

ISSN 1676-9449

Outubro, 2007

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Florestas  
Ministério do Meio Ambiente, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*** 33

## **Geração da Curva Alométrica para Avaliar as Reservas de Carbono em Plantios de Erva-Mate, no Sul do Brasil**

Julio Cesar Alegre

Luciano Javier Montoya Vilcahuamán

Gabriel Corrêa

Embrapa Florestas  
Colombo, PR  
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Florestas**

Estrada da Ribeira, Km 111, CP 319

83411 000 - Colombo, PR - Brasil

Fone/Fax: (41) 3675 5600

www.cnpf.embrapa.br

sac@cnpf.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Luiz Roberto Graça

Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida

Membros: Álvaro Figueredo dos Santos, Edilson Batista de

Oliveira, Honorino Roque Rodigheri, Ivar Wendling, Maria

Augusta Doetzer Rosot, Patrícia Póvoa de Mattos, Sandra Bos

Mikich, Sérgio Ahrens

Supervisão editorial: Luiz Roberto Graça

Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté

Normalização bibliográfica: Elizabeth Câmara Trevisan

Foto da capa: Luciano Xavier Montoya Vilcahuaman

Editoração eletrônica: Elisabete Marques Oaida

**1ª edição**

1ª impressão (2007): 500 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

***Embrapa Florestas***

---

Alegre, Julio Cesar.

Geração da curva alométrica para avaliar as reservas de carbono em plantios de erva-mate, no sul do Brasil / Julio César Alegre, Luciano Xavier Montoya Vilcahuaman, Gabriel Correa. - Colombo : Embrapa Florestas, 2007.

19 p. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Florestas, ISSN 1676-9449; 33)

ISSN 1980-041X (CD-ROM)

1. *Ilex paraguariensis* - Plantio. 2. Erva-mate – Reserva de carbono. 3. Seqüestro de carbono. 4. Proteção ambiental. 5. Meio ambiente. I. Montoya Vilcahuaman, Luciano Xavier. II. Correa, Gabriel. III. Título. IV. Série.

CDD 634.97385 (21. ed.)

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução .....	7
Material e Métodos .....	9
Resultados e Discussão .....	16
Conclusões .....	18
Agradecimentos .....	18
Referências .....	18

# Geração da Curva Alométrica para Avaliar as Reservas de Carbono em Plantios de Erva-Mate, no Sul do Brasil

---

*Julio Cesar Alegre<sup>1</sup>*

*Luciano Javier Montoya Vilcahuamán<sup>2</sup>*

*Gabriel Corrêa<sup>3</sup>*

## Resumo

Este estudo foi realizado nos municípios de Machadinho e Barão de Cotegipe no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, durante o primeiro trimestre de 2007. Para a determinação da curva alométrica foram realizadas amostragens destrutivas de 30 árvores em áreas de produção de erva-mate, correspondentes a seis idades de cultivo: 4, 8, 10, 16, 22 e 25 anos, de forma a representar o ciclo produtivo da espécie florestal. A erva-mate é uma cultura característica da agricultura familiar da região Sul do Brasil. Além de sua importância cultural é uma alternativa de geração de emprego, renda e de reposição florestal, com grande potencial de proporcionar serviços ambientais como o de seqüestro de carbono. Pelo estudo, o fluxo anual de carbono na biomassa aérea da erva-mate, é estimada, na média, em 20 t/CO<sub>2</sub>/ha/ano, tendo como reserva no solo, mais de 207 tCO<sub>2</sub>/ha. A equação alométrica que mais se ajustou para estimar a biomassa total das árvores de erva-mate foi: Biomassa = -0,1255 + 0,8081 \* Idade + 3,9672 \* Altura + 3,6923 \* Biomassa folhas. O estudo demonstra um grande potencial de captura de CO<sub>2</sub> no cultivo de erva-mate caracterizando um serviço ambiental da atividade e suas possibilidades como um ativo financeiro na agricultura familiar da região sul do Brasil.

**Palavras-chave:** *Ilex paraguariensis*, seqüestro de carbono, serviços ambientais, sistema agroflorestal

---

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Ph.D, Profesor da Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru. E-mail: jalegre@lamolina.edu.pe

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. E-mail: lucmont@cnpf.embrapa.br

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador da APROMATE. E-mail: correa-gabriel@uol.com.br

# Alometric Curve to Evaluate the Carbon Reserves in *Ilex paraguariensis*, Plantations in Southern Brazil

---

*Julio Cesar Alegre*<sup>1</sup>

*Luciano Javier Montoya Vilcahuamán*<sup>2</sup>

*Gabriel Corrêa*<sup>3</sup>

## Abstract

This study was carried out in the Municipalities of Machadinho and Baron of Cotejipe in the State of Rio Grande, South of Brazil, during the first term of 2007. For the determination of the alometric curve, destructive samplings of 30 trees with different ages (4, 8, 10, 16, 22 and 25 years) were carried out in areas of production of erva-mate. The erva-mate is a perennial crop and one of the most representative component of the family agroforestry systems of Southern Brazil. It is a very important source of jobs and a very good alternative to forest replacement, with great potential of providing environmental services by carbon sequestration. The reserve of carbon in the biomass is estimate in 20 t/CO<sub>2</sub>/ha/ano. Soil carbon reserve presented considerable volumes of 207 t/CO<sub>2</sub>/ha. The allometric equation that was more adjusted to calculate the total biomass of the erva-mate trees was: Biomass = -20,255 + 0,8081 \* age + 3,9672 \* height + 3,6923 \* leaves biomass. The study demonstrates a great potential of CO<sub>2</sub> capture in the cultivation of erva-mate characterizing an environmental service and that will generate carbon credits and financial inputs for the familiar agriculture in Southern Brazil.

**Keywords:** Carbon sequestration, environmental services, agroforestry system, erva-mate.

## Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) tem sua ocorrência natural numa área de aproximadamente 540 mil km<sup>2</sup>, entre as latitudes de 21° S e 30° S e as longitudes de 48° 30´ W e 56° 10´ W, com altitudes variando de 80 m a 1.700 m, com maior ocorrência entre 500 m e 1.000 m. Ocorre nos países da Argentina, Paraguai e Brasil, sendo que mais de 80 % da área de ocorrência se encontra em território brasileiro, ocupando o bioma Mata Atlântica (Fig. 1).

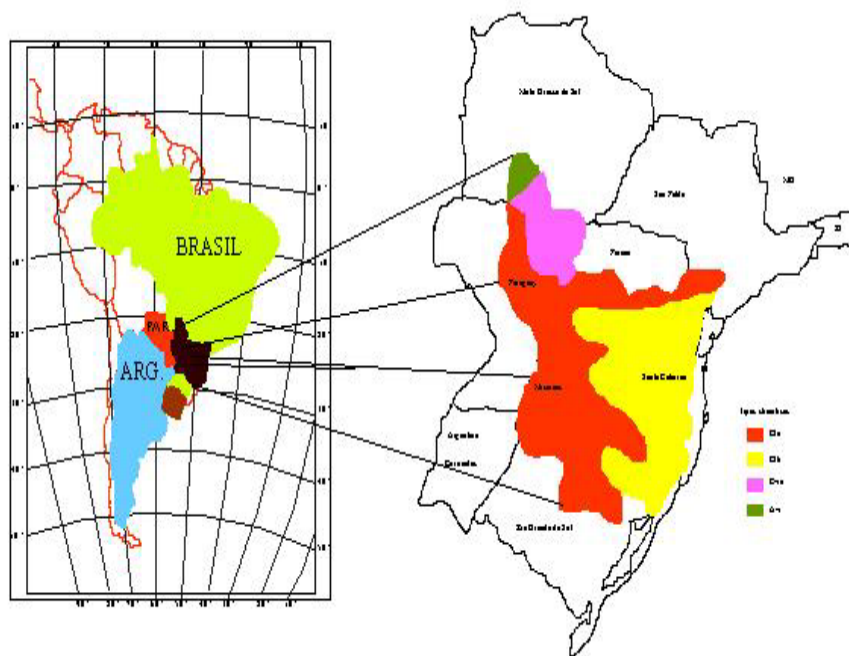


Fig. 1. Área de distribuição natural da erva mate na América do Sul.

Fonte: Oliveira e Rotta (1983).

No Brasil, a erva-mate é explorada economicamente em aproximadamente 558 municípios dos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e

Mato Grosso do Sul. Envolve cerca de 180 mil propriedades rurais, sendo em sua quase totalidade caracterizadas como agricultura familiar, gerando mais de 710 mil empregos diretos e receitas de mais de R\$ 175 milhões anuais (EMBRAPA FLORESTAS, 2003). O parque industrial é constituído predominantemente por unidades de pequena capacidade operacional e congrega em torno de 725 empresas processadoras, com capacidade instalada de 405 mil kg/h.

O produto depois de processado suas folhas, é consumido principalmente como infusão (chimarrão e chá mate). Porém, a composição química de suas folhas proporciona inúmeras aplicações tais como matéria-prima para conservação de alimentos, bebidas, medicamentos e produtos de higiene (MAZUCHOWSKI; RUKER, 1996).

A erva-mate já caracterizou um ciclo econômico como principal produto de exportação da Região Sul do Brasil, mas a partir de 1970 teve sua área de exploração significativamente substituída pela expansão e modernização da produção de grãos, notadamente soja e milho. Em 1988, a produção média brasileira situava-se ao redor de 670 mil toneladas de folha verde, ao passo que em 2004 o IBGE registrou a produção de 403 mil toneladas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Área colhida e produção de erva mate (folha verde) em 2004, por Unidade da Federação.

Regiões e Unidades da Federação	Área colhida		Quantidade produzida	
	Hectares	%	Toneladas	%
<b>Sul</b>	<b>74.171</b>	<b>99,00</b>	<b>393.910</b>	<b>97,68</b>
Paraná	37.023	50,00	133.449	33,09
Santa Catarina	9.751	13,00	37.577	9,32
Rio Grande do Sul	27.397	36,00	222.884	55,27
<b>Centro Oeste</b>	<b>629.000</b>	<b>1,00</b>	<b>9.371</b>	<b>2,32</b>
Mato Grosso do Sul	629.000	1,00	9.371	2,32
<b>TOTAL</b>	<b>74.800</b>	<b>100,00</b>	<b>403.281</b>	<b>100,00</b>

Fonte: IBGE, citado em Fatos..., 2006.

A produção de erva-mate em sua quase totalidade é destinada ao mercado interno e do volume exportado, cerca de 85 % é comprado pelo Uruguai, seguido do Chile com 11 %.

A erva-mate é o principal componente de um dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) mais antigos da Região Sul do Brasil.

Este sistema melhora o uso e distribuição dos recursos produtivos na agricultura familiar como a terra e a mão de obra, gerando renda e emprego em suas fases agrícola e industrial. Em seu sistema de cultivo, integra e constitui ao longo do tempo, um sub-bosque com mecanismos de conservação *in situ* de espécies de flora e fauna, ciclagem de nutrientes e de controle da erosão do solo (MONTROYA VILCAHUAMÁN, 1999), benefícios que contribuem de forma significativa na estabilidade econômica, social e ambiental da exploração da terra na agricultura familiar da região.

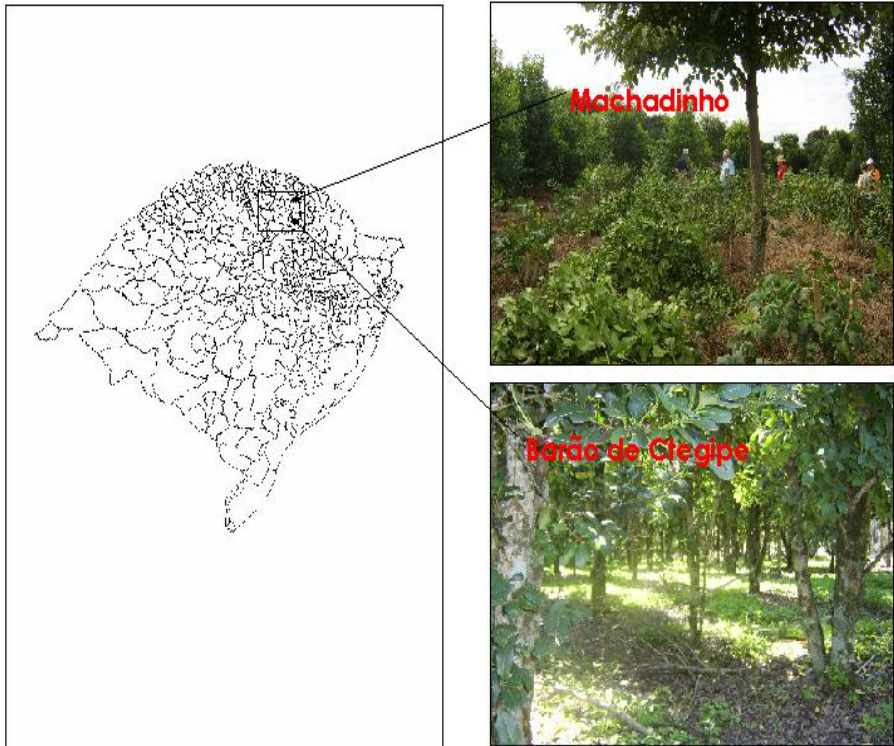
O objetivo deste trabalho é determinar uma equação alométrica para a erva-mate de forma que se possa quantificar os aportes de carbono na biomassa vegetal e no solo e gerar o fluxo anual de carbono pela cultura da erva-mate para explicitar sua contribuição para o estoque de gases de efeito estufa, agregando sustentabilidade e serviço ambiental desta atividade na agricultura familiar da Região Sul do Brasil.

## Material e Métodos

No primeiro trimestre de 2007, avaliou-se a quantidade de carbono acima do solo representado pela biomassa vegetal e a serapilheira e no solo, em áreas de exploração com erva-mate, nos municípios de Machadinho e Barão de Cotegipe, ambos localizados no Estado do Rio Grande do Sul (Fig. 2). As coordenadas geográficas do Município de Machadinho são 27° 34' 01"S e 51° 40' 04" W e do Município de Barão de Cotegipe 27° 37' 15" S e 52° 22' 48" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é do tipo Cfa, temperado úmido, com a temperatura média anual de 18°C, precipitação média de 2.098 mm/ano, e altitude de 757 m.



O relevo é de forte ondulado a montanhoso com solos típicos da Associação Círiaco-Charrua (Neossolo Litólico eutrófico chernossólico associado a Chernossolo argilúvico, férrico típico) e outra mais plana com aptidão para a agricultura mecanizada, representada por solo Erechim (Latosolo vermelho aluminoférrico típico).



**Fig. 2.** Localização das áreas de estudo (Fotos: Luciano Xavier Montoya Vilcahuaman).

De forma geral, a erva-mate está associada a três sistemas de exploração: a) sistema extrativista de ervais nativos formados naturalmente em sub-bosques dos remanescentes da mata com araucária, com colheitas (podas) variando de 3 a 5 anos de intervalo; b) árvores nativas “em ser”, poupadas quando da mobilização das áreas de mata com araucária para a agricultura e pecuária, com intervalo de colheita variando de 2 a 4 anos e c) ervais

plantados podendo ser estabelecidos de forma solteira, com uma diversidade de espaçamentos, sendo os mais comuns de 3 m x 1,5 m, 3 m x 2 m, 2 m x 2 m, 2,5 m x 1,5 m, nos quais os intervalos de colheita variam de 12, 18 e 24 meses, e ervais plantados em associação com cultivos agrícolas nas entre linhas (sistemas silviagrícolas) e/ou com pastagem (sistema silvipastoril) incluindo o componente animal (ovelha e gado). Nestes, os espaçamentos predominantes ao longo dos anos são de 3 m x 3 m, 5 m x 3 m, dependendo do objetivo de maior ou menor área para o cultivo das entrelinhas, uso característico da agricultura familiar. A cultura da erva mate atinge a maturação agrônômica a partir do quarto ano, com vida útil variando de 35 a 40 anos.

No presente estudo, foram considerados ervais plantados em áreas de produtores dos municípios de Machadinho e Barão de Cotegipe correspondentes a seis idades de cultivo: 4, 8, 10, 16, 22 e 25 anos, como forma de melhor representar o ciclo produtivo da espécie florestal, sendo 15 plantas das três primeiras idades amostradas no município de Machadinho no espaçamento de 2,5 m x 1,5 m (2.666 plantas/ha) e as outras 15 de maior idade em Barão de Cotegipe, no espaçamento de 2 m x 2 m (2.500 plantas/ha).

A metodologia utilizada para análise, avaliação e identificação da quantidade de carbono foi a desenvolvida pelo *International Center for the Research in Agroforestry* (ICRAF), (CALLO-CONCHA et al., 2001; ARÉVALO et al., 2002), adaptada às condições do trabalho.

### **Determinação da equação alométrica**

Para gerar a equação alométrica foram realizadas amostragens destrutivas que consistiu no corte de 30 árvores de erva-mate ao nível do solo e divididas nos seus componentes (tronco, folhas, ramos e serapilheira), sendo 15 plantas amostradas no Município de Machadinho e as outras 15 em Barão de Cotegipe.

As variáveis estudadas para sua determinação foram:

- altura das árvores desde o nível do solo até o ápice da planta, medida com a utilização de trenas;

- biomassa de cada um de seus componentes (tronco, folhas e ramos). Para executar esta medida, utilizaram-se moto serra e facções;
- diâmetro e comprimento de cada tronco principal assim como dos secundários e em alguns casos os terciários. Variável medida com a utilização de suta e fita diamétrica;
- serapilheira, que são galhos, ramos e folhas mortas acumuladas sobre o solo, coletadas num quadrante de 1 m<sup>2</sup> ao lado de cada árvore amostrada.

Todos estes componentes tiveram seus pesos frescos totais registrados no campo, separando-se uma sub-amostra de cada um destes componentes, registrando seus pesos e colocando-as em bolsas de papel devidamente identificadas. Estas amostras frescas foram secadas em estufa de circulação não forçada de ar, a 70 °C até atingir o peso seco constante. Depois foram pesados para expressá-los em peso seco de cada um dos componentes da árvore, determinado conforme a relação a seguir:

$$MS = (psm/pfm)*pft;$$

Onde:

MS = matéria seca do componente;

psm = peso seco da amostra;

pfm = peso fresco da amostra;

pft = peso fresco total do componente.

O cálculo da biomassa total da árvore, com base na matéria seca de seus componentes foi determinada conforme a relação a seguir:

$$BT \text{ (matéria seca)} = (msf + msr + msfolhas + mss)$$

Onde:

BT = biomassa total com base na matéria seca;

msf = peso seco do fuste/tronco;

msr = peso seco dos ramos;

msfs = peso seco das folhas;

mss = peso seco da serapilheira.

A biomassa total seca multiplicada por um fator de correção de proporção de carbono (0,45) determina o conteúdo de carbono acima do solo:

$$CC = BT * 0,45$$

Onde:

CC = conteúdo de carbono na biomassa total;

BT = biomassa total com base na matéria seca;

0,45 = constante (proporção de carbono, assumido por convenção).

Este conteúdo de carbono foi transformado em CO<sub>2</sub> equivalente. O fator de conversão é 3.666, resultante da divisão do peso molecular do CO<sub>2</sub> (44) pelo peso molecular do carbono (12).

Para o desenvolvimento da equação alométrica, a análise estatística consistiu em realizar testes de regressão linear múltipla, com o objetivo de se definir a melhor correlação (r) de reserva de carbono na biomassa total com as variáveis de idade, diâmetro, altura, biomassa das folhas, ramos e serapilheira, utilizando-se o pacote computacional "STEPWISE". A equação com maior valor do coeficiente r será aquela que resulta na melhor predição sobre a produção de biomassa da árvore e, portanto, a que deve ser utilizada para determinar as reservas totais de CO<sub>2</sub> por hectare, no sistema de uso da terra com erva-mate.

O valor de  $r^2$  é o coeficiente de determinação que indica que uma percentagem de variação da biomassa total está em função daquelas variáveis e a diferença ( $1 - r^2$ ), uma percentagem que não pode ser explicada pelas mesmas.

## Quantificação do carbono no solo

Dentro do quadrante em que se realizou a coleta da serapilheira, foi aberta uma trincheira de 50 cm x 50 cm x 50 cm dividida em camadas de 0 - 15, 15 - 30 e 30 - 50 cm de profundidade, nas quais foram coletadas amostras para medir a densidade aparente do solo, utilizando cilindros Uhland de 100 cc de volume, conforme a relação a seguir:

$$DA = PSN/VCH$$

Onde:

DA = densidade aparente;

PS = peso seco;

VCH = volume do cilindro Uhland (constante).

Também foram coletadas amostras de aproximadamente 0,5 kg, da camada superficial e sub-superficial até os 50 cm de profundidade e levadas a laboratório para medir o carbono orgânico no solo. A metodologia utilizada para esta determinação foi a de Walkley e Black (1934), consistindo na oxidação do solo com bicromato de cromo em presença de ácido sulfúrico e calor e logo com sulfato ferroso amoniacal e, na seqüência, estimado indiretamente o carbono armazenado de acordo com o descrito por Anderson e Ingram (1993).

A determinação do carbono orgânico no solo foi feita através do peso de volume de solo, determinado pela multiplicação da densidade aparente – obtida por meio do cilindro de Uhland - pelas respectivas profundidades das camadas amostradas, ou seja:

$$PVs = DA * Ps$$

Onde:

PVs = peso do volume do solo;

DA = densidade aparente;

Ps = profundidade do solo.

Com o peso do volume de solo e a percentagem de carbono orgânico, determinou-se a quantidade de carbono total nas diferentes camadas do solo, conforme a relação a seguir.

$$CST = \Sigma [(PVs * \% C) / 100]$$

Onde:

CST = carbono no solo total (t/ha);

S = somatório das camadas: 0 – 15, 15 – 30 e 30 – 50 cm;

PVs = peso do volume de solo por camada (g/cm<sup>3</sup>);

% C = Percentagem de carbono por perfil, analisados em laboratório.

O carbono total do sistema foi calculado pelo somatório do carbono acima (biomassa vegetal) e abaixo do solo, conforme mostra a relação a seguir.

$$CT = CBVT + CST$$

Onde:

CT = carbono total no sistema de uso da terra com erva-mate (t/ha);

CBVT = carbono na biomassa vegetal total acima do solo (t/ha);

CST = carbono do solo total, em uma camada de 50 cm (t/ha);

## Resultados e Discussão

Na Tabela 2 são apresentados os fluxos e as reservas totais de carbono dos sistemas de erva-mate desde os quatro até os 25 anos de idade. Tendo por base o carbono gerado pela biomassa de folhas e a serapilheira são apresentados também, os fluxos de CO<sub>2</sub> que se aportam em forma anual, estimados em toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare/ano e também os aportes anuais de CO<sub>2</sub> no solo.

**Tabela 2.** Reservas e fluxos anuais de carbono para diferentes idades de erva-mate em dois sítios do Rio Grande do Sul, Brasil.

Idade (anos)	Fluxo de CO <sub>2</sub> nas folhas (t/ha/ano)	Fluxo de CO <sub>2</sub> na serapilheira (t/ha/ano)	Fluxo de CO <sub>2</sub> na parte aérea (t/há/ano)	Reserva de CO <sub>2</sub> na biomassa total (t/ha)	Reserva de CO <sub>2</sub> no solo de 0-50 cm (t/ha)
4	13,09	6,02	19,11	35,72	240,48
8	15,83	1,46	17,29	26,03	212,45
10	13,38	3,84	17,22	18,21	235,79
16	30,27	6,37	24,43	86,73	231,45
22	23,36	7,19	20,37	65,85	179,09
25	26,74	4,67	20,94	85,90	143,30

Os fluxos anuais de CO<sub>2</sub> da parte aérea da erva-mate são significativos, acrescido do fato de que a parte de biomassa (folhas e ramos finos) que se consome como infusão (chimarrão), retorna ao solo após seu uso e que no seu processo de industrialização não há queima de biomassa (apenas secagem). No balanço de carbono do processo industrial, a fuga por emissão de CO<sub>2</sub> consiste na combustão de 1,23 m<sup>3</sup> de lenha por tonelada de folha processada, o que confere à cadeia produtiva da erva-mate a possibilidade de um significativo balanço positivo no seqüestro de gases de efeito estufa.

Nos ervais com idades de quatro até 10 anos, o percentual de folhas em relação ao total da planta é de 38 %, enquanto que nos ervais de 16 até 25 anos esta proporção baixa para 12 %, em razão do incremento de material lenhoso acima do solo com o aumento da idade.

O aporte na serapilheira também é significativo pela grande biomassa (galhos e ramos) que são deixados depois de cada colheita, contribuindo para a reciclagem e aporte de matéria orgânica no solo.

Quanto ao carbono no solo, na camada arável de 0-50 cm, que variou de 143 t/ha (árvores de 25 anos) (mais velhas) até 240 t/ha (árvores de 4 anos) (mais novas), foi constatado um decréscimo consistente com o aumento da idade das árvores, decorrente da maior extração de nutrientes por um sistema mais consolidado, do aumento do estoque de biomassa acima do solo e das perdas por lixiviação ao longo do tempo. Na média, o aporte de carbono no solo foi de 229,57 t/ha para as idades de 4 a 10 anos e de 184,61 t/ha nos sistemas de 16 a 25 anos. A maior estabilidade do carbono acumulado no solo e sua mais lenta liberação de nutrientes para as raízes, resulta numa contribuição para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Observa-se, também, que o fluxo de CO<sub>2</sub> na serapilheira varia desde 1,46 t/ha/ano até 7,19 t/ha/ano, o que resulta num fluxo acumulativo de reserva de nutrientes para os sistemas.

## **Reservas Totais de carbono nos sistemas**

Na Tabela 2, observa-se que a soma do CO<sub>2</sub> da biomassa total mais o aporte no solo nos três sistemas mais novos do Município de Machadinho os valores foram de 276,2, 238,48 e 254,0 t/ha de CO<sub>2</sub> para as idades de 4, 8 e 10 anos respectivamente. Nos sistemas mais antigos amostrados no Município de Barão de Cotegipe, os valores foram de 318,18, 244,94 e 229,20 t de CO<sub>2</sub> / ha para as respectivas idades de 16, 22 e 25 anos.

A equação alométrica gerada pelo pacote computacional R e que melhor representa a reserva de biomassa de erva-mate é:

**Biomassa = -20.1255 + 0.8081 \* Idade + 3.9672 \* Altura + 3.6923 \* Biomassa folhas**



## Conclusões

- A quantificação das reservas e fluxos anuais de carbono obtidos demonstram que a cultura da erva-mate é um eficiente sistema de uso da terra para o estoque de gases de efeito estufa.
- O fluxo anual de carbono na biomassa aérea da cultura da erva-mate é estimada, em média, 20 t/CO<sub>2</sub>/ha/ano. Como referência, cerca de 300 hectares de erva-mate existentes no Município de Machadinho, RS, e ao longo do ciclo médio da cultura de 30 anos, armazenará 180 mil t CO<sub>2</sub>, constituindo-se como relevante serviço ambiental prestado pela atividade e pelos agricultores familiares a ela vinculados.
- O estudo e a equação alométrica nele determinada instrumentaliza as possibilidades de acesso de pequenos produtores de erva-mate aos pagamentos dos serviços ambientais previstos pelo Protocolo de Kyoto e pelo mercado voluntário de carbono, complementando renda e sustentabilidade e serviço ambiental, desta atividade, na agricultura familiar da Região Sul do Brasil

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), pelo apoio à execução deste trabalho.

## Referências

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2<sup>nd</sup> ed. Wallingford: CAB International, 1993. 240 p.

ARÉVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; MONTOYA VILCAHUAMÁN, L. J. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 41 p. (Embrapa florestas. Documentos, 73).

CALLO-CONCHA, D.; KRISHNAMURTHY, L.; ALEGRE, J. Estimación del carbono secuestrado por algunos sistemas agroflorestales y testigos en tres pisos de la Amazonia Peruana. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL MEDICION Y MONITOREO DE LA CAPTURA DE CARBONO EN ECOSISTEMAS FORESTALES, 2001, Valdivia. [Memorias]. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2001. 1 CD-ROM.

EMBRAPA FLORESTAS. **Dedicação à pesquisa florestal**. Colombo, 2003. 54 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 81).

FATOS e números do Brasil florestal. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2006. 1 CD-ROM.

MAZUCHOWSKI, J. Z.; RUCKER, N. G. de A. **Diagnóstico e alternativas para a erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil)**. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e de Abastecimento, 1996. 141 p.

MONTOYA VILCAHUAMÁN, L. J. **Caracterización y evaluación económica del sistema agroflorestal yerba mate en el Sur de Brasil: un enfoque financiero, de optimización y de riesgo**. 1999. 140 f. Tesis (Doctor em Ciências) - Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORSTAS, 10., 1983, Curitiba. **Silvicultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*): anais**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. p. 17-36. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 15).

WALCKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, p. 29-38, 1934.