

4.03- RITMICIDADE DE EMISSÃO E DE QUEDA DE FOLHAS E AS SUAS CONSEQUÊNCIAS NO MANEJO DA ERVA-MATE

M. Rakocevic⁶⁰, M. J. S. Medrado¹, F. Lucambio², T. A. Valduga³

Resumo

Com objetivos de determinar de que maneira a disponibilidade da luz de ambiente do cultivo altera a emissão de folhas, queda de folhas e dinâmica de construção da área foliar de *Ilex paraguariensis* St. Hil., foram acompanhadas plantas adultas, da espécie, em monocultura (MO) e em floresta primária antropizada (FUS) durante dois anos entre duas podas consecutivas. Emissão de folhas da erva-mate mostrou-se um processo mais intensivo em monocultura do que na floresta. Devido a maior longevidade de folhas e menor intenção de investimento em novos elementos ocorreu a menor queda de folhas em FUS. Enquanto o pico de área foliar por planta em monocultura foi atingido no final de primeiro ano produtivo, na floresta antropizada a área continuou a crescer no segundo ano. O tamanho das folhas individuais na sombra de floresta foi maior, indicando que a erva-mate apresenta reação fotomorfogenética de plantas que evitam a sombra e não de espécies tolerantes, como tem sido classificada. Todos os parâmetros estudados relacionados à área foliar apresentaram dimorfismo sexual.

Palavras chaves: área foliar, dimorfismo sexual, ritmicidade, fotomorfogênese.

LEAF-EMISSION AND LEAF-SHED PERIODICITY AND CONSEQUENCES ON MATE MANAGEMENT

Abstract

In aim to determinate how the light availability of plant environment modify leaf emission, leaf shed and dynamic of leaf area in *Ilex paraguariensis*, adult plants were cultivated in two contrasted light environments: monoculture (MO) and forest understorey (FUS), and followed during two years, between two successive prunings. Leaf emission was more intensive in monoculture than in FUS. Mate leaf shed was less intensive in FUS considering slower life-span and lower investment in new elements in FUS. The maximum value of leaf area per plant was attained at the end of first year of regrowth in monoculture, while in forest understorey it continued to grow in second year of production. Mate showed bigger individual leaf size on forest shade as the photomorphogenetic reaction typical for shade-avoider, but not as shade-tolerant species, as it was classified. All studied parameters related to leaf area showed sexual dimorphism.

Key words: leaf area, periodicity, photomorphogenesis, sexual dimorphism.

Introdução

Erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.) é uma espécie arbórea, sempreverde, dióica (Ferreira *et al.*, 1983), de origem subtropical, que atinge 15m de altura, constituindo a segunda camada superior de floresta mista com araucária (Petersen *et al.*, 2000). As folhas e ramos finos apresentam matéria-prima vendida para indústrias ervateiras que produzem vários tipos de bebidas. Para esta finalidade as árvores são podadas bienalmente ou trienalmente quando exploradas em ambientes naturais (sombreadas por outras espécies arbóreas) e anualmente ou bienalmente quando cultivadas em pleno sol de forma solteira ou em consórcios, mantidas como arbustos de 2,5 a 3,0 m de altura.

Os ritmos de crescimento primário de caules da erva-mate (Rakocevic *et al.* (a), nestes anais) produzem um impacto importante na ritmicidade de emissão de folhas, na formação de área foliar e da matéria-prima desta espécie. No campo apresentam-se, regularmente, duas paradas de crescimento de caules, uma no verão (total ou parcial), muito provavelmente relacionada ao fotoperíodo, e outra no inverno provocada pelas temperaturas mínimas baixas induzindo dormência (Rakocevic *et al.* (a), nestes anais).

A erva-mate é considerada espécie umbrófila (Carpanezzi, 1995), mas no seu estágio juvenil ela apresenta (Rakocevic *et al.*, 2003) as reações típicas de espécies que evitam a sombra (Ballaré *et al.*, 1997). No

¹ Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira km 111, 83411-000 Colombo, Paraná, Brazil, e-mail: mima@cnpf.embrapa.br, medrado@cnpf.embrapa.br

² Departamento de Estatística, UFPR, 81531-990 Curitiba, Paraná, Brazil, e-mail: lucambio@ufpr.br

³ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Avenida Sete de Setembro 1621, 99700-000-Erechim, RS, Brazil, e-mail: valice@uri.com.br

seu ambiente natural as plantas jovens devem encontrar-se na sombra de sub-bosque, porém é questionável a maneira pela qual a erva-mate responde ao sombreamento como planta adulta.

Com objetivos de determinar 1/ de que maneira a disponibilidade da luz do ambiente de cultivo altera a emissão e a queda de folhas da *Ilex paraguariensis* nos diferentes estádios de desenvolvimento; 2/ como isso pode influenciar o manejo e 3/ se há diferença área foliar de dois sexos de plantas em produção desta espécie foram acompanhadas plantas cultivadas em monocultura e sombreadas pela floresta antropizada primária, no intervalo de dois anos.

Material e métodos

Em uma fazenda da Ervateira Barão em Barão de Cotegipe (27° 37' 15" S, 52° 22' 47" W, 765m de altitude) no estado do Rio Grande do Sul-RS, foram selecionadas duas áreas (uma em floresta primária antropizada - FUS, enriquecida com erva-mate, e outra em um plantio de erva-mate a pleno sol em monocultura - MO) distantes 100 m uma da outra.

A região norte do RS classifica-se como zona climática temperada, com clima úmido de variedade específica subtropical (Cfa), chuvas bem distribuídas durante o ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. O solo foi determinado como Latossolo Vermelho Distroférico típico.

Quinze plantas foram identificadas, aleatoriamente, em março de 2003 em cada dos dois ambientes extremos (MO e FUS), quando tinham quatro anos de idade. Elas foram podadas em abril de 2003. Três gemas foram marcadas em cada planta (com etiquetas plásticas) e o seu crescimento, relacionado ao eixo principal (EP), foi observado durante dois anos, entre duas podas consecutivas (Julho 2003 – Junho 2005), efetuando-se um total de 38 medições. Foram medidos comprimento, largura e número de folhas no EP, folhas caídas e número de eixos principais. Simplificando as folhas na forma de rombos foi calculada área foliar individual (cm²). Com base no número, comprimento e largura de folhas individuais foram calculadas a área foliar (AF) por EP e a área média de uma folha individual, enquanto AF por planta foi avaliada pelo resultado da AF por EP multiplicado pelo número de eixos principais por planta. Considerou-se como evolução de AF a diferença de aumento entre duas observações. A frequência de medições foi irregular, de duas até quatro semanas, dependendo da intensidade de brotações. Quando ocorriam as paradas de crescimento, a frequência diminuía.

O comportamento das características morfológicas foi observado ao longo do tempo, coletando-se informações de cada uma das 30 árvores durante dois anos, decompondo o comportamento em dois ambientes e para dois sexos. Foram aplicados os modelos longitudinais para análise de dados contínuos ou discretos (Liang e Zeger, 1986), para as respostas morfogenéticas, implicando o ajuste de modelos de regressão longitudinais normais ou log-lineares, quando a resposta foi contagem (dados discretos).

Resultados e discussão

Durante um ciclo de produção bienal, as plantas da erva-mate apresentaram paradas de crescimento através do declínio e paradas totais de emissão de novos metâmeros (Rakocevic *et al.* (a), nestes anais), parando, assim, a emissão de novas folhas (Gráfico 2A) e a formação de área foliar (Gráfico 1). Ao ano podem ser observadas duas paradas de aumento de área foliar (Gráfico 1), sendo uma parada total, no período invernal (que começa em junho e termina no início de setembro) e a outra parcial ou total que inicia em dezembro estendendo-se até fim de fevereiro (parada de verão). A parada de crescimento de área foliar (Gráfico 1) ocorre com um certo atraso quando comparada com a emissão de novas folhas (Gráfico 2A), uma vez que o crescimento da área foliar nas folhas já emitidas termina mais tarde.

Em termos de emissão de nova AF (Gráfico 1) a primeira onda de crescimento (primaveril) foi mais intensa do que segunda (de outono). Também, a evolução da AF relacionada às folhas no EP apresentou maior intensidade em MO do que em FUS no primeiro ano, enquanto no segundo ano situação foi inversa. Este fato é primeiramente relacionado ao crescimento mais lento de EP no segundo ano como consequência de investimento nas ramificações (Rakocevic *et al.* (c), nestes anais). Também, apesar de uma emissão intensiva de folhas em MO houve uma expressiva queda de folhas nesse sistema (Gráfico 2B). As quedas de folhas mais importantes ocorreram nas épocas que precederam novas brotações e no início de novas brotações especialmente em MO no inverno e início da primavera de 2004. O número de folhas que sobram no EP (Gráfico 2A) foi um pouco maior do que número de folhas caídas até fim do inverno de 2004 (Gráfico 2B). Este processo é consequência do investimento de folhas velhas em folhas recentemente emitidas.

Tabela 1. Significância estatística de caracteres morfológicos observados nos eixos principais (EP) marcados, comparando as plantas femininas (FE) com masculinas (MA) e estas cultivadas em monocultura (MO) com as de sub-bosque da floresta primária antropizada (FUS) no período de dois anos entre podas subsequentes. Códigos de significância estatística: $P < 0.001$ '***', $P < 0.01$ '**', $P < 0.05$ '*'. Em parênteses são apresentados: ambiente (MO) e sexo (FE) quais serviram como padrão de comparação (+ ou -).

Caractere observado	Significância estatística		
	Ambiente (MO)	Sexo (FE)	Ambiente x Tempo
Folhas verdes/ EP	*** (+)	*** (-)	***
Folhas caídas/ EP	*** (+)	*** (+)	***
Área foliar/ EP	n.s.	*** (-)	***
Área foliar/ planta	*** (+)	*** (+)	***
Área de uma folha	*** (-)	*** (+)	***

Os eventos de crescimento foliar ocorreram em sintonia em ambos sistemas e em plantas de ambos sexos, apesar de diferenças em investimento entre plantas masculinas e femininas. A falta de sintonia de eventos foi percebida somente na primeira onda de emissão de novas brotações (Gráficos 1-3). Nesta situação, depois da poda, algumas gemas marcadas começaram a emitir os novos metâmeros no mês de junho 2003 em ambos sistemas. No entanto, enquanto que em FUS eles conseguiram continuar o crescimento, em MO as pequenas folhas caíram por causa de geadas e temperaturas muito baixas. No mês de setembro de 2003 ocorreram brotações em praticamente todas as plantas identificadas e já no início de outubro de 2003 a intensidade de criação da nova AF em MO superou FUS. Este fenômeno provocou o retardamento em todos os parâmetros apresentados em MO comparados com FUS e a interação significativa de Ambiente x Tempo (Tabela 1).

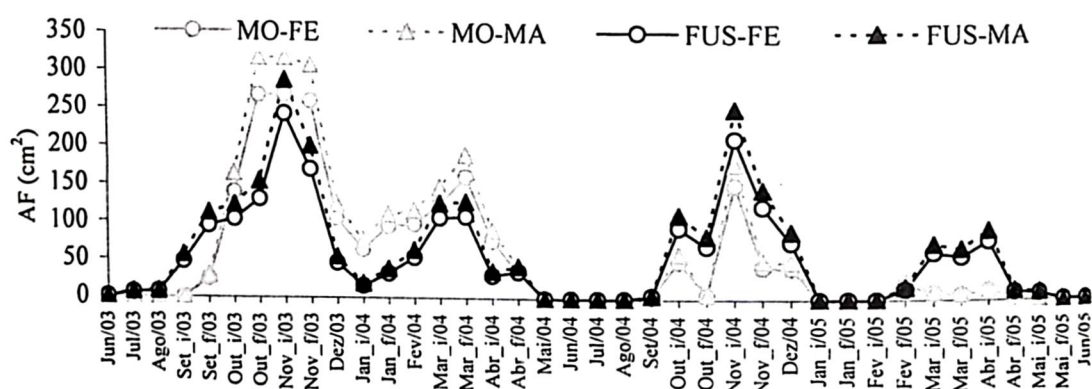


Gráfico 1: Diferença média estimada de área foliar do eixo principal entre duas observações consecutivas, para o intervalo de dois anos, em dois ambientes de cultivo da erva-mate (monocultura – MO e floresta antropizada – FUS), para os indivíduos masculinos MA e femininos (FE).

A dinâmica de área foliar calculada por planta (cálculo efetuado através de número de galhos) apresenta a avaliação mais importante para a produção (Gráfico 3B). Este experimento nos leva a refletir profundamente sobre a produtividade e manejo desta cultura. Em monocultura o pico de produção já foi formado no fim de primeiro ano depois da poda (Maio 2004), na entrada da pausa de crescimento. A queda significativa de folhas ocorreu durante inverno e continuou no início de nova brotação (Gráfico 2B) como consequência de alocação de nutrientes. A avaliação tem um grau de erro considerando que as ramificações

não foram incluídas no cálculo, mas está evidente que em MO a perda de folhas é muito alta o que pode indicar que não é interessante continuar o cultivo no segundo ano sem efetuação de poda.

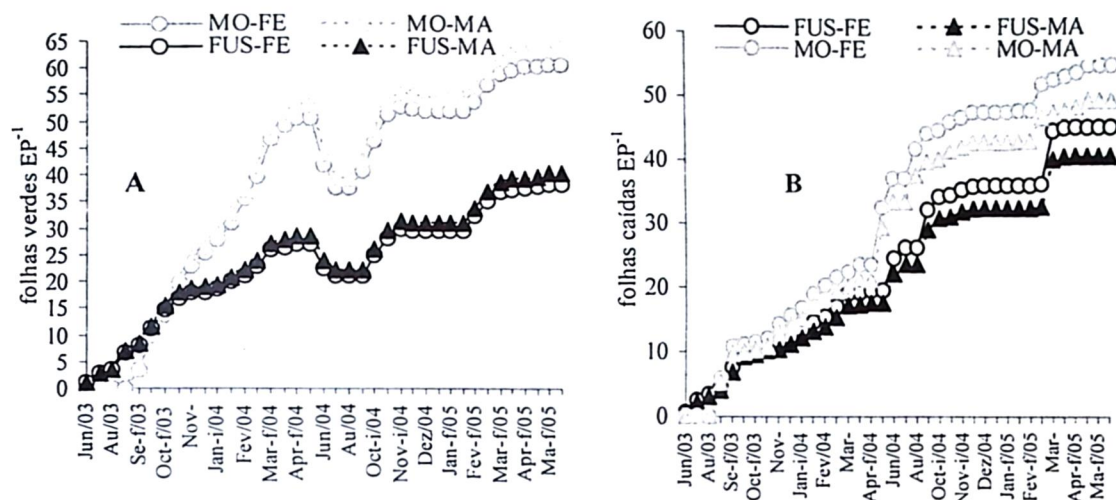


Gráfico 2: A/ Número médio estimado de folhas no eixo principal observado entre duas podas no período de dois anos em dois ambientes de cultivo da erva-mate; B/ Número médio estimado de folhas caídas no eixo principal em dois ambientes de cultivo da erva-mate (monocultura – MO e floresta antropizada – FUS), para os indivíduos masculinos MA e femininos (FE).

O tamanho de folha individual (Gráfico 4) influenciou a construção de AF calculadas per EP por planta, além de emissão e queda de folhas. Como soma destes três parâmetros, a construção da área foliar por eixo principal apresentou maior expansão em monocultura no primeiro ano, enquanto que no segundo ano, depois da brotação primaveril e queda de folhas velhas, AF por EP prevaleceu na sombra de floresta (Gráfico 3A).

O tamanho médio de uma folha está relacionado às ondas de brotações e à dinâmica de emissão de novos metâmeros. No Gráfico 4 está claro que o tamanho de folhas é menor no início de cada onda de brotações (Setembro 2003, Março 2004, Setembro 2004 e Março 2005). Isso é consequência da formação de novas unidades de crescimento primeiramente constituídas pelos entrenós curtos (Rakocevic *et al.*, nestes anos) e folhas da área reduzida, seguida pelos entrenós mais compridos e folhas mais espaçosas.

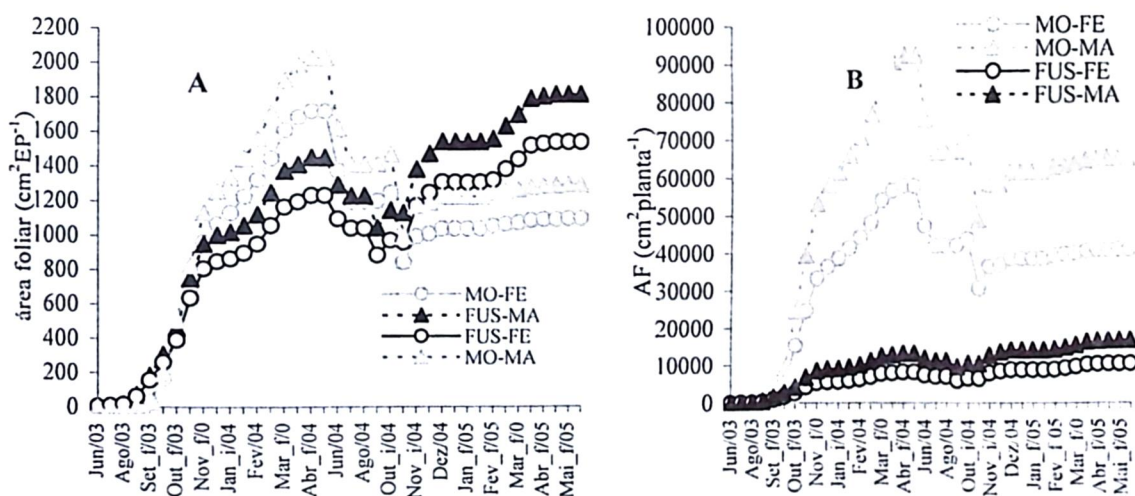


Gráfico 3: Área foliar média estimada observada entre duas podas no período de dois anos. A/ Área foliar média estimada por eixo principal ($\text{cm}^2 \text{EP}^{-1}$) e B/ por planta ($\text{cm}^2 \text{planta}^{-1}$) em dois ambientes de cultivo da erva-mate (monocultura – MO e floresta antropizada – FUS), para os indivíduos masculinos MA e femininos (FE).

Todos os parâmetros relacionados à área foliar apresentaram diferenças entre sexos (Gráficos 1-4), com valores superiores atribuídos para plantas masculinas, com excesso de número de folhas caídas maior para as plantas femininas (Tabela 1). Rendimento de plantas dos dois sexos da erva-mate não apresentou diferenças significativas (Belingheri e Prat Kricun, 1992; Rakocevic *et al.*(1), no prelo). O dimorfismo fisiológico da erva-mate já foi estudado e observando-se diferença entre dois sexos. Foi determinado dimorfismo nutricional, sensorial (Rakocevic *et al.*, 2006 (1) – no prelo) e funcional. A estratégia funcional das plantas femininas, com finalidade de terminação do processo de reprodução, proporcionou aumento da fotossíntese nas folhas sombreadas junto com maior condutância estomática, em relação às plantas masculinas (Rakocevic *et al.*, 2006 (2) – no prelo). Maior alocação em folhas (número de folhas preservadas, área foliar) de plantas masculinas comparadas com femininas (Tabela 1) deveria ser discutido em um contexto mais abrangente, com todos os parâmetros de crescimento considerados, para que se pudesse entender a estratégia de dois sexos em ciclos vegetativos e reprodutivos.

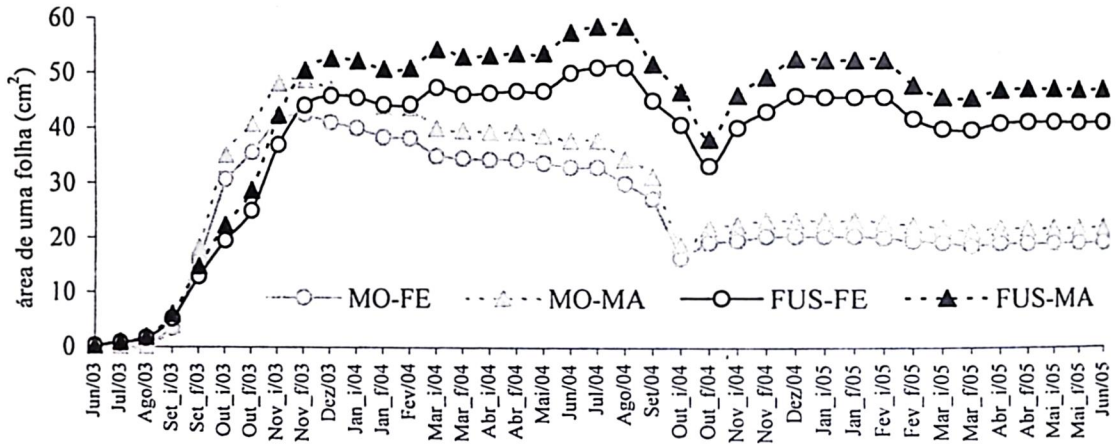


Gráfico 4: Área média estimada de uma folha individual (cm²) observada entre duas podas no período de dois anos em dois ambientes de cultivo da erva-mate (monocultura – MO e floresta antropizada – FUS), para os indivíduos masculinos MA e femininos (FE).

As plantas da erva-mate manifestaram as reações fotomorfogenéticas típicas de espécies que evitam a sombra na FUS. Isso é observado pelo tamanho de folhas individuais (Gráfico 4) maior do que em MO, junto com maior comprimento de entrenó individual (Rakocevic *et al.*(a), nestes anais). Desta maneira, como muitas outras espécies que evitam a sombra, a erva-mate cultivada em sub-bosque da floresta investiu no aumento de tamanho de elementos existentes, tentando expandir-se desta maneira e encontrar-se em condições mais adequadas para seu crescimento. Comportamento parecido já foi mostrado para plântulas da erva-mate cultivadas em condições controladas (Rakocevic *et al.*, 2003). Por isso o conceito sobre a erva-mate descrita como espécie umbrófila que é muitas vezes confundido com definição de espécie tolerante na sombra, deve ser esclarecido. As espécies que exigem a sombra para seu crescimento – tolerantes na sombra (Grime, 1981) têm a capacidade de crescer lentamente, que implica a taxa de fotossíntese e respiração baixa, mas maximização de fixação de carbono por unidade de nitrogênio foliar (Givnish, 1988). A estratégia de adaptação arquitetural para evitar a sombra se pode esperar para espécies que pertencem à floresta primária e secundária, onde a variabilidade vertical de luz sempre existe (Henry e Aarssen, 2001).

A erva-mate aparece no segundo extrato da floresta com araucária no seu ambiente natural (Oliveira e Rotta, 1982, 1983). Nesta floresta subtropical a araucária (*Araucaria angustifolia*) e a canela-sebo (*Ocotea puberula*) aparecem no extrato superior como espécies dominantes, enquanto o estrato médio está sendo dividido entre as espécies co-dominantes como erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e pinho-bravo (*Podocarpus lambertii*), onde ainda aparecem indivíduos de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea puberula* em desenvolvimento. Desta maneira, as plântulas jovens da erva-mate, aparecendo no último estrato podem ter a exigência de sombreamento maior do que plantas desenvolvidas. Este comportamento já foi anotado no experimento de crescimento de plântulas da erva-mate efetuado por Mazuchowski (2004), mas generalizado para espécie durante todo o desenvolvimento.

Conclusões

- Emissão e queda de folhas da erva-mate são processos mais intensivos em monocultura do que na floresta;
- Devido a maior longevidade de folhas de erva-mate na floresta e menor intenção de crescimento e investimento em novos elementos a queda de folhas foi menor;
- O pico de área foliar em monocultura é atingido no fim de primeiro ano produtivo, enquanto que na floresta antropizada a área continua crescer no segundo ano.
- Todos os parâmetros relacionados à área foliar apresentaram diferenças entre sexos, manifestando os valores superiores atribuídos para plantas masculinas, com exceção de número de folhas caídas maior para plantas femininas. Maior alocação em folhas (número de folhas preservadas, área foliar) de plantas masculinas comparadas com femininas deveria ser discutido em um contexto mais abrangente, com todos os parâmetros de crescimento considerados, para entender a estratégia de dois sexos em ciclos vegetativos e reprodutivos.
- O tamanho de folhas individuais na sombra de floresta é maior representando a reação fotomorfogenética de plantas que evitam a sombra indicando que o conceito sobre a erva-mate descrita como espécie umbrófila, que é muitas vezes confundido com definição de espécie tolerante na sombra, deve ser esclarecido.
- Futuramente, deve-se dar atenção ao grau de sombreamento quando da discussão sobre a erva-mate em sistemas agroflorestais e cultivo na floresta, além de atenção que se deve dar ao manejo sob condições limitadas e não limitadas em nutrientes e luz, além de intervalo de podas.

Agradecimentos

Agradecemos ao IICA e ao CNPq por proporcionarem consultoria e bolsa de PV para Miroslava Rakocevic. Agradecemos aos estagiários da URI e à indústria “Barão” pela ajuda técnica.

Referências bibliográficas

- Ballaré, C.L.; Scopel, A.; Sánchez, R.A. Foraging for light: photosensory ecology and agricultural implications. In: Plant, Cell and Environment 20: 820-825, 1997.
- Belingeri, L.D.; Prat Kricun, S.D. Selección de plantas. In: I curso de capacitación en producción de yerba mate, 1992, INTA, Cerro Azul, Argentina. Anales... 7-21 1992.
- Carpanezzi, A. Cultura da erva-mate no Brasil: Conflitos e lacunas. In: Winge, H.; Ferreira, A.G.; Mariath, J.E.A.; Tarasconi, L.C. (Eds.). Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 43-46 1995.
- Ferreira, A.G.; Kaspary, R.; Ferreira, H.B.; Rosa L.M. Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hil. In: Brasil Florestal 53: 29-33 1983.
- Givnish, T.J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. In: Australian Journal of Plant Physiology 15: 63-92, 1988.
- Grime, J.P. Plant strategies in shade. In: Plants and daylight spectrum, H. Smith (ed.). London: Academic Press, 159-186, 1981.
- Henry, H.A.L.; Aarssen, L.W. Inter- and intraspecific relationships between shade tolerance and shade avoidance in temperate trees. In: Oikos 93(3): 477-487, 2001.
- Liang, Y.L.; Zeger, S.L. Longitudinal data analysis using generalized linear models. In: Biometrika 73 (1): 13-22, 1986.
- Oliveira, Y.M.M. de; Rotta, E. Levantamento da estrutura horizontal de uma mata de araucária do primeiro planalto Paranaense. In: Boletim de Pesquisa Florestal 4: 1-46, 1982.
- Oliveira, Y.M.M. de; Rotta, E. Levantamento da estrutura vertical de uma mata de araucária do primeiro planalto Paranaense. In: Silvicultura 8(28): 106-111, 1983.
- Petersen, P.; Tardin, J.M.; Marochi, F. From maté extractivism to the regenerative management of Araucaria forest. In: Heia Newsletter: 17-18, September 2000.
- Rakocevic, M.; Medrado, M.J.S.; Takaki, M. Aspectos fotomorfogenéticos de plantas jovens de erva-mate. In: Anais de 3º congresso sul-americano da erva-mate. Chapecó, 16-19 Novembro 2003. (5.15):1-8, 2003.

- Rakocevic, M., Medrado, M. J. S., Lavoranti, O. J., Valduga, A. T. Quality of mate leaves originated from males and females. In: Brazilian Archive of Forest Research (enviado) - 1.
- Rakocevic, M.; Medrado, M.J.S.; Lavoranti, O.J. Leaf gas exchange differences between males and females of mate. In: Brazilian Archive of Forest Research (enviado) – 2.