

## ESTIMATIVA DE BIOMASSA E CARBONO ORGÂNICO EM POVOAMENTOS DE *Pinus taeda* L. COM DIFERENTES IDADES<sup>1</sup>

*Estimating Biomass and Organic Carbon in Pinus taeda L. of Different Ages*

Luciano Farinha Watzlawick<sup>2</sup> e Marcos Vinicius Winckler Caldeira<sup>3</sup>

**Resumo:** A estimativa de biomassa e carbono orgânico foi realizada em povoamentos com *Pinus taeda* com 14 e 32 anos de idade, plantados nas Indústrias Pedro N. Pizzatto Ltda., município de General Carneiro-PR. Para estimar a biomassa das vegetações arbórea e arbustiva (sub-bosque), da serapilheira acumulada e das raízes, foram utilizadas unidades amostrais com diferentes tamanhos. Constatou-se que a produção média de biomassa total (acima e abaixo do solo) no povoamento com 14 anos foi 171,72 Mg ha<sup>-1</sup> (número médio de árvores por hectare = 898) e no povoamento com 32 anos foi 171,81 Mg ha<sup>-1</sup> (número médio de árvores por hectare = 100). Já o estoque de carbono orgânico na biomassa total do povoamento com 14 anos foi 21,1% inferior ao do povoamento com 32 anos. A produção de biomassa do sub-bosque foi muito semelhante em ambas as idades, porém a produção de biomassa e o conteúdo de carbono orgânico na serapilheira do povoamento com 14 anos de idade foram o dobro daqueles constatados no povoamento mais velho.

**Palavras-chave:** *Pinus taeda*, biomassa, serapilheira acumulada, carbono orgânico e sub-bosque.

**Abstract:** Biomass and organic carbon estimate was carried out in 14- and 32- year old *Pinus taeda* stands planted at Pedro N. Pizzatto Industries Ltd. in General Carneiro-PR. Sampling units of different sizes were used to estimate the biomass of arboreal and arbustive (understorey) vegetations, accumulated litter and roots. Total biomass average production (above and below ground) in the 14-year-old plantation was 171.72 Mg ha<sup>-1</sup> (mean number of trees per hectare = 898) and in the 32-year-old plantation, 171.81 Mg ha<sup>-1</sup> (mean number of trees per hectare = 100). Organic carbon in the total biomass of the 14-year-old plantation was 21.1% lower than that of the 32-year-old plantation. Understorey biomass production was very similar in both ages; however, biomass production and organic carbon content in the 14- year-old plantation litter were double those in the older plantation.

**Key words:** *Pinus taeda*, biomass, litter, organic carbon, understorey.

---

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 19.8.2004 e aceito em 16.12.2004.

<sup>2</sup> Prof. Adjunto, D.S., Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, BR 153, km 7, Bairro Riozinho, 84.500-000 Irati-PR, <farinha@irati.unicentro.br>. <sup>3</sup> Prof., D.S., Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Regional de Blumenau – FURB, Rua Araçatuba, 83 – Campus II – Itoupava Seca, 89030-080 Blumenau-SC, <caldeira@furb.br>.

## 1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas florestais contêm cerca de 90% da biomassa da Terra, cobrindo aproximadamente 40% da sua superfície (Gardner & Mankin, 1981). Por causa da grande proporção existente de biomassa, torna-se importante e útil realizar avaliações nos diferentes ecossistemas (Campos, 1991). É importante também estudar a conversão de energia e a ciclagem de nutrientes (Golley et al., 1971), a absorção e o armazenamento de energia solar (Andrae & Krapfenbauer, 1983), possibilitando assim a realização de avaliações e considerações para o manejo racional dos diferentes ecossistemas.

Martinelli et al. (1994) definiram biomassa como a quantidade expressa em massa do material vegetal disponível em uma floresta. Brigadão (1992) referiu-se ao termo fitomassa como material seco da planta, que combinado com a zoomassa corresponde à biomassa.

Conforme Kozłowski & Pallardy (1996), a acumulação de biomassa é afetada por todos aqueles fatores relacionados com a fotossíntese e a respiração. Campos (1991) e Caldeira (1998) acrescentaram que esta acumulação (produção) é diferente de local para local, o que reflete a variação dos diversos fatores ambientais e daqueles inerentes à própria planta, existindo uma relação entre biomassa e produtividade primária que é conhecida como acumulação de biomassa. Esta relação é normalmente baixa em povoamentos jovens de rápido crescimento e é maior onde a maior parte da energia é utilizada para manter o alto estoque de biomassa existente.

Sabe-se que durante a fase inicial do desenvolvimento de uma floresta grande parte dos carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa. Com o passar do tempo, as copas começam a competir entre si, aumentando a produção relativa do tronco e diminuindo gradativamente a biomassa das folhas e dos ramos (Andrae, 1978; Schumacher, 1996).

As estimativas de biomassa dos vários tipos florestais geram ainda muita polêmica e controvérsias, conforme Higuchi & Carvalho Júnior (1994). Algumas estimativas vêm de estudos em que foram utilizados métodos diretos e outras, métodos indiretos. Os métodos indiretos geralmente se baseiam em dados provenientes de inventários florestais, executados com a finalidade de planejar a exploração e o manejo florestal, em que a variável é o volume de madeira. Já nos métodos diretos, são derrubadas e pesadas todas as árvores que ocorrem em uma parcela fixa.

Houghton (1994) relatou que tipos diferentes de floresta armazenam diferentes quantidades de carbono dentro de sua biomassa e que locais diferentes dentro de um mesmo tipo de floresta também variam muito com relação à quantidade de biomassa. Esta afirmação é feita em função de a maioria das estimativas de biomassa ser feita apenas nas partes aéreas da planta, considerando-se somente as partes vivas da planta acima do solo. O autor sugeriu que adaptações devem ser feitas para as estimativas das árvores menores, da vegetação rasteira no solo e da vegetação viva abaixo do solo (raízes), devendo-se incluir também a vegetação morta, tanto acima como abaixo do solo, em pé ou caída.

Koehler et al. (2002) comprovaram as afirmações feitas por Higuchi & Carvalho Júnior (1994). Em estudo para verificar as fontes e os erros nas estimativas do potencial de carbono, os autores ajustaram um modelo matemático para gerar estimativas, utilizando dados de biomassa determinados diretamente no campo (parâmetro). Ao gerar as estimativas e compará-las com os dados de campo, foi verificado que elas subestimavam em 12,88% a quantidade de biomassa real. Os autores também chamaram a atenção para a realização de inventários de biomassa e a utilização de equações impróprias. No mesmo trabalho, os autores utilizaram a equação ( $Y = \exp[-3,1141 + 0,9719 \times \ln(DAP^2 \times H_{tot})]$ ),

desenvolvida por Brown et al. (1989), e constataram uma superestimativa de 27,06% para a biomassa real. Concluíram dizendo que os diferentes tipos florestais produzem diferentes quantidades de biomassa, portanto deve-se ter cuidado ao usar equações obtidas para tipos florestais e condições diferentes daqueles em que se deseja estimar a biomassa.

O *Pinus taeda*, uma das principais espécies plantadas no Estado do Paraná, vem suprindo as indústrias de base florestal com matéria-prima, tornando-se assim importante para o setor industrial madeireiro. A quantificação da biomassa arbórea e do carbono orgânico na espécie torna-se importante em função de seu rápido crescimento, conseqüentemente ela fixa maior quantidade de carbono orgânico, em menor tempo.

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi estimar a biomassa e o carbono orgânico na vegetação arbórea e arbustiva (sub-bosque e regeneração), na raiz e na serapilheira em povoamentos de *Pinus taeda* L. com 14 e 32 anos de idade, plantados em General Carneiro-PR.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma propriedade das Indústrias Pedro N. Pizzatto, localizada em General Carneiro, Paraná (Figura 1). O município está localizado entre as coordenadas geográficas 26°43'00" latitude S e 51°24'35" longitude W de Greenwich, com altitude aproximada de 1.000 m n.m.m. (Paraná, 1987). A área total da fazenda onde foi desenvolvido o trabalho é de 4.210,75 ha.

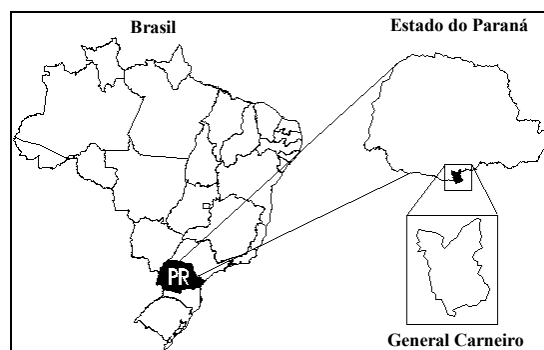
Pela classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), ou seja, temperado com verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas, sem estação seca. A média das temperaturas do mês mais quente é inferior a 22 °C e a do mês mais frio é superior a -18 °C (Paraná, 1987; Iapar, 1994). Para Camargo (1988), o clima da região pode ser

considerado como Temperado Semi-Úmido de Altitude.

Os Neossolos Litólicos são solos minerais, poucos desenvolvidos, formados a partir de diferentes materiais de origem, que se desenvolveram no Estado do Paraná principalmente de rochas eruptivas básicas e intermediárias, rochas ígneas ácidas, folhelhos, filitos e arenitos. Os Cambissolos compreendem solos minerais não-hidromórficos com horizonte B câmbico e altos teores de silte (Boletim de Pesquisa, 1984).

Os Argissolos são formados por solos não-hidromórficos com horizonte B textural, argilosos com baixa capacidade de troca de cátions, ricos em sesquióxidos de Fe e Al e derivados de rochas do derrame do Trapp. São solos com predomínios de minerais pesados e teores relativamente elevados de Mn (Boletim de Pesquisa, 1984).

Nos povoamentos de *Pinus taeda* estudados não foram realizadas desramas, porém foram realizados desbastes. No povoamento com 32 anos foram feitos quatro desbastes, tendo o último sido realizado em 2000. Já o povoamento com 14 anos teve somente um desbaste, realizado em 1998. No Quadro 1 estão as infomações dendrométricas para as plantações da espécie considerada.



**Figura 1** – Localização do município de General Carneiro-PR.

**Figure 1** – Localization of the municipal district of General Carneiro-PR.

**Quadro 1** – Informações dendrométricas das plantações de *Pinus taeda* nas diferentes idades  
**Table 1** – Dendrometric information of the *Pinus taeda* plantation stands in various ages

Idade (anos)	Nº de Árv ha <sup>-1</sup>	Área Basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume do Fuste (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
14	898	40,28	402,48
32	100	27,60	340,47

## 2.1 Procedimentos de campo e de laboratório

Os dados de biomassa foram coletados no campo, mediante o uso do método destrutivo de quantificação, utilizando-se para tanto a amostragem de sete árvores, em cada uma das idades, distribuídas aleatoriamente pelo povoamento. Todos os indivíduos foram derrubados para obtenção das variáveis dendrométricas DAP, altura total e altura comercial.

Depois de abater cada árvore, seus componentes foram amostrados. Estas amostras foram pesadas no campo, em balança mecânica com precisão de 0,1 g, para determinação do teor de umidade.

A amostragem das acículas foi feita na ponta, no meio e na base da copa. No caso dos galhos, adotou-se o mesmo procedimento, retirando-se amostras com casca na extremidade, no meio e na base dos galhos. As amostras da casca do fuste foram retiradas na base, à meia altura e na ponta da árvore, nos mesmos locais onde foram retirados os discos para amostragem da madeira. A quantificação do peso total da casca foi feita por relações de fator de casca. Já a madeira do fuste foi seccionada e pesada diretamente em uma balança com capacidade para 300 kg. Após a amostragem os galhos foram removidos, para coleta e pesagem dos ramos aciculados. Depois de separados os galhos foram igualmente pesados.

A biomassa radicial foi quantificada na área determinada como área teórica de ocupação de cada planta dentro do povoamento. Em se tratando de um plantio de 2,5 x 2,0 m, a área útil (5 m<sup>2</sup>) foi escavada até 0,5 m de profundidade, onde as raízes com diâmetro igual ou superior a 1 cm foram coletadas.

Após a pesagem e a amostragem dos diversos componentes, estes foram levados para laboratório e secos em estufa de renovação e circulação de ar à 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 a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995), realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

A etapa de processamento dos dados envolveu os cálculos de biomassa úmida, biomassa seca e carbono orgânico. Com os dados provenientes da biomassa verde, ou seja, teores de umidade para cada componente de cada árvore abatida, calculou-se a biomassa seca, utilizando a seguinte formulação:

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

em que *BS* = biomassa seca (kg); *BV* = biomassa verde (kg); e *Um* = teor de umidade (%).

Após os cálculos da biomassa seca, procederam-se os cálculos relativos à quantidade de carbono orgânico existente em cada componente, utilizando a formulação:

$$CO = BS \times TCO$$

em que *CO* = carbono orgânico (kg); *BS* = biomassa seca (kg); e *TCO* = teores médios de carbono orgânico (g kg<sup>-1</sup>).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Biomassa e carbono orgânico na vegetação arbórea

No Quadro 2 estão os valores médios de biomassa e carbono orgânico encontrados nos povoamentos de *Pinus taeda* com 14 e 32 anos de idade. Em ordem decrescente, a maior produção de biomassa ocorreu na madeira do fuste > galhos vivos > raiz > casca > acículas > galhos mortos, no povoamento com 14 anos. No povoamento com 32 anos obteve-se a seqüência: madeira do fuste > galhos vivos > casca > raiz > acículas > galhos mortos. Contudo, em ambas as idades o estoque de carbono orgânico na biomassa teve a seguinte ordem decrescente: madeira do fuste > raiz > galhos vivos > casca > acículas > galhos mortos.

Os dados de biomassa (Quadro 2) são semelhantes aos dados apresentados por Schumacher (2000), em povoamentos de *Pinus taeda* com 20 e 15 anos de idade. Em ordem decrescente, a contribuição da biomassa no povoamento com 20 anos de idade foi madeira do fuste > ramos > raiz > casca > acículas, porém no povoamento com 15 anos a seqüência foi madeira do fuste > raiz > acículas > ramos > casca. Copetti (2001), trabalhando com a mesma espécie com 18 anos de idade, observou a seguinte seqüência: madeira do fuste > galhos vivos > casca > acículas > galhos mortos.

Em estudo realizado por Valeri (1988), com a mesma espécie, idade (14 anos) e condições de desbaste, na região de Telêmaco Borba-PR, a produção de biomassa arbórea foi diferente da obtida no presente estudo. O autor obteve 183,9 Mg ha<sup>-1</sup> de biomassa arbórea, distribuídos em acículas, 9,4 Mg ha<sup>-1</sup>; ramos, 26,3 Mg ha<sup>-1</sup>; ponteiro, 1,8 Mg ha<sup>-1</sup>; casca, 11,5 Mg ha<sup>-1</sup>; e madeira, 134,9 Mg ha<sup>-1</sup>. Ressalta-se que foi considerada ponteiro a parte do fuste com casca de diâmetros entre 7,0 e 2,5 cm. Os diâmetros inferiores ao especificado foram considerados ramos. Schumacher (2000), trabalhando com a mesma espécie na região de Cambará do Sul-RS, com 15 anos de idade, obteve biomassa acima do solo de 250,80 Mg ha<sup>-1</sup>, com uma densidade de 600 árvores por hectare.

Geralmente a biomassa acima do solo é distribuída na seguinte ordem: lenho > galhos > casca > folhas (Curlin, 1970). A distribuição da biomassa nos diferentes órgãos da planta varia de espécie para espécie, e até mesmo em uma população com a mesma espécie (Abrahamson & Gadgil, 1973; Schumacher, 1995; Caldeira, 1998; Caldeira, 2003; Watzlawick, 2003).

A porcentagem das raízes em relação à biomassa total foi de 13,7 aos 14 anos e 10,6 aos 32 anos. A diferença de porcentagem das raízes em relação à biomassa total entre as espécies florestais, principalmente em povoamentos de *Pinus taeda*, pode ser devido ao

**Quadro 2** – Biomassa e carbono orgânico (Mg ha<sup>-1</sup>) em povoamentos de *Pinus taeda*  
**Table 2** – Biomass and organic carbon (Mg ha<sup>-1</sup>) in *Pinus taeda* plantation stands

Biomassa							
Idade (anos)	Acícula	Galhos vivos	Galhos mortos	Casca	Madeira do fuste	Raiz	Total
14	5,62	23,57	4,40	19,29	95,33	23,51	171,72
32	8,18	21,18	4,46	20,42	99,33	18,24	171,81
Carbono orgânico							
14	2,36	9,62	1,80	7,41	40,75	9,89	75,94
32	3,43	8,65	1,82	7,81	42,46	10,26	96,20



sítio onde estão implantados os povoamentos, bem como à fertilidade do solo.

Os resultados encontrados por Schumacher (2000) em povoamentos da mesma espécie, porém com idades diferentes, não são semelhantes aos do presente estudo. A quantidade de carbono orgânico aos 10 anos foi de 6,92 Mg ha<sup>-1</sup>, aos 15 anos 11,33 Mg ha<sup>-1</sup> e aos 20 anos 17,58 Mg ha<sup>-1</sup>. No entanto, o porcentual de contribuição do sistema radicular encontrado por Schumacher (2000) apresentou valores semelhantes em relação aos dados listados no Quadro 2, ou seja, 14,3% (10 anos), 8,8% (15 anos) e 12,5% (20 anos) em relação à biomassa total dos componentes da árvore.

A produção de biomassa abaixo do solo varia com a espécie e o espaçamento (Reis et al., 1993; Watzlawick, 2003; Caldeira, 2003). Nesse sentido, Gonçalves et al. (2000) acrescentaram que a contribuição do sistema radicular para a biomassa total da árvore varia em função da idade (Schumacher, 1995; Watzlawick, 2003), em que os percentuais maiores ocorrem na fase inicial do crescimento, sendo a maioria dos fotoassimilados sintetizados pelas plantas canalizada para a formação de copas e o do sistema radicular. Esta contribuição somente mudará após o fechamento da copa, quando o acúmulo de nutrientes passa a ser mais intenso nos troncos, uma vez que a formação da copa atingiu uma fase de relativa estabilidade, pois o auto-sombreamento impõe uma área foliar máxima limite.

As diferenças na produção de biomassa de raízes para uma mesma espécie, com mesma idade, porém em diferentes locais, podem ser atribuídas ao grau de armazenamento de nutrientes e às condições inerentes ao sítio, como menor teor de argila e matéria orgânica. Quanto maior a disponibilidade de água e nutrientes, maior será a alocação de assimilados para o sistema radicular, visando maior exploração espacial do solo.

De modo geral, comparando a biomassa e o estoque de carbono orgânico nos diferentes componentes do presente estudo com os dos demais trabalhos realizados com a mesma espécie, bem como com outras espécies, pode-se constatar que os valores não são similares em relação aos de outros trabalhos. Provavelmente, isso ocorre em função de diversos fatores, como: fatores ambientais e aqueles inerentes à planta (Spurr & Barnes, 1986), condições edafoclimáticas do sítio (Haag, 1985; Schumacher, 1995), idade (Cromer et al. 1975; Valeri 1988; Watzlawick, 2003), características ecofisiológicas de cada espécie (Schumacher, 1995; Caldeira, 2003), densidade de indivíduos (Valeri, 1988; Watzlawick, 2003), bem como em razão das diferentes metodologias utilizadas no levantamento (Caldeira, 2003; Watzlawick, 2003).

### 3.2 Biomassa e carbono orgânico na vegetação arbustiva (sub-bosque) e na serapilheira acumulada

A produção de biomassa e carbono orgânico na vegetação arbustiva (Quadro 3) foi inferior à obtida com *Pinus taeda* aos 22 anos de idade, com uma densidade de 398 indivíduos por hectare, conforme mostra o trabalho de Watzlawick (2003). Este fato pode ser em função da realização de desbastes mais intensos, o que permite maior entrada de luz, favorecendo assim o desenvolvimento da vegetação arbustiva.

Sabe-se que em povoamentos florestais, além das espécies plantadas, ocorre o desenvolvimento natural da vegetação, quer seja por espécies nativas ou pela regeneração natural da própria espécie plantada. Esta vegetação no presente trabalho foi considerada como vegetação arbustiva, que inicialmente compete por recursos como luz, água e nutrientes. Com o desenvolvimento da espécie plantada os indivíduos crescem como um todo e as copas que inicialmente possuíam maior espaço para o seu desenvolvimento começam a competir pelo espaço, ocorrendo

**Quadro 3** – Biomassa e carbono orgânico ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) na vegetação arbustiva (sub-bosque) e na serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de *Pinus taeda*  
**Table 3** – Biomass and organic carbon ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) in arbustive vegetation (subwood) and in accumulated litter over the soil in *Pinus taeda* plantations stands

Idade (anos)	Biomassa		Carbono Orgânico	
	Sub-bosque	Serapilheira	Sub-bosque	Serapilheira
14	2,79	20,76	1,12	8,55
32	3,07	10,63	1,18	3,96

assim o fechamento no dossel do povoamento, o que impede que ocorra maior incidência de luz na vegetação arbustiva, prejudicando, conseqüentemente, o seu desenvolvimento.

Comparar estudos de biomassa de forma ampla é tarefa difícil, principalmente da vegetação arbustiva, pois não há disponibilidade de literatura que verse sobre o tema proposto. Neste sentido, os trabalhos sobre biomassa arbustiva no Brasil foram até agora realizados com *Araucaria angustifolia* (Schumacher et al., 2002a, b), *Eucalyptus* spp. (Schumacher & Wistchoreck, 2004), *Pinus elliottii* (36 anos de idade) (Schumacher et al., 2004), *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* com várias idades (Watzlawick, 2003), em florestais naturais (Watzlawick, 2003; Caldeira, 2003) e em florestas naturais em diferentes estádios de regeneração (Watzlawick et al., 2002).

A produção de biomassa da vegetação arbustiva no povoamento com 14 anos de idade representou 1,63% da biomassa total ( $174,51 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), enquanto a produção de carbono orgânico representou 3,54% da quantidade total de carbono orgânico ( $78,73 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). No povoamento com 32 anos, a produção de biomassa da vegetação arbustiva representou 1,79% da biomassa total ( $174,88 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) e a quantidade de carbono orgânico 3,09% da produção total de carbono orgânico ( $99,27 \text{ Mg ha}^{-1}$ ).

Em função de quase não existir estudos sobre a produção de biomassa arbustiva com

diferentes espécies florestais, torna-se difícil a comparação dos dados do presente estudo. Neste sentido, os resultados aqui obtidos não são semelhantes ao de Schumacher & Wistchoreck (2004), pois a produção de biomassa da vegetação arbustiva em povamentos de *Eucalyptus* spp., com 8 anos de idade, foi de  $8,24 \text{ Mg ha}^{-1}$  e a quantidade de carbono orgânico  $1,22 \text{ Mg ha}^{-1}$ , bem como ao obtido por Schumacher et al. (2004), cuja produção de biomassa arbustiva em povamentos de *Pinus elliottii* foi de  $1,15 \text{ Mg ha}^{-1}$  e a quantidade de carbono orgânico de  $0,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

A quantidade média de serapilheira acumulada no povoamento com 14 anos de idade (Quadro 3) é semelhante à constatada por Rovedder et al. (2000) com *Pinus elliottii* aos 27 anos e *Pinus taeda* com 28 anos, plantados em Faxinal de Soturno-RS. Os autores observaram que a quantidade média de serapilheira acumulada foi de  $21$  e  $23 \text{ Mg ha}^{-1}$ , para *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, respectivamente. Porém, dados obtidos por Hendges et al. (1997) para *Pinus* sp., com a mesma idade e estabelecido na mesma região, revelaram que a serapilheira acumulada foi de  $63 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Pode-se também constatar que os dados sobre o acúmulo de serapilheira, em ambas as idades do presente estudo (Quadro 3), não são nada semelhantes aos obtidos com por Silva Júnior et al. (1987), que encontraram  $40 \text{ Mg ha}^{-1}$  de serapilheira acumulada em *Pinus taeda*.

Em um estudo realizado por Schumacher (2000) com *Pinus taeda*, em diferentes idades,

plantados em Cambará do Sul-RS, constataram-se diferentes quantidades de serapilheira acumulada. Foram encontrados 19,5 Mg ha<sup>-1</sup> aos 10 anos, 17,5 Mg ha<sup>-1</sup> aos 15 anos e 36,5 Mg ha<sup>-1</sup> aos 20 anos. Em relação ao carbono orgânico acumulado, o autor encontrou 8,0 Mg ha<sup>-1</sup>, 7,1 Mg ha<sup>-1</sup> e 14,7 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para 10, 15 e 20 anos. A elevada quantidade encontrada aos 10 anos justifica-se pela grande quantidade de resíduos provenientes da desrama realizada anteriormente.

A menor quantidade de biomassa e carbono orgânico na serapilheira acumulada no povoamento *Pinus taeda* aos 32 anos de idade, em relação à mesma espécie, mas com idades diferentes, conforme Watzlawick (2003), pode ser atribuída principalmente à menor deposição ou à maior taxa de decomposição, ocasionada por possuir maior quantidade de vegetação arbustiva (Caldeira, 2003).

#### 4 CONCLUSÕES

A produção de biomassa total (acima e abaixo do solo) foi praticamente igual nas duas idades, apresentando uma pequena diferença de 0,09 Mg ha<sup>-1</sup>. O povoamento com 32 anos de idade acumulou 21,1% de carbono orgânico a mais na biomassa total do que o povoamento com 14 anos de idade. No entanto, a produção de biomassa e o carbono orgânico acumulado na serapilheira do povoamento com 14 anos de idade foram o dobro em relação ao povoamento com 32 anos de idade. Para ambas as idades, a produção de biomassa e a de carbono orgânico na vegetação arbustiva foram semelhantes.

Para os povoamentos de *Pinus taeda* estudados, os estoques de biomassa e carbono orgânico e arbóreo e arbustivo, na raiz e na serapilheira, nas diferentes idades consideradas, variaram principalmente em função das diferenças existentes relacionadas às condições de manejo, como desbastes e desrama, e em função da intensidade de indivíduos

por hectare, condições essas que devem ser levadas em consideração nas determinações de biomassa e carbono orgânico, bem como nos diferentes sítios florestais.

De modo geral, fica evidente a importância de se realizar a quantificação da biomassa e do carbono orgânico nas diferentes idades dos povoamentos florestais, bem como nas diferentes partes componentes de uma árvore e nos diferentes compartimentos do ecossistema florestal considerado.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMSON, W. G.; GADGIL, M. Growth and reproductive effect in goldenrods solidago (Compositae). *American Naturalist*, v. 107, p. 651-661, 1973.
- CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná.** 2003. 176 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Produção de biomassa em uma procedência australiana de *Acacia mearnsii* De Wild., plantada no sul do Brasil. *Revista Árvore*, v. 24, n. 2, p. 201-206, 2000.
- COPETTI, L. **Produção e distribuição da biomassa em povoamento de *Pinus taeda* L, aos 18 anos de idade, na região de Cambará do Sul-RS.** 2001. 26 f. Relatório (Estágio Supervisionado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.
- CROMER, R. N. et al. Eucalyptus plantations in Australia. The potential for intensive production. *Appita*, v. 29, p. 165-173, 1975.
- CURLIN, J. W. Nutrient cycling as a factor in site productive and forest fertilization. In: YOUNGBERG, C. T.; DAVEY T. (Eds.). **Tree growth and forest soils.** Oregon: Oregon State University Press, 1970. p. 313-326.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: 1999. 412 p.



- GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luis de Queirós", 2000. p. 221-267.
- HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 144 p.
- HEEP, T. E.; BRISTER, G. H. Estimating crown biomass in Loblolly Pine plantations in the Carolina Flatwoods. **Forest Science**, v. 28, n. 1, p. 115-127, 1982.
- HENDGES, M. K. et al. Quantificação da serapilheira de *Pinus* sp., na região de Santa Maria-RS. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 13., 1998, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1998. 410 p.
- PARANA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina: 1984. (Boletim de pesquisa, 27)
- PARANÁ. Secretária de Estado de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. **Atlas do Estado do Paraná**. Curitiba: 1987. 73 p.
- REIS, G. G. et al. **Relações entre a densidade populacional e o uso de água, luz e nutrientes na região do Cerrado, Minas Gerais – resultados preliminares**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1993.
- RESENDE, G.C. et al. Produção e macronutrientes em florestas de eucalipto sob duas densidades de plantio. **Revista Árvore**, v. 7, n. 3, p. 165-196, 1983.
- ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation system in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973. Washington. **Proceeding...** Washington: 1973. v. 1. p. 309-317.
- ROVEDDER, A. P.; DURLO, M. A.; GATTO, D. A. Quantificação da serapilheira e macronutrientes sob povoamentos de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. In: FERTBIO - 2000, Santa Maria. **Resumos expandidos...** Santa Maria: SBCS:SBM, 2000. CD-ROM.
- SCHUMACHER, M. V. **Nährstoffkreislauf in verschiedenen Beständen von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien**. 1995. 167 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur, Wien, 1995.
- SCHUMACHER, M. V. **Quantificação do carbono orgânico orgânico em florestas de *Pinus taeda* L., com diferentes idades**. Santa Maria: UFSM, 2000a. (Relatório de Pesquisa).
- SCHUMACHER, M. V. et al. Quantifizierung der biomasse und des nährstoffgehalts bei der erstdurchforstung eines araukarienbestandes in Quedas do Iguaçu (Paraná, Brasilien). **Forstarchiv**, v. 73, n. 5, p. 187-194, 2002a.
- 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, 2002b. (Relatório de pesquisa).
- SCHUMACHER, M. V.; KÖNING, F. G.; KLEINPAUL, J. J. Quantificação de carbono orgânico na serapilheira, sub-bosque e solo em uma floresta de *Pinus elliottii* Engelm. aos 36 anos em Santa Maria, RS. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M. A. (Eds.) **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: Edição do Autor, 2004. p. 125-132.
- SCHUMACHER, M. V.; WISTSCHORECK, R. Inventário de carbono em povoamentos de *Eucalyptus* spp. nas propriedades fumageiras do sul do Brasil: um estudo de caso. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M. A. (Eds.) **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: Edição do Autor, 2004. p. 111-124.
- SILVA JÚNIOR, M. C.; BARROS, N. F.; PINHEIRO, A. L. Concentração de nutrientes e efeito sobre a fertilidade do solo de três espécies florestais, na região de Viçosa, MG. **Revista Brasil Florestal**, v. 62, p. 43-48, 1987.

SPURR, S. H.; BARNES, B. V. **Ecologia forestal**. México: 1986. 690 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRG, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

VALERI, S. V. **Exportação de biomassa e nutrientes de povoamentos de *Pinus taeda* L., desbastados em diferentes idades**. 1988. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II**. 2003. 120 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

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