

Variação genética em caracteres silviculturais em teste de progênies de *Anadenanthera falcata* (Benth) Speng.Genetic variation of silvicultural traits in an *Anadenanthera falcata* (Benth) Speng) progeny testVictória Campos Monteiro Pires¹, Karina Martins², Ana Flávia Francisconi³, Osmar Vilas Bôas⁴, Miguel Luiz Menezes Freitas⁵ e Alexandre Magno Sebben⁶**Resumo**

Anadenanthera falcata é uma espécie arbórea de pequeno porte cuja boa qualidade de sua madeira proporciona diversos usos para a espécie, como construção civil, postes, dormentes e fabricação de móveis. A fragmentação de habitats de sua ocorrência representa a principal ameaça para a sobrevivência da espécie e, neste caso, a conservação *ex situ* de populações da espécie torna-se necessária. Esse trabalho apresenta resultados da variação genética para caracteres silviculturais em um teste de progênies de *A. falcata*, aos nove e aos 17 anos, instalado em Assis-SP para fins de conservação *ex situ* da espécie. Diferenças significativas entre progênies foram detectadas apenas para o caráter altura, sendo que essas diferenças foram maiores aos 17 anos. A herdabilidade média entre progênies para altura aumentou consideravelmente entre os nove (0,33) e 17 anos de idade (0,76). A correlação genética entre nove e 17 anos de idade foi alta para o caráter altura, indicando que as diferenças genéticas entre as progênies se mantiveram ao longo dos anos. Assim, a seleção precoce para esse caráter poderá ser adotada efetivamente.

Palavras-chave: caracteres quantitativos, correlação genética, herdabilidade, melhoramento florestal.

Abstract

Anadenanthera falcata is a small tree species whose timber is used in construction and furniture and also as poles and railway sleepers. Habitat fragmentation is the main threat to the maintenance of natural populations of this species. In this situation, *ex situ* conservation strategies are necessary. This study presents estimations of genetic variation for silvicultural traits in a progeny test of *A. falcata* at nine and 17 years-old, established in the municipality of Assis, São Paulo state – Brazil, for the purpose of *ex situ* conservation. Significant differences between progenies were detected only for total height, this being largest at age 17th. The average heritability among progenies was higher at 17 (0.76) than at nine years of age (0.33). The genetic correlation for height between nine and 17 years old was high. This means that the genetic differences among progenies were maintained over the years. Therefore, early selection for this trait would have been effective.

Keywords: quantitative traits, genetic correlation, heritability, tree breeding.

INTRODUÇÃO

O Cerrado é um dos maiores biomas brasileiros e ocupa cerca de 2,5 milhões de Km² da região Central do país, possuindo uma vasta di-

versidade de vegetações, tipos de solos e climas (SILVA et al., 2006). Entretanto, a busca constante por novas áreas propícias à produção de bens de consumo fez com que o Cerrado se tornasse o segundo bioma mais devastado por atividades

¹Engenheira Florestal. UFSCar - Universidade Federal de São Carlos. Rodovia João Leme dos Santos, Km 110 - SP-264, Bairro Itinga, 18052-780 - Sorocaba, SP - Brasil. E-mail: victoriacmpires@hotmail.com

²Professora Doutora. UFSCar - Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Biologia. Rodovia João Leme dos Santos, Km 110 - SP-264, Bairro Itinga - 18052-780 - Sorocaba, SP - Brasil. E-mail: karimartins@yahoo.com

³Discente Engenharia Florestal. UFSCar - Universidade Federal de São Carlos. Rodovia João Leme dos Santos, Km 110 - SP-264, Bairro Itinga - 18052-780- Sorocaba,SP - Brasil. E-mail: anaf_f@hotmail.com

⁴Pesquisador Científico. IF - Instituto Florestal de São Paulo, Divisão de Florestas e Estações Experimentais, Seção de Estação Experimental de Assis - Estrada Assis-Lutécia, Km 09, Zona Rural - 19800-970 - Assis, SP - Brasil. E-mail: osmarvb@gmail.com

⁵Doutor. Pesquisador Científico. IF - Instituto Florestal de São Paulo. Seção de Melhoramento Florestal - Rua do Horto, 931, Horto Florestal - 02377-000 - São Paulo, SP - Brasil. E-mail: miguellmfreitas@yahoo.com.br

⁶Doutor. Pesquisador Científico. IF - Instituto Florestal de São Paulo. Estação Experimental de Tupi - Rodovia Luiz de Queiroz, Km 149,5 - 13400-970 - Piracicaba, SP - Brasil. E-mail: alexandresebbenn@yahoo.com.br

antrópicas (BORGES; SANTOS, 2009). Somente 7,44% da área do cerrado são protegidas por unidades de conservação, sendo 2,91% presentes em unidades de proteção integral (BRASIL, 2011). Esses dados reforçam a necessidade de adotar estratégias que visem a manutenção dos recursos genéticos das espécies ocorrentes nesse bioma.

Em espécies arbóreas nativas, a conservação *ex situ* tem sido predominantemente realizada por coleções a campo, na forma de testes de procedências e progênies de polinização aberta (SEBBENN et al., 2009a, b). Uma das vantagens de se utilizar delineamentos experimentais para a conservação genética *ex situ* é a possibilidade de se estimar parâmetros genéticos e, portanto, monitorar a variabilidade genética de caracteres quantitativos ao longo do tempo. Outra vantagem é a possibilidade de utilizar o material genético em programas de melhoramento florestal. Os testes de procedências e progênies podem ainda ser submetidos à seleção dentro de progênies, resultando em pomares de sementes por mudas (SEBBENN et al., 2009a). A seleção dentro de progênies mantém a base genética em termos do número de progênies e reduz o parentesco dentro dos testes, logo reduz a possibilidade de ocorrerem cruzamentos entre indivíduos parentes (SEBBENN et al., 2009a, b). Pomares de sementes por mudas com tais características podem produzir sementes com ampla base genética para reflorestamentos ambientais, visto que todas as progênies são mantidas.

Anadenanthera falcata (Benth) Speng é uma espécie arbórea presente no Cerrado brasileiro que tem suas populações ameaçadas de extinção devido à intensa fragmentação deste bioma. Denominada vulgarmente como angico-do-cerrado, pertence à família Leguminosae-Mimosoideae e se distribui naturalmente do Mato Grosso ao Paraná (CARVALHO, 2003). É uma árvore de pequeno porte, com altura de 4 a 10 m, podendo atingir até 15 m. O tronco é geralmente tortuoso e a casca é grossa (CARVALHO, 2003), suas folhas são compostas e alternas e seu fruto é um legume deiscente (DURIGAN et al., 2004). É uma espécie polinizada por abelhas e diversos insetos e sua dispersão é barocórica (CARVALHO, 2003). É alógama e auto-incompatível (COSTA et al., 1992). Com crescimento rápido a moderado, *A. falcata* é classificada como pioneira a secundária inicial (CARVALHO, 2003) e a qualidade de sua madeira proporciona diversos usos para a espécie, como construção civil, postes, dormentes e fabricação de móveis. Além disso, o tanino ex-

traído de sua casca é utilizado no curtimento de couros (CANDIDO; GOMES, 1993).

Anadenanthera falcata é uma espécie indicada para plantios de recomposição florestal devido à baixa mortalidade e ao crescimento vigoroso (DURIGAN, 1990; MELO et al. 2004; SOUZA et al. 2013). Entretanto, poucos esforços têm sido colocados para que se mantenha uma variabilidade genética suficiente na espécie a fim de conservá-la. No estado de São Paulo encontramos o registro de uma única iniciativa do Instituto Florestal de São Paulo de conservação *ex situ* da espécie, referente a um teste de progênies instalado em 1994 a partir de sementes coletadas em uma população natural de Assis-SP (GURGEL GARRIDO et al., 1997). Avaliações iniciais desse experimento revelaram a presença de variação genética significativa entre progênies para os caracteres altura, porcentagem de bifurcações e mortalidade aos nove anos de idade (SEBBENN; VILAS BÔAS, 2004).

Baseando-se no pressuposto que árvores mais velhas podem não refletir o desempenho observado em idade juvenil e árvores jovens podem não predizer o comportamento em idade madura (NAMKOONG et al., 1988), buscou-se no presente trabalho avaliar a variabilidade genética de um teste de progênie aos 9 e aos 17 anos, a fim de analisarmos se as diferenças entre progênies se mantiveram ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de implantação e delineamento experimental

O teste de progênie de *Anadenanthera falcata* (Benth) Speng foi instalado em 1994, na Floresta Estadual de Assis, do Instituto Florestal de São Paulo (50°10' W a 50°30'W e 22°32'S a 22°42'S, altitude média de 562 m). O clima do local de ensaio, segundo Köppen é do tipo Cfa e Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente). A precipitação média anual é de 1400 mm e o solo é do tipo Latossolo Vermelho-escuro, álico com horizonte A moderado e textura média (LE1) (BOGNOLA et al., 1990). Já a vegetação é componente de um cerrado *lato sensu*, com predomínio de fisionomias vegetais de cerradão (DURIGAN et al., 1997). As sementes para instalação do teste foram obtidas em 1993, de uma população natural de *A. falcata* localizada na própria Floresta Estadual de Assis. Foram coletadas sementes de polinização aberta provenientes de 20 árvores, distanciadas em pelo menos 100 m entre si.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. Alguns tratamentos contêm mais repetições que outros devido à diferença na quantidade de mudas entre as progênies. Foram utilizadas de duas a 13 repetições, sendo que cada parcela possui cinco plantas em linha, com espaçamento de 3 x 3 m. A fim de diminuir os efeitos de borda, instalou-se uma bordadura constituída por duas linhas de árvores compostas a partir de uma mistura de todas as progênies utilizadas no experimento. Em 2011, portanto aos 17 anos de idade, procedeu-se à mensuração do diâmetro à altura do peito (DAP), com suta, e da altura total (AT) e altura da primeira bifurcação (AB), com uma régua métrica. Esses dados foram comparados com a avaliação realizada aos nove anos (em 2003). O incremento médio anual em altura e em DAP nas duas idades foi calculado dividindo-se o valor médio pela idade das árvores.

Análise de variância e estimativa dos seus componentes

As análises estatísticas foram realizadas por meio do procedimento GLM e REML (*Restricted Maximum Likelihood*) com uso do programa estatístico SAS (SAS, 1999). Esse procedimento foi adotado devido ao desbalanceamento do número de indivíduos sobreviventes em relação ao número de plantas inicialmente estabelecidas por parcela (RESENDE et al., 1996).

Para análise de variância, assumiu-se um modelo com efeitos aleatórios para progênies e as estimativas de seus componentes:

$$Y_{ijk} = m + t_i + e_{ij} + d_{ijk}$$

em que Y_{ijk} = valor fenotípico do k-ésimo indivíduo da j-ésima repetição da i-ésima progênie; m = termo fixo da média; t_i = efeito aleatório da i-ésima progênie ($i = 1, 2, 3, \dots, I$); e_{ij} = efeito do erro entre parcelas; d_{ijk} = efeito do k-ésimo indivíduo dentro da j-ésima repetição da i-ésima progênie. Assim sendo, k é o número de árvores dentro de progênies, j é o número de repetições, i é o número de progênies.

O resultado destas análises possibilitou o cálculo dos seguintes componentes de variância: variância genética entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$), variância do erro ambiental entre parcelas (resíduo) ($\hat{\sigma}_e^2$) e variância fenotípica dentro de progênies ($\hat{\sigma}_d^2$). A variância fenotípica total ($\hat{\sigma}_F^2$) foi estimada por $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2$.

Estimativas de herdabilidades e coeficiente de variação genética

As estimativas de herdabilidades e coeficientes de variação genética seguiram o modelo proposto por Namkoong (1979).

A variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) foi estimada por $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{r}_{xy}$, em que \hat{r}_{xy} é a estimativa do coeficiente de parentesco ou covariância genética aditiva entre plantas dentro de progênies. Com o intuito de avaliar o efeito do sistema reprodutivo nas estimativas de variância genética aditiva, além de considerar as progênies como sendo compostas apenas por meios-irmãos ($\hat{r}_{xy} = 0,25$), considerou-se o sistema misto de reprodução, ou seja, que as progênies são uma mistura de irmãos completos, meios irmãos e irmãos de autofecundação. Como não há estimativas de coeficiente de parentesco entre plantas dentro de progênies para *A. falcata*, utilizou-se o valor médio ($\hat{r}_{xy} = 0,44$) apresentado por Sebbenn (2006), o qual foi obtido a partir de diversas espécies arbóreas tropicais polinizadas por animais.

Os coeficientes de herdabilidade e o coeficiente de variação genética foram estimados como segue:

Herdabilidade em nível de plantas individuais (h_i^2):

$$h_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2}$$

Herdabilidade média entre progênies foi estimada assumindo um delineamento balanceado (h_m^2):

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{J} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{\bar{K}J}}$$

em que \bar{K} é a média harmônica do número de plantas por parcela.

Herdabilidade dentro de progênies (h_d^2):

$$\hat{h}_d^2 = \frac{(1 - r_{xy})\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}$$

Coefficiente de variação genética (CV_g):

$$CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\bar{x}} \times 100$$

Coefficiente de variação genética aditiva (CV_{ga}):

$$CV_{ga} = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_A^2}}{\bar{x}} \times 100$$

Em que \bar{x} é a estimativa média do caráter. Os outros parâmetros foram definidos anteriormente.

Com o objetivo de reduzir o parentesco dentro das parcelas e, por consequência, a endogamia nas sementes geradas neste teste de progênies, calculou-se o ganho de seleção (GS) considerando-se a seleção de 20% das melhores árvores dentro de progênies, de acordo com a equação:

$$GS = i\hat{\sigma}_d\hat{h}_d^2$$

Em que i é a intensidade de seleção em unidade de desvio-padrão ($i = 1,2711$; HALLAUER; MIRANDA-FILHO, 1988) e $\hat{\sigma}_d$ é o desvio-padrão da variância fenotípica dentro de progênies.

Estimativa de correlação genética e fenotípica

As correlações fenotípica ($\hat{r}_{p_{xy}}$) e genética ($\hat{r}_{g_{xy}}$) entre os caracteres avaliados aos 9 e aos 17 anos foram estimadas de acordo com as equações:

$$\hat{r}_{p_{xy}} = \frac{\hat{\sigma}_{p_{x,y}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{p_x}^2\hat{\sigma}_{p_y}^2}} \text{ e } \hat{r}_{g_{xy}} = \frac{\hat{\sigma}_{g_{x,y}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{g_x}^2\hat{\sigma}_{g_y}^2}}$$

em que $\hat{\sigma}_{p_{x,y}}$ e $\hat{\sigma}_{g_{x,y}}$ são os produtos médios fenotípicos e genéticos dos caracteres entre as idades de nove (X) e 17 anos (Y), estimados das análises de covariância. $\hat{\sigma}_{p_x}^2$ e $\hat{\sigma}_{g_x}^2$ são as variâncias fenotípica e genética aos nove anos. $\hat{\sigma}_{p_y}^2$ e $\hat{\sigma}_{g_y}^2$ são as variâncias fenotípica e genética aos 17 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variação entre progênies

A média e o incremento médio anual (IMA) em altura e DAP encontrados nas duas avaliações demonstraram um crescimento lento dos indivíduos (Tabela 1), pois esses valores são muito inferiores aos estimados por Garrido et al. (1991) em um experimento de *A. falcata* aos 17 anos, estabelecido na mesma área do presente experimento. O IMA estimado por esses autores foi de 0,88 m para altura e 1,36 cm para DAP.

Entretanto, esta diferença pode ter sido encontrada devido aos desbastes com o qual aquele plantio foi submetido, permitindo o desenvolvimento das melhores árvores (SEBBENN; VILAS BÓAS, 2004). Essas diferenças em IMA reforçam a importância do manejo em plantios de conservação *ex situ* com vistas ao melhor desenvolvimento das árvores e à possibilidade de produção de sementes com qualidade genética. Assim, os desbastes seletivos de plantas inferiores por progênie possibilitam a redução do parentesco dentro das parcelas, resultando na diminuição da taxa de cruzamentos entre parentes.

Observou-se diferença significativa entre as progênies apenas para o caráter altura, tanto aos nove quanto aos 17 anos de idade (Tabela 1). Desta forma, a existência de variação genética entre as progênies para este caráter possibilita melhorar a média populacional das populações descendentes pela seleção dos melhores indivíduos do teste de progênies, que serão usados como os genitores da próxima geração (Tabela 1).

Variação genética

Devido ao fato da análise de variância ter sido significativa somente para a altura, estimou-se os parâmetros genéticos apenas para esse caráter. A variação genética entre progênies foi superior aos 17 anos em relação aos nove anos de idade (Tabela 2), já a variância dentro de progênies foi a que mais contribuiu para a variância fenotípica. Tanto o estado fisiológico como a expressão dos genes envolvidos no crescimento juvenil não são os mesmos das árvores adultas (NAMKOONG et al., 1988) o que explicaria as alterações na contribuição das variâncias genética e ambiental na variância fenotípica com o avanço na idade.

O coeficiente de variação genética foi 7,7% aos 9 anos e 8,7% aos 17 anos. Sebbenn (2001) comparou estimativas de coeficiente de variação genética de 14 espécies arbóreas tropicais e obteve um valor médio de 7,5% (intervalo de confiança a 95%: 2,5%) para o caráter altura, o

Tabela 1. Resultados da análise de variância (valores de p) para diâmetro a altura do peito (DAP) e altura (m) em progênies de *Anadenanthera falcata* em Assis-SP, aos nove e aos dezessete anos.

Table 1. Analysis of variance (p-values) for diameter at breast height DBH (cm) and height (m) in *Anadenanthera falcata* progenies in Assis-SP, at nine and seventeen years of age.

Fontes de Variação	Probabilidades do Teste F (p-valores)				
	9 anos		17 anos		
	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)	Altura da 1ª Bifurcação (m)
Progênies	0,2255	0,0103	0,3724	0,0024	0,4378
Média	4,11	2,40	13,81	7,79	2,34
IMA	0,46	0,27	0,81	0,46	-

que indica que as diferenças entre progênies observadas em *A. falcata* são semelhantes ao que tem sido encontrado em espécies tropicais. Isso significa que, apesar deste experimento ser composto por apenas 20 progênies, a variabilidade genética retida no banco de conservação *ex situ* é alta, que a estratégia de amostragem foi eficiente para reter a variabilidade da população original e ainda que o material genético tem potencial para ser explorado em programas de melhoria florestal.

Todas as estimativas de herdabilidade aumentaram consideravelmente com a idade (Tabela 2), embora as magnitudes tenham permanecido baixas. A herdabilidade média dentro das progênies se manteve entre 5% e 21% para meios irmãos e entre 2% e 9% no sistema misto, aos nove e aos dezessete anos, respectivamente (Tabela 2). Considerando-se que o objetivo do experimento é a conservação *ex situ*, estimou-se o ganho genético considerando-se apenas a seleção dentro de progênies. Como esperado, os ganhos genéticos foram baixos porém maiores quando as progênies foram consideradas como compostas apenas por meios-irmãos (Tabela 2).

Correlações genéticas e fenotípicas

As correlações fenotípica e genética foram estimadas somente para o caráter altura entre as idades de nove e 17 anos, devido a não observância de variação genética significativa para os outros caracteres. A correlação genética entre as idades para a altura foi alta ($\hat{r}_{g_{xy}} = 1,00$) e maior que a fenotípica ($\hat{r}_{p_{xy}} = 0,62$), indicando que não

ocorreram alterações no desempenho das progênies ao longo dos anos e que a seleção poderia ter sido realizada na idade mais jovem. Este resultado é interessante visto que decorreram oito anos entre as medições e em geral correlações genéticas são altas entre idades próximas, com diferenças de um a três anos. Por exemplo, em *Cordia alliodora* a correlação genética para altura entre o 5º e o 23º ano foi de apenas 0,43 (SEBBENN et al., 2007). Em *Gallesia integrifolia* a correlação genética entre idades para altura aumentou gradativamente com a diminuição da diferença entre idades. Do 2º para o 23º ano variou de 0,71 a 0,54, do 4º ao 23º ano de 0,99 a 0,78 e entre o 8º e 23º ano foi de 0,97 (SEBBENN et al., 2009b). No caso de *A. falcata*, a diferença entre as duas idades avaliadas foi menor que nos exemplos anteriores, o que justifica a estimativa tão elevada de correlação genética.

CONCLUSÕES

Existem diferenças significativas entre progênies para o caráter altura, sendo que a variância dentro progênies foi a que mais contribuiu para a variância fenotípica.

Considerando que o plantio visa à conservação genética, a seleção dentro de progênies é a estratégia recomendada para propiciar a redução do parentesco dentro das parcelas e, consequentemente, a endogamia nas sementes.

A correlação genética para altura entre as idades de 9 e 17 anos é alta, o que indica a viabilidade de se aplicar seleção precoce.

Tabela 2. Parâmetros genéticos para o caráter altura em teste de progênie de *Anadenanthera falcata*, Assis-SP, avaliados aos nove e aos 17 anos após o plantio.

Table 2. Genetic parameters for height in an *Anadenanthera falcata* progeny test, Assis-SP, at nine and seventeen years of age.

Parâmetros	Meio-irmãos ($\hat{r}_{xy} = 0,25$)		Sistema Misto ($\hat{r}_{xy} = 0,44$)	
	9 anos	17 anos	9 anos	17 anos
Variância entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$)	0,03	0,45	0,03	0,45
Variância ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_e^2$)	0,36	0	0,36	0
Variância dentro de progênies ($\hat{\sigma}_d^2$)	1,93	6,51	1,93	6,51
Variância aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$)	0,14	1,82	0,08	1,03
Variância fenotípica ($\hat{\sigma}_p^2$)	2,32	6,97	2,32	6,97
Coefficiente de variação genética (CV_g)	7,7	8,7	7,7	8,7
Coefficiente de variação genética aditiva (CV_{ga})	15,5	17,3	11,7	13,1
Herdabilidade em nível de plantas individuais (\hat{h}^2)	0,06	0,26	0,03	0,15
Herdabilidade média entre progênies (\hat{h}_m^2)	0,33	0,76	0,33	0,76
Herdabilidade média dentro de progênies (\hat{h}_d^2)	0,05	0,21	0,02	0,09
Ganho de seleção (GS)	0,09	0,68	0,04	0,29
Ganho de seleção (em %)	3,95	8,73	1,68	3,70

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOGNOLA, I. A.; JOAQUIM, A. C.; PRADO, H.; LEPSCH, L.F. **Levantamento pedológico semi detalhado da região do governo de Assis**. Escala 1:50.000. Convênio IAC/CIERGA/IGC, 1990.
- BORGES, K. M. R.; SANTOS, P. M. C. Modelo Linear de Mistura Espectral – MLME aplicado ao monitoramento do Cerrado, Bacia do Rio Carinhanha (MG-BA). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos Biomas brasileiros por satélite: acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA. monitoramento do bioma cerrado 2009-2010**. Brasília/DF: MMA, 2011.
- CANDIDO, J. F.; GOMES, J. M. Angico Vermelho (*Piptadenia peregrina*). In: CANDIDO, J. F.; GOMES, J. M.; BERNARDO, A. L. (Eds.). **Cultura de espécies florestais II**. Viçosa: SIF, 1993. p.1 -42. (Documento SIF, nº 11).
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1035 p.
- COSTA, R. B.; KAGEYAMA, P. Y.; MARIANO, G. Estudo do sistema de cruzamento de *Anadenanthera falcata* Benth., *Vochysia tucanorum* Mart. e *Xylopia aromatica* Baill., em área do cerrado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 93-96, 1992.
- DURIGAN, G. Taxa de sobrevivência e crescimento inicial das espécies em plantio de recomposição da mata ciliar. **Acta Botanica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 35-40, 1990.
- DURIGAN, G.; BAITELLO, J. B.; FRANCO, G. A. D. C. **Plantas do Cerrado Paulista: Imagens de uma paisagem ameaçada**. Editora Páginas & Letras: São Paulo, 2004. 475 p.
- DURIGAN, G.; FRANCO, G. D. C.; PASTORE, J. A.; AGUIAR, O. T. Regeneração natural de vegetação de cerrado sob floresta de *Eucalyptus citriodora*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 71-85, 1997.
- GARRIDO, M. A. O.; DOMINGOS, P. R.; GARRIDO, L. M. A. G.; DURIGAN, G. Pesquisa e experimentação com cinco espécies nativas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1991, v.3. p. 602-610.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A.; SIQUEIRA, A. C. M. S.; CRUZ, S. F.; ROMANELLI, L. C.; ETTORI, L. C.; CRESTANA, C. S. M.; SILVA, A. A.; MORAIS, E.; ZANATTO, A. C. S.; SAITO, A. S. Programa de melhoramento genético florestal do Instituto Florestal. **IF Série Registros**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 1-53, 1997.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2 Ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468 p.
- MELO, A. C. V.; DURIGAN, G.; KAWABATA, M. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em área de cerrado, Assis, SP. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Org.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Instituto Florestal, 2004. p. 315 - 324.
- NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry**. Washington, D.C.: Forest Service, 1979. 342 p. (Technical Bulletin, 1588).
- NAMKOONG, G.; KANG, H.C.; BROUARD, H.C. **Tree breeding: principles and strategies**. New York: Springer-Verlag, 1988. 180 p. (Monographs on theoretical and applied genetics, 11).
- RESENDE, M. D. V.; PRATES, D. F.; YAMADA, C. K.; JESUS, A. Estimção de componentes de variância e predição de valores genéticos pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e melhor predição linear não viciada (BLUP) em *Pinus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 32/33, p. 23-42, 1996.
- SAS. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide**. Version 8 (TSMO). Cary: SAS Institute, 1999. 454 p.
- SEBBENN, A. M. Sistema de reprodução em espécies arbóreas tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: HIGA, A.R.; SILVA, L.D. **Pomares de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 93-138.

- SEBBENN, A. M. **Estudo de populações de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze, por caracteres quantitativos e isoenzimas.** 2001. 209 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001
- SEBBENN, A. M., VILAS BÔAS, O. Conservação ex situ de Angico - *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg., em Assis, Estado de São Paulo. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Org.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão.** São Paulo: Instituto Florestal, p. 457-467, 2004.
- SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E. Seleção dentro de progênies de polinização aberta de *Cariniana legalis* Mart. O. Ktze (Lecythidaceae), visando à produção de sementes para recuperação ambiental. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, p. 27-37, 2009a.
- SEBBENN, A. M., FREITAS, M. L. M., ZANATTO, A. C., MORAES, E., MORAES, M. L. T. Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Gallesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 2, p.151-163, 2009b.
- SEBBENN, A. M., BOSCHER, D. H., FREITAS, M. L. M., ZANATTO, A. C., SATO, A. S., ETTORI, E., MORAES, E. Results of an international provenance trial of *Cordia alliodora* in Sao Paulo, Brazil at five and 23 years of age. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 56, p. 3-4, 2007.
- SILVA, J.F.; FARINÃS, M. R.; FELFILI, J. M.; KLINK, C. A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 33, p. 536-548, 2006.
- SOUZA, R. S.; CALDEIRA, S. F.; RIBEIRO, E. S.; SOUZA, R. S.; MOREIRA, E. L. Desenvolvimento de *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speng. e *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em plantio homogêneo em Nossa Senhora do Livramento, MT. **Biodiversidade**, v. 12, n. 1, p. 97-116, 2013.

Recebido em 07/11/2013

Aceito para publicação em 28/07/2014

