



COMUNICADO
TÉCNICO

433

Colombo, PR
Maio, 2019

Embrapa

Estágios de maturação dos frutos de erva-mate, *Ilex paraguariensis*

Fabiano Carvalho de Brito
Suelen Ávila
Samanta Daliana Golin Pacheco
Marcelo Lazzarotto

Estágios de maturação dos frutos de erva-mate, *Ilex paraguariensis*

Fabiano Carvalho de Brito, Biólogo, doutorando em Ecologia na UFRGS, Porto Alegre, RS; **Suelen Ávila**, Engenheira de Alimentos, doutoranda em Engenharia de Alimentos na UFPR, Curitiba, PR; **Samanta Daliana Golin Pacheco**, Farmacêutica, doutoranda em Ciências Farmacêuticas na UFPR, Curitiba, PR; **Marcelo Lazzarotto**, Químico, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Florestas; Colombo, PR.

Aerva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil. (Aquifoliaceae)) é uma espécie arbórea nativa da Floresta Ombrófila Mista, endêmica da região sul da América do Sul. Possui grande importância socioeconômica e cultural ao Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai, pois suas folhas são consumidas na forma de infusão quente ou fria conhecida como mate, chimarrão ou tererê (Bracesco et al., 2011). A região sul do Brasil é considerada a maior produtora nacional de folha verde de erva-mate, com uma produção média anual de 347 toneladas. O estado do Paraná tem liderado a produção com 86,39% e outros estados como Santa Catarina (8,32%), Rio Grande do Sul (5,24%) e Mato Grosso do Sul (0,05%) também participam significativamente dessa produção (IBGE, 2016). A seleção de matrizes fornecedoras de sementes para a produção de mudas também é estratégica, onde os melhores genótipos devem ser escolhidos. Os estudos de fenologia reprodutiva são ferramentas básicas que possibilitam o conhecimento biológico e ecológico da espécie, desde a floração até a frutificação e o

total amadurecimento do aparelho reprodutivo (Cleland et al., 2007), além de auxiliar as técnicas de cultivo, produção e manejo dos recursos florestais (Han et al., 2018). Desta forma, estudos da fenologia reprodutiva são de extrema importância para a observação e seleção de características de interesse ao desenvolvimento e produção agrícola (Chmielewski et al., 2004).

A inflorescência da erva-mate apresenta variabilidade de fenofases dependendo da região e dos indivíduos (Sousa et al., 2003). O florescimento da espécie ocorre geralmente de setembro a novembro no estado Paraná; de setembro a dezembro em Santa Catarina e de setembro a outubro no Rio Grande do Sul. As flores possuem coloração branca e um porte floral pequeno, dispostas em cacho fusiforme. Ao longo do tempo, com a polinização e fecundação e posterior desenvolvimento e amadurecimento do fruto, ocorrem nítidas mudanças fenológicas que variam conforme a região geográfica. A fenologia reprodutiva é de aproximadamente 100 dias, com pico de floração no mês de novembro

e maturação dos frutos estendida até meados de maio (Pires et al., 2014).

A frutificação geralmente inicia-se no período de dezembro a janeiro, terminando entre março e maio. Ao longo de todo este processo, nota-se a mudança gradual das fases envolvendo desde a imaturação (de cor verde clara) até a maturação completa que se caracteriza pela coloração roxa intensa (Figura 1). Os frutos são classificados tal como o tipo baga com formato esférico, apresentando em média quatro sementes. A coloração roxa mais intensa dos frutos, que ocorre na fase tardia de maturação, está relacionada com a dispersão zoocórica, sendo intensamente consumidos pela avifauna local (Colussi; Prestes, 2011).

A erva-mate, sendo uma espécie dioica críptica (um dos sexos abortados), pode ser desenvolvida para fins de melhoramento genético, pois possui

a vantagem de inclusão de indivíduos selecionados por meio da propagação vegetativa (Resende et al., 1995). Os ervais cultivados podem apresentar baixa produtividade, devido à ineficiência das técnicas de cultivo e de colheita aplicadas, e também devido à baixa qualidade genética e fisiológica das sementes utilizadas nos plantios (Resende et al., 1995). Assim, são fundamentais o desenvolvimento e o aprimoramento dos programas de melhoramento genético, pois o conhecimento da variabilidade genética entre e dentro dos indivíduos é de grande importância para a obtenção de ganhos genéticos advindos da seleção visando maximizar as características de interesse (Wendt et al., 2007; Sturion; Resende, 2010).

A compreensão da fenologia reprodutiva e da sua variabilidade entre genótipos de erva-mate poderá possibilitar



Figura 1. Frutos de erva-mate em diferentes estádios de maturação (verde, em maturação e em avançado processo de maturação).

a escolha de variedades mais precoces ou mais tardias, de forma a estender o período de produção otimizando a utilização dos recursos. Os estudos sobre a fenologia reprodutiva da erva-mate são, ainda, incipientes e bastante variáveis, necessitando assim mais pesquisas aplicadas para a melhor compreensão das etapas de reprodução e desenvolvimento da espécie.

O objetivo deste trabalho foi estabelecer parâmetros metodológicos de coleta dos frutos de erva-mate, de acordo com seus estágios de maturação. Para isto, foram avaliados tais estágios por meio do acompanhamento semanal, comparando duas áreas localizadas na Embrapa Florestas, em Colombo, PR.

Material e Métodos

Áreas: Ambas as áreas são de propriedade da Embrapa Florestas, no município de Colombo, PR.

- Área 1: foram selecionadas quatro árvores provenientes do plantio realizado em setembro de 2010, coordenadas: 25°19'52"S; 49°09'38"W (altitude 911 m) (Figura 3A).

- Área 2: foram selecionadas quatro árvores provenientes do plantio realizado em outubro de 2014, coordenadas: 25°19'16"S; 49°09'28"W (altitude 938 m) (Figura 3B).

Amostragem: Foram coletados, aleatoriamente, 10 frutos de oito árvores de erva-mate semanalmente, no verão de 2018, compreendendo o período de 11/01/2018 a 28/02/2018, totalizando sete semanas de observação. Quatro árvores foram provenientes da área 1, conforme Figura 2A e quatro árvores provenientes da área 2, Figura 2B. Ambas as áreas estão localizadas no perímetro da Embrapa Florestas, em Colombo, Paraná. Ao final da coleta, os frutos coletados foram medidos com paquímetro digital e as massas foram determinadas com balança analítica.



Fotos: Fabiano Carvalho de Brito

Figura 2. Área 1 (A) ao lado da Estrada da Ribeira, município de Colombo, PR. Área 2 (B) perímetro interno da Embrapa Florestas, no município de Colombo, PR.

Análise estatística: Os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão e a normalidade foi verificada pelo teste de Anderson Darling para todas as variáveis. Posteriormente, foi realizado o teste de Brown-Forsythe para verificar a homogeneidade de todas as variâncias pelo Programa Statistica 10.0. (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Para detectar diferenças significativas entre as amostras de erva-mate, foi aplicada ANOVA. Os dados resultantes que apresentaram diferenças significativas na análise de variância e comparações de médias foram submetidos ao teste de Tukey a 5% e 1% de significância.

Resultados e Discussão

De acordo com o acompanhamento realizado ao longo do período de amostragem, os frutos de erva-mate apresentaram mudança variável na coloração das fases da frutificação observadas, em ambas as áreas. De acordo com os resultados foi observado o desenvolvimento caracterizado pelo aumento de massa e a mudança de cor dos frutos. O aumento do diâmetro e da massa dos frutos, no decorrer das sete semanas de observação estão na Tabela 1.

Os diagramas de dispersão (Figuras 3 e 4) mostram a associação entre o

Tabela 1. Diâmetros e massas dos frutos de erva-mate colhidos em Colombo, PR, no período de 11/01 a 28/02/2018, nas áreas 1 e 2.

Coleta	Área 1		Área 2	
	Tamanho (mm)	Massa (mg)	Tamanho (mm)	Massa (mg)
11/jan	5,57 \pm 0,61 b B	100,5 \pm 26,4 b A	5,25 \pm 0,38 c C	74,5 \pm 10,0 c B
17/jan	6,21 \pm 0,62 a AB	131,0 \pm 38,3 ab A	5,38 \pm 0,27 bc BC	83,0 \pm 8,8 bc AB
24/jan	6,56 \pm 0,71 a A	162,4 \pm 41,4 ab A	5,48 \pm 0,32 ab AB	86,0 \pm 4,9 bc AB
31/jan	6,47 \pm 0,60 a A	147,1 \pm 26,6 ab A	5,66 \pm 0,31 ab AB	92,4 \pm 4,9 abc AB
07/fev	6,67 \pm 0,67 a A	160,4 \pm 47,4 ab A	5,64 \pm 0,39 ab AB	92,6 \pm 6,5 abc AB
15/fev	6,73 \pm 0,47 a A	177,4 \pm 32,9 a A	5,94 \pm 0,39 a A	113,1 \pm 10,8 a A
21/fev	6,44 \pm 0,70 a A	147,2 \pm 27,8 a A	5,85 \pm 0,56 ab AB	105,0 \pm 23,9 ab AB
28/fev	6,38 \pm 0,56 a A	136,1 \pm 21,3 a A	5,96 \pm 0,51 b BC	109,1 \pm 10,4 ab A
P (Normalidade)*	0,10	0,66	0,68	0,71
P (Brown-Forsythe)**	0,89	0,35	0,91	0,12
P (ANOVA)***	0,01	< 0,01	0,01	< 0,001

*Valores de probabilidade obtidos segundo teste de Kolmogorov-Smirnov para normalidade; **Valores de probabilidade obtidos pelo teste de Brown-Forsythe para homogeneidade de variâncias; ***Valores de probabilidade obtidos por ANOVA unidirecional. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna representam resultados com diferença estatística, conforme o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna representam resultados com diferença estatística, conforme o teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

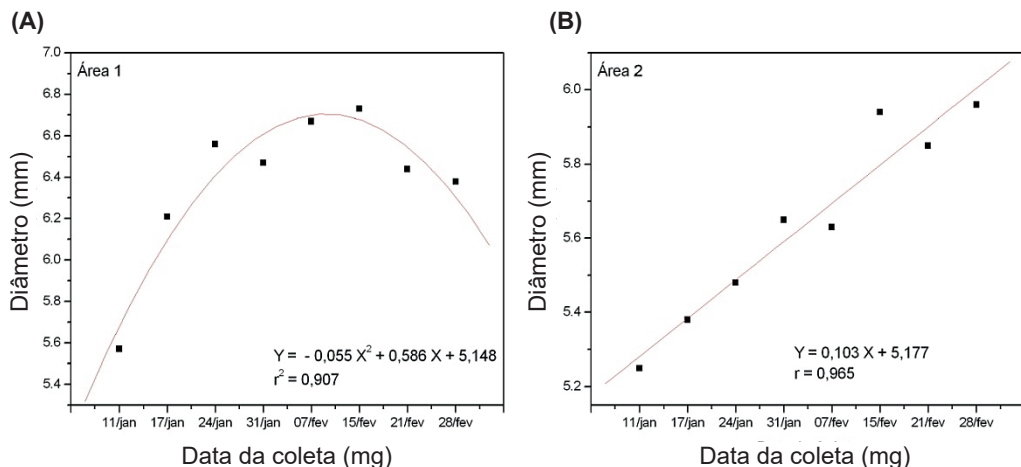


Figura 3. Relação dos diâmetros dos frutos de erva-mate colhidos em Colombo, PR, no período de 11/01 a 28/02/2018, nas áreas 1 (A) e 2 (B).

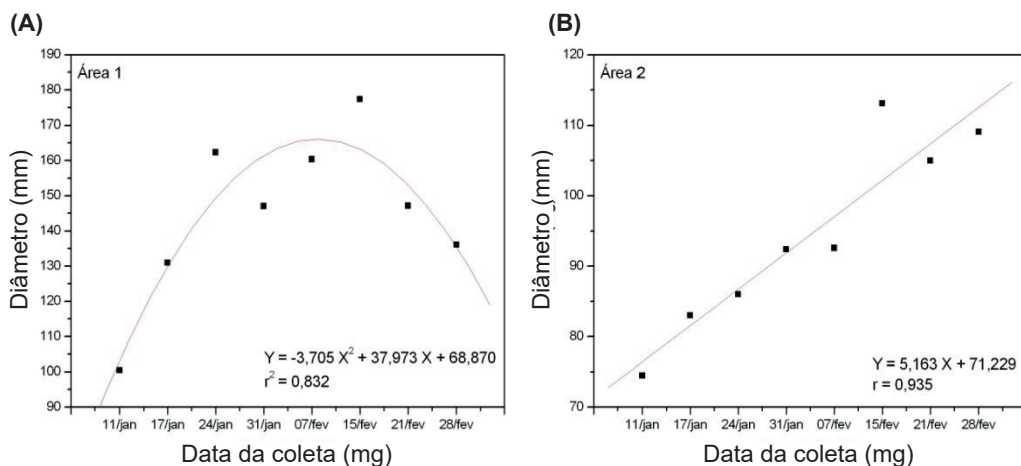


Figura 4. Relação das massas dos frutos de erva-mate colhidos em Colombo, PR, no período de 11/01 a 28/02/2018, nas áreas 1 (A) e 2 (B).

período das coletas e o tamanho/massa dos frutos amostrados para ambas as áreas. A reta de regressão mostra alta correlação entre as variáveis diâmetro e data de coleta ($R^2 = 0,907$ área 1; $R^2 =$

0,965 área 2 (Figura 3)) e entre massa e data de coleta ($R^2 = 0,832$ área 1; $R^2 = 0,935$ área 2 (Figura 4)). Estes resultados estão de acordo com o desenvolvimento padrão esperados para as

características fenológicas de frutos em processo de maturação (Seymour et al., 2013). O ganho de massa e o aumento no diâmetro da baga estão relacionados com a divisão e expansão das paredes celulares, aumento da retenção de água e o gradual acúmulo de açúcares durante a maturação; ao longo do desenvolvimento ocorreram processos bioquímicos e enzimáticos responsáveis pela textura, coloração (atratividade) e odor. Todas estas mudanças são esperadas nos processos de desenvolvimento e maturação dos frutos, quando ocorre acúmulo de água, açúcares e a produção de antocianinas, que são responsáveis pelo gosto adocicado e pela coloração intensa (Coombe, 1976; Seymour et al., 2013). Estas modificações estão relacionadas com a diminuição da adesão das paredes celulares e intercelular, caracterizando o estágio final de maturação, perda de água e senescência do fruto. Este processo fisiológico de maturação pode ser variável de acordo com a espécie vegetal (Figura 4) (Brummell, 2006).

Nos diagramas das Figuras 3 e 4 alguns aspectos relevantes em relação às áreas foram observados. Os frutos coletados na área 1 apresentaram um ganho de diâmetro e massa até a 4ª semana de amostragem e depois apresentaram uma redução dos conteúdos em relação às datas de coletas. Isto foi decorrente do desenvolvimento final da maturação, onde ocorre a redução pela perda de água e secagem no pedúnculo, com a posterior caída do fruto. Os frutos coletados nesta área amadureceram mais rápido, obtendo maior peso e maior

diâmetro comparados com a área 2. Não foi observado o mesmo padrão de crescimento e desenvolvimento dos frutos entre as áreas. Provavelmente devido ao insuficiente tempo de amostragem (observado nos diagramas de relação entre diâmetro e data da coleta) e à diferença etária entre as árvores, onde a área 2 é proveniente de um plantio mais recente.

Os diagramas da Figura 5 apresentam a relação associativa entre o diâmetro e a massa dos frutos coletados em ambas as áreas. Estes resultados mostram o que é esperado para o desenvolvimento de maturação dos frutos; ou seja, o ganho de massa associado ao aumento do diâmetro da baga. Mesmo apresentando este padrão de desenvolvimento, as áreas 1 e 2 mostram diferenças entre si, podendo estes fenômenos também estarem relacionados aos fatores ambientais tal como a composição química do solo onde foi realizado o plantio. Outra possível explicação da relação da diferença do desenvolvimento dos frutos pode estar relacionada às diferentes idades dos indivíduos amostrados nas áreas de estudo. A área 1 é procedente do plantio realizado em 2010 e os indivíduos da área 2 são procedentes do plantio de 2014.

De acordo com Pires et al. (2014) os frutos de erva-mate provenientes de áreas nativas apresentaram fases de frutificação com duração total de 78 dias, período em que o peso fresco aumentou conforme o modelo quadrático $y = 0,0249 + 0,0019x - 0,00001x^2$ ($R^2 = 0,9375$). Os resultados apresentados

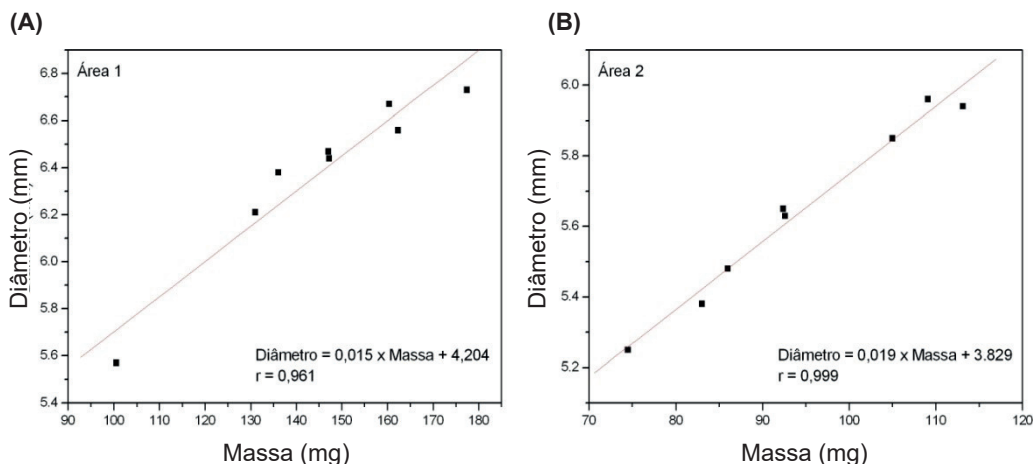


Figura 5. Relação entre os diâmetros e massas dos frutos de erva-mate colhidos em Colombo, PR, no período de 11/01 a 28/02/2018, nas áreas 1 (A) e 2 (B).

neste estudo mostram o ganho de massa e a relação entre o diâmetro dos frutos (área 1 = $R:0,96$; Área 2 = $R: 0,99$). As coletas semanais permitiram realizar uma análise preliminar do desenvolvimento em relação ao ganho de peso (massa).

Estudos de fenologia reprodutiva fornecem elementos para inferências a respeito da variabilidade fisiológica e das características genéticas dos indivíduos. A variabilidade do desenvolvimento na maturação dos frutos de erva-mate sugere que fatores genéticos e ecológicos podem ter uma grande influência nos padrões fenológicos (Alencar, 1990). Segundo Zanon (1988) o processo de desenvolvimento da frutificação da erva-mate é bastante heterogêneo, havendo uma grande variabilidade fenotípica entre as populações. A quantidade e a qualidade dos frutos produzidos por um indivíduo

podem variar em relação à constituição genética e às condições ambientais (Zanon, 1988). Os processos de desenvolvimento na floração e na frutificação não dependem unicamente de fatores genéticos, pois as interações com outros elementos bióticos locais como, por exemplo, frugivoria e zoocoria também podem exercer influência no estágio de desenvolvimento fenológico reprodutivo (Wendt et al., 2007) (Newstrom et al., 1994; Marco; Páez, 2002). Desta forma, todo o processo reprodutivo pode ser influenciado pela interação de muitas variáveis, podendo afetar o sincronismo entre as fases reprodutivas (Sousa et al., 2003).

Por fim, ressalta-se que são necessárias mais avaliações investigando estes fenômenos relatados por meio de amostragens que envolvam um período maior de observação sucessiva, com maior número de indivíduos avaliados.

Conclusões

A amostragem semanal ao longo do período de maturação dos frutos permitiu uma análise preliminar a respeito da fenologia reprodutiva de erva-mate, por meio da relação do crescimento da baga, ganho de peso, diâmetro e mudança de coloração dos frutos entre as duas áreas da Embrapa Florestas estudadas. Os genótipos amostrados apresentaram resultados diferentes, sendo possivelmente promissores para cultivo dos frutos na região, que poderiam de alguma maneira contribuir para o estabelecimento de estratégias de conservação, de manejo e de melhoramento genético, podendo agregar valor à produção de frutos de erva-mate.

Referências

- ALENCAR, J. C. Interpretação fenológica de espécies lenhosas de campina na Reserva Biológica de Campina do INPA ao Norte de Manaus. **Acta Amazonica**, v. 20, p. 145-183, 1990. DOI: 10.1590/1809-43921990201183.
- BRACESCO, N.; SANCHEZ, A. G.; CONTRERAS, V.; MENINI, T.; GUGLIUCCI, A. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: minireview. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 136, n. 3, p. 378-384, 2011. DOI: 10.1016/j.jep.2010.06.032.
- BRUMMELL, D. A. Cell wall disassembly in ripening fruit. **Functional Plant Biology**, v. 33, n. 2, p. 103-119, 2006. DOI: 10.1071/FP05234.
- CHMIELEWSKI, F.; MÜLLER, A.; BRUNS, E. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121, p. 69-78, 2004. DOI: 10.1016/S0168-1923(03)00161-8.
- CLELAND, E. E.; CHUINE, I.; MENZEL, A.; MOONEY, H. A.; SCHWARTZ, M. D. Shifting plant phenology in response to global change. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 22, n. 7, p. 357-365, 2007. DOI: 10.1016/j.tree.2007.04.003.
- COLUSSI, J.; PRESTES, N. P. Frugivoria realizada por aves em *Myrciaria trunciflora* (Mart) O. Berg. (myrtaceae), *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) e *Ilex paraguariensis* St. Hil. no norte do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 19, n. 1, p. 48-55, 2011.
- COOMBE, B. The development of fleshy fruits. **Annual Review Plant Physiology**, v. 27, p. 507-528, 1976. DOI: 10.1146/annurev.pp.27.060176.001231.
- HAN, M.; PENG, F.; MARSHALL, P. Pecan phenology in Southeastern China. **Annals of Applied Biology**, p. 1-10, 2018. DOI: 10.1111/aab.12408.
- IBGE. **Produção da extração vegetal e silvicultura (PEVS)**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?edicao=16993&t=sobre>>. Acesso em: 28 abr. 2018.
- MARCO, D. E.; PÁEZ, S. A. Phenology and phylogeny of animal-dispersed plants in a Dry Chaco forest (Argentina). **Journal of Arid Environments**, v. 52, n. 1, p. 1-16, 2002. DOI: 10.1006/jare.2002.0976.
- NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. C. R. Diversity of long-term flowering patterns. In: McDADE, L. A.; BAWA, K. S.; HESPEHHEIDE, H. A.; HARTSHORN, G. S. (Ed.). **La selva: ecology and natural history of a Neotropical Rain Forest**. 2. ed. Chigago: Chigago Press Books, 1994. p. 493.
- PIRES, E. Z.; STEDILLE, L. I. B.; MACHADO, S.; MANTOVANI, A.; BORTOLUZZI, R. L. C. Biologia reprodutiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) em remanescente de

Floresta Ombrófila Mista Altomontana. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 2, p. 171-180, 2014.

RESENDE, M. D. V. de; STURION, J. A.; MENDES, S. **Genética e melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 33 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 25).

SEYMOUR, G. B.; ØSTERGAARD, L.; CHAPMAN, N. H.; KNAPP, S.; MARTIN, C. Fruit development and ripening. **Annual Review of Plant Biology**, v. 64, n. 1, p. 219-241, 2013. DOI: 10.1146/annurev-arplant-050312-120057.

SOUSA, V. A. de; DAROS, T. L.; STURION, J. A. Fenologia reprodutiva de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.). In: CONGRESSO

FLORESTAL ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL, 9., 2003. Nova Prata, RS. **Floresta**: função social: anais. Nova Prata: Prefeitura Municipal, 2003.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. **Melhoramento genético da erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 274 p.

WENDT, S. N.; SOUSA, V. A. de; QUOIRIN, M.; SEBBENN, A. M.; MAZZA, M. C. M.; STURION, J. A. Caracterização genética de procedências e progênes de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. by using RAPD markers. **Scientia Forestalis**, n. 73, p. 47-53, 2007.

ZANON, A. **Produção de sementes de erva-mate**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988. 7 p. (EMBRAPA-CNPQ. Circular técnica, 16).

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br

1ª edição

Versão digital (2019)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações da Embrapa Florestas

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Neide Makiko Furukawa

Membros

Álvaro Figueredo dos Santos, Gizelda Maia Rego, Guilherme Schnell e Schühli, Ivar Wendling, Luis Cláudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Marilice Cordeiro Garrastazu, Valderés Aparecida de Sousa

Supervisão editorial/Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa