

COMPARTIMENTAÇÃO DO ESTOQUE INDIVIDUAL DE CARBONO EM UMA PLANTAÇÃO COMERCIAL DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.)

*PARTIONING OF THE INDIVIDUAL CARBON STOCK IN A YERBA MATE-TEA
(Ilex paraguariensis A. St.-Hil.) COMMERCIAL PLANTATION*

Douglas Prado Marcos¹, Flaviana Friedrich², Carlos Roberto Sanquetta³, Ana Paula Dalla Corte³

¹Administrador de Empresas, Especialista em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – douglasmarco@gmail.com;

²Engenheira Florestal, MBA em Manejo Florestal de Precisão pela Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – flaviana.friedrich@gmail.com

³Professor da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil – sanquetta@ufpr.br & anapaulacote@gmail.com

RESUMO

O cultivo da erva-mate exerce papel socioeconômico e ambiental importante nas propriedades rurais do Sul do Brasil. Por ser uma cultura perene contribui também para sustentabilidade da agricultura mediante a estocagem de carbono na sua biomassa. Este estudo visou quantificar o estoque individual de carbono em uma plantação convencional adulta (15 a 17 anos) de erva-mate na região do Planalto Norte-Catarinense. Trinta árvores foram abatidas e suas biomassas separadas por compartimentos (folhas, galhos, fustes e raízes) pesadas em campo. Em laboratório foram determinadas as suas biomassas secas, bem como os seus teores de carbono (TC) com o equipamento LECO C-144, pelo processo de combustão a seco. As árvores, com *dap* variando de 4 a 15 cm apresentaram estocagem de 2 a 14 kg de carbono por indivíduo. A maior estocagem de carbono nas plantas deu-se nos fustes (44%), seguidos de raízes (42%), folhas (10%) e galhos (4%). O *dap* correlacionou-se fortemente com o estoque de carbono nos fustes, raízes e total, mas não se correlacionou significativamente com os estoques de carbono nas folhas e galhos. Não houve correlação da altura com os estoques de carbono. Os fatores de expansão de biomassa e razão de raízes calculados diferiram dos valores encontrados para outras espécies florestais estudadas no Brasil. O manejo na plantação da erva-mate, com podas que favorece a produção para indústria, afeta a partição da biomassa e, por conseguinte, a estocagem de carbono.

Palavras chaves: **Biomassa, Indústria ervateira, Manejo, Mudanças climáticas, Serviços ambientais.**

ABSTRACT

The cultivation of mate-tea plants plays an important socioeconomic and environmental role in rural properties in southern Brazil. As a perennial crop it also contributes to the sustainability of agriculture by storing carbon in its biomass. This study aimed to quantify the individual carbon stock in a conventional adult plantation (15 to 17 years) of Yerba Mate-tea plants in the Northern Santa Catarina Plateau. Thirty trees were felled, and their biomass separated by compartments (leaves, branches, stems and roots) were weighed in the field. In the laboratory their dry biomass as well as their carbon contents were determined by using the equipment LECO C-144 which employs the dry combustion process. The trees, with dbh ranging from 4 to 15 cm showed storage of 2 to 14 kg of carbon per individual. The largest carbon storage in plants was in the stems (44%), followed by roots (42%), leaves (10%) and branches (4%). The dbh showed strong correlation with carbon stock in stems, roots and total, but did not significantly correlate with carbon stocks in leaves and branches. Height did not show correlation with carbon stocks. The calculated biomass expansion factors and root-to-shoot ratio differed from the values found for other forest species studied in Brazil. Yerba Mate-tea plant management, with pruning that favors production for mills, affects biomass partitioning and, consequently, carbon storage.

Keywords: **Biomass, Mate-tea mill, Management, Climate change, Environmental services.**

INTRODUÇÃO

A erva-mate é uma espécie nativa da América do Sul, se estendendo no Brasil nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul (OLIVEIRA & ROTTA, 1985). A espécie insere-se principalmente na zona de ocorrência natural da fitofisionomia da Floresta Ombrófila Mista, onde é cultivada. Sob o sub-bosque proporciona, em tese, a preservação de espécies consideradas em extinção, como a imbuia (*Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso) e o pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze).

Nesse ambiente, interagindo com importantes espécies da Mata Atlântica, a erva-mate tem um ótimo desenvolvimento proporcionado pelo sombreamento e as condições adequadas para o plantio, geralmente realizado na forma de adensamento. Se constitui em uma opção interessante para o uso sustentável da chamada Reserva Florestal Legal da propriedade, bem como em áreas inviáveis à produção agropecuária convencional.

A erva mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) se enquadra no grupo das secundárias tardias nas formações de Floresta Ombrófila Mista. Ela pode compor as etapas finais de programas de enriquecimento, em ambientes onde as espécies pioneiras e secundárias iniciais já estão estabelecidas. Tais espécies podem contribuir para a interação com a fauna, auxiliando o restabelecimento da dinâmica e do equilíbrio dos ecossistemas (FERREIRA et al., 2013).

Além desse papel a erva-mate contribuiu para conter as ações do aquecimento global, na mudança de uso da terra e florestas, onde o Brasil propôs restaurar e reflorestar uma área de 12 milhões de hectares de florestas até 2030 (BRASIL, 2016).

Neste contexto a cadeia produtiva da erva mate representa, desde a sua produção no campo, uma alternativa para o armazenamento de carbono, onde mesmo após o consumo, permanece fixado nos resíduos de sua utilização. A determinação de estimativas que simulem a produção de biomassa e o acúmulo de carbono auxiliam planejamento das atividades florestais da erva-mate quanto para o interesse ambiental no sentido de sequestro de carbono (CARON et al., 2016).

É uma cultura permanente que renova a sua biomassa após as podas, a qual gera a matéria prima que será transformada em produto alimentício. Daí decorre outro papel importante do cultivo da erva-mate: como fixador de carbono e contribuinte para promover a produção rural com baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE), ou seja,

como mitigador das alterações climáticas. Na exploração da erva-mate as colheitas são realizadas em intervalos variáveis, com média de 2 a 3 anos (SANTIN et al., 2015; SANTIN et al., 2016), ocorrendo subsequentemente a renovação da biomassa extraída.

Quantificar os estoques de biomassa e carbono é essencial para estimar o potencial mitigador das distintas espécies florestais e ecossistemas. Assim, para conhecer esse potencial para a cultura da erva-mate é imprescindível a realização de estudos sobre mensuração destes estoques em todos os componentes das plantas.

Os estudos de fixação de carbono seguem parâmetros que devem ser observados de forma criteriosa. Um dos aspectos mais relevantes é a quantificação da biomassa, que precisa ser determinada e estimada de forma fidedigna, para uma consistência nos inventários de carbono estocado nos ecossistemas florestais (SANQUETTA et al., 2006).

A biomassa, além de ser o maior indicador da estocagem de carbono, também permite gerenciar a produtividade da planta em termos econômicos e ambientais. Neste trabalho foi analisada a hipótese que a erva-mate contribui de forma relevante com a estocagem de carbono, o que ainda carece de estudos na literatura.

O objetivo deste trabalho é quantificar o estoque de carbono em uma plantação convencional adulta de erva-mate na região do Planalto Norte-Catarinense. Visa-se contribuir para valorizar a produção erva-mateira no tocante aos serviços ambientais prestados pela cultura da erva-mate, buscando incrementar essa atividade, melhorar o seu valor agregado e permitir um planejamento estratégico sustentável para as espécies nativas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área para o levantamento de dados desta pesquisa está inserida no Planalto Norte-Catarinense, no município de Canoinhas, localidade de Rio Pretinho. O acesso à área se dá pela BR-280, distando 18 km do centro da sede municipal de Canoinhas – SC. A área pertence à Ervateira Dranka, que apoiou a realização do estudo.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, clima Cfb que ocupa parte do território dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a uma distância máxima de 500 km do Oceano Atlântico, tendo uma temperatura média anual de 17°C (ALVARES et al., 2013).

São escassas informações mais detalhadas sobre os solos na região, mas o mapa de solos de Santa Catarina aponta a predominância de Cambissolos, Neossolos Litólicos e Latossolos e Gleissolos (em áreas de várzeas)

(ALMEIDA et al., 2018).

A plantação de erva-mate estudada foi estabelecida entre 2002 e 2004, tendo 15 a 17 anos em 2019. Para conhecer sua estrutura, no ano de 2017 foi realizado um inventário florestal com 30 unidades amostrais circulares de 400 m² dispostas numa área plantada de 16,73 hectares. Os números médios de árvores e troncos estimados pelo inventário florestal foram de 2.416 e 7.521/hectare. Observou-se intensa ramificação desde a base das árvores decorrente das podas de formação realizadas com o objetivo de facilitar a colheita.

Foram abatidas 30 árvores amostras na área de estudo, seguindo as técnicas de determinação de biomassa em campo descritas na literatura (SANQUETTA et al., 2006). Foram selecionadas as árvores a serem abatidas de acordo com as classes diamétricas ocorrentes no inventário florestal (<7 cm, 7 a 9 cm, 9,1 a 11 cm de 11,1 a 13 cm e >13 cm de diâmetro à altura do peito - *dap*). Foram selecionadas seis amostras para cada classe diamétrica. As árvores selecionadas não sofreram podas nos últimos dois anos que precederam ao seu abate.

Foram tomadas as medidas de *dap* e altura total (*ht*) de cada planta, empregando-se fita métrica e régua graduada, nas escalas de mm e cm, respectivamente. Em seguida a planta foi abatida com serrote e depositada em uma lona, na qual deu-se a separação das partes da biomassa (compartimentos).

As biomassas frescas separadas por compartimentos (fustes, folhas e galhos) (Figura 1) foram então pesadas em balança digital, com precisão de 10 g. Foram retiradas amostras em disco (2 a 3 cm de espessura) dos fustes na posição da base, metade da altura da árvore até o ponto de inversão morfológica ou ramificação mais pronunciada, e no começo da copa. Todas as folhas, galhos e fustes foram pesados separadamente.

Dez árvores foram eleitas para escavação de raízes, até a profundidade de 1 m. Destas, todas as raízes com diâmetro superior a 0,5 cm foram coletadas, limpas e pesadas no campo.

As biomassas foram separadas por compartimentos (folhas, galhos e raízes) pesadas. De cada compartimento foram retiradas amostras com pesos entre 200 a 500 g, para determinação da massa seca em laboratório. Estas foram acondicionadas em pacotes plásticos e devidamente identificadas.

Após a pesagem da biomassa fresca, foram acondicionadas em pacotes de papel *kraft* e colocadas em local aberto e ventilado para que iniciassem o processo de secagem naturalmente. Em seguida foram enviadas ao BIOFIX (Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação

Carbono na Biomassa) da Universidade Federal do Paraná para determinação da massa seca e teores de carbono.

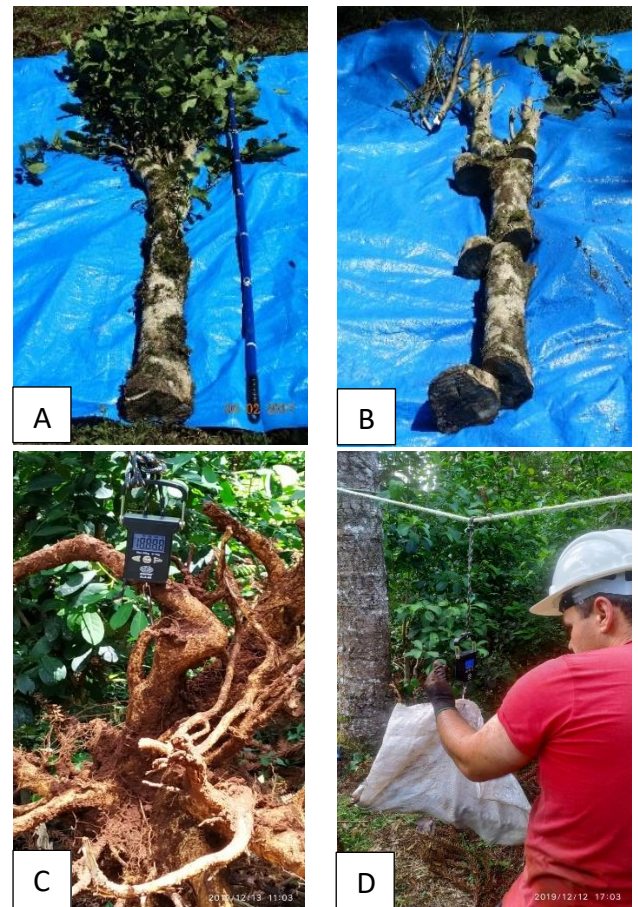


Figura 1. Pesagem da biomassa de 30 indivíduos de erva-mate em uma plantação com 15 a 17 anos de idade Canoinhas – SC. (A) árvore abatida, (B) separação por compartimentos, (C) pesagem das raízes, (D) e pesagem do fuste

Em laboratório, as amostras foram secas em estufa até atingir o peso constante. Os Teores de Massa Seca foram determinados por compartimento, de acordo com a equação (1). Para determinar a biomassa seca dos compartimentos, da árvore com um todo, utilizou-se o Teor de Massa Seca e o peso total da correspondente biomassa fresca por compartimentos (2).

$$TMS = BS_a / BF_a \quad (1)$$

$$BS_t = BF_t * TMS \quad (2)$$

em que: *TMS* = teor de massa seca (%); *BS_a* = biomassa seca da amostra (kg); *BF_a* = biomassa fresca da amostra (kg); *BS_t* = biomassa seca total (kg); e *BF_t* = biomassa fresca total (kg).

A determinação dos Teores de Carbono (*TC*) foi

realizada com o equipamento LECO C-144, pelo processo de combustão a seco gerando o gráfico de teor de carbono existente nas amostras, por *software* específico que gera os gráficos e as informações do levantamento realizado. Foi calculado o teor médio ponderado de carbono dos compartimentos da biomassa, dando maior peso aos valores advindos das maiores frações.

Com o resultado da biomassa seca, calculou-se o estoque de carbono para cada compartimento de cada árvore (3). Foram ainda calculados o Fator de Expansão de Biomassa (4) e a Razão de Raízes (5).

$$C = BS_t * TC \quad (3)$$

$$FEB = \frac{BS_a}{BS_{fu}} \quad (4)$$

$$R = \frac{BS_r}{BS_a} \quad (5)$$

em que: *C* = estoque de carbono por compartimento em cada árvore (kg); *BS_t* = biomassa seca total (kg); *TC* = teor de carbono (%); *FEB* = fator de expansão de biomassa (kg.kg⁻¹); *BS_a* = biomassa seca da parte aérea (kg); *BS_{fu}* = biomassa seca do fuste (kg); *R* = razão de raízes (kg.kg⁻¹); e *BS_r* = biomassa seca das raízes (kg).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indivíduos analisados apresentam maior ou menor heterogeneidade dimensional dependendo da variável considerada. Observou-se maior variação em *dap* em comparação com *ht*, como expresso pelo coeficiente de variação (CV%). Evidenciou-se maior variação do estoque de carbono em todos os compartimentos em relação às variáveis biométricas *dap* e *ht*, sendo essa variação mais pronunciada no compartimento das folhas, que apresentou maior CV% (Tabela 1).

Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis biométricas e do estoque de carbono por compartimento de 30 indivíduos de erva-mate em uma plantação com 15 a 17 anos de idade em Canoinhas – SC.

Variável	Mínimo	Médio	Máximo	CV%	n
<i>dap</i> (cm)	4,14	9,79	15,28	30,68	30
<i>ht</i> (m)	2,60	3,68	5,00	14,75	30
C folhas (kg)	0,17	0,73	2,15	65,73	30
C galhos (kg)	0,10	0,30	0,76	57,29	30
C fustes (kg)	0,44	3,39	7,53	56,83	30
C raízes (kg)	0,40	3,23	8,52	56,23	10
C total (kg)	2,37	7,66	14,53	45,34	

n = número de observações.

Os teores de carbono tiveram baixa variação (0,39% de CV), exercendo pouca influência sobre os estoques individuais de carbono entre compartimentos e plantas. O que mais influenciou as diferenças entre compartimentos e árvores foi a biomassa. A média ponderada do teor de carbono dos compartimentos da biomassa foi de 44,23%, o que representa o percentual de carbono contido na massa seca das plantas.

A partição do estoque de carbono nas plantas foi maior nos fustes e nas raízes, que juntos correspondem a 86,46% do estoque total médio de carbono nas árvores. A porção aérea da biomassa representa 57,79%, dos quais a maior fração está nos fustes e, em muito menor quantidade, nas folhas e nos galhos (Figura 2).

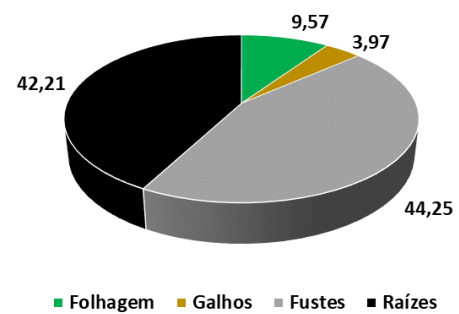


Figura 1. Partição média em porcentagem do estoque de carbono em 30 indivíduos de erva-mate em uma plantação com 15 a 17 anos de idade em Canoinhas – SC.

A altura apresentou baixa correlação com o *dap* (Tabela 2). Isso decorre da alteração na morfologia natural da planta provocada pela extração da matéria prima utilizada na indústria ervateira, que são as folhas e os ramos finos. Através de podas bianuais contínuas as plantas adquirem uma rusticidade do tronco com o passar do tempo, crescem em *dap*, mas pouco em altura.

Tabela 2. Correlação das variáveis biométricas e estoque de carbono por compartimento em 30 indivíduos de erva-mate em uma plantação com 15 a 17 anos de idade em Canoinhas – SC.

Variável	<i>dap</i>	<i>ht</i>	C folhas	C galhos	C fustes	C raízes	C total
<i>dap</i>	1,00						
<i>ht</i>	0,14	1,00					
C folhas	-0,57	0,16	1,00				
C galhos	0,31	0,45	0,01	1,00			
C fustes	0,82	0,29	-0,50	0,41	1,00		
C raízes	0,70	0,26	-0,37	0,39	0,83	1,00	
C total	0,76	0,34	-0,33	0,48	0,94	0,95	1,00

Em condições naturais, plantas dessa espécie e gêneros aparentados da mesma família (Aquifoliaceae) apresentam relação *ht/dap* média de 0,91, com variações de 0,49 a 1,49 (SANQUETTA et al., 2013). No entanto, a relação *ht/dap* média das 30 plantas amostradas foi 0,42, com mínimo de 0,22 e máximo de 0,70, ou seja, no geral as plantas são forçadamente baixas para facilitar a colheita útil à indústria.

As correlações dos estoques de carbono de galhos e folhas (copa) foram baixas com todas as demais variáveis analisadas. Esse fato também está atrelado ao manejo da erva-mate na plantação, cujas podas periódicas contêm a expansão da biomassa de folhas e galhos.

Santin et al. (2016) afirmam que em ervais em fase de produção em solos de baixa fertilidade e não adubados apropriadamente, 24 meses é o período adequado para as colheitas. Quando os solos são bem nutridos, os autores recomendaram colheitas com 18 meses de intervalo.

A baixa proporção de copa (folhas + galhos) em relação aos fustes e raízes pode colocar em xeque as práticas de podas bianuais na espécie. Os resultados deste trabalho indicam que a proporção de folhas e galhos é baixo em árvores podadas bianualmente, de certa forma contrariando o que asseveram os autores previamente citados. Outros fatores do sítio e do manejo praticado podem ser considerados como influentes nesse contexto. Um deles é o espaçamento e a alta densidade de árvores e fustes por hectare identificados neste estudo. O manejo deve privilegiar a máxima formação de copa, especialmente de folhas, com vistas a otimizar a produção de matéria prima para a industrialização.

Os estoques de carbono nos fustes, raízes e carbono total apresentam fortes correlações com o *dap*, em que pese as baixas correlações com *ht*. As variáveis estoques de C nos fustes, raízes e total se correlacionaram fortemente entre si.

Os valores de *FEB* também variaram consideravelmente entre árvores, o mesmo ocorrendo com *R* (Tabela 3). Na média a biomassa da copa da espécie estudada corresponde a aproximadamente 30% do valor da sua biomassa aérea (acima do solo) e as raízes (biomassa subterrânea) representam 95% desse valor. Esses valores se distinguem daqueles identificados em outros gêneros florestais já pesquisadas no Brasil, como *Pinus spp.*, *Eucalyptus spp.* e *Populus spp.* (SANQUETTA et al., 2011; DALLA CORTE et al., 2015; SCHIKOWSKI et al., 2015). Isso ocorre devido ao manejo diferenciado da espécie em questão, que tem sua copa continuamente podada para produção de folhas e galhos finos, prática esta que também repercute na proporção de raízes.

Tabela 3. Estatísticas descritivas de *FEB* e *R* em 30 indivíduos de erva-mate em uma plantação com 15 a 17 anos de idade em Canoinhas – SC.

Variável	Mínimo	Médio	Máximo	CV%	n
<i>FEB</i>	1,0626	1,5624	4,4631	46,04	30
Média geral		1,3058			
<i>R</i>	0,2034	0,7022	1,4659	50,24	10
Média geral		0,9502			

R não se relacionou claramente com *dap* e *ht*. Em contraste, *FEB* mostrou clara relação inversa decrescente (em J invertido) com o *dap*, o demonstra que árvores de menor porte (menor diâmetro) possuem proporcionalmente maior fração de biomassa de copa em relação às maiores (Figura 3). Esse fato também foi evidenciado por outros autores (SANQUETTA et al., 2011; SCHIKOWSKI et al., 2015) que fizeram análises similares para outras espécies florestais. Portanto, parece senso comum que árvores de menor porte possuem maior proporção de copa em relação ao fuste. Contudo, depois de uma certa classe diamétrica, no caso cerca de 12 cm, tende a uma estabilidade nos valores de *FEB*.

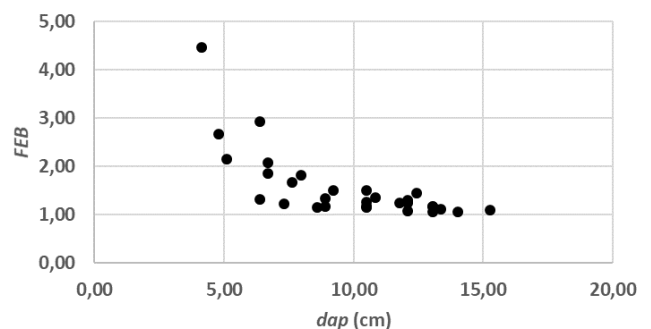


Figura 3. Relação entre *FEB* (fator de expansão de biomassa) e *dap* em 30 indivíduos de erva-mate em uma plantação com 15 a 17 anos de idade em Canoinhas – SC.

CONCLUSÕES

No que concerne à partição do estoque de carbono, fustes e raízes representam a maior fração entre os compartimentos analisados;

Os estoques de carbono no fuste, nas raízes e total estão fortemente correlacionados com o *dap* das árvores e não correlacionados com a sua altura. Os estoques de carbono do fuste e das raízes são fortemente correlacionados entre si;

O fator de expansão de biomassa se relacionou claramente com o *dap*, de forma inversa decrescente,

concluindo-se que árvores de menor diâmetro possuem proporcionalmente maior fração de biomassa de copa;

Os valores de fator de expansão da biomassa e razão de raízes distinguem-se numericamente daqueles encontrados para outras espécies florestais estudadas no Brasil e a causa disso é o manejo particular dado à erva-mate;

O cultivo da erva-mate presta um serviço ambiental adicional ao estocar carbono em sua biomassa por um longo espectro temporal.

A biomassa da plantação não é afetada severamente nas suas porções lenhosas, sendo extraída apenas a biomassa de folhas e dos ramos finos, havendo uma estocagem expressiva e por longo prazo, contribuindo, pois, com a mitigação das alterações climáticas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.A. et al. Mineralogia da argila e propriedades químicas de solos do Planalto Norte Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.17, n.2, p.267-277, 2018.

ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ANTONIAZZI, M.S. et al. Análise da cultura da erva-mate como alternativa social, econômica e ambiental para comunidades rurais. **Revista Extensão em Foco**, n.15, p.108-119, 2018.

BRASIL. **Primeira NDC do Brasil**. 2016. Disponível em: <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>

CARON, B.O. et al. Efficiency of the use of yerba mate solar radiation in intercropping or monocropping for the accumulation of carbon. **Revista Árvore**, v.40, n.6, p.983-990, 2016.

DALLA CORTE, A.P. et al. Fator de expansão de biomassa, razão de raízes-parte aérea e modelos para carbono para *Eucalyptus grandis* plantados no sul do Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.21, p.1078-1090, 2015.

FERREIRA, P.I. et al. Espécies potenciais para recuperação de áreas de preservação permanente no Planalto Catarinense. **Floresta e Ambiente**, v.20, n.2, p.173-182, 2013.

MAZUCHOWSKI, J.Z. **Manual da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Curitiba: Emater, 1989.

PANDOLFO, C. et al. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002.

OLIVEIRA, Y.M.M.; ROTTA, E. **Área de distribuição natural da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. EMBRAPA Florestas, 1985.

SANQUETTA, C.R. et al. **Carbono**: desenvolvimento tecnológico, aplicação e mercado global. Curitiba: Instituto Ecoplan, 2006.

SANQUETTA, C.R. et al. Biomass expansion factor and root-to-shoot ratio for Pinus in Brazil. **Carbon Balance and Management**, v.6, n.6, p.1-8, 2011.

SANQUETTA, C.R. et al. Relações diâmetro-altura para espécies lenhosas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná. **Iheringia**, v.68, n.1, p.103-115, 2013.

SANTIN, D. et al. Nutrição e recomendação de adubação e calcário para a cultura da erva-mate. **Propagação e nutrição de erva-mate**. Brasília: Embrapa, 2015.

SANTIN, D. et al. Intervalos de colheita e adubação potássica influenciam a produtividade da erva-mate. **Floresta**, v.46, n.4, p.509-518, 2016.

SCHIKOWSKI, A.B. et al. Análise e ajuste do fator de expansão de biomassa e razão raízes-parte aérea para álamo. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.21, p.107-119, 2015.

SIGNOR, P. et al. Produção de erva-mate e conservação de Floresta com Araucária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.83, p.199-208, 2015.

VIEIRA, T. **Viabilidade econômica da cultura de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. - Hil.) em áreas de Reserva Legal no Paraná**. 2012. 139p. (Dissertação de mestrado).

Recebido em 02-11-2019

Aceito em 22-01-2020