

1. Pesquisador Científico do Instituto de Botânica de São Paulo, CP 4005, CEP 01061-970, São Paulo, Brasil.

Aceito para publicação em: 12/11/2001

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar o comportamento fenológico do pau-brasil, para determinar a época de floração, frutificação e mudança foliar, visando subsidiar estudos de biologia floral, maturação de frutos e programa de coleta de sementes. As investigações foram realizadas mensalmente, em dez árvores matrizes de um arboreto na Reserva Biológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, SP, no período de 1984 a 1993. Os dados obtidos foram relacionados com fatores climáticos da região. A pesquisa mostra que o pico da floração ocorre nos meses de setembro e outubro, com frutificação em novembro e dezembro, verificando-se uma queda parcial de folhas nos meses mais frios e secos do ano, junho a agosto.

Palavras-chave: pau-brasil, fenologia, *Caesalpinia*, Leguminosae e Cerrado.

ABSTRACT

PHENOLOGY THE OF BRAZIL-WOOD (*Caesalpinia echinata* Lam.) AT MOJI-GUAÇU, SÃO PAULO.

The phenology of *Caesalpinia echinata* was studied over a period of 10 years from 1984 to 1993 in order to determine flowering, fruiting, and foliage leaf change patterns. Data was collected monthly on 10 individuals located in the Biological Reserve and Experimental Station at Moji-Guaçu, SP. Phenological patterns were related to regional meteorological data. The results show a peak flowering during September and October, a fruiting peak in November and December. The leaf fall was more intensive during June and August, the driest and coldest months of the year.

Key-words: brazil-wood, phenology, *Caesalpinia*, Leguminosae and Savannah.

INTRODUÇÃO

O pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam. – Leguminosae – Caesalpinioideae), é a árvore nacional, distribuindo-se de Ilha Bela, SP, à Natal, RN. (CUNHA & LIMA, 1992; AGUIAR & PINTO, 1996).

Até 1875, o pau-brasil foi intensamente explorado e utilizado na fabricação de tinta de escrever e principalmente para tingir tecidos. Seu uso atual restringe-se à arborização urbana, como árvore ornamental, e a fabricação de instrumentos musicais, embora em pequena escala, devido à escassez do produto (RAMALHO, 1978; AGUIAR & BARBOSA, 1985; AGUIAR & PINHO, 1996).

São escassos os estudos sobre a fenologia de *C. echinata*. Poucas referências foram encontradas na literatura, abordando especificamente o assunto (MORI, 1979; ENGEL & PIGGIANI, 1985; AGUIAR, 1990). Embora, diversos autores façam inferências sobre a época de floração e de frutificação do pau-brasil (CORREA, 1974/75; NOGUEIRA, 1977; SILVA, 1978; BARBOSA & BAITELLO, 1978; SOUZA, 1980; SOARES, 1985; LORENZZI, 1992;

CARVALHO, 1994). Todavia, geralmente, estas informações, não são fundamentadas em pesquisas. Estes fatos têm acarretado problemas, dificultando o planejamento de programas de coleta de sementes por parte de laboratórios e viveiros produtores de mudas (RAMALHO, 1978; PEREIRA & PEDROSO, 1982; AGUIAR & BARBOSA, 1985).

Conforme LIETH (1974) citado por MANTOVANI & MARTINS (1988), o Comitê de Fenologia do Programa Internacional de Biologia, define fenologia como: “o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos, das causas de sua ocorrência em relação a fatos bióticos e abióticos e as inter-relações entre as fases por esses eventos da mesma ou de diferentes espécies”. Segundo PEREIRA & PEDROSO (1982) a prática de estudos fenológicos tem por finalidade observar e registrar, em períodos curtos, as diferentes fenofases das espécies florestais de importância para silvicultura. Estas observações devem abranger floração, frutificação, disseminação e mudança foliar (PEREIRA & PEDROSO, 1982). Dados sobre fenologia são particularmente importantes, pois o conhecimento da época de floração, frutificação e produção são fundamentais para embasar a coleta dos frutos e obtenção de sementes para fins silviculturais (RIBEIRO et al., 1981; BARRADAS, 1972; RAMALHO, 1978). ALENCAR et al., (1979) concluíram que quando há baixos valores de precipitação e umidade relativa, há tendência a um maior número de árvores iniciando floração e frutificação. Segundo os mesmos autores, há correlação positiva entre temperatura alta e início de frutificação. A floração e a produção dos frutos de todas as espécies estudadas por RIBEIRO et al., (1981), coincidiu com o início e durante a estação chuvosa respectivamente.

Segundo PIMENTEL et al., (1977), o número de meses secos (com precipitação total, inferior a 30mm no cerrado) varia de 2 a 4 meses, sendo o trimestre mais seco entre junho e agosto. Conforme RIZZO et al., (1971) a vegetação do cerrado apresenta aumento de queda de folhas, a partir de junho, atingindo o seu ponto máximo em setembro. Ainda de acordo com estes autores, as temperaturas mais baixas verificaram-se nos meses de maio, junho e julho, enquanto a temperatura mais elevada foi verificada no mês de outubro. Conforme MANTOVANI & MARTINS (1988) a precipitação não é uniforme durante o ano, concentrando-se no período de outubro à abril, enquanto no período de maio a setembro apresenta um sensível decréscimo. As maiores precipitações médias mensais ocorreram entre outubro e março e as menores entre abril e setembro, no período de 1971 a 1980. Neste mesmo período as maiores médias de temperaturas ocorreram entre outubro e março e as menores entre abril e setembro. ALVIM (1966) citado por MAGALHÃES & ALENCAR, (1979), sugere existir uma relação aparente entre a emissão de folhas e a floração, com estímulo desta última, originando-se em mecanismos hormonais, a partir de folhas novas. BARROS & CALDAS

(1980) observando plantas nativas de cerrado constataram que o surgimento de novas folhas, floração e frutificação ocorrem normalmente no início e durante o período chuvoso. MORELLATO (1991) cita que entre outros fatores abióticos, o clima, em especial as variações de precipitação entre as estações de seca e úmida, seria o principal fator influenciando na fenologia das plantas. Por outro lado, MANTOVANI & MARTINS (1988), estudando as variações fenológicas das espécies do cerrado, da Reserva Biológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, SP, sugerem que a seca, que ocorre entre maio e agosto e a oscilação da temperatura, proporcionada pela mínima desse período e pela elevação que se observa no período de setembro a outubro, podem ter influência na floração. De acordo com ENGEL & POGGIANI (1985) existe estreita correlação entre os fenômenos climáticos e fenológicos.

DUTRA (1987) trabalhando com dez espécies arbóreas do cerrado, observou que a maior queda foliar ocorreu nos meses mais secos (junho/setembro). Já a floração ocorreu normalmente no início e durante o período de chuvas e a maturação dos frutos no período de dezembro a maio.

Conforme MORI (1979), sementes de pau-brasil, na região de Piracicaba, SP, atingem a maturidade fisiológica duas semanas antes da deiscência dos frutos. Por outro lado AGUIAR (1990) concluiu que o pau-brasil apresentou o máximo de floração no final da estação seca e frutificação na estação chuvosa. Em trabalho sobre crescimento de pau-brasil em Moji-Guaçu, SP, AGUIAR (2000) verificou a presença de floração em setembro/outubro e frutificação em novembro/dezembro, a partir dos quatro anos após o plantio, com produção de sementes viáveis. As plantas apresentaram boa formação de copa e desfolha parcial no período mais frio e seco do ano.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a fenologia de pau-brasil relacionando-a com as condições meteorológicas da região, conforme sugerem ALENCAR et al., (1979); RIBEIRO et al., (1981) e ENGEL & POGGIANI, (1985). A pesquisa visa ainda, sugerir a época ideal para a coleta dos frutos e obtenção de sementes de boa qualidade. Os resultados poderão subsidiar programas de coleta de sementes para propagação da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

A espécie estudada (*Caesalpinia echinata* Lam.) pau-brasil apresenta porte médio entre 10 e 15 metros de altura, copa arredondada, folhas bipinadas, verdes brilhantes, flores em cacho amarelo-ouro, suavemente perfumadas, com uma mancha vermelha-púrpura numa das pétalas. Em média sua inflorescência apresenta 17cm de comprimento com 43 flores (AGUIAR & PINHO, 1996). Tem como *habitat* a Mata Atlântica desde a Ilha Bela, São Paulo, até Natal, Rio Grande do Norte (CUNHA & LIMA, 1992; AGUIAR & PINHO, 1996).

O trabalho foi desenvolvido no período de setembro de 1984, quando as árvores de pau-brasil do arboreto experimental iniciaram a floração (4 anos após plantio), até dezembro de 1993. A área experimental, onde foram realizadas as observações fenológicas fica na Reserva Biológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, no município Moji-Guaçu, SP, situada entre as coordenadas geográficas de 22°

18'S e 47° 20'W, com altitude média de 600m (STRUFFALD, DE VUONO et al, 1986). O solo do local é do tipo latossolo vermelho amarelo (LVA), textura média, pH 4,5 e 2,4% de matéria orgânica. O clima de região é do tipo Cwa (mesotérmico de inverno seco) de acordo com a classificação climática de Köppen (STRUFFALD, DE VUONO et al, 1986).

A vegetação predominante da região de estudo é cerrado "*lato sensu*" (MANTOVANI & MARTINS, 1988). A precipitação pluviométrica foi maior em fevereiro e mínima em julho. Enquanto que a temperatura foi mais alta em novembro/dezembro e mais baixa em junho/julho. Já a umidade relativa do ar foi máxima em fevereiro e mínima em agosto. Por outro lado, o número de horas de sol foi maior em outubro e menor em fevereiro (Fig.06).

A área experimental (0,5 ha) tem cerca de 300 indivíduos de pau-brasil, com idades que variaram de 5 a 14 anos (1984 a 1993).

O plantio foi efetivado em dezembro de 1980, utilizando-se mudas de pau-brasil com 20 meses de idade e altura média de 20 cm

Realizaram-se investigações fenológicas no período de setembro de 1984 (quando as plantas iniciaram a floração) a dezembro de 1993, em dez árvores adultas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) cultivadas em um arboreto homogêneo de 0,5 ha (área experimental), etiquetadas aleatoriamente. Os estádios fenológicos observados foram caracterizados através de ilustrações botânicas (Figuras 1, 2 e 3). As fenofases determinadas através de observações visuais foram: floração, frutificação e mudança foliar. Na floração observaram-se os estádios: primórdio floral, botão floral e flor aberta (Figura 1A, B, C e D). Para frutificação, consideraram-se os estádios: fruto jovem, fruto em desenvolvimento, maturação e deiscência (Figura 2A, B e C). Já a mudança foliar foi determinada através de observações em 10 (dez) galhos previamente etiquetados, anotando-se a queda parcial de folha, presença de gema foliar, folha jovem e folha adulta (Figura 3A, B e C), conforme propõem PEREIRA & PEDROSO (1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fenofases determinadas apresentam-se em sumário (Fig. 4).

O pau-brasil apresentou dois períodos de floração e de frutificação, um no início e outro no final do ano (Fig. 4), com desfolha parcial entre estes dois picos.

Por outro lado, a Figura 5 mostra a ocorrência das fenofases determinadas ao longo do ano e traça um paralelo entre os dados climáticos da região (precipitação e temperatura) e as fenofases observadas.

A Figura 5 mostra ainda, uma correlação entre a ocorrência de precipitação pluviométrica e temperatura elevadas e as fenofases floração e frutificação (setembro/maio). Correlação semelhante constatou-se para as demais fenofases, exceto para o estádio queda parcial de folha, que ocorreu no período de baixa precipitação e temperatura (junho/agosto). Observa-se que a ocorrência de maior precipitação e temperatura mais elevada concentraram-se no período de setembro a março. Foi na primeira metade deste período, que ocorreu a floração e frutificação principal da espécie.

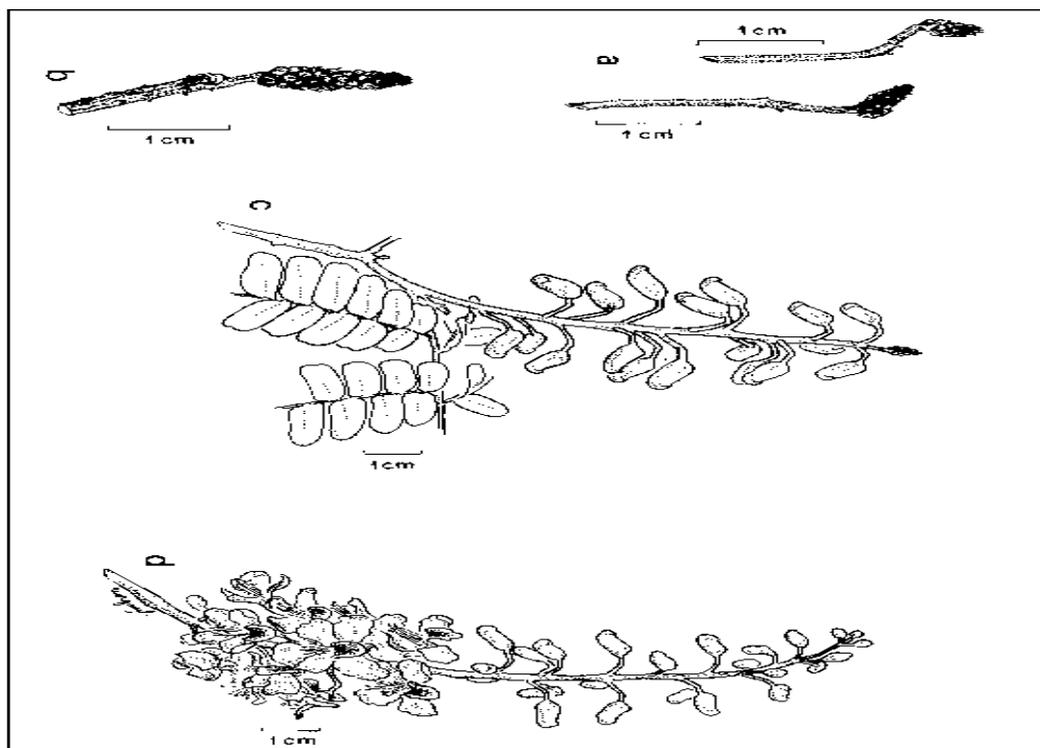


Figura 1. Estádios da fenofase floração de *Caesalpinia echinata* Lam.: **A)** e **B)** Primórdio floral, **C)** Botão floral e **D)** flor aberta

A queda parcial de folha, ocorreu durante a estação seca, período de maior estresse hídrico, baixas temperaturas e umidades relativas do ar, confirmando as citações de RIZZO *et al*, 1971; PIMENTEL *et al*, 1977 e DUTRA, 1987.

A periodicidade na produção de folhas novas ocorreu de setembro a abril, sendo que o brotamento iniciou-se pouco antes da floração principal. No período de ocorrência de floração, tanto secundária (fevereiro/março), como principal (setembro/outubro), verificou-se um declínio seguido de uma elevação acentuada, no número de horas de sol, sendo a umidade relativa do ar maior no primeiro semestre do ano (Fig. 6). Estes fatos sugerem que o pau-brasil floresce e frutifica melhor (floração e frutificação principal) quando a umidade relativa do ar é baixa e a luminosidade alta.

Os resultados concordam com os obtidos por ALENCAR *et al* (1979), segundo os quais, quando ocorrem baixas precipitações e umidades relativas, há uma tendência de um maior número de árvores iniciando floração e frutificação em florestas tropicais. Por outro lado, contrapõe-se ao que sugere SOUZA (1980), segundo o qual, seria a umidade relativa elevada que condicionaria os fenômenos de floração e frutificação. Além disso, ALENCAR *et al* (1979) e BARROS & CALDAS (1980), constataram haver correlação positiva entre temperatura alta no início de frutificação. De acordo os mesmos autores, o surgimento de novas folhas, floração e frutificação em plantas nativas de cerrado ocorre normalmente no início e durante o período chuvoso. Existem estudos sugerindo que a dinâmica do processo da floração do pau-brasil, nas condições climáticas de Moji-Guaçu, SP,

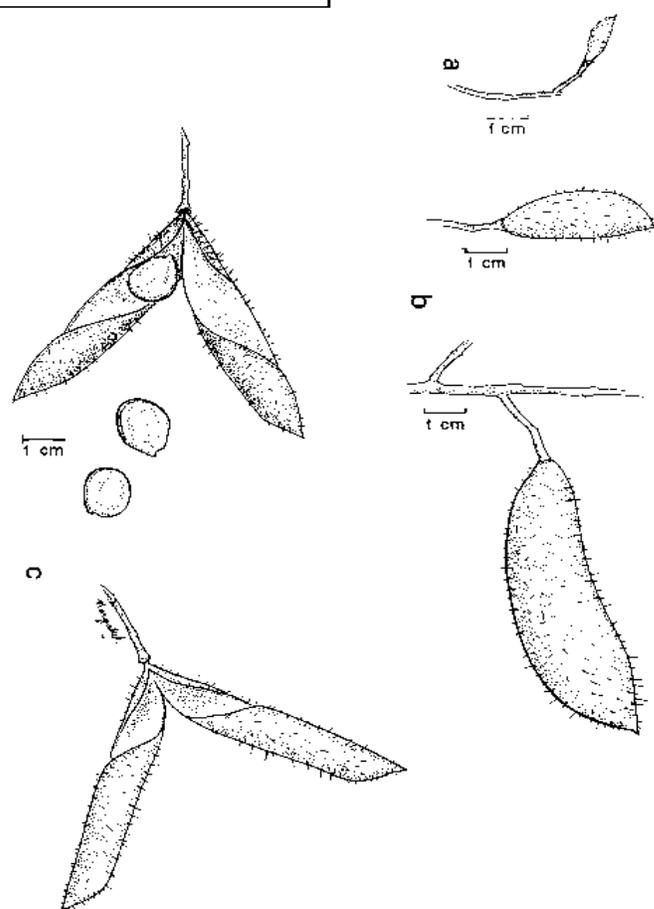


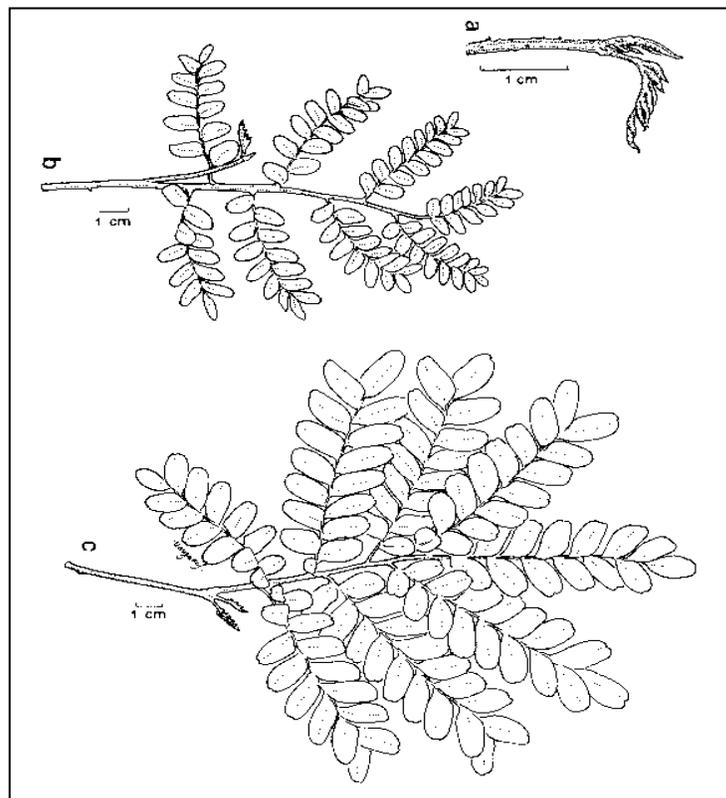
Figura 2. Estádios da fenofase frutificação de *Caesalpinia echinata* Lam.: **A)** Fruto recém formado, **B)** Fruto jovem em desenvolvimento e **C)** maturação e deiscência.

provavelmente seja uma resposta da planta ao período frio e seco sofrido durante o inverno. (AGUIAR, 1990).

Pelas observações e interpretação dos dados obtidos neste trabalho pode-se caracterizar dois padrões fenológicos distintos: 1) principal, em que as plantas apresentaram floração na fase de transição da estação seca-fria para a chuvosa-quente (setembro/outubro)

com maturação dos frutos em plena estação chuvosa (novembro/dezembro), quando tanto a umidade do solo, como a temperatura são elevadas (Fig. 05), condições ideais para que ocorra a germinação natural das sementes. Neste caso, tanto a floração, como a frutificação apresentaram alta produtividade. 2) secundário, em que a floração ocorre no final da estação chuvosa-quente (fevereiro/março) e a maturação dos frutos em plena estação seca (abril/maio), quando as condições ambientais já não são tão favoráveis para a germinação. E, este caso, tanto a floração como a frutificação apresentam baixa produtividade. Estes eventos fenológicos marcadamente sazonais, indicam diferentes estratégias reprodutivas da espécie. Segundo MENDONÇA FILHO & LEMOS FILHO (1996) estas estratégias são típicas da família Leguminosae-Caesalpinioideae. Constatou-se que os frutos de pau-brasil apresentam deiscência explosiva. Este fato sugere que a época mais indicada para coleta de frutos e extração das sementes deva ser realizada quando os frutos ainda estão na árvore. Deve-se ficar atento para coletá-los antes da maturação total, ou seja, por ocasião da mudança de coloração, quando estes passam da cor verde para a castanha-escura, poucos dias antes de ocorrer a deiscência, em torno de 50 dias após o pico da floração. Resultados semelhantes foram observados por MORI (1979); ENGEL & POGGIANI (1985) e AGUIAR (1990) para *Caesalpinia echinata* Lam.

Figura 3. Estádios da fenofase mudança foliar de *Caesalpinia echinata* Lam.: **A)** Gema foliar, **B)** Folha jovem e **C)** Folha adulta.



Fenofases observadas		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Floração	Primórdio floral	█									█		
	Botão floral		█								█		
	Flor aberta		█								█		
Frutificação	Fruto recém formados			█								█	
	Fruto jovem em desenvolvimento		█									█	
	Maturação e deiscência				█							█	
Mudança foliar	Queda parcial de folha						█						
	Gema foliar	█									█		
	Folha jovem	█									█		
	Folha adulta	█											

Figura 4. Ocorrência das fenofases: floração, frutificação e mudança foliar de *Caesalpinia echinata* Lam., ao longo do ano durante o período de 1984 a 1993.

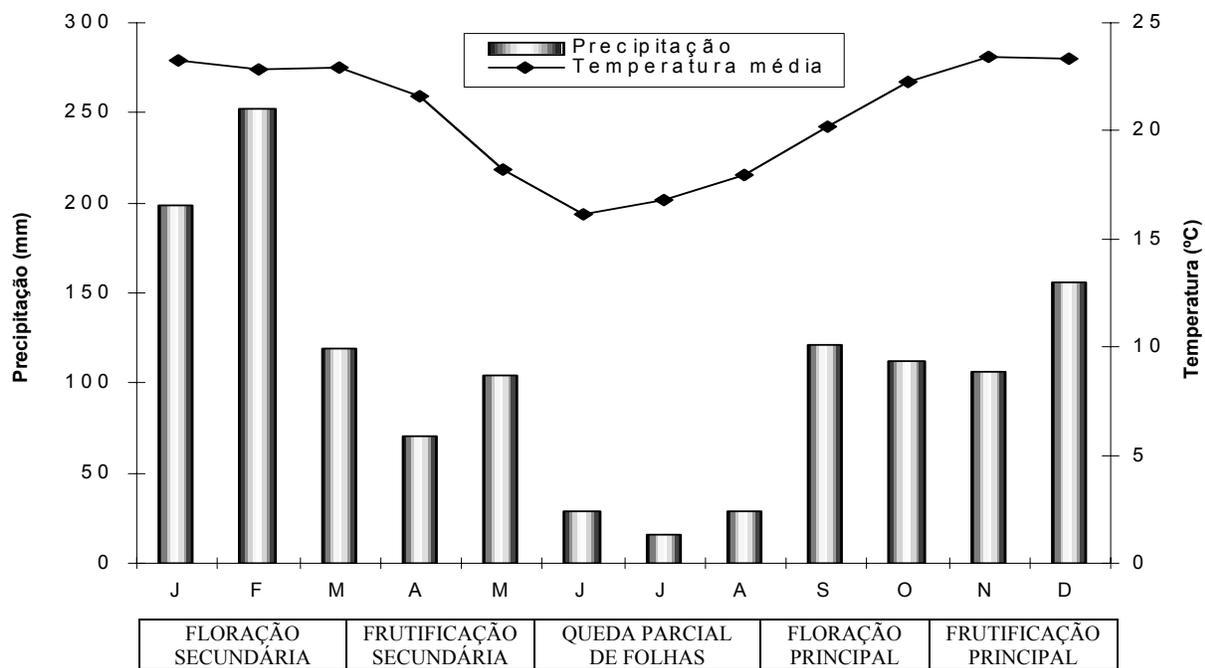


Figura 5. Valores médios de precipitação e temperatura da Reserva Biológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, SP relacionados com as fenofases de *Caesalpinia echinata* Lam., registrados no período de 1984 a 1993. Fonte: Posto Meteorológico DAEE. – Reserva Biológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, SP – Fazenda Campininha, Instituto Florestal, SMA.

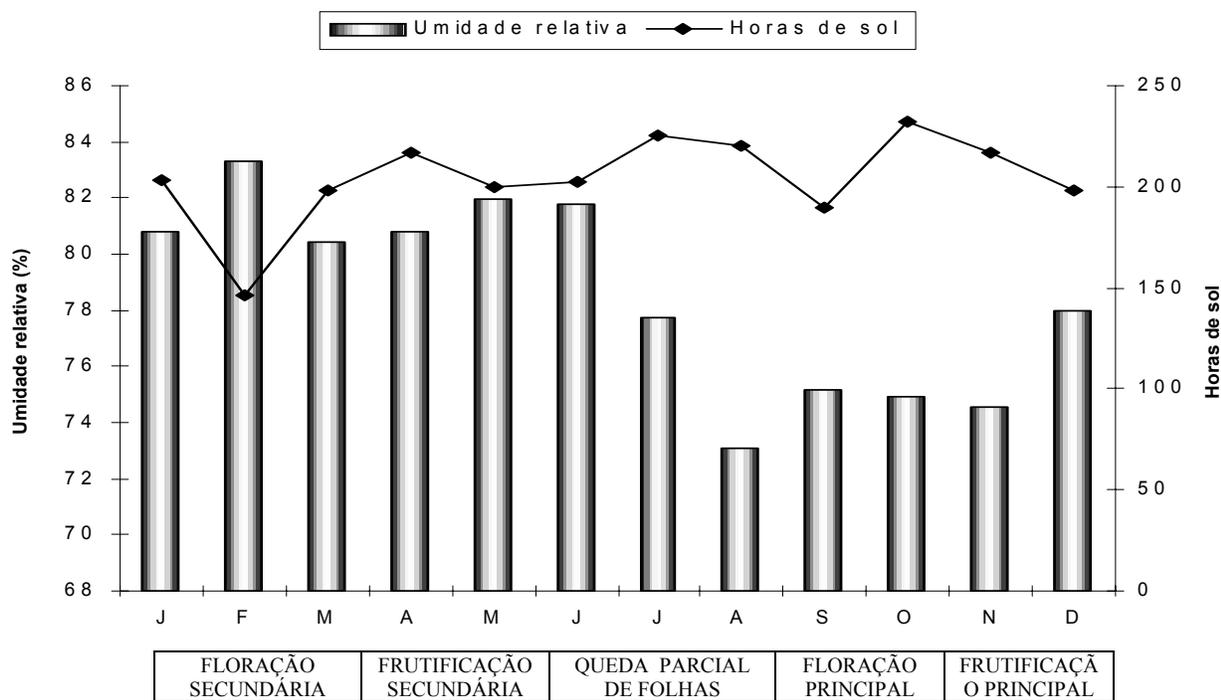


Figura 6. Valores médios de umidade relativa do ar (%) e número de horas de sol da Reserva Biológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, SP relacionados com as fenofases de *Caesalpinia echinata* Lam., registrados no período de 1984 a 1993. Fonte: Posto Meteorológico DAEE. - Reserva Biológica e Estação Experimental de Moji-Guaçu, SP - Fazenda Campininha, Instituto Florestal, SMA.

LITERATURA CITADA

1. AGUIAR, F.F.A., 2000. Crescimento do pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), em diferentes espaçamentos. **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.25, nº 1, p.105-107, jul.
2. AGUIAR, F.F.A., 1990. Observações preliminares sobre a fenologia de *Caesalpinia echinata* Lam. (Pau-brasil). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, Anais..., p.591-596.
3. AGUIAR, F.F.A. & BARBOSA, J.M., 1985. Estudos de conservação de longevidade de sementes de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.). **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, 10, p.145-50.
4. AGUIAR, F.F.A. & PINHO, R.A., 1996. Pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), São Paulo: **Instituto de Botânica**, 2 ed. rev. il. p. 14. (Folheto 18).
5. ALENCAR, J.C.; ALMEIDA, R.A. & FERNANDES, N.P., 1979. Fenologia de espécies florestais em florestas tropicais úmidas de terra firme da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, 9(1):163-198.
6. BARBOSA, O. & BAITELLO, J.B., 1978. Plantas brasileiras. **Instituto Florestal**. São Paulo, 19:1-27.
7. BARRADAS, M.M., 1972. Informações sobre floração, frutificação e dispersão do pequi *Cariocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae). **Ciência e Cultura**. 24:1063 a 1068.
8. BARROS, M.A.G. & CALDAS, L.S., 1972. Acompanhamento de eventos fenológicos apresentados por cinco gêneros nativos de cerrado. **Brasil Florestal**. Brasília, 10(42):7-4.
9. CARVALHO, P.E.R., 1994. In: Espécies Florestais Brasileiras: Recomendações Silviculturais, Potencialidade e uso da madeira. **EMBRAPA**. p. 113-117.
10. CORRÊA, M.P., 1974/75. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das Exóticas cultivadas. Rio de Janeiro. **Ministério da Agricultura /IBDF**, v. 5-6.
11. CUNHA, M.W. & LIMA, H.C., 1992. Viagem à terra do pau-brasil. Rio de Janeiro: **Agência Brasileira de Cultura**, p. 64.
12. DUTRA, R.C., 1987. Fenologia de dez espécies arbóreas nativas do cerrado de Brasília-DF, Brasília. **Brasil Florestal**, 62:23-41. out./nov./dez.
13. ENGEL, V.L. & POGGIANI, F., 1985. Estudo fenológico das principais espécies arbóreas plantadas no parque da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, SP. **O Solo**. Piracicaba, 77 (1-2):42-56. jan./dez.
14. LORENZZI, H.J., 1992. In: Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. **Ed. Plantarum**, Nova Odessa, p. 145.
15. MAGALHÃES, L.M.S. & ALENCAR, J.C., 1979. Fenologia do Pau-rosa (*Aniba duckei kostermans*) Lauraceae, em floresta primária na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, (2):227-232.
16. MANTOVANI, W. & MARTINS, F.R., 1988. Variações fenológicas das espécies do cerrado, da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. 11:101-112.
17. MENDONÇA FILHO, C.V. & LEMOS FILHO, J.P., 1996. Estacionalidade da floração e frutificação de Leguminosas da Estação Biológica de Caratinga (Mata Atlântica). Caratinga-MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 47, Nova Friburgo, Resumos, p. 408-409.
18. MORELLATO, L.P., 1991. Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianos de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil, Campinas, SP. **Tese de Doutorado**, Campinas, IBUEC, Campinas, 176 p.
19. MORI, E.S., 1979. Maturação fisiológica em sementes de pau-brasil. Departamento de Silvicultura, Curso de Eng. florestal, ESALQ, Piracicaba, p.-5 (**mimeo**).
20. NOGUEIRA, J.C.B., 1977. Reflorestamento heterogêneo em essências indígenas. São Paulo, **Instituto Florestal**. 77 p. (Boletim Técnico, 24).
21. PEREIRA, A.P. & PEDROSO, L.M., 1982. Dados fenológicos das principais espécies florestais que ocorrem na Estação Experimental de Curuá-Una, Pará. **Silvicultura em São Paulo**, vol. 16A (2). São Paulo, p. 1175-1182.
22. PIMENTEL, M.F.; CHRISTIFIDES, D. & PEREIRA, F.J.S., 1977. Recursos hídricos no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. 4, Anais... Brasília, São Paulo, **Ed. Itatiaia EDUSP**, p. 121-159.
23. RAMALHO, R.S., 1978. Pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.). Viçosa, **Universidade Federal de Viçosa**. 11 p. (Boletim de Extensão, 12).
24. RIBEIRO, J.F.; GONZALES, M.; OLIVEIRA, P.E.A.M. & MELO, J.T. DE., 1981. Aspectos Fenológicos de espécie nativas do cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, Terezina. Anais. **Sociedade Botânica do Brasil**. 32, p. 181-187.
25. RIZZO, J.A.; CENTENO, A.J.; LOUSA, J.S. & FILGUEIRAS, T.S., 1971. Levantamento de dados em áreas de cerrado e da floresta caducifolia tropical do planalto centro-oeste. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3° São Paulo. Anais... **EDUSP, Edgard Blucher**, p. 103-109.
26. SILVA, L.B.X., 1978. Avaliação do Comportamento inicial de diversas essências nativas e exóticas. Curitiba. **Fundação Cultural de Curitiba**, p. 39 il.
27. SOARES, C.M.C., 1985. Pau-brasil: a árvore nacional 2 ed. Recife, **Universidade Federal Rural de Pernambuco**, Estação Ecológica do Tapacurá, p. 39.
28. SOUZA, H.M., 1982. O pau-brasil. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 10 fev. Suplemento Agrícola, p. 6.
29. STRUFFALDI-DE VUONO, Y.; BATISTA, E.A. & FUNARI, F.L., 1986. Balanço hídrico na área da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, 13: 73-85.