

DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO DE FOLHAS DE *Hevea brasiliensis* MUELL. ARG. E *H. pauciflora* MUELL. ARG. SUBMETIDAS A DOIS REGIMES HÍDRICOS. (*)

Francisco Antonio de Oliveira Pita (**)

Marco Antônio Oliva (***)

Eldo Antonio Monteiro da Silva (***)

RESUMO

As características morfológicas relacionadas com a ontogenia foliar das espécies de seringueira foram influenciadas pela deficiência hídrica. O déficit hídrico provocou redução significativa no número de folhas, no comprimento do folíolo central, na matéria seca foliar, na matéria fresca foliar, na classe do ângulo folíolo-pecíolo e no tamanho da brotação em *H. brasiliensis* e *H. pauciflora*. A espessura dos tecidos anatômicos das folhas foi pouco modificada em ambos os tratamentos, provavelmente devido ao pequeno efeito do curto período de aplicação do estresse hídrico e das condições do ambiente sobre a formação desses tecidos. No entanto, *H. pauciflora* tende a apresentar maior resistência à perda de água, quando comparada com *H. brasiliensis* (IAN 873), visto apresentar folhas com características mais xeromórficas. A classe do ângulo folíolo-pecíolo e o índice plastocrono não foram adequados para representar a idade fisiológica das folhas da seringueira. No entanto, foi possível determinar o valor de referência ($R = 50,0$ mm) para a seringueira. Verificou-se que as plantas com déficit hídrico apresentaram menor taxa de emergência de folhas durante o desenvolvimento do lançamento. A classe do ângulo folíolo-pecíolo foi significativamente influenciada pelas condições do ambiente.

INTRODUÇÃO

O alongamento celular de órgãos vegetais em crescimento é regulado pela disponibilidade de água no solo. Quando fatores do ambiente limitam a expansão foliar, são atingidos os processos diretamente relacionados com a interceptação da luz, regulação da temperatura, balanço hídrico e difusão do CO_2 (Fitter & Hay, 1981).

(*) Pesquisa realizada com apoio de EPAMIG-EMBRAPA.

(**) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus - AM.

(***) Universidade Federal de Viçosa, MG.

A seringueira (*Hevea* spp.) é caracterizada pelo rápido período de crescimento, alternado com períodos de inatividade, que podem ser modificados pelo estresse hídrico (Borchert, 1973). Esse crescimento rítmico favorece a infecção pelo *Microcyclus ulei* (P. Henn.) Arx., agente etiológico do "mal-das-folhas", nas áreas onde as condições climáticas favorecem o desenvolvimento do patógeno. O plantio de seringueira em áreas de períodos secos bem definidos, conhecidas como áreas de escape, pode reduzir os danos causados pela doença. Neste trabalho, tenta-se determinar alguns parâmetros anatomo-morfológicos relacionados com o desenvolvimento das folhas de seringueira, quando submetidas a baixa disponibilidade de água durante a fase de expansão.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (IAN 873) e *H. pauciflora* Muell. Arg., provenientes de sementes ilegítimas, com cerca de 17 meses, no quarto lançamento de ida de, foram cultivadas em casa de vegetação. Os experimentos foram realizados em Viçosa, Minas Gerais, entre outubro de 1983 e fevereiro de 1984. As plântulas cresceram em sacos de polietileno, com cerca de dez kg de Latossolo Vermelho.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três repetições para cada uma das espécies utilizadas, e o ajuste das curvas foi feito com base na distribuição dos pontos observados, mediante regressão curvilínea.

Um grupo de 40 plantas foi submetido, durante o experimento, a irrigação de água insuficiente, que manteve o solo com o potencial hídrico (ψ_{ws}) de -0,5 MPa (aproximadamente um terço da capacidade de campo). Outro grupo de 40 plantas foi mantido com esta água próximo da capacidade de campo. Os teores de água no solo foram controlados por meio de método gravimétrico, extrapolado para uma curva de retenção de umidade do solo (Figura 1).

Foi considerado primeiro dia após a emergência, em todos os experimentos, o dia em que os folíolos atingiram dois cm de comprimento. Em todas as determinações foram empregadas as quatro folhas inferiores do lançamento.

Para a determinação da classe do ângulo folíolo-pecíolo (LBC), da espessura dos tecidos foliares, do índice plastocrono (IP), do conteúdo de matéria seca, do comprimento da brotação e do folíolo central, do peso e área foliar e do número de folhas no surto, foram colhidas amostras, diariamente, entre as seis e as dez horas, a partir do primeiro até o 25º dia após a emergência. Passada essa fase, as coletas ocorreram a intervalos regulares de cinco dias, até o 40º dia após a emergência.

A matéria seca foi determinada a partir de discos foliares, em estufa com ventilação forçada, à 75°C, até peso constante.

O LBC foi determinado segundo Samsuddin (1978), mediante o emprego de um retângulo de cartolina, dividido em nove classes de 20°, até o ângulo máximo de 180°. As medidas do LBC foram tomadas colocando-se o pecíolo paralelamente à linha horizontal de referência, que forma um ângulo de 180° com a linha-base (Figura 2).

O índice plastocromo (IP), intervalo de tempo entre a iniciação de duas folhas sucessivas, e o índice plastocrono foliar (IPF) foram definidos por Erickson & Michelini (1957). O comprimento da folha emergente no ápice é usado como escala morfológica, e a planta tem n plastocronos de idade quando o comprimento da folha serial n é igual ao valor de referência (R). O IP e IPF foram determinados pelas seguintes fórmulas, propostas por Erickson & Michelini (1957):

$$IP = n + \frac{\log L_n - \log R}{\log L_n - \log L_{n+1}}$$

$$IPF = IP - a.$$

Sendo n o número de folha maior que o comprimento de referência (R), L_n o comprimento da folha n (que, por definição é superior ou igual a R), L_{n+1} o comprimento da folha $n+1$, que, por definição, é menor que R, e a o número serial de uma folha qualquer ao longo do caule. Sendo o IP função linear do tempo, é possível a seguinte equação:

$$IP = \frac{\log L_0 - \log R}{p} + \frac{r}{p} t$$

em que p é a taxa plastocrônica de alongamento ($\log L_n - \log L_{n+1}$), p/r é a duração de plastocrono e r/p é a taxa de aparecimento das folhas.

Cortes anatômicos em material fixado com formol-ácido acético-álcool (FAA 50%), desidratados e incluídos em parafina, foram feitos com micrótomo rotatório, com 10 μ m de espessura. As avaliações quantitativas do mesófilo foliar foram realizadas em microscópio com ocular micrométrica, com divisões de 0,024 mm, e aumento de 400 x no retículo da ocular.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Árvores com regime de crescimento por lançamento apresentam organização apical diferente da de outras espécies. Todos os primórdios foliares podem ser iniciados ao mesmo tempo e apresentam avançado estágio de desenvolvimento antes da abertura da gema apical. Bond (1946) verificou que em *Camellia thea* Link o novo lançamento de folhas era pré-formado na gema dormente antes do início do alongamento caulinar. A organização meristemática do caule de seringueira (*Hevea* spp.) apresenta alta atividade mitótica no estágio A, caracterizado por fase organogênica ativa, na qual aparecem os primeiros primórdios foliares recém-formados (Hallé et al., 1978; Moraes, 1982 a, b).

A ontogenia foliar da seringueira pode ser separada em dois estádios distintos (Hallé et al., 1978): o primeiro, em que o crescimento ocorre por divisão celular, e o segundo, por alongamento celular. A expansão foliar completa-se após o 25º dia (Figuras 3 e 5), mas a matéria seca e a matéria fresca (Figuras 4 e 6) continuam a aumentar.

O acúmulo de matéria seca (Figura 4) aumentou de acordo com a idade foliar, inde-

pendentemente do tratamento aplicado. O clone IAN 873 apresentou menor acúmulo de matéria seca foliar em ambos os tratamentos, quando comparado com *H. pauciflora*. No entanto, o acúmulo de matéria seca em *H. pauciflora* foi maior no tratamento com deficiência hídrica, quando expresso por unidade de área foliar (Figura 4) o tratamento com déficit hídrico foi o que apresentou menor expansão foliar (Figuras 3 e 5).

A área foliar (Figura 5) depende fundamentalmente do nível de umidade no solo na época de sua expansão. A área aumentou em todos os tratamentos, tendo sido maior e mais significativa nos tratamentos sem déficit hídrico. A expansão foliar (Figuras 3 e 5) apresentou crescimento exponencial, marcadamente influenciado pelo estresse hídrico, que limitou seu alongamento celular. *H. pauciflora* apresentou valores extremos com ambos os tratamentos. Taylor (1970), estudando o desenvolvimento de folhas de *Mangifera indica* L., encontrou relações semelhantes, e Bergonci (1981), avaliando o clone de seringueira Fx 2261, encontrou curvas logísticas para área e peso foliar, em relação à ontogenia foliar.

A expansão mais ou menos uniforme das folhas, no lançamento, não ocorre antes do final do crescimento da gema apical, sugerindo que ela tenha um papel inibidor (Taylor, 1970). As folhas de seringueira, nos primeiros dias do crescimento, são diretamente dependentes de um suprimento de água, (Figuras 3 e 5) fotoassimiladas e nutrientes. O rápido alongamento, por curto período de tempo, requer grande suprimento desses componentes. Isso parece explicar a rápida senescência das folhas do lançamento anterior, as quais atuam como fonte de assimilado para as novas.

Trabalhando com clones malásicos, Samsuddin (1978), Samsuddin & Impens (1979 a) e Samsuddin & Impens (1979 b) verificaram correlação positiva entre o ângulo formado pelo folíolo central e o pecíolo (LBC), o qual aumentava de 0° até 180° com a idade. Contudo, o LBC é um parâmetro morfológico adequado para as condições de ambiente controladas. Na Figura 8, observa-se que o LBC aumentou com a idade foliar, não atingindo, porém, os valores encontrados por Samsuddin (1978), mesmo nas plantas cuja gema apical se encontrava no estágio A_1 do 5º lançamento. Isso se deu em consequência da deficiência hídrica no tratamento correspondente e da elevada temperatura média obtida na casa de vegetação durante a fase final do experimento (Quadro 1). No entanto, nos estádios A_3 e B_1 , os folíolos apresentaram-se voltados para cima (Figura 7). Nessa fase, têm entre 1 e 10 dias de idade. A variação do ângulo dos folíolos no início do desenvolvimento deve-se, provavelmente, à falta de tecidos mecânicos, e não à ausência do turgor. Uma outra causa que modifica a utilização do LBC em condições naturais são os fatores do ambiente, como temperatura, déficit hídrico e estado nutricional da planta (Samsuddin & Impens, 1979 a).

Quadro I. Média das Temperaturas, Máxima e Mínima ($^{\circ}\text{C}$), Umidade Relativa do Ar, Máxima e Mínima (%), e Radiação Solar (W.m^{-2}) na Casa de Vegetação durante o Período Experimental.

		Temperatura		Umidade Relativa		Radiação
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	
Dezembro	- 83	33,3	18,0	97,0	47,3	239,7
Janeiro	- 84	39,2	19,0	91,8	30,6	334,3
Fevereiro	- 84	41,5	19,8	90,7	28,6	412,1
\bar{x}		38,0	19,0	93,0	36,0	328,7

Em *Mangifera indica* L., Taylor (1970) verificou que o ângulo foliar estaria relacionado com o grau de rigidez ou flexibilidade dos tecidos, que depende da formação dos tecidos da folha e do conteúdo de água. Bergonci (1981) verificou que o LBC não mostra detalhes da evolução fisiológica das folhas de seringueira.

O índice plastocrono (IP) e o índice plastocrono foliar (IPF) também não foram eficientes para monitorar o desenvolvimento de folhas de seringueira durante sua ontogenia. O crescimento rítmico, em lançamentos com número definido de folhas, na seringueira, aparentemente, torna inadequada a determinação do IP e do IPF. O cálculo do IP exige que as porções lineares das curvas de crescimento sejam paralelas e igualmente espaçadas em folhas sucessivas (Erickson & Michelini, 1957). Isso requer que a iniciação foliar seja sucessiva, e não simultânea, como acontece na seringueira (Samsuddin, 1978). Contudo, como as folhas apresentaram crescimento diferencial ao longo da brotação, foi possível medir o IP. O valor de referência (R) foi determinado como 50 mm, com base nas observações da formação dos tecidos internos da folha e na sua curva de crescimento. Verifica-se que a duração do plastocrono (p/r) foi de 0,81 dia e a taxa de aparecimento das folhas no lançamento (r/p) de $1,24 \text{ dia}^{-1}$, para os tratamentos irrigados. Nas plantas submetidas a déficit hídrico encontrou-se p/r = 1,11 dias e r/p = $0,90 \text{ dia}^{-1}$.

Vendeland *et al.* (1982), estudando o crescimento de *Glycine max* (L.) Merrill e submetida a estresse hídrico, verificaram que os valores de $p = (\log \text{Ln} - \log \text{Ln} + 1)$ aumentavam substancialmente com o déficit, refletindo o crescimento diferencial das folhas. Lamoreaux *et al.* (1978) sugeriram que o IP pode ser usado para testar os efeitos de estresses do ambiente no desenvolvimento das plantas.

Os baixos Ψ_{wf} alteraram vários parâmetros morfológicos na seringueira, incluindo o tamanho e o número total de folhas na brotação (Figuras 3 e 9). As duas espécies tiveram comportamento diferencial, quanto ao número de folhas, que, no IAN 873, com deficiência hídrica, foi maior que no clone sem déficit até o 35º dia da emergência foliar. Isso se deve a perturbações na atividade da gema apical, motivadas pelo déficit hídrico, causa de superbrotamento de folhas, que, posteriormente, abortavam. A redução do Ψ_{wf} pode reduzir o número de folhas e o tamanho da brotação (Plaut & Ordin, 1964; Marc & Palmer, 1976).

Foi observado que, nos dias de maior radiação solar e calor, os folíolos com deficiente desenvolvimento morfológico de ...

ciência hídrica apresentavam-se, em alguns casos, com queima. Altas temperaturas concorreram para a redução do número de folhas em plantas com déficit hídrico (Finch-Savage & Elston, 1982; Rocha Neto et al., 1983).

A relação entre o número de folhas emergidas e abscisadas determina o número de folhas do lançamento; entretanto, nos tratamentos com deficiência hídrica, a redução do número de folhas decorre principalmente da abscisão das folhas jovens, extremamente sensíveis ao conteúdo de água da planta (Figura 9). A manutenção de baixo Ψ_{wf} resulta na redução do crescimento do lançamento (Figura 10). Conceição (1983), estudando seis clones de seringueira, verificou que são altamente sensíveis ao estresse hídrico.

O comprimento do pecíolo foi pouco alterado pelo déficit hídrico, embora seu desenvolvimento tenha sido proporcional ao aumento da área foliar. Em *Manihot utilissima* L. foi verificada correlação positiva entre o tamanho do pecíolo e a área foliar, ambos influenciados pelo período seco (Ramanujan, 1982).

Na Figura 11 verificam-se as variações nas avaliações anatômicas das folhas de *H. brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora* submetidas a deficiência hídrica. Observa-se que, nas duas espécies, ocorreu diferença de desenvolvimento na formação dos vários tecidos foliares. Em ambos os tratamentos, *H. pauciflora* apresentou maior espessamento da epiderme, da lâmina foliar, do paliádico e do tecido lacunoso, evidenciando características anatômicas mais adequadas para prevenir a perda de água.

A espessura de epiderme decresceu com a idade, em ambos os tratamentos. Isso se deve à expansão foliar que se intensifica após o décimo dia da emergência foliar, promovendo a redução da espessura da epiderme e o conseqüente aumento da espessura dos demais tecidos constituintes da folha.

CONCLUSÃO

A ontogenia foliar da seringueira (*Hevea* sp.) é separada em dois estádios diferentes distintos: o primeiro em que o crescimento ocorre por divisão celular e o segundo por alongamento celular.

A deficiência hídrica reduziu a expansão foliar em ambas as espécies estudadas, pouco influenciando a espessura dos tecidos foliares.

Com relação ao índice plastociono e ao LBC, ambos não foram significativos para representar a idade foliar devido as características de crescimento e a influência do meio-ambiente nas plantas de *Hevea* sp.

SUMMARY

In rubber trees the morphological characteristics related to foliar ontogeny were influenced by a water stress regime. For Hevea brasiliensis and H. pauciflora water stress provoked a significant reduction in 1) number of leaves, 2) length of the central

leaflet, 3) leaf dry weight, 4) leaf wet weight, 5) class of angle between petiole and leaflet and 5) grafted sprout size. Under the two different experimental water regimes little difference was found in thickness of leaf anatomical tissues, probably because the water stress was applied for a short period and because ambient conditions have little effect on development of these tissues. Nonetheless, *H. pauciflora* tends to show greater resistance to water loss in comparison with *H. brasiliensis* (clone IAN 873), and also has more xeromorphic leaves. Physiologic age of rubber tree leaves did not correlate well with either the class of angle between petiole and leaflet or the plastochron index. It was possible, however, to determine the reference value ($R = 50.0$ mm) for the rubber tree. Plants under water stress showed a lower rate of leaf emergence as the graft sprouted. The class of angle between the petiole and leaflet was significantly affected by ambient conditions.

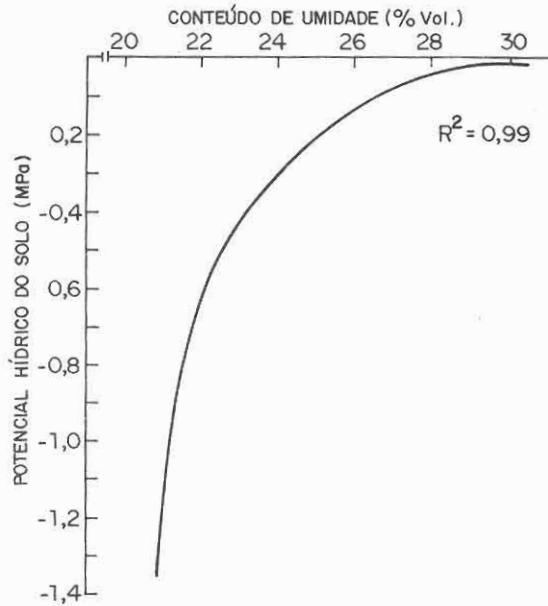


Fig. 1. Curva de Retenção de Umidade do Solo.

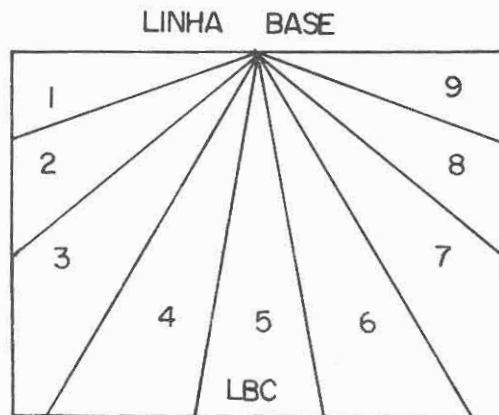


Fig. 2. Tarjeta usada para a determinação do LBC. (Samsuddin, 1978).

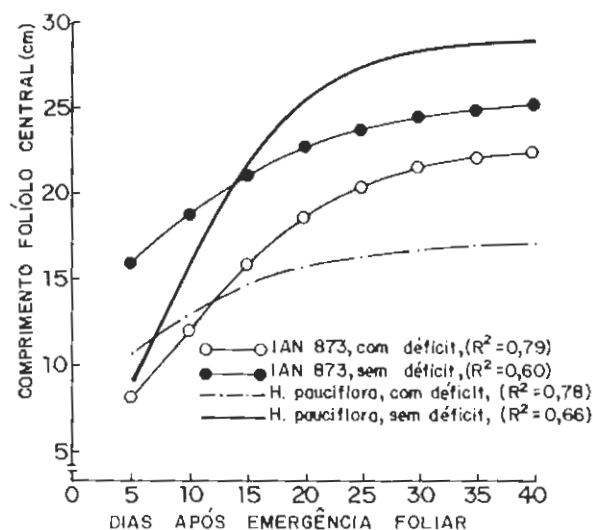


Fig. 3. Comprimento do folíolo central, em relação a idade foliar, de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos.

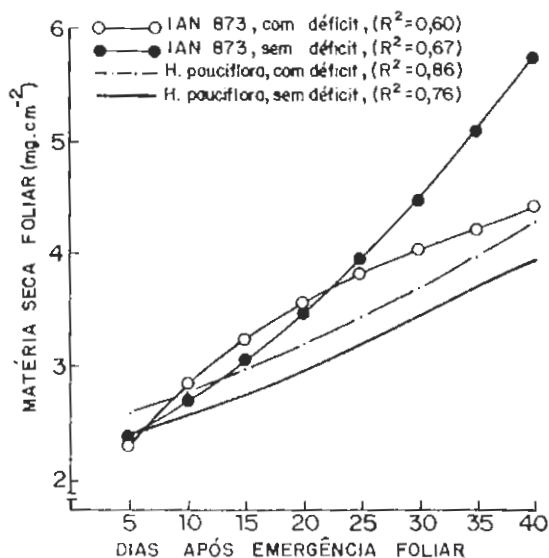


Fig. 4. Acúmulo de matéria seca foliar, com base na idade foliar, durante o crescimento de folas, de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos.

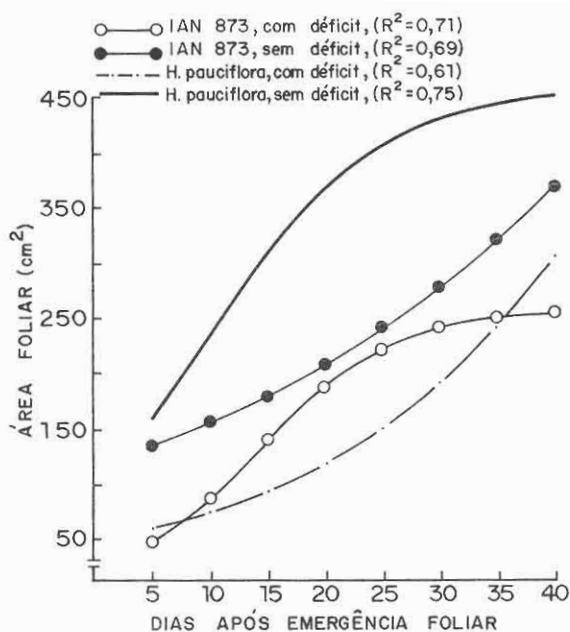


Fig. 5. Área foliar, em relação à idade foliar, de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos.

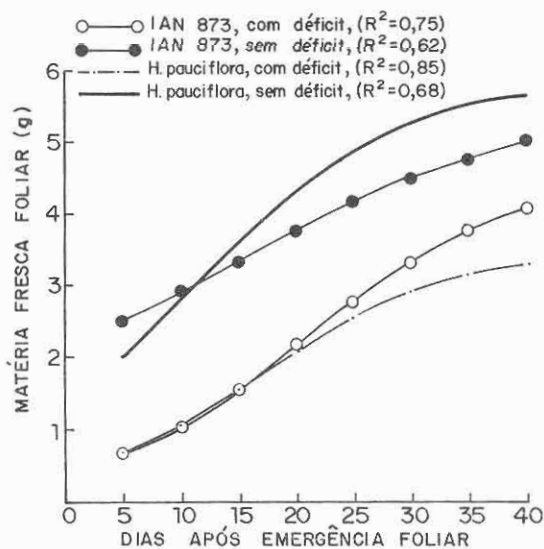


Fig. 6. Matéria fresca foliar, com base na idade foliar, de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos.

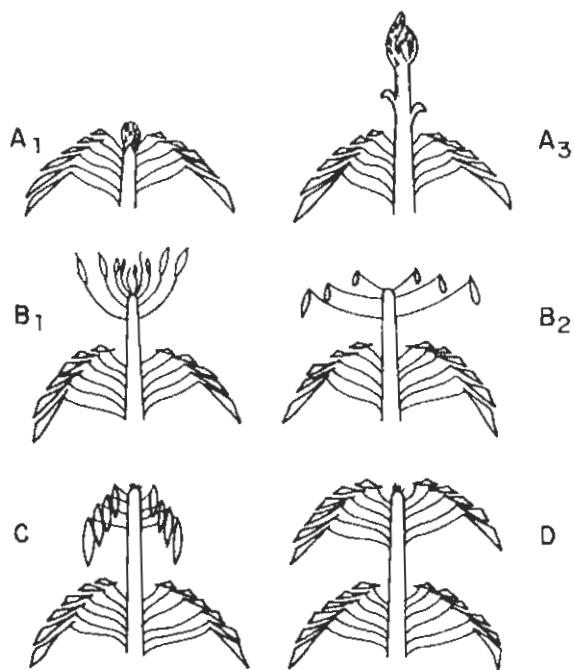


Fig. 7. Diagrama dos estádios foliares de seringueira durante um ciclo de lançamento. (Adaptado de Hallé et al., 1978).

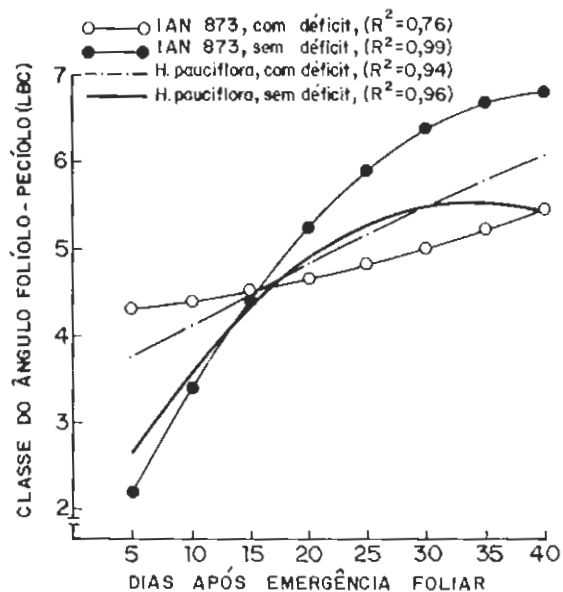


Fig. 8. Classe do ângulo folíolo-pecíolo (LBC), com base na idade foliar, de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos.

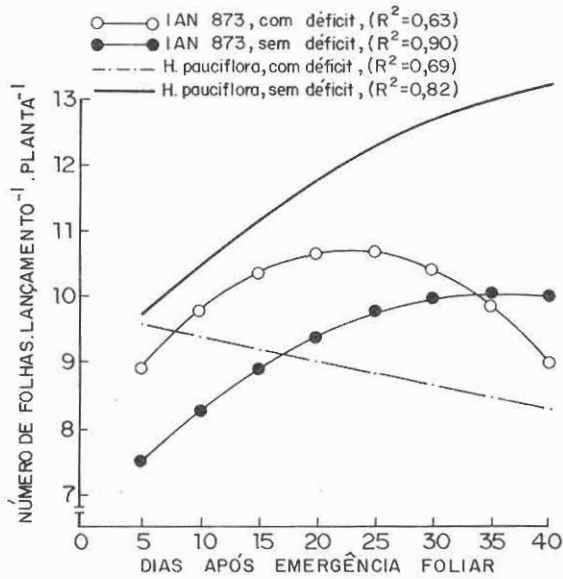


Fig. 9. Número de folhas no lançamento, em relação à idade foliar, de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos.

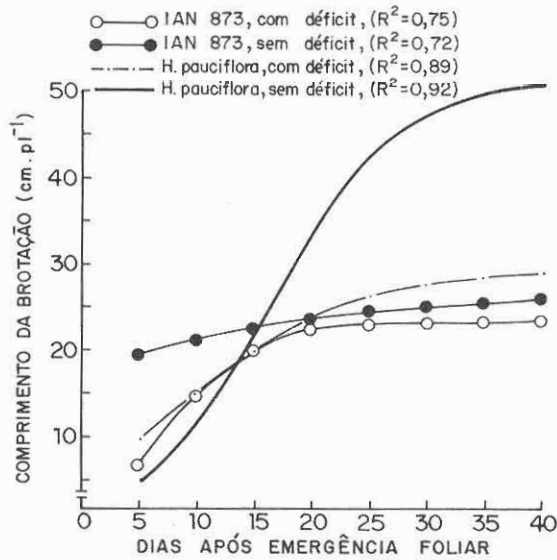


Fig. 10. Comprimento da brotação, com base na idade foliar, de *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos.

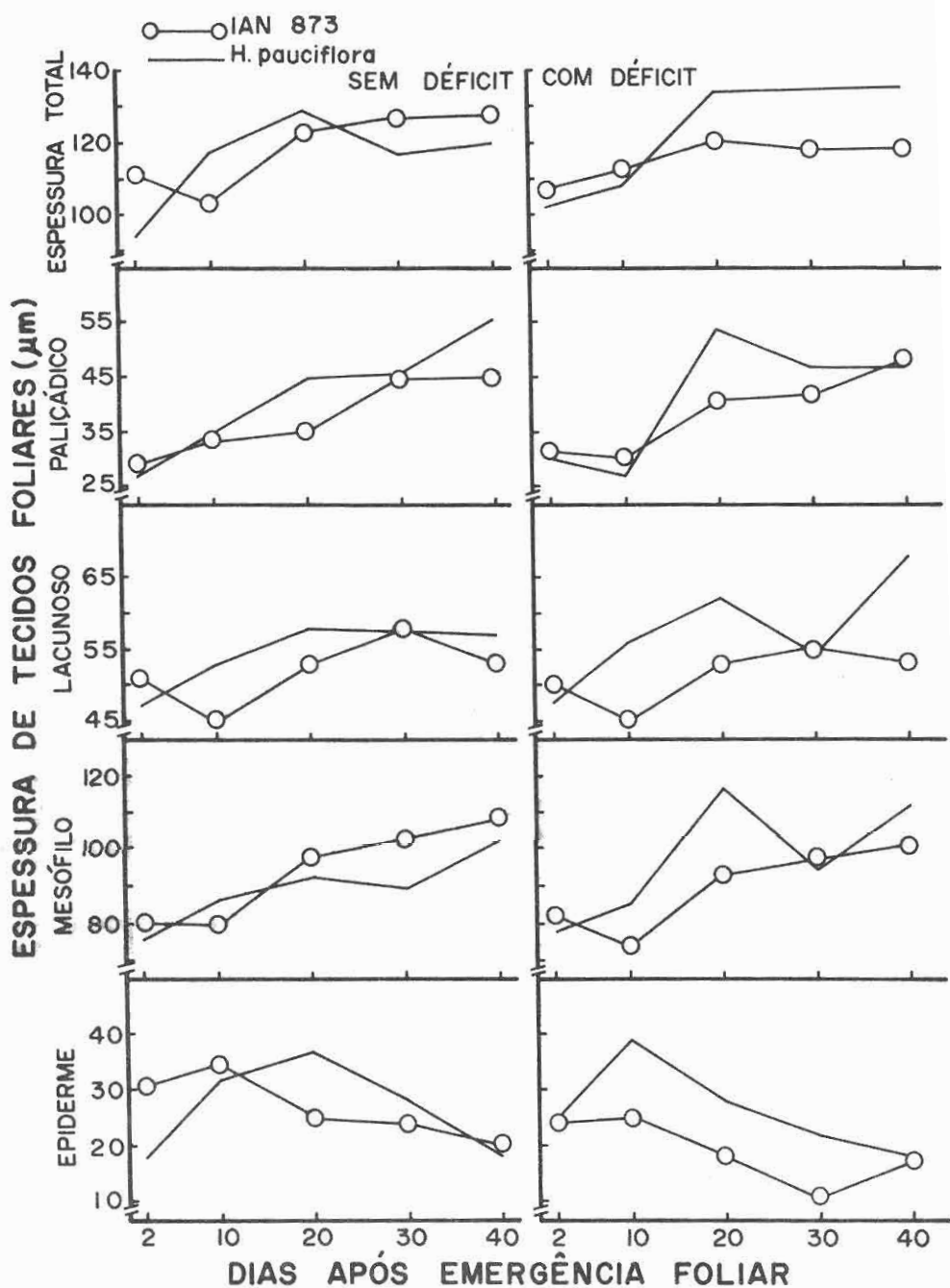


Fig. 11. Espessura dos tecidos foliares, com base na idade foliar, *Hevea brasiliensis* (IAN 873) e *H. pauciflora*, submetidas a dois regimes hídricos.

Referências bibliográficas

- Bergonci, J. I. - 1981. **Estudos fisiológicos relacionados com o balanço de CO₂ durante a ontogenia foliar em Hevea brasiliensis Muell. Arg.** Viçosa, Universidade Federal. Tese de Mestrado. 53 p.
- Bond, T. E. T. - 1945. Studies in the vegetative growth and anatomy of the tea plant (*Camelia thea* Link.) with special reference to the phloem. II. Further analysis of flushing behaviour. **Ann. Botany** (N.S.), 9: 183-216.
- Borchert, R. - 1973. Simulation of rhythmic tree growth under constant conditions. **Physiol. Plant.**, 29: 173-180.
- Conceição, H. E. O. - 1983. **Avaliação fisiológica de clones de seringueira Hevea brasiliensis Muell. Arg.) submetidos a diversos regimes hídricos.** Viçosa, Universidade Federal. Tese de Mestrado. 80 p.
- Erickson, R. O. & Michelini, F. J. - 1957. The plastochron index. **Amer. J. Bot.**, 44: 297-304.
- Finch-Savage, W. E. & Elston, J. - 1982. The effect of temperature and water stress on the timing of leaf death in *Vicia faba*. **Ann. Appl. Biol.**, 100: 567-579.
- Fitter, A. H. & Hay, R. K. M. - 1981. **Environmental Physiology of Plants.** London Academic Press. 355 p.
- Hallé, F.; Oldeman, R. A. A.; Tomlinson, P. B. - 1978. **Tropical Trees and Forests.** Berlin, Springer-Verlag. 441 p.
- Lamoreaux, R. J. - 1978. The plastochron index: a review after two decades of use. **Amer. J. Bot.**, 65: 586-593.
- Marc, J. & Palmer, J. H. - 1976. Relationship between water potential and leaf and inflorescence initiation in *Helianthus annuus*. **Physiol. Plant.**, 36: 101-104.
- Moraes, V. H. F. - 1982a. Fisiologia. Parte I. In: SUDHEVEA/FACP. **Curso de Especialização em Heveicultura.** Belém. 54 p.
- - 1982b. Organogeneses em meristema apical do caule de seringueira. **Pesp. Agropec. Bras.**, 17: 893-897.
- Plaut, Z. & Ordin, L. - 1964. The effect of moisture tension and nitrogen supply on cell wall metabolism of sunflower leaves. **Physiol. Plant.**, 17: 279-286.
- Ramanujam, T. - 1982. Leaf area in relation to petiole length in cassava. **Turrialba**, 32: 212-213.
- Rocha Neto, O. G.; Oliva Cano, M. A.; Thibeaut, J. T. - 1983. Eficiência no uso da água em plântulas de seringueira submetidas a déficit hídrico. **Pesp. Agropec. Bras.**, 18: 363-369.
- Samsuddin, Z. - 1978. **Laboratory study on leaf gas exchange characteristics of Hevea brasiliensis Muell. Arg. and their relationships to field performance data.** Belgica, Universiteit Antwerpen. Tese de Doutorado. 181 p.
- Samsuddin, Z. & Impens, I. - 1979a. The development of photosynthetic rate with leaf age in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. clonal seedlings. **Photosynthetica**, 13: 267-270.
- - 1979b. Photosynthesis and diffusion resistances to carbon dioxide in *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. clones. **Oecologia**, 37: 361-363.
- Taylor, F. J. - 1970. Some aspects of the development of mango (*Mangifera indica* L.)

leaves. **New Phytol.**, 69: 377-394.

Vendeland, J. S.; Sinclair, T. R.; Spaeth, S. C.; Cortes, P. M. - 1982. Assumptions of plastochron index: evaluation with soya bean under field drought conditions. **Ann. Bot.**, 50: 673-680.

(Aceito para publicação em 28.07.1986).