	35,40 <sup>L</sup>	40,52 <sup>Q</sup>	41,78 <sup>R</sup>	41,64 <sup>T</sup>
<i>Symplocos celastrina</i>	39,18 <sup>S</sup>	41,93 <sup>K</sup>	36,38 <sup>L</sup>	40,17 <sup>Q</sup>	40,17 <sup>S</sup>	37,25 <sup>T</sup>
<i>Symplocos uniflora</i>	41,51 <sup>L</sup>	42,51 <sup>K</sup>	39,10 <sup>L</sup>	40,07 <sup>Q</sup>	42,22 <sup>M</sup>	43,63 <sup>O</sup>
<i>Xylosma sp.</i>	39,27 <sup>S</sup>	41,34 <sup>K</sup>	37,40 <sup>L</sup>	40,32 <sup>Q</sup>	39,00 <sup>S</sup>	38,30 <sup>T</sup>

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 95% de probabilidade.



das espécies *Allophylus edulis* e *Campomanesia xanthocarpa* para tal fim.

De maneira geral, projetos voltados à fixação de carbono empregando vegetação natural podem ser baseados nas espécies ou nos grupos que apresentaram maiores teores de carbono, seja por meio da média por espécie, seja por meio da seleção por componentes. Por exemplo, *Prunus brasiliensis*, que, além de apresentar a maior média entre as espécies amostradas, descreveu também a maior média para folhagem, a segunda maior média para madeira do fuste e galhos vivos. *Drimys cf. angustifolia*, por sua vez, manteve as maiores médias referentes à madeira do fuste e à casca. *Sloanea lasiocoma* descreveu a maior média referente aos galhos vivos e *Nectandra megapotamica*, a maior média referente aos galhos mortos; estas duas espécies, quando considerada apenas a média por espécie (envolvendo todos os componentes da mesma espécie), são agrupadas junto às espécies que apresentam menores teores médios de carbono, indicando menor eficiência para o sequestro de carbono.

**Tabela 4.** Médias estimadas dos teores de carbono ( $\text{kg}^{-1}$ ) para os diferentes componentes arbóreos na Floresta Ombrófila Mista de General Carneiro-PR, Brasil.

**Table 4.** Estimated average carbon content ( $\text{kg}^{-1}$ ) for the different components of trees in the Mixed Rain Forest of General Carneiro, PR, Brazil.

Componente (Fator 2)	Médias
Folhagem	42,30 <sup>a</sup>
Galho morto	41,24 <sup>b</sup>
Madeira do fuste	41,76 <sup>c</sup>
Galho vivo	40,61 <sup>d</sup>
Casca	37,97 <sup>e</sup>

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 95% de probabilidade.

Analisando-se os grupos formados pelas médias entre os componentes (Tabela 4), observa-se heterogeneidade entre estes, em que não ocorreu a formação de grupos semelhantes.

Em estudo realizado em seis espécies arbóreas na mesma tipologia florestal por Weber et al. (2006), encontraram-se valores médios maiores na folhagem quando comparados a valores médios de outros componentes da árvore, da mesma maneira que os menores teores foram encontrados no componente casca.

Balbinot et al. (2003), analisando o carbono presente em plantios de *Pinus taeda*, encontraram teores mais elevados nas acículas e menores teores na casca. Hoppe (2003) manteve a tendência dos demais trabalhos, com maiores teores de carbono atribuídos às folhas e menores à casca, em plantios de *Platanus x acerifolia*.

De maneira generalista, os trabalhos consultados (Tabela 5), independentemente de sua amostragem envolver florestas naturais ou plantadas, apresentam teores decrescentes de carbono da folhagem até a casca. Isso pode ser explicado devido à diferença na atividade metabólica dos componentes, em que locais com maior atividade – como folhas e brotações – detêm maiores teores (Gonçalves & Mello, 2002). O processo de transpiração que eleva a quantidade de sais nas folhas, em razão da evaporação da água, também explica o porquê dessas diferenças (Kozłowski & Pallardy, 1996).

Hoppe (2003) acrescenta que as diferentes concentrações de carbono estão relacionadas às condições do solo e à capacidade que cada vegetal tem de fixar esse componente por meio do ciclo bioquímico, em função da mobilidade dentro da planta.

**Tabela 5.** Relação de valores referentes à concentração de carbono ( $\text{kg}^{-1}$ ) encontrados em diferentes estudos e respectivos autores.

**Table 5.** Values for carbon concentration ( $\text{kg}^{-1}$ ) found in different studies and their authors.

Autor	Madeira do fuste	Casca	Galho vivo	Galho morto	Folhagem
Presente estudo	41,76	37,97	40,61	41,24	42,30
Weber et al.(2006)	41,70	39,50	40,20	42,20	44,20
Balbinot et al.(2003)	45,70	40,00	43,00	-	47,03*
Hoppe (2003)	42,43	36,96	43,63	-	44,45

\*acículas.

Machado et al. (2006), analisando o carbono fixado por *Mimosa scrabella*, indicaram a existência de diferença estatística entre as folhas e os demais componentes. Weber et al. (2006), realizando a análise de variância dos teores de carbono de espécies nativas dentro dos componentes (fuste, casca, galho vivo, galho morto, miscelânea e folhagem), encontraram diferenças significativas somente para os valores correspondentes à folhagem.

Corroborando com os trabalhos descritos, as folhas apresentaram a maior concentração de carbono, sendo que na casca foram encontrados os menores valores referentes ao teor de carbono.

#### 4. CONCLUSÕES

De maneira geral, os teores de carbono não apresentaram uniformidade entre espécies, entre componentes e na interação entre espécie × componente, indicando a formação de grupos distintos quando agrupadas suas médias.

Os maiores teores de carbono entre as espécies foram descritos para *Prunus brasiliensis*. As 38 espécies amostradas foram agrupadas em 19 grupos, sendo que 18 não apresentaram médias com verossimilhança e 20 apresentaram.

A análise fatorial entre espécies e componentes revelou diferenças nas iterações, possibilitando a formação de diferentes grupos com base nas médias, sendo que elevados teores de carbono observados em um componente de determinada espécie não indicam que esta mesma necessariamente também apresente uma média elevada para outros componentes ou para a espécie como um todo.

Entre os componentes, a maior concentração de carbono se encontra na Folhagem, seguida por Galho morto, Madeira do fuste, Galho vivo e Casca, não sendo observada a formação de grupos similares entre as médias.

#### STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 21/12/2010

Aceito: 01/07/2011

Resumo publicado online: 25/07/2011

Artigo completo publicado: 30/09/2011

#### AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

##### Luciano Farinha Watzlawick

Departamento de Agronomia,  
Universidade Estadual do Centro-Oeste –  
UNICENTRO  
Rua Padre Salvador, 875,  
CEP 85015-430, Guarapuava, PR, Brasil  
e-mail: farinha@unicentro.br

#### REFERÊNCIAS

- Andrade AG. *Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas* [tese]. Seropédica: Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 1997.
- Angiosperm Phylogeny Group - APG. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 2009; 161:105-121. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- Balbinot R, Schumacher MV, Watzlawick LF, Sanquetta CR. 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* 2003; 5(1):59-68.
- Brun FGK. *Dinâmica do carbono orgânico em espécies arbóreas de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul* [dissertação]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2007.
- Capobianco JPR. Mata Atlântica: conceito, abrangência e área original. In: Schaffer WB, Prochnow M. *A Mata Atlântica e você*. Brasília: Apremavi; 2002.
- Castro Filho C, Muzilli O, Podanoschi AL. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico em um Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 1998; 22(1):527-538.
- EMBRAPA. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná*. Londrina: EMBRAPA; 1984. Boletim de pesquisa, n. 27.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2rd ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos; 2006.
- Gonçalves JLM, Mello SLM. O sistema radicular das árvores. In: Gonçalves JLM, Benedetti V, editores. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: ESALQ/USP; 2000. p. 221-267.
- Hoppe JM. *Biomassa e nutrientes em Platanus x acerifolia (Aiton) Wild. estabelecido no município de Dom Feliciano – RS* [tese]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2003.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE; 1992. Série Manuais Técnicos em Geociências.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. *Climate Change 2007: Physical Science Basis: Synthesis report. contribution of working group I, II, and III to the third assessment report of the IPCC*. Cambridge: Cambridge University Press; 2007.
- Koehler HS, Watzlawick LF, Kirchner FF, Valério AF. Fontes de erros nas estimativas de biomassa e carbono fixado na Floresta Ombrófila Mista. *Renabio* 2005; 2(1):69-77.
- Kozlowski TT, Pallardy SG. *Physiology of woody plants*. 2nd ed. San Diego: Academic Press; 1996.
- Leite PF, Klein RM. Vegetação. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro: IBGE; 1990.
- Machado SA, Urbano E, Jarschel B, Teo SJ, Figura MA, Silva LCR. Relações quantitativas entre variáveis dendrométricas e teores de carbono para *Mimosa scabrella* Benth. da região Metropolitana de Curitiba. *Boletim de Pesquisa Florestal* 2006; 12:37-60.
- Marcene EA, Dalla Corte AP, Sanquetta CR, Schneider CR. Variação nos teores e estoques individuais de carbono fixado com o crescimento de *Gmelina arborea* Roxb. na região litorânea do Paraná, Brasil. *Scientia Forestalis* 2006; 71:55-63.
- Narvaes IS, Brena DA, Longhi SJ. Estrutura da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. *Ciência Florestal* 2005; 15(4):331-342.
- Nobre C. Amazônia: fonte ou sumidouro. In: Sanquetta CR, editor. *Experiências de monitoramento no bioma Mata Atlântica com uso de parcelas permanentes*. Curitiba: C. R. Sanquetta; 2008.
- Paraná (Estado). *Atlas do Estado do Paraná*. Curitiba: Secretária de Estado de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas; 1987.
- Ramalho MA, Ferreira DF, Oliveira AC. *Experimentação em genética e melhoramento de plantas*. 2nd ed. Lavras: UFLA; 2005.
- Roderjan CV, Galvão F, Kuniyoshi YS, Hatschbach GG. Unidades fitogeográficas do estado do Paraná. *Ciência e Ambiente* 2002; (24)1:75-42.
- Watzlawick LF, Balbinot R, Sanquetta CR, Caldeira MVW. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: Sanquetta CR, Balbinot R, Zilioto MAB, editor. *Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas*. Curitiba: AM Impressos; 2004. p. 95-109.
- Weber KS, Balbinot R, Watzlawick LF, Sanquetta CR. Teores de Carbono Orgânico de Seis Espécies Naturais do Ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. *Ambiência* 2006; 2(2):167-177.