

# INFLUÊNCIA DO PULSO DE INUNDAÇÃO NA FENOLOGIA FOLIAR E CONTEÚDO DE CLOROFILA EM DUAS ESPÉCIES DA FLORESTA DE IGAPÓ DA AMAZÔNIA CENTRAL, BRASIL

Lúcia Alencar MAIA<sup>1</sup>, Maria Teresa F. PIEDADE<sup>2</sup>

**RESUMO** - Com o objetivo de verificar a influência da dinâmica do pulso de inundação na fenologia foliar e conteúdo de clorofilas *a*, *b* e *total*, 15 indivíduos adultos de duas espécies típicas das cotas mais baixas da floresta de igapó, *Eschweilera tenuifolia* e *Hevea spruceana*, foram estudados no baixo curso do rio Tarumã-Mirim, Amazonas, Brasil. A fenologia foliar foi acompanhada em observações semanais de campo de julho de 1993 a dezembro de 1994 e o conteúdo de clorofilas foi medido em laboratório, mensalmente. Mudanças no conteúdo de clorofilas relacionaram-se à idade da folha. As concentrações médias de clorofila *total* em folhas maduras e velhas de *E. tenuifolia* foram de 473,5 e 288,6 mg m<sup>-2</sup>, e em *H. spruceana* de 418,5 e 199,0 mg m<sup>-2</sup>. Na fase aquática deu-se o pico de abscisão e brotamento foliar.

**Palavras-chave:** Igapó, fenologia, clorofila, *Eschweilera tenuifolia*, *Hevea spruceana*.

## Influence of the Flood-Pulse on Leaf Phenology and Chlorophyll Content in Two Species of the Igapó Forest in Central Amazonia, Brazil

**ABSTRACT** - In order to verify the influence of flood-pulse dynamics on leaf phenology and concentrations of chlorophyll *a*, *b* and *total*, 15 individuals of two species typical of the black-water igapó forest, *Eschweilera tenuifolia* and *Hevea spruceana*, were studied in the lower course of the river Tarumã-Mirim, Amazonas, Brazil. Leaf phenology was followed weekly from July 1993 to December 1994 and the chlorophyll content was measured in the laboratory every month. Variations in the chlorophyll contents were related to leaf age. Mean concentrations of *total* chlorophyll in mature and old leaves of *E. tenuifolia* were 473.5 and 288.6 mg m<sup>-2</sup>, and 418.5 and 199.0 mg m<sup>-2</sup> in *H. spruceana*. The peak shedding and flush occurred during the aquatic phase.

**Key- words:** Igapó, phenology, chlorophyll, *Eschweilera tenuifolia*, *Hevea spruceana*.

## INTRODUÇÃO

Nas florestas tropicais, o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo são periódicos, mesmo onde as variações sazonais de temperatura, disponibilidade de água e fotoperiodismo são pequenas (Borchert, 1992). Na Amazônia, a variação na distribuição de chuvas durante o ano proporciona períodos de floração e frutificação diferentes para

cada região (Ducke & Black, 1953). Nas savanas de Alter-do-Chão, Santarém, Pará, o período de maior queda de folhas coincide com a época de menor pluviosidade, maior temperatura e deficiência hídrica do solo (Miranda, 1991). Comportamento similar foi registrado para espécies ocorrentes em mata de terra firme, na Reserva Florestal Adolfo Ducke, Manaus, Amazonas, que também apresentaram maior queda de folhas e

<sup>1</sup>INPA-CPBO. Av. André Araujo 1756, CP. 478, 69011-970, Manaus, AM, Brazil. e-mail: alencar@inpa.gov.br

<sup>2</sup>INPA-CPBA. Av. André Araujo 1756, CP. 478, 69011-970, Manaus, AM, Brazil.

floração no período seco (Araujo, 1970; Alencar, 1999).

Na Amazônia central, em florestas sujeitas a períodos de inundação, a periodicidade na atividade vegetativa é sazonal e parece imposta pelas condições ambientais (Maia, 1997; Maia & Jackson, 2001). O período de abscisão e brotamento de folhas, floração e frutificação das espécies relaciona-se, em muitos casos, com a flutuação do nível do rio (Ferreira, 1991). Alguns estudos mostram que a presença do etileno, como resposta a condições anóxicas do meio decorrentes da inundação prolongada (Schlüter *et al.*, 1993; Joly & Crawford, 1982), pode ser uma das causas determinantes da queda e abscisão de folhas. Entretanto, apesar da importância do conhecimento da atividade fenológica para espécies arbóreas de áreas alagáveis da Amazonia, os efeitos dos fatores ambientais na fenologia são pouco conhecidos (Revilla, 1981, 1991; Ferreira, 1991; Kubitzki & Ziburski, 1994; Parolin, 1997; Maia, 1997; Maia *et al.*, 1998; Oliveira, 1998).

O ciclo fenológico de *Eschweilera tenuifolia* Miers e *Hevea spruceana* Muell. Arg. está relacionado às taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> (Maia, 1997) e um dos fatores ligados à eficiência fotossintética e, conseqüentemente ao desenvolvimento e adaptação a diversos ambientes, é a clorofila (Engel & Poggianni, 1991). A concentração total e a proporção de clorofilas muda em função da intensidade luminosa recebida pela folha, da deficiência nutricional ou em resposta aos processos de

senescência da folha (Engel & Poggianni, 1991; Larcher, 2000). Nas plantas superiores, as clorofilas *a* e *b* são os pigmentos dominantes na fotossíntese (Nielsen, 1961). Entretanto, a relação existente entre as fenofases foliares, o conteúdo de clorofila e o pulso de inundação, embora de grande importância para a elucidação dos mecanismos funcionais e adaptativos das espécies a ambientes alagáveis, é pobremente estudada, havendo apenas dois estudos relacionando esses aspectos (Parolin, 1997; Maia, 1997).

Neste trabalho, são apresentados resultados referentes à influência do pulso de inundação na fenologia e conteúdo de clorofila de duas espécies de importância econômica da floresta de igapó, *Eschweilera tenuifolia* (Berg.) Miers (Lecythidaceae) e *Hevea spruceana* (Benth.) Muell. Arg. (Euphorbiaceae).

## MATERIAL E MÉTODOS

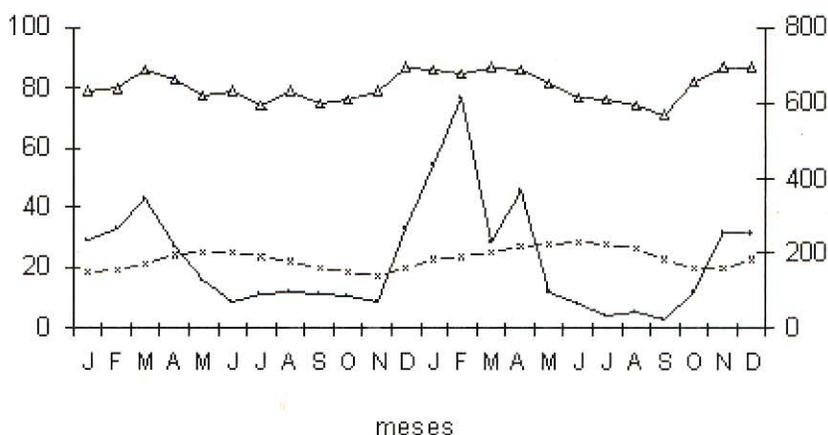
O estudo foi realizado no período de julho de 1993 a dezembro de 1994, na região baixa do igapó entre as cotas 20 e 23 metros acima do nível do mar (a.n.m.), no baixo curso do rio Tarumã-Mirim, próximo à foz do rio Negro, a aproximadamente 20 km da cidade de Manaus, Amazonas. A área de estudo situa-se entre as coordenadas 3° 02' de latitude Sul e 60 °17' de longitude Oeste. Os indivíduos de *E. tenuifolia* e *H. spruceana* estão distribuídos em 2,5 hectares da floresta, entre as cotas 20 e 23 m (a.n.m.), margeando 500 m o Igarapé do Guedes e seguindo 50 m em direção à terra firme.

A cidade de Manaus e arredores apresenta clima quente e úmido com temperatura média anual de 27,2 °C e classificação climática Af<sub>i</sub> (Ribeiro, 1976). O regime pluviométrico anual define uma estação de poucas chuvas, entre junho e novembro com variações entre 60 e 100 mm e uma precipitação anual entre 1.000 e 2.500 mm (Irmiler, 1975). A umidade relativa do ar, entre janeiro e fevereiro, é de aproximadamente 88% (Fig. 1).

As observações fenológicas tiveram início em julho de 1993 e seguiram-se a cada semana, até dezembro de 1994, totalizando 18 meses. Foram marcados 15 indivíduos adultos de cada espécie distribuídos aleatoriamente dentro da área de estudo.

As fenofases vegetativas observadas segundo Maia (1997) fo-

ram definidas como: (1) brotamento e abscisão de folhas; (2) folhas jovens, com o máximo de duas semanas a partir do aparecimento dos primórdios foliares, em geral com coloração verde clara; (3) folhas maduras que apareceram duas semanas após o surgimento dos primórdios foliares, podendo permanecer neste estágio até oito meses após o brotamento, com largura e comprimento definidos, coloração verde escura; (4) folhas velhas com coloração amarelada e necroses desenvolvidas, sendo esse estágio presente após 8-10 meses do brotamento. Foram marcados cinco ramos, na parte superior e mediana da copa e anotadas as datas de brotamento para o acompanhamento da ontogenia das folhas. A porcentagem de folhas foi calculada a



—x— nível rio Negro (m) —▲— umidade relativa (%) ——— precipitação (mm)

**Figura 1.** Média de umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) para a cidade de Manaus (dados fornecidos pelo Ministério da Agricultura/AM) e flutuação do nível do rio Negro (m) em cotas acima do nível do mar (dados fornecidos pela PORTOBRAS, Capitania dos Portos Manaus, para os anos de 1993 e 1994).

cada semana, por meio de observações subjetivas.

Para a determinação dos conteúdos das clorofilas *a*, *b* e *total*, foram retiradas mensalmente cinco folhas de cada fenofase (jovem, madura e velha), todas localizadas na ponta de ramos da parte superior e mediana da copa, de três indivíduos, ao acaso. As folhas foram colocadas em sacos de plástico e imediatamente acondicionadas em isopor com gelo, para análise da clorofila segundo metodologia descrita por Holden (1965). A extração da clorofila foi feita em metanol 100% e a quantificação por espectrofotometria.

A identificação das espécies foi por especialistas e os espécimens testemunho foram depositados no Herbário do INPA, *E. tenuifolia* registrada com o número 168.787 e *H. spruceana* com o número 168.786.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

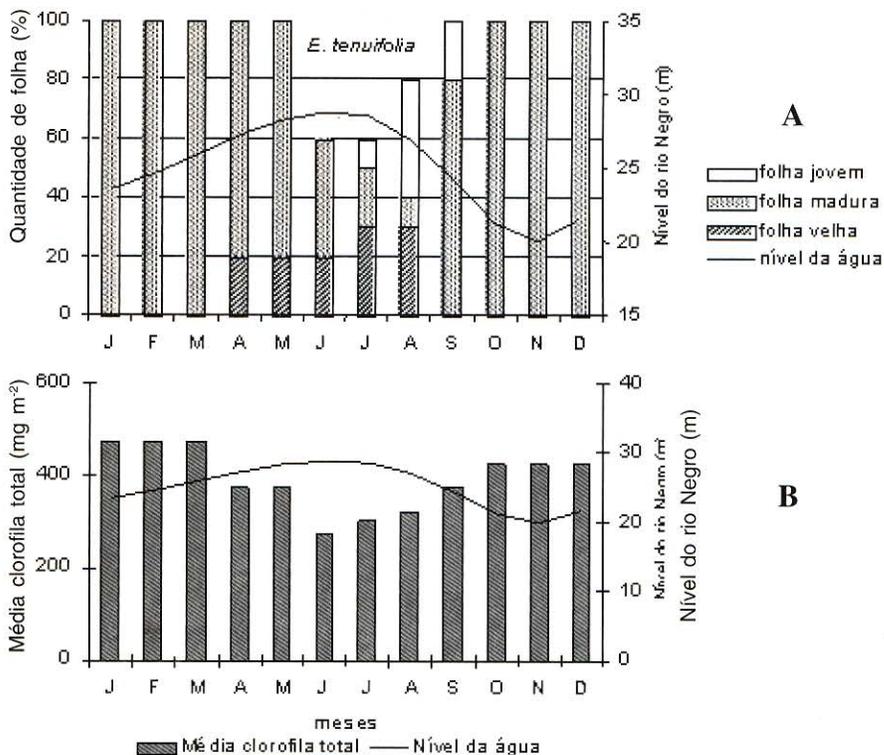
*E. tenuifolia* e *H. spruceana* apresentaram sazonalidade nas fenofases de brotamento e abscisão de folhas, e uma variação no tempo de vida das folhas em torno de oito a dez meses. Os indivíduos mostraram perda parcial, permanecendo sempre com uma pequena porcentagem de folhas maduras, de forma que a copa não ficou totalmente vazia (Fig. 2 A e 3 A). A concentração dos períodos de brotamento e abscisão de folhas em uma determinada época e a manutenção de algumas folhas maduras ao longo do ano, indica que as espécies apresentam um padrão sazonal característico de espécies

semi-decíduas (Maia, 1997; Lacher, 2000). *E. tenuifolia* teve o pico de emissão de folhas em agosto, coincidindo com o começo da vazante, e término em setembro, final da vazante. Os números de folhas velhas e jovens em agosto foram de aproximadamente 40% e 50% em relação ao total de folhas da parte não submersa da copa (Fig. 2 A).

*H. spruceana* teve pico e término de emissão de folhas entre maio e junho, período de águas altas. A abscisão das folhas começou a ser observada a partir de novembro, sendo que neste período a copa das árvores se apresentou coberta com aproximadamente 10 % de folhas velhas. Entretanto, foi em abril que se deu a maior intensidade de queda registrando-se 40% de folhas velhas na copa dos indivíduos (Fig. 3 A).

O comportamento fenológico das espécies parece ser resultante da interação de fatores abióticos e bióticos (Maia & Piedade, *in press*). Os valores mostraram que na fase aquática houve uma atividade intensa de brotamento e queda de folhas. *H. spruceana* produziu folhas novas no início da fase aquática e *E. tenuifolia* no início da vazante. Entretanto, os resultados não foram suficientes para estabelecer uma relação entre o pulso de inundação e a fenologia foliar.

Os resultados indicam que a concentração total de clorofilas ao longo do ano muda em relação ao ciclo fenológico (Figs. 2 e 3). Os maiores índices do conteúdo de clorofila *total* em *E. tenuifolia* foram detectados entre setembro e maio, fase



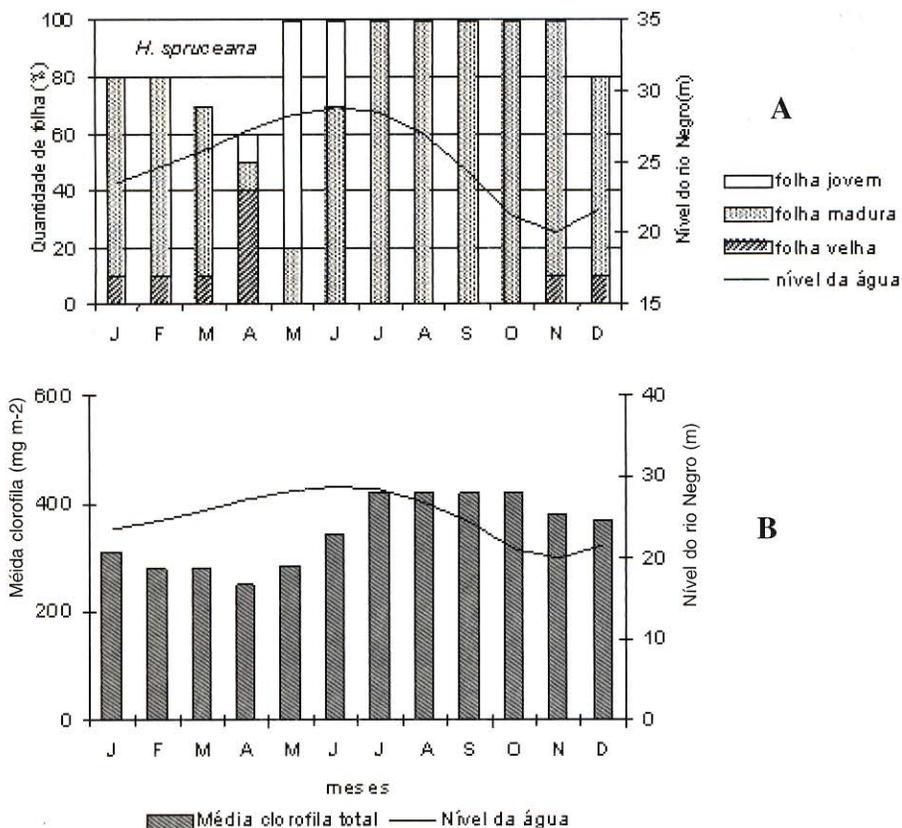
**Figura 2.** A) Fenologia foliar (quantidade de folhas (%), maduras, jovens e velhas) de *Eschweilera tenuifolia*. B) Variação do conteúdo médio de clorofila total ( $\text{mg m}^{-2}$ ) ao longo do ano, em relação à fenologia foliar e nível do rio.

na qual a planta está com a copa completa, com as folhas maduras. Entre abril e setembro, período de brotamento e abscisão de folhas, os índices decrescem. Estes índices são menores em junho, julho e agosto (final da enchente e início da vazante), período em que se dá o pico de senescência, seguido da brotação (Fig. 2 B).

Em *H. spruceana*, os maiores valores do conteúdo de clorofila estão concentrados entre julho e outubro, quando a planta está com a copa completa e as folhas maduras. Entre janeiro e junho foram registrados os

menores índices. Esta época corresponde aos picos de senescência e brotação de folhas (Fig. 3 B).

O teor médio de clorofila em folhas maduras de *E. tenuifolia* foi de  $473,5 \text{ mg.m}^{-2}$  e em *H. spruceana* de  $418,5 \text{ mg.m}^{-2}$ . As concentrações de clorofilas *a*, *b* e *total* ( $\text{mg.m}^{-2}$ ) em folhas maduras, jovens e velhas de *E. tenuifolia* e *H. spruceana* são variáveis (Fig. 4). Nos três estágios de desenvolvimento da folha, a razão entre a concentração das clorofilas *a* e *b* (*a/b*) mostrou maiores índices para clorofila *a*, sendo esta proporção para



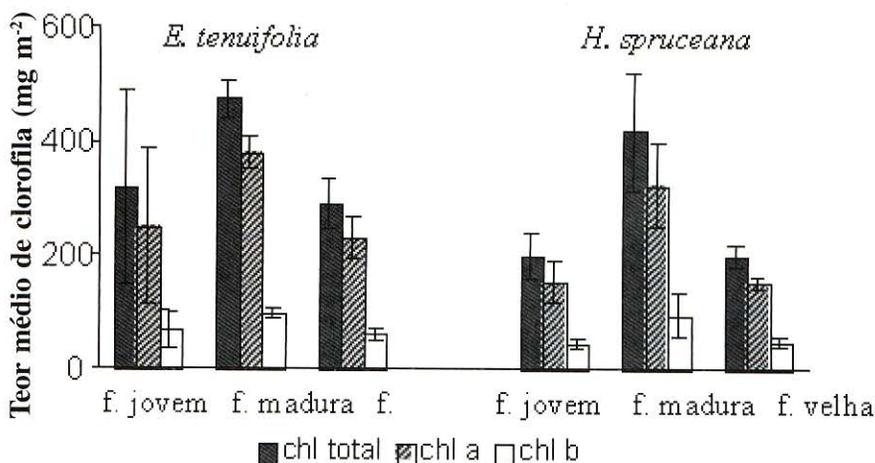
**Figura 3.** A) Fenologia foliar (quantidade de folhas (%) maduras, jovens e velhas) de *Hevea spruceana*. B) Variação do conteúdo médio de clorofila total ( $\text{mg m}^{-2}$ ) ao longo do ano, em relação à fenologia foliar e nível do rio.

folhas maduras de *E. tenuifolia* de 4:1 e para *H. spruceana* de 3:1.

As baixas concentrações de clorofilas em determinada fase de vida das folhas estão associadas ao processo de oxidação que se estabelece no período de senescência e translocação de materiais de volta para o caule, antes da abscisão (Kramer & Kozlowski, 1979; Lacher, 2000). Os valores médios encontrados para clorofila total em folhas maduras de *E. tenuifolia* foram semelhantes aos

valores encontrados por Parolin (1997) para algumas espécies de várzea, na fase terrestre e aquática.

As espécies estudadas apresentaram folhas maduras plenamente ativas durante o ano todo, independente da flutuação de nível do rio. Os períodos de abscisão e brotamento foram diferentes para cada espécie, o que altera o teor total de clorofila ao longo do ano. Estes fatos confirmam a influência da ontogenia da folha, nas concentrações de



**Figura 4.** Teor médio de clorofilas total, a e b ( $\text{mg m}^{-2}$ ) em folhas jovens, maduras e velhas, de *Eschweilera tenuifolia* e *Hevea spruceana*.

clorofilas encontradas.

## CONCLUSÕES

Verificou-se que as espécies estudadas apresentaram sazonalidade nas fenofases de abscisão e brotamento e, devido à manutenção de uma pequena porcentagem de folhas durante o pico de senescência, podem ser classificadas como semi-decíduas. Em relação à clorofila extraída, as folhas maduras apresentaram concentrações maiores que as folhas jovens e senescentes. A variação da concentração total de clorofilas ao longo do ano mudou em relação às fases do ciclo fenológico.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao CNPq, Prog.SHIFT/ENV-29, Proj. INPA/Max-Planck, PP-G7/PPD-1161-99, pelo apoio financeiro e aos técnicos da CPBO, José Guedes, José Ramos e

Cosme Damião, pela participação nos trabalhos de campo.

## Bibliografia citada

- Adis, J. 1984. Seasonal *igapó*-forest of Central Amazonian blackwater rivers and their terrestrial arthropod fauna. In: Sioli, H. (ed.). *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p. 245-268.
- Alencar, J.C. 1999. Fenologia de espécies arbóreas tropicais na Amazônia central. In: Gascon, C.; Moutinho, P. (eds.). *Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas. p.25-40.
- Araujo, V.C. 1970. Fenologia de essências florestais amazônicas I. *Bol Inst. Nasc. Pesq. da Amaz.*, Série Pesquisas Florestais, 4:1-25.
- Borchert, R. 1992. Computer simulation of tree growth periodicity and climatic hydroperiodicity in tropical forests. *Biotropica*, 24(3):385-395.
- Ducke, A.; Black, G.A. 1953. Notas sobre a

- fitogeografia da Amazônia brasileira. *Bol. Téc. Inst. Agron. Norte*, 29:1-62.
- Engel, V.L.; Poggiani, F. 1991. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal*, 3:39-45.
- Ferreira, L.V. 1991. *O efeito do período de inundação na zanação de comunidades, fenologia e regeneração em uma floresta de igapó na Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação-Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 161 p.
- Holden, M. 1965. Chlorophylls. In: T.W. Goodwin (ed.). *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments*. Academic Press, New York. p.461-488.
- Irmiler, U. 1975. Ecological studies of the aquatic soil invertebrates in three inundation forest of Central Amazônia. *Amazoniana*, 3(3):337-409.
- Joly, C.A.; Crawford, R.M.M. 1982. Variation in tolerance and metabolic response to flooding in some tropical trees. *J. Exp. Bot.*, 33:99-809.
- Kramer, P.J.; Kozlowski, T.T. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, New York. 811 p.
- Kubitzi, K.; Ziburski, A. 1994. Seed dispersal in flood plain forest of Amazonia. *Biotropica*, 26(1):30-43.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. RiMa Artes e Textos, São Carlos. 531 p.
- Maia, L.M.A. 1997. Influência do pulso de inundação na fisiologia, fenologia e produção de frutos de *Hevea spruceana* (Euphorbiaceae) e *Eschweilera tenuifolia* (Lecythidaceae) em área inundável de igapó da Amazônia. Tese de doutorado, Programa de Pós Graduação-Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 195 p.
- Maia, L.M.A.; Jackson, M.B. 2000. Morphological and growth responses of woody plant seedlings to flooding of the Central Amazon floodplain forest. *Verb. Internat. Verein. Limnol.*, 27(4):1711-1716.
- Maia, L.M.A.; Piedade, M.T.F.; Soares, M.G. 1998. The phenology of *Macrobium multijugum* (Caesalpinaceae) in flooded forest, the black water (igapó) of the Tarumã - Mirim, Central Amazonia, Brazil. In: Proceedings of the third SHIFT workshop, Manaus, Hamburg, p. 293-303.
- Maia, L.M.A.; Piedade, M.T.F. Phenology and photosynthetic activity of *Eschweilera tenuifolia* and *Hevea spruceana* in na inundation forest - Central Amazon. *Amazoniana*, (in press).
- Miranda, I.S. 1991. *Estrutura e fenologia de uma comunidade arbórea da Savana Amazônica de Alter-do-Chão, Pará*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação-Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 129 p.
- Nielsen, E. Steemann, 1961. Chlorophyll concentration and rate of photosynthesis in *Chlorella vulgaris*. *Physiol. Plantarum*, 14:868-876.
- Oliveira, A.C. 1998. Aspectos da dinâmica populacional de *Salix martiana* Leyb. (Salicaceae), em áreas de várzea da Amazônia Central. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação-Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 83 p.
- Parolin, P. 1997. *Auswirkungen periodischer vernassung und überflutung auf phänologie, photosynthese und blattphysiologie von baumarten unterschiedlicher wachstumsstrategie in Zentralamazonischen überschwemmungsgebieten*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades, Universität Hamburg, Hamburg. 156 p.
- Revilla, J.D.C. 1981. *Aspectos florísticos e fitossociológicos da floresta inundável (igapó). Praia Grande, Rio Negro, Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 191p.

- Revilla, J. D. 1991. *Aspectos florísticos e estruturais da floresta inundável (várzea) do Baixo Solimões, Amazonas, Brasil*. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-Fundação Universidade do Amazonas, Manaus. 483 p.
- Ribeiro, M.N.G. 1976. Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 6(2): 229-233.
- Schlüter, U.B., Furch, B.; Joly, C.A.. 1993. Physiological and anatomical adaptations by young *Astrocaryum jauari* Mart. (Arecaceae) in periodically inundated biotopes of Central Amazônia. *Biotropica*, 25(4): 384-396.

Aceito para publicação em 04/03/2002