

**BIOMASSA E CARBONO ORGÂNICO EM POVOAMENTOS DE
Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze**

BIOMASS AND ORGANIC CARBON IN *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze STANDS

Marcos Vinicius Winckler Caldeira¹ Luciano Farinha Watzlawick² Márcio Viera³ Rafaelo Balbinot⁴
Kallil Chaves Castro⁵

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar a biomassa e o carbono orgânico em plantios de *Araucaria angustifolia* com diferentes idades. Os plantios de *Araucaria angustifolia* estudados não tiveram intervenções silviculturais relacionadas à desrama, porém, em todos os povoamentos ocorreram práticas de desbaste em diferentes épocas. Nos povoamentos com 32 e 31 anos de idade foram realizados três desbastes. Nos plantios com 30, 29, 25, 24 e 23 anos foram realizados dois desbastes. A determinação de biomassa no campo foi realizada de acordo com o método destrutivo de quantificação, utilizando-se para tanto a amostragem de sete árvores distribuídas aleatoriamente pelo povoamento em cada uma das idades. Os indivíduos foram abatidos, obtendo-se inicialmente as variáveis dendrométricas: DAP, altura total e altura comercial (diâmetro mínimo de 8 cm). O plantio com 23 anos apresentou o maior volume de lenho do fuste (613,02 m³ ha⁻¹), superior aos plantios com 30, 31 e 32 anos (418,41; 520,21 e 518,48 m³ ha⁻¹), respectivamente. Porém, em termos de biomassa do fuste os resultados foram próximos, sendo que o plantio com 23 anos totalizou 138,02 Mg ha⁻¹ e os plantios com 30, 31 e 32 anos somaram 118,77; 128,97 e 155,01 Mg ha⁻¹, respectivamente. Nos plantios de *Araucaria angustifolia* o estoque total de biomassa e carbono orgânico arbóreo nas diferentes idades consideradas variaram de 60,72 a 289,84 Mg ha⁻¹ e 21,73 a 123,86 Mg ha⁻¹, respectivamente. Ficou evidente que a densidade de plantas e a intensidade de desbaste influenciaram diretamente a biomassa e o carbono estocados.

Palavras-chave: Pinheiro-brasileiro; biomassa arbórea; biomassa florestal.

ABSTRACT

The objective was to estimate the biomass and organic carbon in *Araucaria angustifolia* stands with different ages. The *Araucaria angustifolia* stands studied were not pruning but were thinning in difference ages. In stands of 32 and 31 years-old, were three thinnings. In stands of 30, 29, 25, 24 and 23 years-old, were two thinnings. Biomass evaluation was conducted according to the destructive method, using the sampling of seven trees were randomly distributed in each stand. The plants were harvested, after were

- 1 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/n, Guararema, Caixa Postal 16, CEP 29500-000, Alegre (ES), Brasil. Bolsista de Produtividade em pesquisa do CNPq. mvwcaldeira@gmail.com
- 2 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Rua Salvador Renna, Padre Salvador, 875, Santa Cruz, CEP 85015-430, Guarapuava (PR). Brasil. Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq. luciano.watzlawick@pq.cnpq.br
- 3 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento Multidisciplinar da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Silveira Martins, Rua Francisco Guerino, 407, Centro, CEP 97195-000, Silveira Martins (RS), Brasil. vieraflorestal@yahoo.com.br
- 4 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Campus de Frederico Westphalen, Universidade Federal de Santa Maria, Rodovia BR 386, km 40, Linha Sete de Setembro, s/n, CEP 98.400-000, Frederico Westphalen (RS), Brasil. rbalbinot@smail.ufsm.br
- 5 Engenheiro Florestal, Doutorando em Ciências Florestais, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/n, Guararema, Centro, Caixa Postal 16, CEP 29500-000, Alegre (ES), Brasil. kallil_florestal@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 16/03/2011 e aceito em 10/03/2014

obtained the dendrometric variables: DBH, total height and commercial height (minimum diameter of 8 cm). Stand with 23 years had the highest volume of stem wood ($613.02 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), followed by 30, 31 and 32 years-old stands (418.41 , 520.21 and $518.48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), respectively. However, in terms of stem biomass the results were similar, 23 years-old stand had $138.02 \text{ Mg ha}^{-1}$ and 30, 31 to 32 years-old totaled 118.77 , 128.97 and $155.01 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectively. In *Araucaria angustifolia* stands the total stock biomass and organic carbon in different ages ranged from 60.72 to $289.84 \text{ Mg ha}^{-1}$ and 21.73 to $123.86 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectively. Plant density and thinning intensity were directly influenced the biomass and carbon stored.

Keywords: Pine-Brazilian; tree biomass; forest biomass.

INTRODUÇÃO

A relação entre a concentração de Dióxido de Carbono (CO_2) na atmosfera e o aumento da temperatura média do planeta (TANS e KEELING, 2012), fundamenta as preocupações quanto aos impactos do aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) no clima (IPCC, 2003). Em paralelo, a cada dia cresce o interesse por estudos sobre a capacidade das florestas plantadas em remover o CO_2 da atmosfera e armazenar o carbono em sua biomassa. Isso se deve, em razão de sua elevada taxa de crescimento e, consequente capacidade de fixar carbono da atmosfera.

A estimativa da quantidade de carbono estocado em plantações florestais pode ser realizada por meio da quantificação da biomassa e posterior determinação da concentração de carbono. A determinação pode ser pelo método direto, no qual as árvores são cortadas e seus componentes separados e pesados (SANQUETTA e BALBINOT, 2004), ou pelo método indireto, no qual são utilizadas equações alométricas, fatores de biomassa (SEGURA e KANNINEN, 2005; SOMOGYI et al., 2006; BREUGEL et al., 2011).

A acumulação de biomassa é afetada por todos aqueles fatores relacionados com a fotossíntese e a respiração (KOZLOWSKI e PALLARDY, 1996). Este acúmulo de biomassa e o crescimento das árvores dependem, entre outros fatores, da qualidade do sítio, textura e disponibilidade de nutrientes no solo das características climáticas e da altitude em que está localizado o plantio (KADEBA, 1994). Este reflexo das variações dos fatores ambientais e da própria planta se configura em uma relação entre biomassa e produtividade primária, que é normalmente baixa em povoamentos jovens de rápido crescimento e é maior quando a maioria da energia é utilizada para manter o alto estoque de biomassa (CAMPOS, 1991; CALDEIRA, 1998).

Tipos diferentes de floresta armazenam

diferentes quantidades de carbono em sua biomassa, e locais diferentes dentro de um mesmo tipo de floresta também variam muito com relação à quantidade de biomassa (HOUGHTON, 1994). Esta afirmação é feita em função da maioria das estimativas de biomassa serem feitas apenas nas partes aéreas da planta, considerando-se somente as partes vivas da mesma acima do solo.

A relação entre a biomassa e a produtividade primária é normalmente baixa em plantios jovens de rápido crescimento e superior onde a maior parte da energia é utilizada para manter o alto estoque de biomassa existente, indicando que o estoque de biomassa e de carbono varia conforme o estágio de crescimento do plantio (LUGO et al., 1988; WATZLAWICK et al., 2002; CALDEIRA et al., 2011). Nesse sentido, objetivou-se estimar a biomassa e o carbono orgânico em plantios de *Araucaria angustifolia* com diferentes idades e entender a distribuição desta biomassa.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de General Carneiro, sul do estado do Paraná, localizado na interseção das coordenadas geográficas $26^{\circ}43'00''$ latitude S e $51^{\circ}24'35''$ longitude W de Greenwich, com altitude aproximada de 1000 m s.n.m. (PARANÁ, 1987). A área da fazenda onde foi desenvolvido o trabalho é de aproximadamente de 4570 ha .

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), ou seja, temperado com verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas, sem estação seca. A temperatura média dos meses mais quentes é inferior a 22°C e a dos meses mais frios é inferior a 18°C , com precipitação média anual entre 1600 e 1800 mm (PARANÁ, 1987; IAPAR, 1994, CAVIGLIONE et al., 2013). O clima da região pode ser considerado como Temperado

Semiúmido de Altitude (CAMARGO, 1998).

Em relação ao relevo, General Carneiro apresenta 20% de topografia plana, 65% de topografia ondulada e 15% de topografia montanhosa. Nesta região, pelo sistema de classificação de solos da Embrapa (2006), os tipos de solos predominantes são Neossolos Litólicos, Cambissolos e Argissolos. Os plantios de araucária foram feitos sobre Cambissolos e Argissolos. De acordo com Boletim de Pesquisa (1984), os Cambissolos compreendem solos minerais não hidromórficos com horizonte B câmbico e altos teores de silte. Os Argissolos são formados por solos não hidromórficos com horizonte B textural, argiloso com baixa capacidade de troca de cátions, ricos em sesquióxidos de Fe e Al. São solos com teores relativamente elevados de Mn.

A formação florestal original da área de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana (IBGE, 2012). Contudo, devido às diversas atividades antrópicas, a vegetação se encontra fragmentada e em diferentes estágios sucessionais.

Os povoamentos estudados de *Araucaria angustifolia* não tiveram intervenções silviculturais relacionadas à desrama, porém, em todos os povoamentos ocorreram práticas de desbaste em diferentes épocas. Nos povoamentos com 32 e 31 anos de idade, foram realizados três desbastes, sendo o último realizado em 1996 e 1999, respectivamente. Nos demais povoamentos constantes da Tabela 1, ou seja: 30, 29, 25, 24 e 23 anos, foram realizados dois desbastes, sendo que o último desbaste foi realizado em 1993, 1993, 1996, 1996 e 1997, respectivamente.

A determinação de biomassa no campo foi realizada de acordo com o método destrutivo de quantificação, utilizando-se para tanto a amostragem de sete árvores distribuídas aleatoriamente pelo povoamento em cada uma das idades. Os indivíduos foram abatidos, obtendo-se inicialmente as variáveis dendrométricas: DAP, altura total e altura comercial (diâmetro mínimo de 8 cm).

Após abater cada árvore seus compartimentos (ramo aciculado, galhos vivos, galhos mortos, casca e lenho do fuste) foram separados e amostrados. Estas amostras foram pesadas no campo, em balança digital com precisão de 0,1 g para determinação do teor de umidade.

A amostragem do ramo aciculado foi realizada no terço inferior, médio e superior da copa. Para o compartimento galhos adotou-se o mesmo procedimento, retirando-se amostras com casca na extremidade, meio e base dos galhos. As amostras de casca do fuste foram retiradas na base, à meia altura e na ponta da árvore, nos mesmos locais em que foram retirados os discos para amostragem da madeira do fuste. A quantificação do peso total da casca foi feita por relações de fator de casca. A madeira do fuste foi seccionada e pesada diretamente em uma balança com capacidade para 500 kg. Após a amostragem, os galhos foram removidos para coleta e pesagem dos ramos aciculados. Depois de separados, os galhos foram igualmente pesados.

Após a pesagem e amostragem dos diversos componentes, estes foram levados para laboratório e secos em estufa de renovação e circulação de ar a uma temperatura constante de 65°C até atingir peso constante, para posterior determinação da massa

TABELA 1: Informações dendrométricas das plantações de *Araucaria angustifolia* nas diferentes idades.
TABLE 1: Dendrometric informations of the *Araucaria angustifolia* plantation at different ages.

Idade (anos)	Nº de Desbastes	Último Desbaste	Nº Árv ha ⁻¹	Área basal (m ² ha ⁻¹)	Volume do fuste (m ³ ha ⁻¹)
23	2	1997	970	58,25	613,02
24	2	1996	590	17,76	100,31
25	2	1996	516	38,97	358,77
29	2	1993	536	29,91	219,78
30	2	1993	544	44,43	418,41
31	3	1999	292	50,18	520,21
32	3	1996	449	47,38	518,48
\bar{x}			556	40,98	392,71
S			206	13,55	181,58
IC			556 ± 289	40,98 ± 18,99	392,71 ± 254,41

Em que: \bar{x} = média; S = desvio padrão; IC = Intervalo de confiança de 99% de probabilidade.

seca e preparação para análise química do teor de carbono orgânico.

As análises de carbono orgânico em cada componente da biomassa foram realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, seguindo a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Com base nos dados provenientes da biomassa verde e teores de umidade para cada compartimento de cada árvore abatida, realizaram-se os cálculos da biomassa seca, utilizando-se a seguinte formulação:

$$BS = BV \times (1 - Um)$$

Em que: BS = biomassa seca (kg); BV = biomassa verde (kg); Um = teor de umidade (%).

Após os cálculos da biomassa seca, procederam-se os cálculos relativos à quantificação de carbono orgânico existente em cada compartimento, utilizando-se para tanto a seguinte fórmula:

$$CO = BS \times TCO$$

Em que: CO = carbono orgânico (kg); BS = biomassa seca (kg); TCO = teores médios de carbono orgânico ($g\ kg^{-1}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O plantio com 23 anos apresentou o maior volume de lenho do fuste ($613,02\ m^3\ ha^{-1}$), superior aos plantios com 30, 31 e 32 anos ($418,41$; $520,21$ e $518,48\ m^3\ ha^{-1}$), respectivamente. Porém, em termos de peso da biomassa do fuste, os resultados foram próximos, sendo que o plantio com 23 anos totalizou $138,02\ Mg\ ha^{-1}$ e os plantios com 30, 31 e 32 anos somaram $118,77$; $128,97$ e $155,01\ Mg\ ha^{-1}$, respectivamente. Estes dados apontam para o fato que o estoque de biomassa, e, por conseguinte de carbono, não estão relacionados diretamente e unicamente com o volume, mas também em função da idade do plantio e, conseqüentemente, à densidade da madeira. Valeri (1989) complementa, dizendo que a quantidade de biomassa varia em função das condições do povoamento, tais como: qualidade do sítio, altitude, fatores ambientais e silviculturais.

O fato do povoamento com menor idade ser o segundo em produção total de biomassa e acúmulo de carbono orgânico pode ser justificado pela grande densidade de indivíduos por hectare,

valor este que também afetou diretamente a quantidade de volume do fuste.

Durante o crescimento da árvore, ou plantio, o incremento da biomassa do fuste é maior em relação aos demais compartimentos (GONÇALVES et al., 2004; MARTIN e JOKELA, 2004.). Segundo Otto (1994), durante a fase inicial do desenvolvimento de uma floresta, uma grande parte de carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa. Posteriormente, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa de tronco aumenta e a de folhas e ramos diminui gradativamente.

Segundo Cromer et al. (1975) e Schumacher e Caldeira (2001), a produção de biomassa tende a aumentar com a idade e, de modo geral, a idade (GONÇALVES et al., 2004) e o espaçamento (LADEIRA et al., 2001) são os fatores que mais interferem na distribuição da biomassa entre os diferentes componentes das árvores. Neste trabalho, a idade e o espaçamento (alterado por diferentes intensidades e número de desbastes) também foram os fatores que mais influenciaram na distribuição da biomassa entre os diferentes plantios de araucária estudados.

Foi verificado também que, a medida que a densidade populacional diminui, a produção total por indivíduo aumenta, com elevação da alocação de biomassa no fuste e, conseqüentemente, na casca.

Os povoamentos com 24, 25 e 29 anos de idade foram os que apresentaram os menores valores de produção de biomassa e acúmulo de carbono orgânico. Este fato está associado aos menores valores de área basal e, conseqüentemente, de volume (Tabela 1), os quais dependem dos diâmetros, sendo este influenciado pela densidade de indivíduos e qualidade dos sítios florestais.

Schumacher, Hoppe e Barbieri (2000) em estudo realizado com povoamentos de *Araucaria angustifolia* em Quedas do Iguaçu - PR, com 14 e 27 anos de idade, encontraram $43,15$ e $173,83\ Mg\ ha^{-1}$ de produção de biomassa, $18,46$ e $79,04\ Mg\ ha^{-1}$ de carbono orgânico acumulado, respectivamente. Ressalta-se que o valor observado pelos autores para o povoamento com 27 anos de idade, foi superior ao povoamento com 29 anos no presente estudo, diferença esta que pode ter ocorrido em função de condições edafoclimáticas e material genético.

Ao se tratar os componentes separadamente, tanto com relação à produção de biomassa como o acúmulo de carbono orgânico, a distribuição percentual foi na seguinte ordem:

TABELA 2: Biomassa e carbono orgânico (Mg ha⁻¹) em povoamentos de *Araucaria angustifolia*, localizados em General Carneiro - PR.TABLE 2: Biomass and organic carbon (Mg ha⁻¹) in *Araucaria angustifolia* plantation, at General Carneiro-PR.

Idade (anos)	Biomassa					Total	Nº de árv ha ⁻¹	Biomassa por árv (kg)
	Ramo Aciculado	Galhos Vivos	Galhos Mortos	Casca	Lenho do Fuste			
23	24,86	41,77	3,91	70,11	138,02	278,67	970	287,3
24	13,55	2,91	1,13	13,83	29,30	60,72	590	102,9
25	18,04	31,32	2,50	43,64	73,96	169,46	516	328,4
29	6,90	14,20	2,78	22,64	82,33	128,85	536	240,4
30	22,05	37,31	3,31	66,62	118,77	248,06	544	456,0
31	19,90	33,43	3,89	78,11	128,97	264,30	292	905,1
32	20,50	53,56	5,91	54,86	155,01	289,84	449	645,5
\bar{x} (média)	17,97	30,64	3,35	49,97	103,77	205,70		
S (des. padrão)	6,00	17,04	1,48	24,47	43,88	87,44		
IC	17,97 ± 8,41	30,64 ± 23,87	3,35 ± 2,07	49,97 ± 34,28	103,77 ± 61,48	205,70 ± 122,51		
23	11,04	17,43	1,68	28,12	60,89	119,16	970	122,8
24	1,56	1,21	0,48	5,55	12,92	21,73	590	36,8
25	7,94	13,07	1,07	17,50	32,62	72,21	516	139,9
29	3,04	5,93	1,19	9,08	36,32	55,56	536	103,7
30	9,70	15,57	1,42	26,72	52,40	105,81	544	194,5
31	8,76	13,95	1,67	31,33	56,90	112,61	292	385,7
32	9,02	22,35	2,54	22,00	67,95	123,86	449	275,9
\bar{x} (média)	7,29	12,79	1,44	20,04	45,71	87,86		
S (des. padrão)	3,57	7,11	0,64	9,81	19,28	38,45		
IC	7,29 ± 5,01	12,79 ± 9,96	1,44 ± 0,90	20,04 ± 13,74	45,71 ± 27,01	87,86 ± 53,87		

Em que: \bar{x} = média; IC = Intervalo de confiança de 99% de probabilidade.

lenho do fuste > casca > galhos vivos > ramos aciculados > galhos mortos, diferindo apenas no povoamento com 24 anos, no qual a percentagem de ramos aciculados foi maior que a de galhos vivos. Similaridade de resultados para a *Araucaria angustifolia* foram verificadas nos trabalhos de Sanquetta et al. (2003) e Schumacher et al. (2011).

Para Krapfenbauer e Andrae (1976), ao realizarem estudo em povoamento de *Araucaria angustifolia* na região de Passo Fundo - RS, com 17 anos de idade, verificaram que a quantidade de biomassa do tronco representava 72,4 % do total acima do solo. No mesmo trabalho, os autores relatam biomassa de 12,9 % e 12,4 % para casca e raízes, respectivamente.

De acordo com Gonçalves et al. (2004), grandes diferenças de necessidades totais de nutrientes são mais frequentes entre espécies do que entre variações genotípicas de uma mesma espécie. Já para Barros e Novais (1996), a nutrição da planta e o consequente aumento de produção de biomassa, é melhor determinado pela distribuição das chuvas que influenciam a disponibilidade de água no solo, bem como uma melhor disponibilidade de nutrientes.

A espécie *Pinus taeda* é a conífera com maior área de plantio no Brasil e, de certo modo, se assemelha à *Araucaria angustifolia*. Watzlawick et al. (2013) estudaram plantios desta espécie aos 14, 16, 19, 21, 22, 23 e 32 anos de idade com

densidade de 898, 812, 100, 440, 398, 200 e 100 árv ha⁻¹, respectivamente. As diferentes densidades são em função dos desbastes. Sendo que, os talhões com 32, 23 e 22 anos sofreram quatro desbastes, os talhões com 21, 19 e 16 anos tiveram três desbastes e o talhão com 14 anos sofreu apenas um desbaste. A maior produção de biomassa foi verificada na idade de 21 anos, 273,34 Mg ha⁻¹, este talhão também apresentou a maior área basal e produção de madeira, 49,91 m² ha⁻¹ e 655,46 m³ ha⁻¹. Os talhões com 14 e 32 anos apresentam biomassa total e carbono acumulado semelhante. No plantio com 19 anos de idade, a biomassa encontrada foi de 90,58 Mg ha⁻¹.

Balbinot et al. (2003), estudando a mesma espécie com 5 anos de idade (1600 árv ha⁻¹) em Cambará do Sul - RS, encontraram 33,2 Mg ha⁻¹ de biomassa e 15,3 Mg ha⁻¹ de carbono estocado, observa-se que os valores encontrados nos dois trabalhos diferem, porém, torna-se irrelevante essa variação quando se considera a diferença de idade dos plantios (14 anos). Assim, áreas que apresentam plantas menores (DAP < 5 cm), mas com uma alta densidade, podem se assemelhar no carbono acumulado, com áreas de árvores maiores (DAP > 10 cm), mas com baixa densidade. Balbinot et al. (2008), estudando *Pinus* spp. com diferentes idades (menor 5, entre 5 e 15 e maior que 15 anos) no sul do Paraná, estimaram em 198,46 e 89,44 Mg ha⁻¹ (689 árv ha⁻¹) a biomassa e carbono, respectivamente, em plantios com mais de 15 anos.

Como se sabe, as maiores áreas reflorestadas no Brasil pertencem a empresas que já possuem atividades econômicas definidas. Portanto, os regimes de manejo que vêm sendo aplicados aos plantios são próprios para as finalidades utilizadas nos empreendimentos. Sendo assim, com a atual possibilidade de comercialização dos créditos de carbono, há que se definir a melhor maneira de concretizar e o horizonte de duração (SANQUETTA et al., 2004).

Quando se fala em elaborar um projeto de floresta de carbono é importante que se tenha claro a finalidade da matéria-prima, ou seja, qual o melhor manejo para resultar em uma matéria-prima de qualidade e qual manejo que resultará em maior estoque de carbono.

CONCLUSÕES

Nos plantios de *Araucaria angustifolia*, o estoque de biomassa e carbono orgânico arbóreo

nas diferentes idades consideradas variou de 60,72 a 289,84 Mg ha⁻¹ e 21,73 a 123,86 Mg ha⁻¹, respectivamente. Ficou evidente que a densidade de plantas e a intensidade de desbaste influenciaram diretamente a biomassa e o carbono estocados.

Diferentes níveis de intervenções afetam a quantidade de biomassa, portanto, o manejo de plantações de *Araucaria angustifolia*, que pretendam integrar projetos de créditos de carbono, devem analisar as opções disponíveis considerando este aspecto ecológico (serviço ambiental).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALBINOT, R. et al. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Irati, v. 5, n. 1, p. 59-68, 2003.
- BALBINOT, R. et al. Estoque de carbono em plantação de *Pinus* spp. Em diferentes idades no sul do estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 317-324, 2008.
- BREUGEL, M. Van. et al. Estimating carbon stock in secondary forests: Decisions and uncertainties associated with allometric biomass models. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, p. 1648-1657, 2011.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Biomassa de plantio de *Acacia mearnsii* De Wild., Rio Grande do Sul, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 133- 141, 2011.
- CALDEIRA, M. V. W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CAMARGO, J. B. **Geografia física, humana e econômica do Paraná**. 2. ed. Chichetec, 1998. 207p.
- CAMPOS, M. A. A. **Balço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*. Avaliação na safra e na safrinha**. 1991. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2012. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 11 out 2013
- CROMER; R.N. et al. *Eucalyptus* plantations in

- Australia. The potential for intensive production. **Appita**, v. 29, p. 165-173, 1975.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2. ed. 2006. 412p.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. An evaluation of minimum and intensive soil preparation regarding fertility and tree nutrition. In: GONÇALVES, J.L.M. e BENEDETTI, V. (eds.) **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. cap. 2, p. 13-64.
- HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. In: EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994. **Anais...** Rio de Janeiro, 1994. p. 38–76.
- IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49p. (Documentos; 18).
- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Good practice guidance for land-use change and forestry**, 2003. Disponível em: <<http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gp/english/>>. Acesso em: 12 out, 2013.
- KADEBA, O. Growth and nutrient accumulation by *Pinus caribaea* on three savanna sites in northern Nigeria. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 49, p. 139-147, 1994.
- KOZŁOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiological of woody**. 2. ed. San Diego: Academic, 1996. 432p.
- KRAPFENBAUER, A.; ANDRAE, F. **Inventur einer 17 jährigen Araukarienaufforstung in Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasilien**. Forstwesen, 1976, v. 93, n. 2, p. 70-87.
- LADEIRA, B. C. et al. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos em uma sequência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25n n. 1, p. 69-78, jan/mar. 2001.
- LUGO, A. E.; BROWN, S.; CHAPMAN, J. An analytical review of production rates and stem wood biomass of tropical forest plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 23, p. 179-200, 1988.
- MARTIN, T.A.; JOKELA, E.J. Stand development and production dynamics of loblolly pine under a range of cultural treatments in north-central Florida USA. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 192, n. 1, p.39-58, 19 Apr. 2004.
- OTTO, H. J. **Waldökologie**. Stuttgart, Ulmer, 1994, 391p.
- PARANÁ. Secretária de Estado de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. **Atlas do Estado do Paraná**, Curitiba, 1987. 73p.
- SANQUETTA, C. R. et al. Relações individuais de biomassa e conteúdo de carbono em plantações de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 33-40, jul/set. 2003.
- SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: UFPR/Ecoplan, 2004, p. 47-63.
- SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de biomassa no corte raso de plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze de 27 anos de idade em Quedas do Iguaçu, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 53-62, jan-mar., 2011.
- SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 45-53, 2001.
- SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; BARBIERI, S. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes no corte raso de uma floresta de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. na região de Quedas de Iguaçu-PR**. Santa Maria: UFSM, 2000. (Relatório de pesquisa).
- SEGURA, M.; KANNINEN, M. Allometric Models for Tree Volume and Total Aboveground Biomass in a Tropical Humid Forest in Costa Rica. **Biotropica**, v. 37, n. 1, p. 2–8, 2005.
- SOMOGYI, Z. et al. Indirect methods of large forest biomass estimation. **Europe Journal Forest Research**, [S.l.], Feb., 2006.
- TANS, P; KEELING, R. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. NOAA/ESRL and Scripps Institution of Oceanography, 2013. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>>. Acesso em: 11 out, 2013.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRG, Departamento de Solos/Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim Técnico; 5).
- VALERI, S. V.; SOARES, R. V.; MONTEIRO, R. F. R. Exportação de biomassa de *Pinus taeda* L, desbastados em diferentes idades. **Floresta**, Curitiba, v. 19, n. 1 p. 23-29, 1989.
- WATZLAWICK et al. Aboveground stock of

biomass and organic carbon in stands of *Pinus taeda* L. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 509-515, jul./set. 2013

WATZLAWICK, L. F. et al. Fixação de carbono em

floresta ombrófila mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Org.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. p. 153-173.