

4.02- CARACTERIZAÇÃO DE CRESCIMENTO DO CAULE DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) CULTIVADA EM DOIS AMBIENTES LUMINOSOS CONTRASTANTES

M. Rakocevic⁵⁹, M. J. S. Medrado¹, F. Lucambio², T. A. Valduga³

Resumo

Com o objetivo de determinar o padrão de crescimento caulinar da erva-mate e sua relação com fatores ambientais acompanhou-se o crescimento primário de eixos principais de plantas cultivadas em dois ambientes contrastantes: monocultura (MO) e floresta antropizada primária (FUS). Foram medidos três ramos de 15 plantas, em cada ambiente, durante o período de dois anos, entre duas podas consecutivas. As plantas apresentam marcadores de crescimento nos caules reconhecidos pelo agrupamento de ramificações e pelos entrenós extremamente curtos que seguem este agrupamento, separando duas unidades de crescimento anuais. Observou-se uma combinação de extensão e ramificação monopodial e simpodial na erva-mate. Foram determinadas duas ondas no crescimento anual da erva-mate, uma na primavera e outra no outono. No campo, apresentam-se regularmente duas paradas de crescimento, uma de verão (total ou parcial) provavelmente relacionada ao fotoperíodo, e outra de inverno aparentemente provocada pelas temperaturas mínimas baixas induzindo dormência. Houve maior intensidade de emissão de novos metâmeros em MO do que em FUS. A erva-mate apresentou controle interno de ondas e paradas de crescimento, além de modificações induzidas pelos fatores externos.

Palabras claves: alongamento de caule, fotoperíodo, metâmeras, ritmicidade, temperaturas baixas

SHOOT GROWING CHARACTERIZATION IN ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) CULTIVATED IN TWO CONTRASTING LIGHT ENVIRONMENTS

Abstract

Growth pattern of primary shoot-branches and its relation to environmental factors in erva-mate plants was followed in two contrasted environments: monoculture (MO) and forest understorey (FUS). Fifteen erva-mate plants were identified in each light environment and growth of three branches (identified on each individu) was observed during two years, between two successive prunings. The grouped ramifications and scarces of extremely short internodes separate annual branches into two successive growing units. It was observed a combination of monopodial and sympodial extension and ramification in erva-mate. Two annual growing flushes were determined, one in spring and other in autumn. Also, two growing pauses regularly appeared during a year, one in a summer (total or partial), very probably related to photoperiod, and second in a winter probably provoked by low minimum temperatures, which induce bud dormancy. More intensive shoot metamers emission was noticed in MO compared to FUS. Results are indicating that growing flushes and pauses in annual growing cycle of erva-mate are controlled endogenously and modified by environmental factors.

Key words: low temperatures, metamers, periodicity, photoperiod, shoot elongation

Introdução

O crescimento primário de um caule vegetal é resultado de sua organogênese e alongamento, efetuando-se através da formação de novos metâmeros pelo meristema terminal e de alongamento celular da zona pouco abaixo do domo apical (Champagnat *et al.*, 1986). Ele pode ocorrer de maneira ininterrupta (crescimento contínuo) ou pode ser alternado com paradas de crescimento (crescimento rítmico). No crescimento contínuo podem-se apresentar flutuações estacionais influenciada por fatores externos. Quando se apresenta ritmicidade no crescimento ela pode ser mantida indefinidamente em condições naturais

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

constantes, e cujo determinismo é reconhecidamente de origem endógena, como ocorre em algumas espécies tropicais como a seringueira (Hallé *et al.*, 1978). Cada fase de alongamento da seringueira resulta na formação de uma porção de caule constituído de uma série de catáfilos seguidos de uma série de folhas. Em geral, a identificação de catáfilos, brotos ou de suas cicatrizes mostram as paradas de alongamento e ajudam a reconhecer os limites das unidades de crescimento. Em condições não limitantes, o alongamento nas plantas de *Camellia sinensis* (chá) efetua-se por ondas, mas a organogênese não apresenta as fases de repouso (Caraglio e Barthélémy, 2003). Nas espécies de zona climática temperada a sazonalidade de crescimento é contada pela dormência de gemas provocada por temperaturas baixas no inverno, mas isso não implica que a ritmicidade esteja relacionada apenas aos fatores externos. Regularidade endógena de ritmicidade pode ser confirmada nos experimentos na câmara climatizada e a mesma pode ser modulada por fatores externos nas condições naturais.

Erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.) é uma espécie arbórea, sempre-verde, dióica (Ferreira *et al.*, 1983). Até hoje, por observações qualitativas de campo, foi percebido que existem períodos alternados de crescimento da erva-mate, em três épocas distintas: durante a primavera, o verão e o outono, estagnando o crescimento da planta no resto do ano (Sansberro *et al.*, 2002). Recentemente foi descrita a fotomorfogênese de plântulas de erva-mate mostrando que as mesmas tendem a evitar a sombra (Rakocevic *et al.*, 2003). Quando cultivadas em câmara climática as plântulas apresentam ondas de crescimento, comparadas com ambiente natural onde ocorrem as paradas de crescimento completas no verão e no inverno (Bazzo e Rakocevic, 2005). As diferenças morfológicas de cultivo em gradiente luminoso efetuado com sombra neutra (sombrite) e medições descontínuas foram efetuadas somente nas plântulas desta espécie (Mazuchowski, 2004), enquanto que não foi quantificada a morfogênese de plantas adultas em produção e sob sombra natural (clorofiliana).

Com objetivos de determinar em erva-mate: 1/ 1) a ocorrência de paradas de crescimento; 2/ se a disponibilidade da luz altera a ritmicidade de crescimento; 3/ 3) se há diferenças na ritmicidade dos dois sexos de plantas em produção e 4) qual é a relação da ritmicidade com temperaturas e duração do dia/noite, acompanhou-se o crescimento de plantas de erva-mate em dois ambientes contrastantes: monocultura e floresta antropizada primária.

Material e métodos

Em uma fazenda da Ervateira Barão, em Barão de Cotegipe (27° 37' 15'' S e 52° 22' 47'' W, 765m de altitude) no estado 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. O solo foi determinado como Latossolo Vermelho Distroférrico Típico.

A região norte do Rio Grande do Sul (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. A representação gráfica de temperaturas e da duração da noite para o período de medições morfogenéticas está no Gráfico 1.

Quinze plantas, com quatro anos de idade, identificadas em março de 2003, em cada um dos ambientes, 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. Foram medidos o número e o comprimento de cada entrenó (EN) no EP. Aumento de comprimento de caule (alongamento de caule) e o aumento do número de EN foram calculados como a diferença entre a situação atual e a observação precedente. Durante dois anos (Julho 2003 – Junho 2005) foram efetuadas 38 medições. A frequência das medições foi irregular, de duas até quatro semanas, dependendo da intensidade das brotações. Nos períodos de 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).

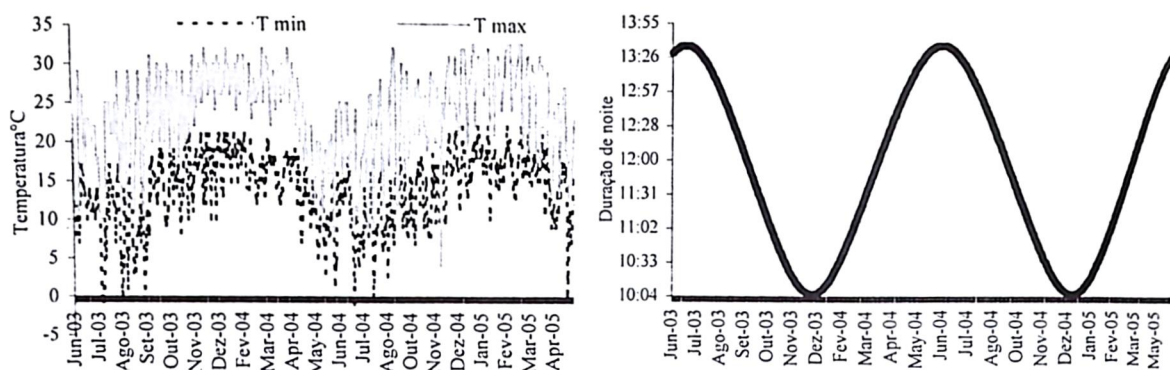


Gráfico 1: Condições meteorológicas da estação Erechim - RS para o período de crescimento da erva-mate entre duas podas consecutivas. **Esquerda:** Temperaturas diárias – máximas e mínimas (°C). **Direita:** Duração da noite em horas.

Resultados e discussão

As plantas de erva-mate apresentaram, em campo, duas paradas de crescimento (Gráficos 2-3) sendo uma delas total, no período invernal (de junho a setembro), e outra parcial ou total no período de verão (de dezembro a fevereiro). Nestes períodos, novos metâmeros não foram emitidos (Gráfico 2) e os emitidos cessaram o crescimento (Gráfico 3). Em termos de emissão de novos elementos (metâmeros) observados no EP, a primeira onda de crescimento (primaveril) foi mais intensa e a emissão de novos metâmeros foi mais acentuada para EP no primeiro ano (Gráfico 2).

Em condições constantes e favoráveis ao crescimento, ou sem influência de fatores externos particulares, plantas como seringueira, cacauzeiro e mangueira mostram fases de alongamento que se sucedem regularmente ao longo do tempo. Este modo de crescimento é classificado como periódico, ou rítmico típico (Crabbé, 1993).

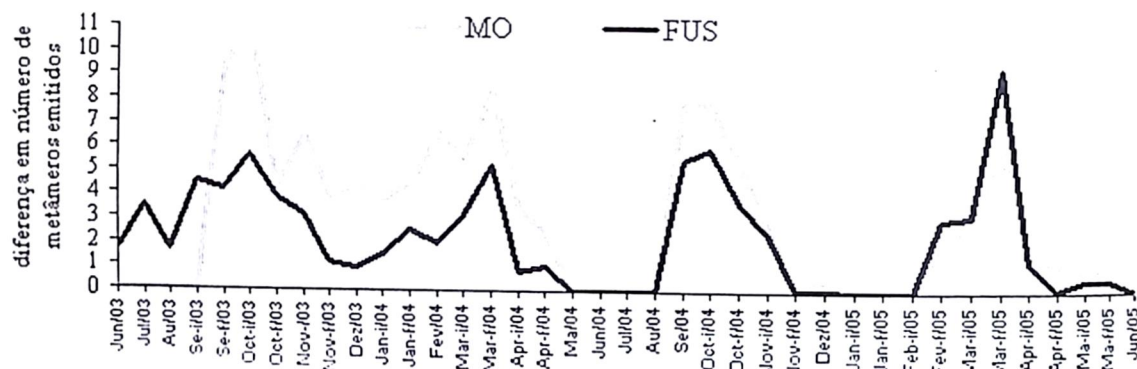


Gráfico 2: Diferença média estimada do número de novos metâmeros emitidos entre duas observações consecutivas observadas no eixo principal (EP) em dois ambientes de cultivo da erva-mate (monocultura – MO e floresta antropizada – FUS), no período de dois anos entre duas podas consecutivas (i – primeira quinzena e f – segunda quinzena do mês observado).

Em condições de campo, com influência de fatores externos (temperaturas baixas de inverno e provavelmente a curta duração da noite no verão), a erva-mate apresenta duas ondas de crescimento que aparecem em períodos regulares (Gráficos 2 e 3). Tomando como base apenas este experimento, o crescimento da espécie parece ser rítmico ou periódico. Porém, em condições controladas não limitantes (câmara climática), observa-se um crescimento contínuo (Bazzo e Rakocovic, 2005), mas com ocorrência de duas ondas de crescimento mais intensas, coincidindo com emissão de novas brotações no campo, e com dois declínios anuais, os quais coincidem com paradas de crescimento no campo. As paradas de crescimento manifestam-se, inicialmente, pela paralisação de emissão de novos metâmeros (Gráfico 2) e, muitas vezes, pela queda da folha mais recentemente emitida. Durante a parada ou repouso, observou-se algumas gemas nuas na parte terminal do caule, seguindo a classificação de gemas dormentes de Nitta e Ohsawa (1998). As mesmas agrupavam-se em

maior número nas porções terminais de galhos em MO (3-6) do que EM FUS (2-3). No início de emissão de novas brotações, algumas destas gemas produziram novos caules enquanto outras continuaram dormentes. Caule mais robusto, crescendo no sentido da unidade de crescimento precedente, foi considerado continuidade de crescimento do eixo principal, enquanto os outros foram considerados como ramificações de primeira ordem. Desta maneira percebe-se que na erva-mate ocorre combinação entre ramificação monopodial e simpodial. A monopodial ocorre durante ondas de crescimento, enquanto que a simpodial é emitida quando o meristema terminal do eixo portador morre no fim de ondas de crescimento e se manifesta no início da onda de emissão de novas brotações, quando se formam múltiplos relés terminais nos galhos. As combinações destes dois tipos de ramificações foram importantes na definição de modelos arquiteturais.

Paradas de alongamento de caule (Gráfico 3) ocorrem com um certo atraso se comparado com a parada de emissão de novos metâmeros (Gráfico 2), por causa da continuação do crescimento de elementos já emitidos, o que ocorre em uma certa sintonia nos dois sistemas e em plantas de ambos sexos, apesar de haver diferenças em investimento registradas para as plantas masculinas e femininas (Gráfico 4).

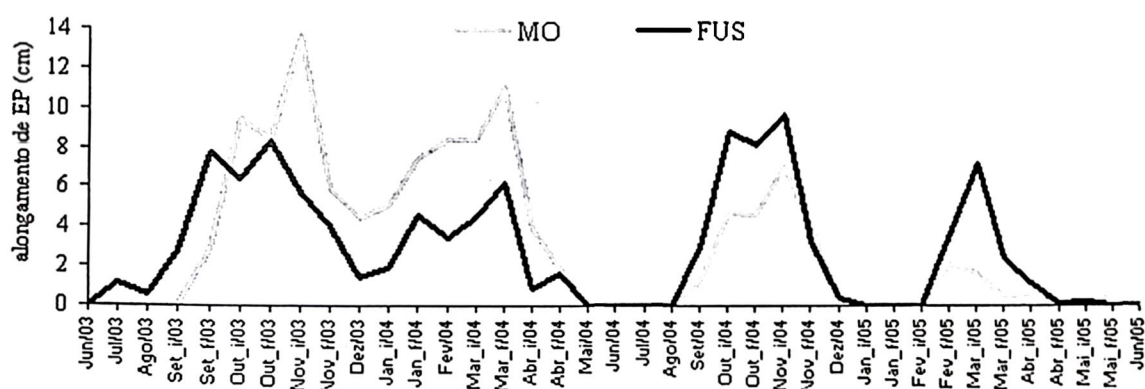


Gráfico 3: Alongamento médio estimado de eixo principal (EP) entre duas observações consecutivas em dois ambientes de cultivo da erva-mate (monocultura – MO e floresta antropizada – FUS), no período de dois anos entre duas podas consecutivas (i – primeira quinzena e f – segunda quinzena do mês observado).

Tabela 1. Significância estatística de caracteres morfológicos apresentados nos Gráficos 2-4 observados nos eixos principais (EP), 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 no EP	Significância estatística		
	Ambiente (MO)	Sexo (FE)	Ambiente x Tempo
Diferença em número de EN	*** (+)	n. s.	***
Alongamento de EP	*** (+)	n. s.	***
Comprimento médio de um EN	*** (-)	*** (-)	***

A falta de sintonia de eventos entre dois ambientes luminosos foi percebida somente na primeira onda de emissão de novas brotações (Gráficos 2-4, Tabela 1). Depois da poda, algumas gemas marcadas começaram a emitir os novos metâmeros, em ambos sistemas, no mês de junho 2003. Na FUS estas conseguiam continuar o crescimento, enquanto em MO as pequenas folhas caíam por causa da maior exposição às geadas e

temperaturas mínimas muito baixas (Gráfico 1A). Este fato provocou o retardamento em todos os parâmetros apresentados em plantas da MO versus FUS (Gráficos 2-4) e a interação significativa "Ambiente x Tempo" (Tabela 1).

No mês de setembro 2003 ocorreu brotação em praticamente todas as plantas identificadas, colocando, rapidamente, a intensidade de crescimento caulinar de plantas em FUS na frente de MO, até o final do

primeiro ano (Gráficos 2-3). No segundo ano, durante a primeira onda de brotações (primaveril), o número de metâmeros por EP continuava superior em monocultura, enquanto, depois da parada de crescimento de verão, na segunda onda de emissão de novas brotações (de outono), apareceu significativamente maior número de EP na floresta do que em monocultura e somente ao final desta onda de crescimento de outono, a intensidade de emissão em MO superou a FUS (Gráfico 2).

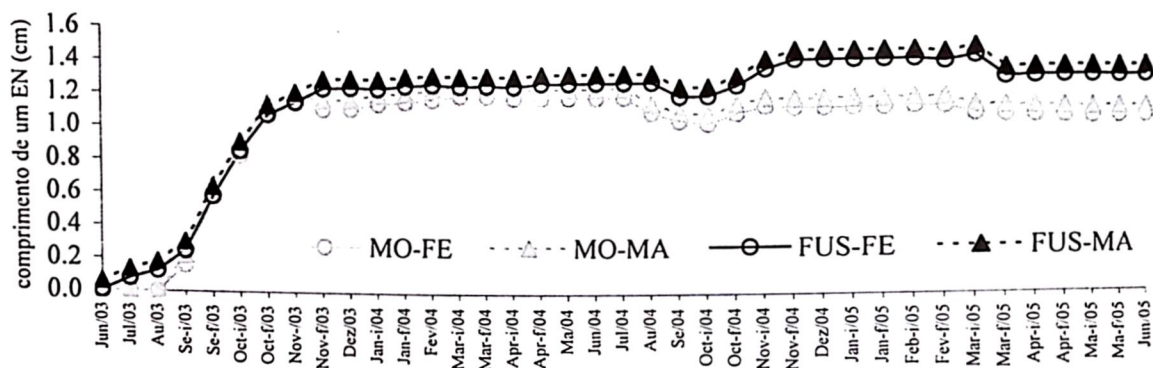


Gráfico 4: Modificações do comprimento médio estimado de entrenó (EN) individual no EP da erva-mate cultivada na floresta antropizada (FUS) e em monocultura (MO) no período de dois anos entre duas podas consecutivas (i – primeira quinzena e f – segunda quinzena do mês observado).

Como muitas outras espécies que evitam a sombra (Aphalo *et al.*, 1999), a erva-mate cultivada na FUS investiu no aumento de tamanho dos metâmeros existentes (Gráfico 4), tentando expandir-se e encontrar-se em condições mais adequadas para o seu crescimento (Rakocevic *et al.*, 2003). Observando os momentos de diminuição do comprimento médio de EN (Gráfico 4) pode-se perceber que eles coincidem com inícios das ondas de novas brotações, quando primeiramente aparecem as folhas pequenas em entrenós curtos e na continuação são seguidos pelos entrenós mais longos.

A parada de crescimento de verão (total ou parcial) pode estar ligada ao fotoperíodo, devido à diferença da extensão do período noturno, observada na época mais quente do ano, quando a noite tem duração de 10 a 11 horas (valor mínimo é 10 horas e 6 minutos), enquanto na época invernal ela estende-se de 12 a 13 horas (Gráfico 1B). O tempo de duração da noite está diretamente ligado às condições de florescimento e brotações da planta, uma vez que durante a noite as plantas reconstituem o oscilador circadiano interno (Taiz e Zeiger, 2004).

A segunda parada de crescimento (parada total, parada de inverno) está influenciada pela queda de temperatura neste período do ano, na região do experimento, quando as temperaturas mínimas (Gráfico 1A) limitam a saída de dormência de gemas terminais e laterais. A ocorrência de temperaturas baixas é um dos mais importantes fatores limitantes de crescimento. Elas são responsáveis para que ocorram grandes perdas periódicas na produção de plantas economicamente importantes. A curta exposição às temperaturas baixas inibe a fotossíntese e provoca acumulação de açúcares e ortofosfatos reduzidos (Ebrahim *et al.*, 1998), limitando o crescimento em geral. As longas exposições às temperaturas baixas afetam a produtividade de plantas tropicais e subtropicais, como é o caso de chá ultrapassando 16°C no norte ou sul do equador, entrando na dormência de inverno (Vyas e Kumar, 2005).

Conclusões

O crescimento da erva-mate caracteriza-se por apresentar ondas anuais (primavera e outono) e duas paradas de crescimento, uma parcial ou total no verão e uma total no inverno;

A parada de crescimento de verão (total ou parcial) pode estar ligada ao fotoperíodo e a parada de inverno às temperaturas mínimas ocorridas no inverno.

Em ambiente de monocultura a emissão de novos metâmeros é mais intensa que no ambiente de floresta antropizada, especialmente, no primeiro ano de crescimento após a poda;

Não houve diferença de ritmicidade nos indivíduos de sexos diferentes;

Não houve diferença de sincronidade entre dois ambientes na ocorrência de paradas de crescimento, com exceção de início da primeira onda de brotação no primeiro ano após a poda;

Os caules apresentam marcadores (separando unidades de crescimento) reconhecidos pelo agrupamento de ramificações e pelos entrenós extremamente curtos que seguem este agrupamento;
Os marcadores separam, visivelmente, as porções de caule crescidas em diferentes ondas de crescimento;
Na erva-mate ocorre combinação entre a ramificação monopodial e simpodial;
A ritmicidade de crescimento na erva-mate (ondas de crescimento) tem controles externos (condições de ambiente como temperaturas baixas e duração de noite) e interno.

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

- Aphalo, P.J.; Ballaré, C.L.; Scopel, A.L. Plant-plant signalling, the shade avoidance response and competition. In: Journal of Experimental Botany 50: 1629-1634, 1999.
- Bazzo, K.C. de; Rakocevic, M. Periodicidade no crescimento vegetativo de *Ilex paraguariensis* (St. Hil) Aquifoliaceae. In: IV Evento da Iniciação Científica de Embrapa Florestas, 2005, Colombo, Paraná. Série Documentos da Embrapa Florestas 117: no prelo, 2005.
- Caraglio, Y.; Barthélémy, D. Revisão crítica dos termos relativos ao crescimento e à ramificação de vegetais vasculares. In: Modélisation et simulation de l'architecture des végétaux. Bouchon, J.; Reffye, P. de; Barthélémy, D. (Org.). Sciences Update, Paris, France, Editions INRA: 11-88. 1997. Tradução: Rakocevic, M.; Medrado, M.J.S.; Ribaski J. Colombo, Embrapa Florestas, 2003, 103 p.
- Champagnat, P.; Barnola, P.; Lavarenne S. Quelques modalités de la croissance rythmique endogène des tiges chez les végétaux ligneux. In: Comptes rendus du Colloque International sur l'Arbre, Montpellier, 1985, Naturalia Mompeliensia hors série: 279-302, 1986.
- Crabbé J. La croissance rythmique des arbres, base de leur organisation temporelle. In: Compte Rendu du Séminaire du groupe d'Etude de l'Arbre: Le rythme de croissance, base de l'organisation temporelle de l'arbre: 1-11, 25-26 mars 1993, Angers, 1993.
- Ebrahim, M.K.H.; Vogg, G.; Osman, M.E.H.; Komor, E. Photosynthetic performance and adaptation of sugarcane on suboptimal temperatures. In: Journal of Plant Physiology 90: 894-898, 1998.
- Ferreira, A.G.; Kaspary, R.; Ferreira, H.B.; Rosa, L.M. 1983. Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hil. In: Brasil Florestal 53: 29-33, 1983.
- Hallé F., Oldeman R.A.A., Tomlinson P.B. Tropical trees and forests. Springer Verlag, Berlin, 441p., 1978.
- Liang, Y. L.; Zeger, S. L. Longitudinal data analysis using generalized linear models. In: Biometrika 73 (1): 13-22, 1986.
- Mazuchowski, J.Z. Influência de níveis de sombreamento e de nitrogênio na produção de massa foliar da erva-mate *Ilex paraguariensis* St. Hil. Tese de Mestrado, Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, 94p., 2004.
- Nitta, I.; Ohsawa, M. Bud structure and shoot architecture of canopy and understorey evergreen broad-leaved trees at their Northern limit in East Asia. In: Annals of Botany 81: 115-129, 1998.
- 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, 2003, Chapecó, 5 (15):1-8, 2003.
- Sansberro, P.A.; Mroginski, L.A.; Masciarelli, O.A.; Bottini, R. Shoot growth in *Ilex paraguariensis* plants grown under varying photosynthetically active radiation is affected through gibberellin levels. In: Plant Growth Regulation 38: 231-236, 2002.
- Taiz, L.; Zeiger, E. O controle do florescimento (Capítulo 24). In: Fisiologia Vegetal: 582-611. Porto Alegre. Artmed. 2004.
- Tomlinson, P.B.; Gill A.M. Growth habit of tropical trees: some guiding principles. In: Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review. Meggers J. B., Ayensu E. S. e Duckworth W. D. (Org.), Smithsonian Inst. Press: Washington: 129-143, 1973.
- Vyas, D.; Kumar, S. Tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kunze) clone with lower period of winter dormancy exhibits lesser cellular damage in response to lower temperature. In: Plant Physiology and Biochemistry 43: 383-388, 2005.