

Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul

Rafaelo Balbinot

Mestrando em Ciências Florestais - UFPR
80210-170 Curitiba, PR
rbalbinot@yahoo.com.br

Mauro Valdir Schumacher

Departamento de Ciências Florestais - UFSM
97105-900 Santa Maria, RS
schuma@ccr.ufsm.br

Luciano Farinha Watzlawick

Departamento de Ciências Florestais - UNICENTRO
84500-000 Irati, PR
farinha@irati.unicentro.br

Carlos Roberto Sanquetta

Departamento de Ciências Florestais - UFPR
80210-170 Curitiba, PR
sanquetta@floresta.ufpr.br

(Recebido: 27 de março de 2002)

*Resumo: O presente trabalho estimou carbono orgânico da biomassa, solo e da serapilheira de um povoamento de *Pinus taeda* com 5 anos de idade, localizado no município de Cambará do Sul - R.S. O carbono orgânico no solo, até 100 cm de profundidade, foi estimado em 227,8 Mg ha⁻¹, sendo que a camada de 0-40 cm corresponde a 65% deste total. Quanto a serapilheira sobre o solo, esta foi estimada em 17,4 Mg ha⁻¹ com um total de 7,7 Mg ha⁻¹ de carbono orgânico. A biomassa seca dos componentes acículas, galhos, casca, madeira e raiz foi de 6,9; 5,2; 2,7; 18,4 e 8,3 Mg ha⁻¹, respectivamente. Já o carbono acumulado nestes componentes foi de 3,3; 2,4; 1,1; 8,4 e 3,6 Mg ha⁻¹, respectivamente. A madeira representou 44% do total da biomassa, e as raízes representaram 19% do montante total de carbono, fixado pela biomassa do povoamento.*

Palavras-chave: *biomassa; fixação de carbono; Pinus taeda*

Abstract: *The present work esteemed organic carbon in the biomass, soil and litter of a stand of Pinus taeda with 5 years of age, located in the municipal district of Cambará do Sul - RS. The organic carbon in the soil, up to 100 cm of depth, was dear in 227.8 Mg ha⁻¹, the organic carbon in the soil, up to 100 cm of depth, it was esteemed in 227.8 Mg ha⁻¹, and the layer of 0-40 cm corresponds at 65% of this total one. As the needle on the soil, this was dear in 17.4 Mg ha⁻¹ with a total of 7.7 Mg ha⁻¹ of organic carbon. The biomass of the components needles, branches, bark, wood and roots were 6.9; 5.2; 2.7; 18.4 and 8.3 Mg ha⁻¹ respectively. Yet the accumulated carbon in these components was of 3.3; 2.4; 1.1; 8.4 and 36, respectively. Wood represented 44% of the total of the biomass, and the rootses represented 19% of the total amount of carbon fastened by the biomass of the planted forest.*

Key words: *biomass; fixation of carbon; Pinus taeda*

1 Introdução

As ações decorrentes das atividades econômicas e industriais vêm sistematicamente provocando alterações na biosfera, o que resultou na quase duplicação da concentração dos gases formadores do efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono (CO₂), em nossa atmosfera.

Alguns gases da atmosfera, entre eles o CO₂, formam uma capa protetora que impede que o calor absorvido pela terra da radiação solar escape para o espaço exterior, contribuindo para a redução do efeito estufa, conservando o calor de forma a não permitir grandes variações diárias de temperatura, funcionando como um protetor solar, durante o dia, e um cobertor, durante a noite. Este efeito gerado pela natureza não só é benéfico, mas imprescindível para a manutenção da vida na Terra.

Para tratar do problema do efeito estufa e suas possíveis conseqüências sobre a humanidade, foi estabelecida, em 1992, durante a Rio-92, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, com o objetivo de propor ações para os países industrializados, para que estes estabilizem as concentrações atmosféricas dos gases formadores do efeito estufa (ROCHA, 2003). Em 1997, na cidade de Quioto (Japão), foi realizada uma das mais importantes conferências que trataram deste assunto, gerando o conhecido Protocolo de Quioto, que estabelece que os países industrializados devem reduzir suas emissões em 5,2% abaixo dos níveis observados em 1990, isto entre 2008-2012, o chamado primeiro período de compromisso (UNFCCC, 2001).

O conceito de fixação de carbono normalmente se relaciona com a idéia de armazenar reservas de carbono em solos, florestas e outros tipos de vegetação. Também se promove o incremento nas reservas de carbono pelo estabelecimento de novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e pela recuperação de áreas degradadas. Em teoria, o efeito da captura por processos de reflorestamento e florestamento pode

ser quantificado estimando-se o armazenamento de carbono atmosférico na biomassa e no solo da floresta.

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 (OTTO apud CALDEIRA, SCHUMACHER & SANTOS, 2000).

Segundo NABUURS & MOHREN (1995), o estoque de madeira em diferentes tipos de florestas tem grande potencial para o seqüestro de carbono, podendo reter na biomassa e produtos de madeira aproximadamente 110-200 Mg ha⁻¹ de carbono.

O estabelecimento de florestas naturais ou plantações florestais pode influenciar a distribuição do carbono nos diferentes componentes do material orgânico do ecossistema, tais como solo, serapilheira, raízes, biomassa e a ciclagem biogeoquímica de nutrientes (ANDRADE, 1997).

A entrada de carbono orgânico no solo depende da entrada de material orgânico através da senescência de certos componentes da biomassa acima e abaixo do solo, queda das folhas, resíduos da exploração e animais mortos, com suas respectivas taxas de decomposição. A queda da serapilheira, de acordo com REIS *et al.* (1994), somente se estabiliza quando o povoamento atinge a maturidade. Portanto, no início do estabelecimento de florestas naturais e plantações florestais, a produção de serapilheira é baixa, aumentando com a idade, podendo posteriormente ocorrer redução.

As grandes diferenças nos estudos que quantificam biomassa se referem à não inclusão de alguns componentes do ecossistema florestal, tais como biomassa morta (serapilheira) e a biomassa subterrânea (raízes). FEARNSIDE (1994) salienta que todos os componentes da biomassa citados acima devem ser acrescentados às estimativas dos estoques de carbono.

O interesse em relação às florestas plantadas como fixadoras de carbono já é evidente, devido à elevada taxa de crescimento, com isto tendo também uma elevada capacidade de fixar CO₂ da atmosfera, assim, o objetivo do presente trabalho foi estimar a quantidade de carbono orgânico na biomassa seca arbórea aérea e subterrânea, solo e na serapilheira de um plantio de *Pinus taeda* com 5 anos de idade, localizado no município de Cambará do Sul - RS.

2 Material e métodos

O município de Cambará do Sul localiza-se à nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra. O clima predominante na região, segundo KOEPPEN, é do tipo Cfb1, temperado úmido (MORENO, 1961), com temperatura média anual de 14,8°C e precipitação média anual de 1.787 mm.

Quanto ao solo, o material de origem é rocha basáltica, resultante do derrame basáltico do Triássico Superior, predominando solos rasos com horizonte A de coloração escura, com baixa saturação de bases e teores elevados de alumínio trocável (BRASIL, 1973).

O solo da região é do tipo Cambissolo Húmico alumínico típico (STRECK *et al.*, 1999).

A vegetação que ocorreu naturalmente na região é, predominantemente, constituída de campos e, em segundo, a floresta tropical pluvial atlântica, seguida da floresta com araucária (IBGE, 1992).

O *Pinus taeda* em estudo foi plantado em uma antiga área de campo de pastagens, em um espaçamento de 3 x 2 m, com adubação na cova, no ano de 1995. Recentemente, foi realizada a primeira desrama, retirando-se 2/3 da copa, em todos os indivíduos. O diâmetro da árvore de área basal média do povoamento (dg) é de 12 cm e a altura média é de 3,5 m.

Para a amostragem do solo foram abertas três trincheiras com 100 cm de profundidade e, em cada uma destas, o solo foi coletado a cada camada de 20 cm até atingir 60 cm; dos 60 cm até 100 cm, foi realizada uma única coleta. Para a coleta do solo destinado à análise de densidade, foi utilizado do método do anel de KOPECKY (EMBRAPA, 1997).

A serapilheira foi coletada aleatoriamente, próxima aos locais de abate das árvores, sendo que para esta coleta foi utilizada uma moldura de ferro com 25 x 25 cm, com um total de 26 repetições. No ponto de coleta, todo material que se encontrava no interior da moldura era coletado e acondicionado em sacos de papel.

Para a escolha das árvores a serem analisadas, foram selecionadas áreas com condições de sítio semelhante onde foram instaladas 3 parcelas de 15 x 30 m. Nestas, foram medidos todos os diâmetros a altura do peito (DAP) e depois calculada a árvore de área basal média (dg), para cada parcela, que, segundo FINGER (1992), é fácil de ser determinada e apresenta alta correlação com a árvore de volume médio do povoamento.

Em cada parcela foi derrubada uma árvore dg, da qual foram analisados os seguintes componentes: acículas, galhos, casca do tronco, madeira do tronco e raízes até uma profundidade de 100 cm.

SCHUMACHER *et al.* (2001), em levantamentos de biomassa e carbono em povoamentos de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul também utilizaram como amostras três árvores por idade considerada, em cada sítio natural.

Depois de derrubada cada árvore, seus componentes eram separados, pesados e amostrados. Estas amostras eram pesadas no campo, com balança digital com precisão de 0,01 g, para determinação do percentual de umidade. A amostragem das acículas foi feita coletando sub-amostras na ponta, meio e base dos galhos localizados no terço médio copa. A amostragem dos galhos acompanhou o mesmo procedimento adotado para as acículas. As amostras da casca e madeira do fuste foram retiradas de discos com 5 cm de espessura, retirados na base, a meia altura e na ponta da árvore.

A biomassa total por hectare de cada componente foi obtida multiplicando-se os valores médios das árvores de área basal média por 1600 árvores que existem por hectare aos 05 anos de idade, já considerando uma mortalidade inicial do plantio.

A biomassa radicial foi quantificada na área determinada como área útil de cada planta dentro do povoamento; no caso, com um plantio de 3 x 2 m; a área útil é de

6 m², que foi escavada até 1 m de profundidade, onde as raízes com diâmetro igual ou superior a 1 cm foram coletadas, na mesma divisão de camada, utilizada para a amostragem do solo.

A determinação do carbono orgânico do solo foi realizada segundo a metodologia de TEDESCO *et al.* (1995). O método utilizado foi o de Walkley-Black (com calor externo), descrito por ALLISON (1965), com aumento de 25% da concentração de dicromato (para maior abrangência de amostras com diferentes teores de C e decantação da fração mineral).

A serapilheira e demais amostras de biomassa foram submetidas à secagem em estufa com renovação e circulação de ar a uma temperatura de 75°C até que atingissem peso constante. Após, eram pesadas em balança de precisão de 0,01 g, para determinação da massa seca, sendo finalmente moídas em um moinho de facas com peneira de Mach 30. A determinação do carbono para os tecidos vegetais, também seguiram a metodologia de TEDESCO *et al.* (1995).

O processamento e análise química das amostras foram realizados no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria-RS.

3 Resultados e discussões

3.1 Carbono orgânico no solo

Na Tabela 1, são observados os valores médios da densidade do solo (D.s.), dos teores e quantidades de carbono orgânico no solo sob o plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade.

Profundidade (cm)	D.s. (g cm ⁻³)	Carbono orgânico (g kg ⁻¹)	Carbono orgânico (Mg ha ⁻¹)	%do total de carbono fixado
0-20	0,928	45,2	83,9	36,8
20-40	1,058	30,2	63,9	28,1
40-60	1,161	20,5	47,6	20,9
60-80	1,212	8,1	19,6	8,6
80-100	1,184	5,4	12,8	5,6
TOTAL			227,8	100,0

Tabela 1. Valores médios da D.s., dos teores, e quantidades de carbonos orgânicos no solo em florestamento de *Pinus taeda*.

Nessa região fria, os teores de matéria orgânica e carbono orgânico do solo são normalmente altos, devido à lenta decomposição, principalmente nas camadas superficiais, de modo que o maior valor obtido na quantidade de carbono orgânico foi encontrado na camada de 0-20 cm de profundidade, representando 36,8% do total.

CALDEIRA *et al.* (2002), estudando os teores de carbono no solo da Floresta Ombrófila Mista Montana (associação terra bruna estruturada álica + cambissolo

álico) e em plantios de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. com 23, 24, 25, 29 e 32 anos de idade (associação solos litólicos álicos + terra rocha estruturada), no Município de General Carneiro (PR), encontrou teores de carbono que variaram de 27,0 a 29,7 g kg⁻¹, na floresta nativa e 20,6; 38,6; 24,1; 22,7 e 16,9 g kg⁻¹, respectivamente, para cada idade nos povoamentos de araucária, em todos os casos inferiores ao teor de 45,2 g kg⁻¹, encontrado neste estudo.

O valor total de carbono no solo até 100 cm nessa floresta com 5 anos de idade foi de 227,8 Mg ha⁻¹, que comparado com outros resultados obtidos por BALBINOT *et al.* (2000a) e BALBINOT *et al.* (2000b), em florestas de *Pinus taeda* com 15 e 20 anos de idade, onde o carbono orgânico até 100 cm de profundidade foi estimado em 246,0 e 189,7 Mg ha⁻¹ respectivamente. SCHUMACHER *et al.* (2001), quantificou o carbono orgânico em um solo silicoso formado por um substrato de granito e com textura argilosa, que estavam sob cobertura de florestas plantadas com *Acacia mearnsii*, de 4 e 6 anos de idade. O autor estimou o carbono até uma profundidade de 100 cm, encontrando 110,1 e 101,5 Mg ha⁻¹, respectivamente, que nos dá uma noção sobre a variabilidade e capacidade de cada solo de conter carbono.

O balanço entre os processos que aumentam e diminuem o estoque de carbono no solo é influenciado pelo uso da terra e fatores antropogênicos, sendo estes fatores que determinam o estoque do elemento na pedosfera (LAL, KIMBLE E FOLLETT, 2000).

Assim, pode-se dizer que a presença desta floresta como cobertura auxilia na manutenção desse enorme estoque de carbono no solo, tanto pelo preparo reduzido na ocasião do plantio, que pouco impacta o solo, como pelos longos intervalos de rotação e, conseqüentemente, de intervenção na área, ao passo que, se esse solo estivesse sendo utilizado para atividades agrícolas, as técnicas de manejo intensivo do solo utilizadas, associadas à freqüência com que estas intervenções são realizadas, exporiam estas grandes quantidades de matéria orgânica ao ar livre, ocasionando uma oxidação e decomposição aceleradas, liberando milhões de toneladas de CO₂ para a atmosfera.

3.2 Carbono orgânico na serapilheira

A variação da quantidade de serapilheira acumulada nos solos florestais pode ser influenciada por condições desfavoráveis à decomposição, como déficit de água no solo e na serapilheira, temperaturas muito altas ou muito baixas, pH alto ou baixo, propriedades físico-químicas da serapilheira como folhas, conteúdo de substâncias (lignina, celulose, hemicelulose), baixa densidade da população de organismos decompositores além da época (estação do ano) da coleta acumulada (O'CONNELL & SANKARAN, 1997). Além destes fatores, o plano de manejo das florestas de *Pinus* realizado pela empresa prevê a realização de uma poda aos cinco anos de idade, que fora executada há poucos meses.

A biomassa seca total da serapilheira sobre o solo foi de 17,4 Mg ha⁻¹, correspondendo a um total de 7,7 Mg ha⁻¹ de carbono orgânico, representando um teor de 44,4%.

SCHUMACHER *et al.* (2001), estudando florestas de *Acacia mearnsii* de 4 e 6 anos de idade, estimaram a serapilheira destas em 7,9 e 13,5 Mg ha⁻¹, com um teor

de carbono orgânico de 28,4 e 33,6%, respectivamente, teores um tanto inferiores, talvez devidos à baixa relação carbono/nitrogênio dessa espécie leguminosa.

HIGUCHI & CARVALHO JR. (1994) determinaram um teor médio de carbono na serapilheira de 39%, na floresta tropical de terra firme, analisadas na região amazônica.

3.3 Carbono orgânico na biomassa

Na Tabela 2, verifica-se o valor da biomassa seca, teores e quantidades de carbono orgânico dos diferentes componentes das árvores de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade. A biomassa foi estimada para um total de 1600 árvores por hectare.

Componente	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Carbono orgânico (%)	Carbono orgânico (Mg ha ⁻¹)	% do total de carbono fixado
Acículas	6,9	47,3	3,3	17,5
Galhos	5,2	43,0	2,5	13,1
Casca	2,7	40,0	1,1	5,6
Madeira	18,4	45,7	8,4	44,8
Raízes	8,3	42,8	3,6	19,0
TOTAL	41,5		18,8	100,0

Tabela 2. Valores da biomassa seca, de teores e quantidades de carbono orgânico dos componentes das árvores de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade.

Nesta tabela, pode-se verificar que é a madeira que apresenta a maior quantidade de carbono fixado por hectare, representando mais de 44% do total, devido a esta representar também a maior parte da biomassa seca, porém o maior teor de carbono foi encontrado nas suas acículas (47,3%).

Para florestas de *Acacia mearnsii* com 6 anos, foram encontrados os seguintes resultados quanto à biomassa seca dos componentes folhas, galhos, casca, madeira e raízes, 7,58; 3,35; 16,23; 7,85; 90,98 e 12,66 Mg ha⁻¹. O carbono acumulado nestes componentes foi de 3,43; 1,38; 6,29; 3,01; 36,63 e 5,02 Mg ha⁻¹, respectivamente (SCHUMACHER *et al.* 2001).

ROCHADELLI (2001), estudando a estrutura atômica de fixação de carbono em reflorestamentos de *Mimosa scabrella* (Bracatinga), em idades de 1 a 7 anos de idade, concluiu que a espécie apresenta uma concentração de carbono que varia entre 40 a 45% da biomassa total de madeira com casca, que são semelhantes aos dados encontrados por este trabalho, sendo 40,0% para a casca e 45,7% para a madeira.

HIGUCHI & CARVALHO JR. (1994) analisaram várias espécies da Floresta Tropical Úmida Densa de Terra Firme, na região de Manaus-AM, e concluíram que o teor médio de carbono para o tronco e galhos é de 48% e, nas folhas, é de 39%.

WATZLAWICK *et al.* (2002) determinaram em seus estudos a quantidade média de biomassa aérea e carbono orgânico nos componentes das árvores em estágio inicial de regeneração da Floresta Ombrófila Mista Montana no Município de General Carneiro (PR), totalizando 32,65; 2,50; 28,07 e 4,90 Mg ha⁻¹ para os compartimentos madeira, folhas/acículas, galhos vivos e casca, respectivamente, que corresponderam a 13,82; 1,07; 11,40 e 1,96 Mg ha⁻¹ de carbono armazenados.

Na Tabela 3, pode se observar de maneira mais detalhada, a distribuição das raízes com diâmetro menor ou igual a 1 cm, até 100 cm de profundidade. Esta tabela apresenta a biomassa, os teores e quantidades de carbono orgânico médio nas raízes, de acordo com as camadas de coleta.

Profundidade (cm)	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Carbono orgânico (%)	Carbono orgânico (Mg ha ⁻¹)	%do total de carbono fixado
0-20	6,5	42,7	2,7	77,3
20-40	1,5	43,3	0,6	17,9
40-60	0,2	43,6	0,2	3,3
60-100	0,1	41,6	0,1	1,5
TOTAL	8,3		3,6	100,0

Tabela 3. Valores da biomassa seca dos teores e quantidades de carbono nas raízes de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade, nas diferentes profundidades do solo.

Outro resultado encontrado é a importância das raízes no total do carbono fixado, que representou, nessas condições, 19% do total de biomassa do povoamento.

Resultado inferior foi encontrado por BALBINOT *et al.* (2000a) em plantios de *Pinus taeda* com 20 anos, onde o carbono fixado pelas raízes representou 13% do total de carbono fixado, o qual possui 17,5 Mg ha⁻¹.

WATZLAWICK *et al.* (2002) quantificaram o carbono armazenado no sistema radicial de Floresta Ombrófila Mista Montana em estágio inicial em 14,84 Mg ha⁻¹. Este valor de biomassa e quantidade de carbono encontrado nas raízes de povoamentos florestais mostra que, se quisermos apresentar estimativas corretas sobre a capacidade das florestas de fixar carbono atmosférico, não podemos deixar de quantificar a biomassa radicial das plantas.

4 Conclusões

- O carbono orgânico no solo, até a profundidade de 100 cm, foi estimado em 227,8 Mg ha⁻¹, sendo que 65% deste total, ou seja, 147,8 Mg ha⁻¹ está nos primeiros 40 cm.
- A serapilheira sobre o solo foi estimada em 17,4 Mg ha⁻¹, com um total de 7,7 Mg ha⁻¹ de carbono orgânico. Valor elevado devido aos resíduos da poda realizada recentemente.
- Uma floresta de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade tem uma biomassa total de 41,5 Mg ha⁻¹, sendo que 44% deste valor é representado pela madeira.
- O carbono orgânico total fixado pelas raízes ≥ 1 cm de diâmetro até 100 cm de profundidade foi de 3,6 Mg ha⁻¹, sendo que a camada de 0-20 cm de profundidade responde por 77% desse total.

- O carbono orgânico fixado pelas raízes representou 19% do carbono total da floresta, demonstrando a importância destas nas estimativas de fixação de carbono em ecossistemas florestais.

Referências

- ALLISON, L. E. Organic carbon. *Methods of soil analysis*. Madison: ASA/SSSA, 1965. p.1367-1389.
- ANDRADE, A. G. *Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas*. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) UFRRJ, Seropédica, 1997.
- BALBINOT, R.;SCHUMACHER, M. V.; HERNANDES, J. I. Carbono orgânico em uma floresta de *Pinus taeda* na Região de Cambará do Sul - RS. In: Anais do Sexto Congresso e Exposição Internacional Sobre Florestas. Porto Seguro - BA. 2000, p. 56.
- BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; HERNANDES, J. I.; SUTILI, F. J.; *Quantificação do carbono orgânico em uma floresta de Pinus taeda na Região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul*. In: Anais do Sexto Congresso e Exposição Internacional Sobre Florestas, 2000, Porto Seguro-BA, 2000, p. 176.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica DNPEA. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SANTOS, E. *Quantificação da biomassa aérea em um povoamento de Acacia Mearnsii De Wild*. In: Anais do 8º Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul, Nova Prata - RS, 2000. p. 300-306.
- CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F.; SCHUMACHER, M. V.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R. *Carbono orgânico em solos florestais*. In: As Florestas e o Carbono. Cap. 10. Curitiba, 2002. p. 191-214.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro - RJ. *Manual de métodos de análise de solo*. 1997, 212 p.
- FEARNSIDE, P. M. *Biomassa das florestas amazônicas brasileiras*. In: Emissão × sequestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994. Rio de Janeiro. 1994. p. 95-124.
- FINGER, C. A. G.; *Fundamentos da Biometria Florestal*. Santa Maria. UFSM, 1992, 269 p.
- HIGUCHI, N.; CARVALHO JUNIOR, J. A. de. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Emissão × Sequestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994. Rio de Janeiro. 1994. p. 125-153.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 132 p.

- LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLET, R. F. *Knowledge gaps and researchable priorities*. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLET, R. F.; STEWART, B. A. (eds) *Soil processes and the carbon soil*. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, 2000.
- MORENO, J. A.; *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 41 p.
- NABUURS, G. J.; MOHREN, G. M. J. Modeling analysis of potential carbon sequestration in selected forest types. *Can. J. For. Res.* v. 25, 1995. p. 1157-1172.
- O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. *Organic matter accretion, decomposition and mineralisation*. In: NAMBIAR, E. K. S., BROWN, A. G. (eds.) *Management of soil, nutrients and water in tropical plantations forests*. Canberra, ACIAR Australia/CSIRO, Monograph, n. 43, v. 13, 1989, p. 19-33.
- REIS, M. G. F. et. al. C. Seqüestro e armazenamento de carbono em florestal nativas e plantadas no Estado de Minas Gerais e Espírito Santo. Emissão × Seqüestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994. Rio de Janeiro. 1994. p. 155-195.
- ROCHA, M. T. Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT. *Tese de Doutorado*. ESALQ, Piracicaba, 2003. 137 p.
- ROCHADELLI, R. A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamentos (Estudo de caso: *Mimosa scabrella* Bentham, bracatinga). Tese. Doutorado em Ciências Florestais - Universidade Federal do Paraná, 2001. Curitiba, UFPR, 2001. 86 p.
- SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; BARICHELLO, L. R.; CALDEIRA, M. V. W. *Quantificação do carbono orgânico em floresta de Acacia mearnsii De Wild em diferentes idades*. In: Anais do 2º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal, 2001, Santa Maria-RS, p.387-399, 2001.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; KLAMT, E. *Atualização da classificação taxonômica das unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Informativo da Emater/RS. Porto Alegre, v. 16, n. 9. 1999. 5 p.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, UFRGS, Departamento de solos, 1985. 118 p.
- WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHUMACHER, M. V. *Fixação de carbono em Floresta Ombrófila Mista em diferentes estágios de regeneração*. In: *As Florestas e o Carbono*. Cap. 8. Curitiba, 2002. p. 153-173.
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC. *Protocolo de Quioto*. 2ª ed. Brasília: MCT, 2001b. 34 p.