

**ANTENOR PEREIRA BARBOSA**

**ESTUDOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS AMAZÔNICAS VISANDO A  
REVEGETAÇÃO DE ÁREAS DE DEPLEÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE  
CAMARGOS, ITUTINGA (MG).**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras (UFLA), como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia - Fitotecnia, para a obtenção do título de "Doutor".

**ORIENTADOR**

**DR. PROF. ANTONIO CLAUDIO DAVIDE**

**LAVRAS**

**MINAS GERAIS - BRASIL**

**1995**

**Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da  
Biblioteca Central da UFLA**

Barbosa, Antenor Pereira

Estudos de espécies florestais amazônicas de áreas de depleção da Usina Hidrelétrica de Camargos, Itutinga (MG) / Antenor Pereira Barbosa. Lavras : UFLA, 1995.

96 p. : il.

Orientador: Antonio Claudio Davide.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Espécie florestal - Amazônia - Igapó. 2. Área de depleção. 3. Sementes. 4. Mudas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

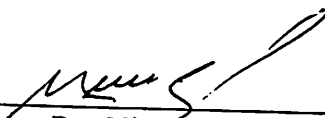
CDD-634.

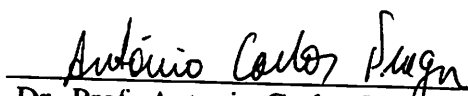
**ANTENOR PEREIRA BARBOSA**


**ESTUDOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS AMAZÔNICAS VISANDO A  
REVEGETAÇÃO DE ÁREAS DE DEPLEÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE  
CAMARGOS, ITUTINGA (MG).**

Tese apresentada à Universidade Federal  
de Lavras (UFLA), como parte das  
exigências do Curso de Doutorado em  
Agronomia - Fitotecnia, para a obtenção  
do título de "Doutor".


APROVADA em: 04 de setembro de 1995

  
Dr. Niro Higuchi

  
Dr. Prof. Antonio Carlos Fraga

  
Dra. Prof. Lisete Chamma Davide

  
Dr. Paulo César Magalhães

  
Dr. Prof. Antonio Claudio Davide  
(Orientador)

**A minha mãe, irmãos, irmãs e**

**a memória de meu pai.**

**A Cristina e ao Lucas.**

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Curso de Pós-graduação, através do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de realização do curso.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) pelo apoio concedido através da CPST e PDIRH.

A Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), pelo financiamento de parte deste projeto, através do convênio CEMIG/UFLA/FAEPE.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Engenharia Florestal da UFLA, através do Laboratório de Sementes Florestais pelo espaço de trabalho, pelos materiais e equipamentos concedidos e pela colaboração da laboratorista Rosângela.

Ao prof. Antonio Cláudio Davide pela orientação e amizade. Ao Prof. Ary Teixeira de O. Filho pela atenção e apoio.

Ao Departamento de Biologia - Laboratório de Citologia e Anatomia Vegetal, através dos professores Manoel Gavilanes, Lisete C. Davide e Iara Alvarenga e da colaboração da Ana Hortência.

A todos os funcionários do viveiro florestal da UFLA, em especial ao José Pedro e Geraldo, pela ajuda na instalação dos experimentos e coleta de dados.

A todos os professores e colegas de curso.

<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	
3.1 Característica da área de várzea na Amazônia onde encontram-se as matrizes das espécies estudadas	25
3.2 Regeneração natural sob a copa das árvores matrizes na área de várzea	26
3.3 Coleta e beneficiamento das sementes	26
3.4 Caracterização física e germinação das sementes	27
3.5 Quebra de dormência	28
3.6 Armazenamento	29
3.7 Sobrevivência e crescimento de mudas de 6 (seis) espécies florestais plantadas em área de depleção da U.H. Camargos (MG)	29
3.8 Crescimento de mudas de 6 (seis) espécies florestais submetidas à inundação do sistema radicular, em vaso e em casa de vegetação	31
3.8.1 Análise de crescimento	31
3.8.2 Efeitos da adubação no crescimento das mudas após a inundação	32
3.8.3 Condutância estomática e transpiração	33
3.8.4 Número e tamanho dos estômatos	33
3.8.5 A formação de aerênquimas	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	34
4.1 Caracterização física e germinação das sementes	34
4.1.1 Andiroba ( <i>Carapa guianensis</i> Aubl.)	34
4.1.2 Bacuri ( <i>Rheedia benthamiana</i> Pt et Tr.)	35
4.1.3 Itaubarana ( <i>Acosmium nitens</i> (Vog.) Yakoulev )	38
4.1.4 Macacaricuia ( <i>Couroupita guianensis</i> Aubl.)	39
4.1.5 Paracuuba ( <i>Lecointea amazonica</i> Ducke)	40
4.1.6 Sumauma ( <i>Ceiba pentandra</i> Gaertn.)	42
4.2 A regeneração natural (RN) sob a copa das árvores	44
4.2.1 Bacuri	44
4.2.2 Macacaricuia	46
4.2.3 Paracuuba	47
4.2.4 Sumauma	49
4.2.5 Itaubarana	50
4.2.6 Andiroba	51

4.3 Mudanças morfológicas e anatômicas das mudas em condições de solo inundado e não inundado, em vaso e em casa de vegetação.	51
4.3.1 Mudanças gerais	51
4.3.2 Formação de raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas	53
4.3.3 Número e tamanho dos estômatos, condutância estomática e transpiração nas folhas	54
4.3.4 Formação de aerênquimas nas mudas inundadas e não inundadas	58
4.4 Análise de crescimento e índice de aclimatação em casa de vegetação	65
4.5 Efeitos da adubação após o período de inundação	75
4.6 Sobrevivência e crescimento das mudas na área de depleção na represa de Camargos (MG)	76
5 CONCLUSÕES	81
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
APÊNDICE	94

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Número de dias de inundação nas linhas de plantio das espécies estudadas na área de depleção da represa da U.H. Camargos (MG). UFLA - Lavras (MG). 1995.	30
2	Germinação da semente de bacuri( <i>Rheedia benthamiana</i> Pl. et Tr.), mostrando a brotação da raiz de ancoramento e a germinação da semente (a); corte longitudinal com a estrutura tubular que liga o ponto de crescimento do sistema radicular de ancoramento ao da germinação propriamente dita (b).	36
3	<i>Carapa guianensis</i> Aubl. - Meliaceae (andiroba). A - Secção transversal da raiz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (104 X). B - Secção transversal da raiz de mudas não inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (94 X).	60
4	<i>Rheedia benthamiana</i> Pl. et Tr - Guttiferae (bacuri). A - Secção transversal da raiz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (98X). B - Secção transversal da raiz de mudas não inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (83 X).	61
5	<i>Acosmium nitens</i> (Vog.) Yakoulev - Ceasalpiniaceae (itaubarana) . A - Secção transversal da raiz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (197 X). B - Secção transversal da raiz de mudas não inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (193 X).	62



- 6      *Couroupita guianensis* Aubl. - Lecythidaceae (macacariquia). A - Secção transversal da raiz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (100 X). B - Secção transversal da raiz de mudas não inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (96 X). 63
- 7      *Lecointea amazonica* Ducke - Ceasalpiniaceae (paracuuba) A - Secção transversal da raiz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (85 X). B - Secção transversal da raiz de mudas não inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (99 X). 64

## LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Dias de inundação da área de várzea de onde foram coletadas as sementes das espécies em estudo, Local Santa Rosa, Iranduba (AM), no período de 1980 até 1992. UFLA - Lavra (MG). 1995.	26
2	Características morfológicas das mudas de andiroba ( <i>Carapa guianensis</i> Aubl.) após 60 dias do semeio em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995.	35
3	Percentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de bacuri ( <i>Rheedia benthamiana</i> Pt. et Tr.) submetidas a diferentes tratamentos. UFLA - Lavras (MG). 1995	37
4	Percentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de itaubarana ( <i>Acosmium nitens</i> (Vog.) Yakoulev) submetidas aos tratamentos para quebra de dormência tegumentar. UFLA - Lavras (MG). 1995.	38
5	Percentagem de germinação das sementes de itaubarana ( <i>Acosmium nitens</i> (Vog.) Yakoulev) armazenadas em câmara fria a 10°C por 2 meses, 1 e 2 anos . UFLA - Lavras (MG). 1995.	39
6	Percentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de macacaricuia ( <i>Couroupita guianensis</i> Aubl.) submetidas a diferentes condições de germinação. UFLA - Lavras (MG). 1995.	40

- 7      Percentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de emergência (IVE) de diferentes grupos de sementes de paracuuba (*Lecointea amazonica* Ducke) germinadas em areia e em casa de vegetação no viveiro florestal da UFLA - Lavras (MG).1995. 41
- 8      Médias da altura das 10 maiores mudas oriundas dos grupos de sementes de paracuuba (*Lecointea amazonica* Ducke) semeadas em areia em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG).1995. 42
- 9      Percentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) em diferentes temperaturas de germinação e percentagem de germinação (%G) de sementes de sumauma (*Ceiba pentandra* Gaertn.) oriundas de terra-firme e várzea armazenadas em geladeira por 4 e 8 meses. UFLA - Lavras (MG). 1995. 43
- 10     Densidades absoluta e relativa da regeneração natural de bacuri (*Rheedia benthamiana* Pt. et.Tr.) e de outras espécies por classe de altura e em parcela de 2 x 2 m na várzea do rio Amazonas. UFLA - Lavras (MG). 1995. 45
- 11     Densidades absoluta e relativa da regeneração natural de macacariuia (*Couroupita guianensis* Aubl.) e de outras espécies por classe de altura e em parcela de 2 x 2 m na várzea do rio Amazonas. UFLA - Lavras (MG). 1995. 46
- 12     Densidades absoluta e relativa da regeneração natural de paracuuba (*Lecointea amazonica* Ducke) e de outras espécies por classe de altura e em parcela de 2 x 2 m na várzea do rio Amazonas. UFLA - Lavras (MG). 1995. 48
- 13     Densidades absoluta e relativa da regeneração natural de sumauma (*Ceiba pentandra* Gaertn.) e de outras espécies por classe de altura e em parcela de 2 x 2 m na várzea do rio Amazonas. UFLA - Lavras (MG). 1995. 49
- 14     Valores percentuais de nitrogênio nas folhas de 6 (seis) espécies florestais de várzea da Amazônia cultivadas em vaso com e sem inundação do sistema radicular. UFLA - Lavras (MG). 1995. 52
- 15     Percentagem de sobrevivência de mudas de 6 (seis) espécies florestais de várzea da Amazônia cultivadas em vaso com e sem inundação do sistema radicular. UFLA - Lavras (MG). 1995. 54

- 16 Valores médios do número, diâmetros polar (DP) e equatorial (DE) de estômatos, condutância estomática (CE) e transpiração (TR) em mudas inundadas e não inundadas de 6 (seis) espécies florestais de várzea da Amazônia. UFLA - Lavras (MG). 1995. 55
- 17 Valores médios das variáveis de crescimento das mudas inundadas e não inundadas de 6 (seis) espécies florestais cultivadas em vaso e em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995. 66
- 18 Valores médios das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de andiroba (*Carapa guianensis*-Aubl.) em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995. 67
- 19 Médias das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de bacuri (*Rheedia benthamiana* Pl. et Tr.) em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995. 68
- 20 Médias das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakoulev) em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995. 70
- 21 Valores médios das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de macacaricuia (*Couroupita guianensis* Aubl.) em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995. 71
- 22 Médias das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de paracuuba (*Lecointea amazonica* Ducke) em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995. 73
- 23 Médios das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de sumauma (*Ceiba pentandra* Gaertn.) em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995. 74
- 24 Taxa de crescimento relativo (TCR) das mudas adubadas e não adubadas após o período de inundação em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995. 76
- 25 Percentagem de sobrevivência entre as linhas de plantio das espécies florestais plantadas nas margens da represa de Camargos (MG). UFLA - Lavras (MG). 1995. 78

- 26 Médias do crescimento em altura (H) e do número de folhas (NF) das espécies florestais plantadas em 6 diferentes linhas de plantio na represa de Camargos (MG). UFLA - Lavras (MG). 1995. 80

## RESUMO

BARBOSA, Antenor Pereira. Estudos de espécies florestais amazônicas visando a revegetação de áreas de depleção da Usina Hidrelétrica de Camargos, Itutinga (MG). Lavras: UFLA, 1995. 96p. (Tese - Doutorado em Agronomia-Fitotecnia).\*

Seis espécies florestais de várzea da Amazônia foram estudadas. Na várzea, estudou-se as densidades absoluta e relativa da regeneração natural sob a copa das árvores-matrizes. Em laboratório, em Lavras (MG), estudou-se as características físicas e a germinação das sementes. Em casa de vegetação, foram estudados o crescimento e as modificações anatômicas e morfológicas das mudas sob inundação ou não do sistema radicular através da análise de crescimento em altura, número de folhas, área foliar, pesos da matéria seca de raiz, caule e folha, taxa de crescimento relativo, taxa assimilatória líquida, razão de área foliar, razão de peso foliar, área foliar específica, condutância estomática, transpiração, epinastia, formação de lenticelas hipertrofiadas, raízes adventícias e aerênquimas. Também foi analisado o efeito da adubação no crescimento das mudas. Em área de depleção da U.H. Camargos, Itutinga (MG), foi estudado o crescimento através da altura e número de folhas das mudas e a sobrevivência após o período da inundação. As espécies utilizam vários mecanismos de dispersão de sementes, principalmente o zoocórico e o hidrocórico. As árvores produzem grandes quantidades de sementes e estas apresentam alta percentagem de germinação. Encontrou-se uma forma inédita de germinação nas sementes de bacuri (*Rheedia benthamiana*), onde ocorreu o desenvolvimento de um sistema radicular na região da chalaza, denominado "sistema radicular de ancoramento". As mudas desenvolveram os principais mecanismos anatômicos e morfológicos de tolerância à inundação, como epinastia, formação de lenticelas hipertrofiadas, raízes adventícias, aerênquimas e equilíbrio entre o número e o tamanho dos estômatos,

---

\* Orientador: Antonio Claudio Davide. Membros da Banca: Niro Higuchi, Antonio C. Fraga, Lisete C. Davide e Paulo César Magalhães.

que proporcionaram uma sobrevivência que variou de 60% a 100%. Sob inundação total, em área de depleção as espécies bacuri (*Rheedia benthamiana*), itaubarana (*Acosmium nitens*), macacariçuia (*Couropita guianensis*) e paracuuba (*Lecointea amazonica*) sobreviveram à inundação total das mudas e cresceram após este período, demonstrando potencialidades para sua utilização na revegetação das áreas de depleção das represas. A andiroba (*Carapa guianensis*) e sumauma (*Ceiba pentandra*) não sobreviveram, porém a sumauma por apresentar crescimento durante o período de inundação poderá ser utilizada na revegetação de áreas com cotas mais altas, onde o período de inundação seja mais curto.

## SUMMARY

### STUDIES OF SOME POTENTIAL AMAZONIAN TREE SPECIES TO BE USED IN REVEGETATION OF DEPLETED AREAS OF CAMARGOS HYDRO-ELECTRICITY PLANT, IN ITUTINGA (MG).

This study dealt with six tree species of the Amazonian "varzea" (floodplain) forests. Absolute and relative abundancies of the natural regeneration under mother trees were evaluated. Physical seed characteristics and seed germination were studied under controlled conditions. The following observations were done with plants grown in the greenhouse: anatomical and morphological changes of the seedlings with and without inundation of the root system, height growth, number of leaves, leaf area, root mass, stem and leaf weights, relative growth rate, net assimilation rate, leaf area ratio, leaf weight ratio, specific leaf area, stomatal conductance, transpiration, epinasty, development of hypertrophical lenticels, adventitious rooting and aerenchyma. The effect of fertilization on the growth was analyzed. In the depletion area of Camargos Hydro-electricity Plant, in Itutinga (MG), the height growth, the number of leaves and the survival of introduced seedlings were evaluated. The studied tree species presented several seed dispersion mechanisms, mainly by zoochory and hydrochory. In general, these species produced a great amount of seeds during the observed period, and showed a high germination. An unusual type of seed germination was described for bacuri (*Rheedia benthamiana*) with the development of a root system in the chalaza region, named "anchorage root system". All the seedlings under study gave a survival rates between 60 to 100%, and developed the main anatomical and morphological characteristics described for flooding tolerance such as epinasty, hypertrophical lenticels, adventitious rooting, aerenchyma, and in number and size of stomata. Tree species such as bacuri (*Rheedia benthamiana*), itaubarana (*Acosmium nitens*), macacaricuia (*Couroupita guianensis*) and paracuuba (*Lecointea amazonica*) survived total inundation and their growth rates were satisfactory.



This demonstrates that these species are suitable for the revegetation of the hydro-electricity depletion areas. Andiroba (*Carapa guianensis*) and sumauma (*Ceiba pentandra*) did not survive the total inundation by six months, although the sumauma seedlings showed a very high growth rate when inundated by a small period, which indicates these species are suitable for plantation at higher terrain level.

## 1 INTRODUÇÃO

Como resultado de um novo estado de consciência ambiental que se observa em muitos países, o tema "recuperação de matas ciliares" passou a ser uma preocupação recente também aqui no Brasil. (Lima, 1989 e Durigan e Dias, 1990). O crescente interesse na recuperação de áreas degradadas pressiona na direção de um aumento de pesquisas nessa linha. Muitas questões persistem e representam estrangulamentos para o pleno desenvolvimento de programas de recuperação de áreas degradadas usando a regeneração artificial de espécies nativas (Kageyama, Reis e Carpanezzi, 1992).

As áreas ripárias ou ciliares são ecossistemas que funcionam como reguladores do fluxo de água, sedimentos e nutrientes entre os terrenos mais altos da bacia hidrográfica e o ecossistema aquático. Através da estabilização das ribanceiras do rio, pelo desenvolvimento e manutenção de um emaranhado radicular, funcionam como tampão e filtro entre os terrenos mais altos e o ecossistema aquático. Estas áreas participam do controle do ciclo de nutrientes tanto no escoamento superficial quanto na absorção de nutrientes, contribuindo para a manutenção da qualidade da água. Pela sua integração com a superfície da água, proporciona cobertura e alimentação para peixes e outros componentes da fauna aquática (Lima, 1989).

Um outro aspecto valioso refere-se aos benefícios sociais que as florestas marginais oferecem, vinculados à saúde e ao lazer das populações adjacentes. (Müller e Zelazowski, 1989).

Os reflorestamentos ciliares dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas, via de regra, têm sido implantados até os limites da cota máxima de operação. Porém, para algumas represas, durante o ciclo anual de variação do nível da água entre as cotas mínima e máxima, surge uma faixa de solo geralmente desnuda, denominada faixa de depleção. Esta faixa, pelas suas características e dependendo da declividade do terreno, é por vezes submetida a intensas ações erosivas provocadas pelo embate de ondas, cujos efeitos manifestam-se principalmente através dos solapamentos e dos deslizamentos marginais, que contribuem para o assoreamento do reservatório (Salvador, 1986). Nesses reservatórios o assoreamento diminui a energia potencial e as partículas em suspensão, aumentam o efeito abrasivo, com um desgaste prematuro das turbinas (Salvador, 1986). Por outro lado, a água parada (como nos

reservatórios) causa mais injúrias às plantas do que a água corrente, assim sendo são necessárias plantas com um maior grau de tolerância à inundação (Gill, 1970).

As árvores e arbustos das várzeas da Amazônia possuem adaptação que lhes permitem resistir a períodos de 3 a 7 meses de inundação, constituindo um biótopo heterogêneo, onde muitas espécies de plantas estão presentes e cujos frutos e flores são importantes fontes de alimento para peixes (Smith, 1979 citado por Cruz, 1991), pássaros e macacos que migram para as florestas inundadas durante o período das cheias para se alimentarem dos frutos e sementes que são abundantes (Goulding, 1979 citado por Cruz, 1991).

No estado de Minas Gerais, a degradação das matas ciliares e das áreas de cerrado provocada pelo desmatamento e pelo represamento dos rios pelas hidrelétricas têm contribuído efetivamente para o assoreamento, turbidez das águas, erosão das margens dos rios, riachos e reservatórios, além do empobrecimento da ictiofauna destes ecossistemas aquáticos. A implantação de programas de revegetação ciliar e de áreas de depleção exige a adoção de tecnologias, não disponíveis, que vão desde a seleção das espécies até à prática agrícola mais apropriada. (Pelacani, 1992).

Integrado a outros estudos que estão sendo desenvolvidos em convênio entre a UFLA-CEMIG/FAEPE para a revegetação das margens das represas hidrelétricas na região sul de Minas Gerais, este trabalho teve os seguintes objetivos: 1) Avaliar os mecanismos de dispersão e regeneração das espécies florestais que ocorrem na várzea na região de Manaus (AM); 2) Estudar os aspectos básicos da propagação dessas espécies, como a germinação das sementes; 3) Avaliar o crescimento das plantas jovens dessas espécies sob condições de inundação do sistema radicular e em casa de vegetação; 4) identificar os mecanismos de adaptação em condições de inundação do sistema radicular; 5) Avaliar a capacidade inicial de adaptação dessas espécies quando plantadas em áreas de depleção na U.H. de Camargos (Itutinga, MG).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características gerais das espécies estudadas

O reflorestamento das margens dos rios com diversas espécies é importante por atender principalmente a função ecológica de um melhor equilíbrio dinâmico e aumentar a diversidade local o que reduz os riscos de danos por pragas e doenças.

O plantio de espécies pioneiras e não pioneiras deve fornecer material básico para a sucessão, visando acelerar esse processo. Os ajustes mais finos devem ficar por conta da natureza, com seu efeito estocástico e com suas interações múltiplas e complexas. As plantações bem sucedidas podem funcionar como fonte de dispersão de sementes para a recolonização de outras áreas adjacentes (Kageyama, Castro e Carpanezzi, 1989).

**Andiroba** (*Carapa guianensis* Aubl. - Meliaceae) - árvore de porte mediano, de crescimento rápido e de fácil propagação; freqüentemente é cultivada pelo valor comercial do óleo extraído das sementes e a madeira serve para diversos usos. Ocorre naturalmente em matas de várzea (Irmler, 1977), lugares alagáveis ao longo de rios e igarapés e na mata de terra firme. Madeira pouco resistente à ação dos fatores ambientais, porém inatacável por insetos e boa para construção civil e naval (Silva, Lisbôa e Lisbôa, 1977). A árvore desta espécie pode alcançar 30 metros de altura (Gottsberger, 1978). Os frutos são cápsulas ovóide-semiglobosas, lignificadas, que se abrem em quatro valvas e contêm mais de cinco sementes de cor marron- avermelhadas, coriáceas, duras, irregularmente anguladas e lateralmente achatadas e, que contêm óleo de sabor amargo. A espécie pode ser encontrada nas várzeas das Guianas, Venezuela, Colombia, Equador, Brasil, Trinidad e oeste da Africa.

**Bacuri** (*Rheedia benthamiana* Pl. et Tr. - Guttiferae) - árvore de porte mediano; freqüente nas matas de terra firme ou na várzea alagável; frutos comestíveis e madeira aproveitável na marcenaria (Silva, Lisbôa e Lisbôa, 1977).

**Itaubarana** (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakoulev - Caesalpiniaceae) - árvore pequena; ocorre em lugares sujeitos a inundações temporárias; madeira usada para dormentes, moirões, construção civil e naval (Silva, Lisbôa e Lisbôa, 1977)..

**Macacaricuia** (*Couroupita guianensis* Aubl. - Lecythidaceae) - árvore alta, cauliflora; fruto globoso; ocorre no igapó e na várzea; a madeira serve para construção de interiores e caixotaria (Silva, Lisbôa e Lisbôa, 1977).. O fuste é volumoso e de esgalhamento distinto e emaranhado. A madeira é fácil de trabalhar; recebe bom acabamento, porém de lustro reduzido, podendo também ser usada na fabricação de brinquedos, painéis, compensados, moldes para fundição, etc. (Lorenzi, 1992). A árvore é também largamente utilizada como planta ornamental (Cunha, *et al.*, 1989).

**Paracuuba** (*Lecointea amazonica* Ducke - Caesalpiniaceae) - árvore pequena a mediana; ocorre em lugares úmidos, argilosos ou levemente pantanosos ou sujeitos a inundações temporárias; frutos indeiscentes, sub-reniformes, com forte cheiro de jenipapo; madeira tem cerne amarelo-róseo, depois escuro; usada em obras de torno, ebanisteria e construção em geral (Silva, Lisbôa e Lisbôa, 1977).

**Sumauma** (*Ceiba pentandra* Gaertn. - Bombacaceae) - árvore gigante, com até 50m de altura, com diâmetro acima de 2m e sapopemas com 5m acima do solo (Junk, 1983). Freqüente nas florestas inundadas ou pantanosas da várzea dos rios de água branca, em toda a bacia amazônica; as sementes são envolvidas por uma paina com a qual se enchem travesseiros, colchões, etc. Das sementes extrai-se um óleo amarelo-claro, comestível, próprio para a saponificação e usado ainda para iluminação, eficaz contra ferrugem e boa lubrificação. A madeira é branca e muito leve, utilizada na preparação de jangadas, bóias, etc. A seiva tem emprego na medicina popular contra conjuntivite e a decocção da casca é usada contra diarréias e disenterias e tem emprego ainda como diurética (Silva, Lisbôa e Lisbôa, 1977). O uso da madeira inclui a fabricação de compensados e embalagens; o cerne do tronco produz tábuas, polpa e papel, palitos de fósforo e lenha. A madeira das sapopemas pode ser usada para mesa, porta, etc. As fibras da paina dos frutos representam 21.1% do peso seco dos frutos e são usadas para coletes salva-vidas (200 a 300g podem manter um homem flutuando) e na indústria têxtil. A árvore pode ser usada como planta ornamental e para sombreamento. A casca fornece uma fibra vermelha e, na Índia, é usada para fazer corda e papel; a casca é também usada para a cura de ferimentos e desordens intestinais. As folhas têm propriedades emolientes e a decocção das flores é usada para constipação. O néctar das flores serve para a produção do mel. A sumauma é usada como forragem para o gado, cabras e ovelhas e as flores e sementes são também alimentos para o gado. As folhas contêm

24% de proteínas quando jovens e 14% quando velhas (Chinea-Rivera, 1990).

## 2.2 Características das áreas onde foram coletadas as sementes das espécies estudadas

Na Amazônia, do ponto de vista ecológico e econômico, dois são os principais tipos de florestas: as matas de várzeas, em solos periodicamente alagáveis, e as matas de terra-firme (Loureiro, Silva e Alencar, 1979).

Para Prance (1980), citado por Klinge *et al.* (1983), duas categorias de diferentes florestas estão representadas na região Amazônica: a floresta de terra-firme e a floresta inundada. A floresta inundada inclui a floresta de várzea e a floresta de igapó. O termo "floresta de várzea" é proposto para as comunidades expostas à inundação dos rios como o Solimões ou o Madeira que carregam águas turvas e estas águas são relativamente ricas quimicamente, sendo o  $\text{Ca}^+$  o cátion dominante. O termo "floresta de igapó" é aplicado às comunidades florestais expostas à inundação dos rios como o Tapajós, que carrega águas claras, ou como o rio Negro que carrega águas negras. As águas do rio Negro são extremamente pobres quimicamente, sendo o cátion dominante o  $\text{N}^+$  seguido pelo  $\text{Na}^+$ . Prance (1980) usou critério hidrológico para subdividir as florestas de inundação, embora a lista de espécies arbóreas típicas demonstrem diferenças florísticas óbvias entre elas. Em cada tipo de floresta, a composição da mata varia conforme a elevação relativa do terreno. Estas variações determinam a várzea baixa e a várzea alta (Dubois, 1970)

As matas de várzea são florestas que se situam na planície pluvial ou de alagação. Essas matas sofrem influência da flutuação do nível das águas dos rios, nos períodos de cheia e de vazante. Em geral, o lençol freático é muito superficial. Estima-se que a área de várzea da Amazônia Brasileira alcança até 100 mil  $\text{km}^2$  (Pires, 1973). A área ocupada por florestas de várzeas está estimada em 65 mil  $\text{km}^2$  (Pandolfo, 1974 e Reis, 1978).

As árvores que ocorrem nas várzeas são de porte menor do que as de terra-firme, embora algumas delas alcancem um porte elevado, como: sumauma (*Ceiba pentandra*), assacu (*Hura creptans*) e muiratinga (*Olmediophaena maxima*) (Pires, 1973).

Segundo as medidas do nível das águas do rio, no porto de Manaus, a flutuação média, num período de 70 anos, foi 10.10m/ano. A flutuação máxima foi de 14.13m em 1909 e a mínima de 5,45m em 1912. A flutuação do nível das águas, embora mostrando marcada variação de um ano para outro, tem uma periodicidade. O nível mais alto das águas em Manaus, ocorre em junho e o mais baixo,

nos meses de outubro a novembro. As florestas próximas ao leito do rio podem ser inundadas de dezembro a setembro/outubro (Irmiler, 1977). No rio Negro, a inundação ocorre durante o período das chuvas, de dezembro a maio, e o nível das águas não recua até agosto, meados do período seco (Keel e Prance, 1979). A duração anual da inundação diminui com a distância da margem do rio e as florestas inundadas mudam gradualmente ou abruptamente, segundo a forma da margem do rio para a terra-firme, a qual nunca é inundada (Irmiler, 1977).

As várzeas com solos de formação recente - aluviões quaternários - , são em geral de grande fertilidade por enriquecerem-se naturalmente com os sedimentos carregados pelas águas, tendo como grupo representativo o Glei pouco húmico (Conceição, 1990). Nos igapós sazonais ocorre o podzol de areia branca (inundados anualmente por águas pretas) e alcançam o pH de 3.7 a 5.4. Os podzóis da Amazônia, são extremamente deficientes de nutrientes e ricos em quartzo, e a acidez resulta na baixa capacidade de retenção do ferro. A pobreza desses solos e a sazonal inundação atuam como importantes fatores edáficos, os quais determinam a vegetação de igapó (Keel e Prance, 1979).

Estudos da composição florística em florestas inundadas são escassos. Em florestas de várzea alguns estudos foram iniciados a partir de 1959 e em florestas de igapó a partir de 1961. O estudo do espectro do tamanho da folha e concentração foliar de N, P, K, Ca, Mg e Na de 52 espécies, em duas áreas de várzea e em uma de igapó, detectou significativas diferenças entre várzea e igapó. As folhas das plantas, na várzea, largas e menos pesadas com concentrações altas desses elementos, mesmo para o padrão tropical. No igapó, as folhas das espécies são relativamente pequenas, mais pesadas, porém com teores mais baixos nos elementos estudados e são consideradas esclerófilas e sempre verdes (Klinge *et al.*, 1983).

Junk (1990), estudando a tolerância à inundação e distribuição das árvores em áreas inundadas da Amazônia Central, observa que a tolerância à inundação de árvores adultas pode ser maior do que parece, por sua posição em relação ao gradiente do nível de inundação e porque o estabelecimento das mudas das espécies arbóreas pode ser mais importante para a distribuição da espécie do que a tolerância à inundação. Howe e Smallwood (1982), entendem como "estabelecimento" o processo durante o qual a semente germina, enraiza, usa as reservas, assume independência e cresce como uma muda.

Segundo Junk (1990), no nível baixo de inundação ocorrem os arbustos, os quais são submersos por muitos meses e crescem na elevação de 20,5 metros acima do nível médio do mar (Above Average Sea Level - AASL) e toleram em média 270 dias de inundação. No nível médio, na bacia dos lagos, a comunidade de árvores aparece acima de 22 metros AASL, onde a inundação ocorre na média de

230 dias por ano. No barranco e nas bordas estáveis do canal do lago Janauacá, as árvores podem ser vistas a até 21 metros AASL, mas nas margens do rio Amazonas elas comumente ocorrem a 23 metros AASL ou mais. Neste nível, Junk (1990), inclui a ocorrência de *Acosmium nitens* entre outras espécies. No nível alto, as árvores crescem acima de 25 metros, onde a inundação dura em média 140 dias por ano. Neste nível estão incluídas as espécies *Ceiba pentandra*, a *Couroupita guianensis*, a *Lecointea amazonica*, e a *Rheedia brasiliensis* entre outras espécies.

Durante os últimos 80 anos o nível de 25 metros ficou seco por 2 anos consecutivos, enquanto que o nível de 27 metros ficou seco por 4 anos ininterruptos. Ao mesmo tempo, esses níveis de 25 e 27 metros sofreram inundação de 230 e 160 dias respectivamente. Estes raros longos períodos de inundação e seca provavelmente têm muito maior influência na distribuição das espécies do que os valores médios. O clima tropical úmido não proporciona um período de repouso para as plantas. As grandes inundações estão concentradas em longos períodos, os quais exercem um maior estresse nas árvores do que fariam muitos pequenos períodos de inundação ocorrendo interruptamente (Junk, 1990).

A inundação anual ultrapassando 300 dias em determinados anos e a flutuação do nível das águas acima de 16m, nos principais rios da bacia Amazônica, cria um sistema ecológico, que é pouco conhecido (Worbes, 1985). Os resultados deste autor mostram que a adaptabilidade das árvores de várzea e igapó na Amazônia é mais fisiológica que anatômica. O comportamento da desfolha e a presença de anéis de crescimento indicam uma combinação de adaptações metabólicas nas raízes quando ocorre uma contínua redução das atividades vitais ou mesmo na dormência temporária, permitindo a sobrevivência em circunstâncias desfavoráveis durante a inundação. A desfolha de muitas das espécies das florestas inundadas pode ser interpretada como uma reação inevitável em condições de anoxia ao redor das raízes durante o período de submersão. Contudo, nem todas as espécies de árvores de várzea e igapó perdem suas folhas. A desfolha de espécies decíduas freqüentemente ocorre muitas semanas após o início da inundação e certas espécies formam novas folhas enquanto permanecem na água. Isto significa que estas árvores têm seu metabolismo funcionando mesmo quando submersas e são dependentes das raízes vivas. Como o oxigênio não está disponível para a respiração das raízes, a extração de energia ocorre através da respiração anaeróbica. Uma vez que o ganho de energia via respiração anaeróbica é cada vez menor, a velocidade do metabolismo, a atividade das raízes e o crescimento destas são reduzidos. À medida em que aumenta a duração da inundação, a insuficiência dos mecanismos às adaptações temporárias torna-se mais aguda e o último recurso da árvore é a suspensão de suas atividades vitais.



### **2.3 A diversidade nas áreas inundadas**

Áreas inundadas são aquelas periodicamente inundadas pelo transbordamento lateral dos rios ou lagos e/ou pela precipitação direta; o resultado das mudanças físico-químicas no ambiente leva à biota responder com adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas, fenológicas e/ou etológicas e produzir estruturas características de comunidades (Junk, Bayley e Sparks, 1989).

A composição de espécies em áreas inundadas é influenciada pela frequência e duração da inundação, por diversos fatores do solo e tolerância das mudas à inundação. Um complexo gradiente de fatores ecológicos está orientado mais ou menos no sentido-perpendicular ao canal do rio, o que pode levar a uma variação na composição das espécies (Kozlowski, 1984 e Hughes, 1990). A resistência à inundação não é o único fator que determina a zonação das espécies no campo (Voesenek, Blom e Pouwels, 1989).

Há pouca informação sobre o número total de espécies arbóreas nas áreas inundadas dos rios da Amazônia. O número de espécies alcança 196/5ha e, destas, 48 espécies/5ha são exclusivas das várzeas (Pires, 1978). Para as florestas de igapó são registrados 54 a 111 espécies em parcelas de 0.18 a 1.1 hectares, enquanto que para as florestas de várzea esses números são de 33 a 220 espécies que ocorrem em parcelas 0.2 a 10 hectares. Muitas dessas parcelas são pequenas e podem não representar a completa amplitude de ocorrência das espécies na área. A diversidade numa floresta de várzea estável e desenvolvida com 70 a 130 espécies por hectare, é relativamente alta, porém menor que na terra-firme, onde o máximo alcança 500 espécies por hectare. Há indicação de uma maior diversidade local de espécies nas florestas de várzea, mas há uma maior diferenciação regional nas florestas de igapó. O número total de espécies de árvores resistentes à inundação, na Amazônia, não pode ser determinado ainda. Na várzea pode exceder a 400 e chegar a até 500 espécies. Um número similar pode ocorrer nas áreas alagadas por tributários de água preta ou clara, as quais têm um "set" distinto de espécies. O número total de espécies arbóreas das áreas inundadas da Amazônia está em torno de 4.000 a 5.000 espécies e, provavelmente, cerca de 20% toleram inundações periódicas de algumas semanas a muitos meses (Junk, 1990).

### **2.4 Dispersão de sementes e regeneração natural nas áreas inundadas.**

Nas áreas inundadas a dispersão das sementes pode ocorrer pela água, vento, animais ou

pela combinação destes. Os pássaros, morcegos e macacos são grandes dispersores de sementes, porém sua importância nas áreas inundadas ainda é desconhecida. Os ventos dispersam somente algumas espécies, as quais são também dispersadas pela água ou pelos peixes. Somente alguns frutos e sementes flutuam e muitas sementes são pesadas e afundam. As sementes pesadas podem ser dispersadas pelos peixes ou pela corrente da água dos rios (Junk, 1990).

Na época das cheias, os peixes dos rios e igarapés se espalham por toda a vegetação parcialmente inundada e alimentam-se, entre outros, de frutos e sementes amadurecidos caídos na água. As sementes que pertencem às famílias mais primitivas (Annonaceae, Myristicaceae, Moraceae, cf. Elaeocarpaceae, Sapotaceae, Chrysobalanaceae, Burseraceae, Simaroubaceae e Arecaceae), passam normalmente intactas, sem serem destruídas, no tubo digestivo dos peixes, enquanto que as sementes que pertencem às famílias mais avançadas (Lauraceae - primitiva, Moraceae - primitiva, Cucurbitaceae, Lecythidaceae, Anacardiaceae, Meliaceae, Malphiaceae, Euphorbiaceae, Polygonaceae, Rubiaceae e Bignoniaceae) são em geral ingeridas. Somente no primeiro grupo de plantas, os peixes funcionam como dispersores de sementes. As sementes da andiroba, são trituradas pelos peixes (tambaqui, pirapitinga e jatuarana) antes de serem engolidas. (Gottsberger, 1978)

O principal período de frutificação depende da estratégia de dispersão. As espécies que colonizam as áreas mais baixas frutificam quando a água sobe em janeiro até fevereiro e estas sementes são dispersadas pela água e peixes. Nestes casos, a produção de frutos depende do tempo em que os ramos permanecem fora d'água. As espécies que são dispersadas pelo vento (*Ceiba pentandra*, entre outras) frutificam quando o nível das águas passou do máximo, isto é, no início da vazante. Nesses ambientes, a germinação das sementes, o estabelecimento e o crescimento inicial em altura das plântulas são extremamente rápidos (Junk, 1990).

As plantas adultas estão distribuídas ao longo de um gradiente de umidade, o qual resulta em uma zonação entre as espécies. Os mecanismos que produzem esta zonação não podem ser entendidos pela descrição da distribuição das plantas adultas, porque muitas experimentam uma maior mortalidade durante a fase de estabelecimento (recrutamento). O padrão de estabelecimento pode ser importante para produzir diferentes distribuições ao longo do gradiente de umidade. Se consideramos possível a germinação ao longo de um gradiente, onde muitas espécies de plantas adultas têm diferente distribuição, podemos imaginar dois resultados possíveis: (1) todas as mudas dividem similar necessidade de umidade no estabelecimento inicial e uma posição no gradiente é necessário para todas, (2) cada espécie pode ter um máximo de estabelecimento em diferentes pontos ao longo do gradiente. Para as plantas de áreas

inundadas, o gradiente de umidade tem particular importância durante o estabelecimento, uma vez que entre outros fatores a umidade do solo, concentração de oxigênio, flutuação de temperatura e características da luz são os fatores básicos que determinam as diferenças na germinação (Keddy e Ellis, 1985).

A resistência das árvores à inundação aumenta com a idade e tamanho (Gill, 1970). Com inundação contínua as mudas podem ser enterradas ou arrancadas e serem levadas pelas águas. Muitos estudos mostram que certas espécies taxadas como muito tolerantes à inundação podem ser muito intolerantes no estágio de muda. Mudas de *Taxodium distichum*, tidas como tolerantes, morrem após duas semanas de inundação. Com 30 dias de inundação nas mudas de *Fraxinum pennsylvanica*, tidas como tolerantes, em água estagnada, há grande redução do crescimento das folhas, caule e raiz, enquanto que as mudas de *Quercus falcata var. pagodaefolia* morrem após 20 dias de completa submersão e algumas mudas sobrevivem quando inundadas até o colo (Kozlowski, 1984).

Segundo Junk (1990), não há estudos da tolerância à inundação e do estabelecimento da muda de árvores em áreas inundadas da Amazônia. Somente observações indicam que durante o período da seca, muitas mudas iniciam a colonizar as áreas baixas, mas são eliminadas na enchente seguinte. As necroses aumentam com o alongamento do período de submersão (Ex: *Cecropia sp*) e, eventualmente, matam a muda. O período crítico passa quando a muda está maior do que o pico da enchente. O sucesso do estabelecimento da muda nos níveis mais baixos dos seus habitats somente é possível quando é prolongado o período de águas baixas ou em períodos de consecutivos anos de seca, os quais permitem à muda alcançar o tamanho suficiente para sobreviver nos anos com enchente normal ou extrema. Desta forma, a distribuição das espécies somente pode ser entendida quando se leva em consideração as ocasionais enchentes extremas (grandes alagações), eventos que ocorreram nas últimas décadas ou mesmo séculos. O principal período de crescimento geralmente começa no início do período da seca, mas a brotação de folhas, queda de folhas, floração e frutificação podem ocorrer através do ano, dependendo da espécie. O comportamento de uma espécie varia com a sua posição no nível do gradiente de inundação.

Em uma vegetação de igapó na Amazônia, as espécies se distribuem ao longo do gradiente de umidade entre o rio e a mata, assim muitas espécies demonstram tendências a uma distribuição zonal, embora os limites não sejam bem delimitados. Esta distribuição zonal é tida como resultado de diferenças fisiológicas em resposta à tolerância à inundação (Keel e Prance, 1979).

## 2.5 Mudanças no solo e na planta submetidos à inundação

A inundação do solo causa mudanças físicas, químicas e biológicas no ambiente do solo (Voeselek, Blom e Pouwels, 1989). Ao inundar-se o solo, a água preenchendo os poros retira o ar. O oxigênio que permanece, fica dissolvido na água ou preso nas cavidades de ar e é rapidamente consumido pela respiração das raízes das plantas e pelos microrganismos do solo (Kawase, 1981 e Voeselek, Blom e Pouwels, 1989).

A baixa solubilidade e a baixa taxa de difusão do  $O_2$  na água são responsáveis pela reduzida troca de oxigênio entre a atmosfera e o solo (Voeselek, Blom e Pouwels, 1989). Nessas condições ocorre o desenvolvimento de microrganismos anaeróbicos que decompõem a matéria orgânica doando elétrons a compostos como  $NO_3^-$ ,  $MnO_2$ ,  $Fe_2O_3$  e outros. A redução desses compostos provoca decréscimo do pH em solos alcalinos, acréscimo em solos ácidos, aumento da condutividade elétrica devido a produção de  $Fe^{2+}$ ,  $NH_4^+$  e  $Mn^{2+}$  e diminuição do potencial redox. O aumento do pH em solos ácidos é devido, principalmente, à redução do Fe(III) para Fe(II) (Kozłowski, 1984).

A inundação aumenta a concentração de  $NH_4^+$  e  $HCO_3^-$ , há a conversão do Mn(IV) e Fe(III) insolúveis para Mn(II) e Fe(II), os quais são mais solúveis na água. Outra transformação que ocorre em solos inundados é a redução do  $SO_4^{2-}$ . Os micronutrientes, em geral, podem estar em excesso ou deficiência, após certo tempo de inundação, principalmente o cobre, zinco, molibidênio, ferro e boro. Conseqüentemente a essas mudanças, ocorre o aumento de íons tóxicos, metais, ácidos graxos, compostos fenólicos e etileno nos solos (Kozłowski, 1984).

A falta de  $O_2$  não é total em solos inundados, a concentração de  $O_2$  pode ser alta na camada de alguns milímetros próxima à superfície da água. A drástica restrição das trocas gasosas entre o solo inundado e a atmosfera, leva ao acúmulo de nitrogênio, dióxido de carbono, metano e hidrogênio no solo. A inundação destrói as estruturas dos agregados do solo, embora em solos ricos em óxidos de ferro e alumínio ou matéria orgânica isto pouco acontece (Kozłowski, 1984).

A deficiência de  $O_2$  no sistema radicular força a planta a mudar sua respiração de aeróbica para anaeróbica, resultando inevitavelmente na baixa produção de ATP, acúmulo de produtos finais tóxicos da respiração anaeróbica e o rápido esgotamento de compostos orgânicos. A absorção e translocação de água e nutrientes nas raízes são reduzidas pela limitada disponibilidade de energia. A síntese e a translocação de giberelinas e citocininas nas raízes são suprimidas pelas injúrias ocasionadas pela inundação. A concentração de auxinas no caule aumenta, como resultado do bloqueio do transporte para as raízes

ou pela inibição da atividade da AIA-oxidase no caule. A concentração de etileno também aumenta na plantas inundadas (Kawase, 1981).

Uma fonte de etileno pode ser o solo. Sob condições anaeróbicas, os microrganismos do solo produzem alta concentração de etileno (Kawase, 1978 e Bradford e Yang, 1981) e as plantas podem absorvê-lo. O etileno pode ser produzido na própria planta (Kawase, 1978). Segundo Jackson (1985), o SAM (S-adenosilmetionina) e o ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) são os intermediários na biosíntese do etileno a partir da metionina. A metionina é o substrato conhecido para a produção de etileno (Fuchs e Lieberman, 1968 e Bradford e Yang, 1981). Os fatores como AIA (ácido indolacético), injúrias, anaerobiose ou senescência aceleram a síntese de etileno, tendo seu efeito primário na atividade da ACC-sintetase (Bradford e Yang, 1981).

A elevada produção de etileno na planta causa a formação de raízes adventícias, epinastia do pecíolo e senescência das folhas. Uma vez que o etileno não é sintetizado nas raízes em condições anaeróbicas e por causa da sua natureza gasosa, não pode ser transportado para a parte aérea em quantidades significativas, um "sinal" é sintetizado nas raízes em condições anaeróbicas e transportado para a parte aérea onde é transformado em etileno (Yang e Hoffman, 1984). Estes autores citando Bradford e Yang e Jackson (1985), relatam que a inundação não somente bloqueia a conversão aeróbica do ACC para etileno nas raízes, mas causa também o aumento na síntese do ACC, o qual é subseqüentemente transportado através do xilema para a parte aérea onde é aerobicamente convertido para etileno. Segundo Amrhein *et al.*, também citados por Yang e Hoffman (1984), o transporte do ACC não é restrito ao xilema, mas muito também ocorre no floema. Enquanto o etileno exerce seu efeito fisiológico próximo ao sítio de produção, o ACC pode ser transportado e pode liberar etileno a certa distância de seu sítio de síntese.

Segundo Blacke e Reid (1981), citado por Tang e Kozlowski (1984), o etileno move-se acroptamente em plantas de *Eucalyptus* porque: (1) a água é uma barreira para o etileno se liberar das raízes; (2) o etileno é acumulado primeiro nas raízes e depois no caule; (3) o gradiente de concentração é evidente, com muito mais etileno nas raízes do que no caule, e (4) a concentração de etileno aumenta nas raízes nos primeiros 9 dias de inundação e depois declina com o tempo, quando o conteúdo de etileno no caule alcança o máximo. Há evidências de que a tolerância das plantas à inundação depende da capacidade destas eliminarem o etileno (Pereira e Kozlowski, 1977).

## 2.6 Sintomas de danos às plantas ocasionados pela inundação

Diversos são os sintomas que a planta apresenta como resultado dos danos que a inundação ocasiona: clorose, epinastia e abscisão das folhas; diminuição da taxa de crescimento do caule; hipertrofia do caule, murcha das folhas e da parte aérea; formação de raízes adventícias, diminuição do crescimento de raízes e morte de raízes; aumento da susceptibilidade ao ataque de pragas e doenças e, finalmente a morte da planta (Kawase, 1981).

O movimento epinástico das folhas é causado pela expansão mais rápida das células no lado adaxial do pecíolo, comparada aos das células do lado abaxial. A epinastia não está associada com a murcha ou com o baixo potencial hídrico da folha, uma vez que é um processo de crescimento que requer turgor para a expansão celular. O etileno induz à epinastia mesmo em concentrações muito baixas. O aparecimento de ACC na corrente transpiratória sempre precede o aumento da produção de etileno no caule e o desenvolvimento de epinastia (Bradford e Yang, 1981). A função da epinastia na aclimação das plantas pode ser o de minimizar o estresse por diminuir a quantidade de radiação e assim reduzir a demanda evaporativa nos períodos críticos (Jackson e Drew, 1984).

A abscisão das folhas é consequência de lises celulares promovidas enzimaticamente e do material intercelular que se quebra no ponto de conexão, formado por poucas fileiras de células. Há poucas evidências de qualquer valor de aclimação para a abscisão de folhas, porém, intuitivamente parece uma forma de reduzir a transpiração e contribuir para a manutenção de uma taxa parte aérea:raiz mais adequada (Jackson e Drew, 1984).

Na folhas, o amarelecimento seguido por necrose é o sintoma visual mais comum. A senescência pode ocorrer por deficiência de nitrogênio. Uma interrupção da absorção do N pela parte aérea e o aparente movimento do N das folhas mais velhas para as partes mais novas parecem ser as causas da clorose. Os danos à membrana causam a perda da semipermeabilidade e condições de reter água osmoticamente e assim, as folhas conseqüentemente dessecam, resultando no fechamento dos estômatos (Jackson e Drew, 1984)

A inundação durante o período de crescimento, afeta todos os estágios de desenvolvimento da planta: inibe a germinação, o crescimento da parte aérea, cambial e das raízes; detém o crescimento reprodutivo, as mudanças morfológicas e freqüentemente leva à morte da planta (Kozlowski, 1984).

As maiores tendências nas raízes formadas sob um mais alto potencial de água são (a) aumentar o diâmetro; (b) reduzir os pêlos absorventes; (c) ramificar e ter raízes curtas; (d) aumentar o número

e a dimensão dos espaços intercelulares; (e) diminuir o tamanho das células com o aumento da suberização e lignificação das paredes e (f) reduzir o peso seco radicular o qual contribui para a diminuição da relação raiz/parte aérea (Durbin, 1971). Uma redução drástica do crescimento da altura da planta, folhas, diâmetro do caule, incremento do peso seco e taxa de crescimento relativo foi observado em *Betula papyifera* (Tsukahara e Kozlowski, 1986).

## 2.7 Adaptação anatômica e morfológica das plantas sob inundação

Entende-se como adaptação a propriedade funcional de um organismo, evoluído por seleção natural, a qual o habilita a sobreviver e se reproduzir (Howe e Smallwood, 1982).

Muitas espécies de plantas no curso de sua evolução têm desenvolvido formas diferentes de adaptação em solos com impedimento de trocas gasosas (Vartapetian, 1980). Este autor sugere a classificação das espécies quanto a resistência à anoxia em: (1) verdadeiramente resistentes - aquelas que modificam o metabolismo das proteínas e energéticos; mantêm as células intactas e funcionalmente ativas e são capazes de crescer; (2) aparentemente resistentes - aquelas que não mostram sinais de resistência à anoxia maior do que as espécies não resistentes; as raízes não desenvolvem mecanismos bioquímicos de adaptação, mas têm a capacidade de transportar o oxigênio da parte aérea para as raízes, evitando a anaerobiose e (3) não resistentes. Com a grande diversidade de espécies e ambientes, as plantas devem apresentar diferentes graus de características entre as categorias dessa classificação.

### 2.7.1 Raízes adventícias

As raízes adventícias são formadas apenas em certas espécies e, em geral, naquelas que parecem tolerar a inundação (Gill, 1970). Este autor conclui que a absorção de água e nutrientes minerais, bem como a síntese de hormônios pelas raízes adventícias são importantes adaptações à inundação. Kawase (1981), analisa diversos trabalhos e conclui que nas espécies mesofíticas tolerantes, a difusão do  $O_2$  é aumentada durante a inundação como resultado do aumento da porosidade das raízes e, isto é muito importante para a sobrevivência, uma vez que estas espécies rapidamente formam raízes adventícias. A formação dessas raízes e o aumento da porosidade são, contudo, uma medida temporária para facilitar ou ajudar a recuperação dos danos ocasionados pela inundação (Kozlowski, 1984).

Kawase (1981), citando diversos autores exemplifica que quanto maior a formação de raízes

adventícias em *Eucalyptus grandis*, *E. robusta* e *E. saligna*, maior a tolerância à inundação. Quando comparadas mudas de 17 espécies lenhosas quanto a resistência   inundação, as mais importantes característica eram: (1) a habilidade das raízes estabelecidas continuarem a crescer e funcionar em solos pobremente aerados; (2) a formação de raízes adventícias no e acima do colo da planta; (3) resistência do caule e folhas   seca. A maior tolerância   inundação de "red maple" comparada com "sugar maple", dependeu da formação de lenticelas entumescidas e de raízes adventícias. Em girassol e tomate, a formação de raízes adventícias durante a inundação foram benéficas   recuperação das plantas. Kawase (1981) ainda cita que a formação de raízes adventícias em plantas inundadas é causada pela acumulação de auxinas e reservas nutritivas na região do caule próxima à linha d' gua. A formação de raízes adventícias e uma maior porosidade facilitam ou ajudam na recuperação dos danos causados pela inundação.

Sena Gomes e Kozlowski (1988), citam que a tolerância de plântulas de seringueira (*Hevea brasiliensis*), em condições de solos inundados, foi devido à formação de raízes superficiais induzidas pelo aumento na concentração de etileno e da atividade dos tecidos caulinares.

Para Hook e Scholtens (1980), o fator crítico para uma espécie arbórea tolerar a anaerobiose das raízes   sua habilidade de regenerar novas "raízes adaptadas". Em resposta   hipoxia, geralmente o sistema secundário de raízes morre completamente e a planta também, a menos que novas raízes se desenvolvam rapidamente. As raízes adaptadas são suculentas e menos fibrosas; a epiderme   quebradiça ou não suberizada e a endoderme   pobremente diferenciada.

O peso das evidências indicam que essas raízes suplementam-se um tanto na zona aeróbica, quando o sistema original de raízes não funciona normalmente (Kozlowski, 1984). As raízes adaptadas são macias e esponjosas e têm densidade mais baixa do que as não inundadas (Hook e Scholtens, 1980); podem alcanç ar vários centímetros de comprimento em 4 ou 5 dias de inundação; são vermelhas, exceto na extremidade, que pode ser branca. (Gill, 1970). Muitas espécies arbóreas desenvolvem raízes adventícias ou raízes de água, logo abaixo do nível da água, quando submetidas à inundação. Nas mudas de espécies adaptadas o sistema radicular mostra que: (1) o sistema secundário de raízes morre; (2) novas raízes adaptadas se desenvolvem e (3) a presença de substâncias na superfície das novas raízes adaptadas (presumivelmente o óxido de ferro) indicam que estas oxidam sua rizosfera (Hook e Scholtens, 1980). Essas raízes nem sempre são geotr picas positivas. Após a inundação apresentam-se murchas e de cor marron fosco (Gill, 1970). Em algumas espécies, as respostas morfológicas   inundação, tais como a hipertrofia de lenticelas e a formação de raízes adventícias, estão associadas com o aumento da produção de etileno (Tang e Kozlowski, 1984).



### 2.7.2 Lenticelas hipertrofiadas

As lenticelas proliferam-se pela contínua inundação do caule e raízes de mudas de árvores. A inundação das lenticelas causa hipertrofia e estas podem sair 2 ou 3 cm do caule. As lenticelas não produzem uma camada de fechamento, e o aumento do tamanho e a estrutura esférica das células parecem facilitar a troca de gases. Teoricamente, a hipertrofia das lenticelas pode aumentar a troca de gases por proporcionar uma maior área de superfície e uma estrutura mais permeável para os gases dissolvidos na água do que as lenticelas não inundadas (Hook e Scholtens, 1980 e Tang e Kozlowski, 1984). As lenticelas hipertrofiadas (entumescidas) são formadas dentro de 5-6 dias do início da inundação. O entumescimento é induzido pelo etileno e envolve a dissolução da parede celular bem como a hipertrofia e proliferação de células e protoplastos esféricos (Newsome, Kozlowski e Tang, 1982).

É possível que o oxigênio que penetra no caule através das lenticelas se difunde via cortex ou floema (Kawase, 1981). As lenticelas aparentemente estão conectadas pela continuidade dos espaços intercelulares nos tecidos do cortex e floema (Kozlowski, 1984). As lenticelas hipertrofiadas são induzidas pelo etileno que se forma em resposta à inundação. A formação das lenticelas envolve a dissolução da parede celular bem como a hipertrofia e proliferação de células. Geralmente, todas as células vivas entre o felogênio e o câmbio são afetadas (Kozlowski, 1984). Os tecidos internos das plantas superiores são aerados pela troca gasosa através dos estômatos das folhas e pelas lenticelas do caule e pela difusão gasosa direta entre as raízes e a atmosfera do solo em solos bem drenados. As lenticelas são produzidas na periderme pelo felogênio e proporcionam uma via para a contínua troca gasosa entre a atmosfera e os espaços intercelulares do floema (Topa e McLeod, 1986).

As lenticelas no caule e raízes são importantes para a entrada de  $O_2$  em plantas inundadas, assim como para a volatilização de substâncias tais como o etanol, etileno e acetaldeídos (Kawase, 1981). Esse duplo papel das lenticelas na aeração pode ocorrer em algumas espécies porém não em outras (Hook e Scholtens, 1980). Estes autores, citando Chikova e Gutman (1972), acrescentam que em *Salix alba* L. o oxigênio da atmosfera difundiu-se na planta através das lenticelas e o etanol, acetaldeído e etileno internos foram excretados através das mesmas. Mas, ao contrário, em *Populus petrowskiana* Sch. o oxigênio entrou pelas lenticelas e nenhum metabólito interno foi excretado. Esta diferença pode explicar, no mínimo em parte, porque sob condições de inundação as espécies de *Salix* apresentam menos senescência do que as espécies de *Populus*. Há evidências de que a tolerância à inundação depende da capacidade das plantas em eliminar etileno (Pereira e Kozlowski, 1977).

### 2.7.3 Aerênquimas

Em várias espécies o  $O_2$  entra nas plantas pela parte aérea, desloca-se por difusão para as raízes e parte deste eventualmente difunde-se para fora das raízes. Há grandes evidências de que as espécies tolerantes à inundação têm um melhor sistema de translocação de ar da parte aérea para as raízes do que as não tolerantes. A maior permeabilidade é atribuída aos espaços intercelulares entre as iniciais do raio cambial formando uma abertura e interconectando o sistema de aeração entre o xilema e os raios do floema em espécies tolerantes à inundação. Quando o espaço intercelular aumenta através da dissolução de células, é chamado de "espaço intercelular lisígeno". Quando o espaço intercelular é resultante da separação das paredes celulares entre as células é chamado de "espaço intercelular esquizógeno", o mais comum (Kawase, 1981).

O alargamento e o colapso de células, aparentemente, ocorre lado a lado no córtex de plantas inundadas e são resultantes da interação da auxina e etileno. Antes do alargamento da célula pode ocorrer uma maior plasticidade da parede celular, sendo a celulase responsável pelo amaciamento desta. Ocorre uma cadeia de eventos na qual a inundação eleva a concentração de etileno, o qual em troca aumenta a atividade da celulase e, conseqüentemente, o desenvolvimento de aerênquimas. Também é proposto que na competição por água entre as células corticais vizinhas, das quais as paredes foram amaciadas pela celulase, as células mais fortes sobrevivem e tornam-se maiores, enquanto que as fracas perdem água, sofrem plasmólise e morrem (Kawase, 1981). O desenvolvimento de um sistema de aerênquimas leva a evitar a anoxia no sistema radicular através do transporte longitudinal do oxigênio interno (Laan e Blom, 1990).

A conexão longitudinal dos espaços intercelulares causada pela separação ou quebra de células no córtex ou periciclo (aerênquimas) ajuda no crescimento e sobrevivência em condições de deficiência de  $O_2$ . Estas lacunas facilitam a difusão de gases, aumentam a capacidade de armazenamento de  $O_2$  enquanto diminuem a demanda de  $O_2$  (Jackson, 1985). Em espécies arbóreas sob inundação o desenvolvimento de aerênquimas é limitado quando não ocorre a formação destes entre as raízes inundadas e não inundadas, ambas contendo abundantes espaços intercelulares (Kawase, 1981).

Em espécies tolerantes à inundação, suficiente quantidade de  $O_2$  difunde-se através das lenticelas e espaços intercelulares para sustentar a respiração aeróbica nas raízes submersas. Alternativamente, as espécies arbóreas também tolerantes podem depender da habilidade das raízes em resistir os produtos da respiração anaeróbica (Carpenter e Mitchell, 1980).

#### 2.7.4 Modificações nos estômatos

Quanto à abertura estomatal, a inundação pode afetar a condutância estomatal e a transpiração, ou seja, reduzida a condutância diminui a perda de água e diminui também a assimilação do carbono necessário ao crescimento (Crane e Davies, 1988). A redução do crescimento pela inundação, correlacionada com o fechamento estomatal, é indicada pelo aumento da resistência à difusão nas folhas (Tsukahara e Kozlowski, 1986). O aumento da resistência é consequência do baixo nível de oxigênio no solo. Aumentada a resistência, há uma redução no reabastecimento de água para a transpiração, diminuição do potencial de água da folha e, eventual, fechamento dos estômatos (Naidoo, 1983). O fechamento dos estômatos em resposta ao baixo potencial de água na folha, restringe a transpiração e permite a recuperação do turgor (Bradford e Yang, 1981). Tsukahara e Kozlowski (1986) observaram em diversas espécies arbóreas o rápido fechamento dos estômatos seguido à inundação do solo. Estes autores acrescentam ainda que as plantas inundadas apresentaram uma rápida redução na taxa fotossintética. Esta redução ocorre pela diminuição da absorção do CO<sub>2</sub> pelas folhas (Tang e Kozlowski, 1984) e pelos danos ocasionados na ultraestrutura dos cloroplastos (Naidoo, 1983). A longo prazo, a taxa fotossintética é reduzida por causa das mudanças nas enzimas de carboxilação, clorose, senescência inicial das folhas e abscisão. A reabertura dos estômatos leva à aceleração da fotossíntese como resultado do aumento da absorção do CO<sub>2</sub> (Tang e Kozlowski, 1984). O amarelecimento e a senescência das folhas mais baixas foram observados por Newsome, Kozlowski e Tang (1982).

O fechamento dos estômatos pode ocorrer nas folhas que estão completamente expandidas no período em que inicia a inundação, contudo, a inundação pode não afetar a abertura estomatal nas folhas que completaram sua expansão durante o período da inundação (Newsome, Kozlowski e Tang, 1982).

A densidade de estômatos não varia significativamente dentro da mesma superfície da folha. Geralmente a densidade fica na faixa de 50 a 500 estômatos/mm<sup>2</sup>. Os estômatos podem ser separados por uma ou duas células epidérmicas em densidades altas (Shearman e Beard, 1972). Para Newsome, Kozlowski e Tang (1982) o número e o tamanho dos estômatos não apresentaram diferenças significativas entre as plantas inundadas e as não inundadas. O fechamento estomático inicial e prolongado foi uma resposta característica das plantas inundadas (Pereira e Kozlowski, 1977).

A resistência estomática aumenta rapidamente com a inundação, indicando o fechamento estomático (Newsome, Kozlowski e Tang, 1982). A diferença da resistência estomática entre plantas

inundadas e não inundadas aumenta com o tempo. As mudanças diurnas da resistência ocorrem constantemente e são maiores por volta do meio dia (Pereira e Kozlowski, 1977).

## 2.8 Adaptações fisiológicas

O efeito mais conhecido da falta de oxigênio na taxa metabólica é a aceleração da glicólise. Em plantas não tolerantes à inundação, a redução da aeração do solo é acompanhada por um rápido aumento na glicólise bem como por uma dramática indução da atividade da álcool-desidrogenase (ADH). A acumulação do etanol resultante do aumento da glicólise pode rapidamente levar à destruição da membrana pela solubilização de lipídios e isto inativará a atividade de enzimas mitocondriais e posteriormente a aumentará a preponderância da atividade glicolítica. O vazamento do conteúdo celular ocorrerá e a exudação de açúcares solúveis facilitará o desenvolvimento de patógenos no solo, os quais invadem as raízes causando a morte (Crawford, 1980).

A adaptação das plantas a ambientes anaeróbicos pode ocorrer por meio do uso de aceptores de elétrons externos além do oxigênio molecular (ex: nitratos) (Vartapetian, 1980). A inundação aumenta a atividade da redutase do nitrato, sugerindo que a absorção de nitrato e a subsequente síntese de aminoácidos é um método muito eficiente na disposição de prótons (Crawford, 1980).

As plantas são diferentemente adaptadas à acumulação e à desintoxicação dos produtos-finais da glicólise (fermentação). Algumas excretam estes produtos tóxicos (ex: etanol) diretamente no ambiente. Outras transportam esses produtos das raízes para as folhas, que os desintoxicam por conversão oxidativa. Uma forma peculiar de evitar a formação de produtos tóxicos sob condição anaeróbica é a diversificação dos produtos-finais da glicólise como a formação de compostos menos tóxicos ou neutros, a exemplo da alanina ou malato em vez de etanol (Vartapetian, 1980); ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e prolina (Crawford, 1980) e piruvato e succinato (Gill, 1970). O etanol, ácido láctico e outros produtos finais da respiração anaeróbica podem ser encontrados no caule e raízes de algumas espécies. As espécies que são tolerantes à inundação parecem produzir altas quantidades de metabólitos anaeróbicos, mas a produção desses metabólitos parece estar sob controle nessas espécies e não ter controle nas espécies não tolerantes (Hook e Scholtens, 1980).

A morte de raízes evita a síntese de citocininas e aminoácidos e sua translocação para as folhas, fato que ocasiona a clorose das folhas. Por outro lado, o aumento de auxinas no caule de plantas inundadas pode causar as anomalias do caule (epinastia e abscisão de folhas) e raízes. A redução da

taxa fotossintética pode ser atribuída ao aumento da resistência de absorção de água pelas raízes e pela redução da exportação de citocininas das raízes, resultando no menor conteúdo de clorofila das folhas. O aumento do dióxido de carbono no solo aumenta a resistência à absorção de água, o que explica a baixa da taxa transpiracional (Hook e Scholtens, 1980).

A redução da necessidade de água nas plantas de áreas inundadas reduzirá o influxo da água para as raízes e, com isto, a chegada na superfície destas de fitotoxinas reduzidas. A taxa de desintoxicação necessária para proteger as raízes, portanto, será menor e deve ser feita pela difusão do oxigênio da parte aérea para as raízes, que é o principal meio de oxidar íons reduzidos (Crawford, 1980).

Em situação de total submersão da planta as respostas são direcionadas no sentido de manter a biomassa e sobreviver. A estratégia de tolerância à inundação atr v s de aerênquima cai, por causa do bloqueio da livre difusão ou convec o entre o oxigênio do ar e o sistema radicular. Sob essas condi oes, diversos fen menos podem ocorrer para superar ou compensar a falta de oxigênio: (1) a alonga o da folha e do pecíolo, atr v s da qual as folhas alcançam a superfície da água, onde as condi oes aeróbicas do sistema radicular podem ser restabelecidas; (2) a fotossíntese (submersa) para restabelecer o suprimento de oxigênio e açúcar para as raízes; (3) a dormência da planta e (4) a respira o anaeróbica, demandando um alto suprimento de açúcar (Laan e Blom, 1990).

Também Laan e Blom (1990) citam que em total submersão, ocorre o rápido crescimento do caule e a aloca o de biomassa nas raízes laterais em vez da pivotante, conseqüentemente isto requer um alto suprimento de oxigênio e açúcares. A planta alcançando a superfície da água, pode ser restabelecida a difusão entre o ar e o sistema radicular. Quando a planta não alcança a superfície da água, ela pode usar a fotossíntese (submersa) para satisfazer suas necessidades de oxigênio e açúcares. A sobrevivência, nessas condi oes, ocorre somente quando um suprimento de carbono inorgânico acontece para manter a alta atividade fotossintética e o concomitante transporte de oxigênio derivado fotossint ticamente, tudo isto levando a planta a manter uma alta taxa respiratória das raízes. Assim sendo, o CO<sub>2</sub> dissolvido é usado como fonte de carbono. O carbono é suprido como bicarbonato (a concentra o de bicarbonato nas águas dos rios pode ser alta, 2.5mM).

Quando no escuro a alonga o do caule não ocorre, enquanto que na luz as folhas e pecíolos aumentam o comprimento, a combina o de aspectos fotossintéticos e fotomorfogen ticos pode explicar essas diferenças nas respostas de alonga o, uma vez que a acumula o de etileno, em combina o com giberelina GA<sub>3</sub> e/ou com auxinas,   de grande importância na alonga o de muitas espécies de plantas. A luz habilita a planta a desenvolver a fotossíntese e, assim, a aumentar o "status" de oxigênio

e/ou açúcares, adicionalmente, levar a uma continuação da absorção de água osmoticamente e, desta forma, aumentar a expansão celular. Em combinação com isto, a luz pode estimular a alongação do caule através da diminuição na densidade de fluxo de fótons. A luz na faixa do azul e vermelho extremo induz a produção de etileno. Em espécies perenes, sob total submersão, a disponibilidade de oxigênio é menos importante, pois estas podem tender a reduzir o metabolismo, contribuindo para a preservação de reservas de açúcares nas raízes e conseqüentemente rebrotar quando emergir (Laan e Blom, 1990).

## **2.9 Análise de crescimento das mudas das espécies estudadas**

A análise de crescimento se baseia fundamentalmente no fato de que cerca de 90% , em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética. O restante resulta da absorção de nutrientes minerais do solo. Assim, a deficiência em um, prejudica o outro direta e/ou indiretamente (Benincasa, 1988).

Embora muitas medidas fisiológicas sejam tomadas instantaneamente, o estabelecimento de uma muda plantada é o produto de muitos fatores interagindo sobre um significativo período de tempo. A análise de crescimento proporciona um método de integrar as respostas fisiológicas do crescimento das plantas sob diferentes condições ambientais em determinado período de tempo. Desta forma, a análise de crescimento proporciona uma poderosa ferramenta para avaliar o crescimento inicial de mudas. As respostas das plantas (arbóreas) jovens ao aumento do estresse ambiental leva a algum grau de aclimação a aquele estresse. Esta habilidade de uma espécie arbórea em resistir às mudanças das condições ambientais determinará a amplitude ecológica da espécie e sua habilidade em sobreviver e crescer dentro de certa faixa de condições ambientais. Entendendo-se como aclimação as mudanças no metabolismo ou no padrão de desenvolvimento de uma planta em resposta às mudanças nas condições ambientais (Margolis e Brand, 1990).

O estabelecimento e a regeneração de florestas podem ser estimulados ou inibidos pela inundação, dependendo da espécie e da duração da inundação (Kozlowski, 1984).

As plantas podem ser geralmente classificadas como helofitas, aquelas em que o crescimento não é inibido pela inundação, ou não-helofitas, aquelas em que o crescimento é inibido pela inundação (Gill, 1970).

A taxa de crescimento e a produção de biomassa em plantas sob inundação são geralmente reduzidas (Laan e Blom, 1990). A redução do crescimento está correlacionada com a diminuição na

absorção de água, transpiração e fotossíntese (Naidoo, 1983).

A inundação adversamente influencia o crescimento do caule pela inibição dos internódios, iniciação e expansão de folhas e pela indução da senescência foliar, injúrias e abscisão. A drástica redução da área foliar está associada a uma redução do crescimento em altura, cambial e de raízes, bem como   morte de muitas plantas (Kozlowski, 1984). Com a inundação, tanto o número como o tamanho das folhas são reduzidos. O peso seco das plantas inundadas alcançaram somente a metade do valor em relação as plantas não inundadas (Newsome, Kozlowski e Tang, 1982).

Quanto   abscisão, as folhas de plantas inundadas freqüentemente ficam clor ticas inicialmente, senescem e caem. O etileno parece estar desempenhando um importante papel nessa abscisão pelas seguintes evidências: (1) a quantidade de etileno   maior em plantas inundadas; (2) a exposição de plantas não inundadas ao etileno induz   epinastia, senescência e abscisão e (3) a aplicação de etrel ( cido 2-chloroethylphosphonic), um liberador químico de etileno, causa a abscisão em árvores decíduas (Kozlowski, 1984).

No crescimento do câmbio, os efeitos da inundação são complexos e variam da inibição   aceleração. As medições das mudanç as do diâmetro do caule como estimativa do crescimento cambial são complicadas por causa do inchamento e de hipertrofias que ocorrem. No entanto, em espécies tolerantes   inundação o crescimento cambial freqüentemente é reduzido apreciavelmente. Esse crescimento varia com a extensão e duração da inundação (Kozlowski, 1984).

O crescimento das raízes existentes, a viabilidade e a formação de novas raízes são muito sensíveis à disponibilidade de oxigênio. As raízes necessitam de 8-10% de O<sub>2</sub> para um rápido crescimento, porém raízes de muitas espécies crescem com 2% ou menos de O<sub>2</sub>. Boynton *et al.* (1938), citado por Koslowski (1984), acrescenta que a iniciação de novas raízes necessitou de 12% de O<sub>2</sub> e a formação de novas raízes foi inibida quando a concentração de O<sub>2</sub> ficou abaixo de 15%.

As raízes de espécies arbóreas são muito mais tolerantes   inundação do que as de espécies herbáceas. Em solos pobremente aerados, o crescimento de raízes é restrito   superfície do solo, resultando num fraco ancoramento das árvores e sujeitando-as a maiores danos causados pelos ventos e pela seca e a um menor volume de solo para o suprimento de água e nutrientes. Muitas espécies não tolerantes   inundação perdem parte do sistema radicular original pelo apodrecimento e não regeneram novas raízes. Enquanto que as espécies tolerantes regeneram novas raízes no sistema radicular original, na parte do caule submersa ou em ambos. As raízes originadas na parte inundada do caule freqüentemente emergem a partir de lenticelas hipertrofiadas. Em qualquer dos casos, as novas raízes são mais suculentas e permeáveis do que aquelas do sistema radicular original. As vezes, as raízes induzidas pela inundação

são negativamente geotrópicas (Kozlowski, 1984 e Pereira e Kozlowski, 1977).

As novas raízes que se desenvolvem da raiz pivotante podem ser divididas em dois tipos morfológicos: (1) fortemente ramificadas, finas e crescem superficialmente e (2) raízes grossas, brancas, pouco ramificadas que penetram nas camadas mais profundas do solo (Voeselek, Blom e Pouwels, 1989).

O incremento do peso da matéria seca é reduzido em espécies de áreas inundadas e sob inundação. O incremento do peso da matéria seca do sistema radicular não é significativamente afetado pela redução do crescimento e mortalidade das raízes originais, porque é compensado pelo crescimento de raízes adventícias (Kozlowski, 1984 e Day Jr, 1987) que pode chegar a um terço ou à metade do peso da matéria seca do sistema radicular das plantas inundadas. O peso da matéria seca das folhas de plantas inundadas alcança a metade do peso da matéria seca das folhas das plantas não inundadas. Esta diferença reflete, grandemente, a variação no número de folhas, mas a média do peso da matéria seca por folha também é diferente entre plantas inundadas e não inundadas (Kozlowski, 1984).

A taxa de crescimento relativo é reduzido em condições de total submersão das plantas. Quando a superfície da água não é alcançada, o conteúdo de amido na raiz pivotante, a biomassa das raízes e partes do caule diminuem rapidamente, assim sendo a fotossíntese com a planta submersa é importante para o crescimento e sobrevivência da planta. Quando a água baixa e as folhas aparecem na superfície, a produção de biomassa das raízes é restabelecida. (Laan e Blom, 1990).

Algumas medidas das respostas da planta como um todo às variações do estresse, seriam uma forma importante para descrever a tolerância da espécie aquele estresse (Margolis e Brand, 1990). Estes autores sugerem então, a utilização do "índice de aclimatação" baseado na magnitude relativa das mudanças da taxa de crescimento relativo e da taxa assimilatória líquida em resposta às mudanças das condições ambientais.

## **2.10 Sobrevivência das mudas sob condições de inundação**

A exposição das mudas à inundação por longo período sempre leva a uma certa mortalidade. A mortalidade varia com a duração do período de inundação, a espécie e a idade das plantas. Geralmente as plantas das espécies de áreas alagadas sobrevivem melhor à inundação do que as de terra firme (Kozlowski, 1984). A sobrevivência do plantio diminui com o uso de espécies não recomendadas. A qualidade das mudas florestais utilizadas deve apresentar padrão satisfatório, atualmente representado pela altura



entre 20 a 30 cm, conforme a espécie (Nadolny e Contar, 1990).

Brink (1954) citado por Kozlowski (1984), apresenta a classificação de espécies cultivadas quanto à resistência à inundação: (1) mortalidade muito alta e danos extensos; (2) mortalidade mais baixa do que as espécies da categoria 1, mas freqüentemente morrem ou são severamente danificadas; (3) baixa mortalidade mas com alguma clorose foliar; (4) nenhuma mortalidade e geralmente nenhum dano aparente.

Na represa de Camargos (MG) e em área de depleção, após 114 dias de inundação as espécies *Campsiandra laurifolia*, *Croton urucurana*, *Inga vera*, *Salix humboldtiana* e *Sesbania sesban* apresentaram sobrevivência que variou de 80% a 100% e a espécie *Talauma ovata* não sobreviveu (Davide *et al.* 1992). Os resultados de Donovan *et al.* (1988), mostram que, a sobrevivência de quatro espécies de áreas inundadas cultivadas sob inundação, variou de 20% a 90% no período de 9 meses. No experimento de Pelacani (1992), todas as espécies sobreviveram à inundação do sistema radicular, pelo menos até 55 dias do período experimental. No entanto em áreas de depleção do reservatório da Usina Hidrelétrica de Paraibuna (SP), as espécies florestais sofreram mortalidade antes da inundação em consequência de extrema seca e após a inundação (1 anos após o plantio), o percentual de sobrevivência variou de 10% a 68.8% entre as 8 espécies plantadas (Salvador, 1986).

Para as espécies arbóreas que conseguem sobreviver à inundação, a produção de madeira não é crucial, sobreviver é tudo o que é necessário (Gill, 1970).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com 6 (seis) diferentes espécies ( *Carapa guianensis* - andiroba, *Rheedia benthamiana* - bacuri, *Acosmium nitens* - itaubarana, *Couroupita guianensis* - macacariçua, *Lecointea amazonica* - paracuuba e *Ceiba pentandra* - sumauma) e em três localidades diferentes. Na Amazônia foram feitas as determinações altimétricas da área de várzea, avaliada a regeneração natural sob a copa das árvores matrizes e feita a coleta das sementes. Em Lavras (MG), foram feitas a caracterização física, os testes de germinação das sementes e o experimento de inundação em casa de vegetação. Em Camargos (Itutinga, MG) foi instalado o experimento em área de depleção às margens da represa da U.H. Camargos.

#### 3.1 Características da área de várzea na Amazônia onde encontraram-se as matrizes das espécies estudadas

As cotas altimétricas da área de várzea, onde encontrou-se parte das espécies em estudo, foram medidas a partir da cota do rio, no dia da medição, com o auxílio de um nível USHIKATA Model TRACON S-25 e de uma régua graduada (mira falante). As cotas dos níveis do rio no período de 1980 a 1992 foram obtidas na Capitania dos Portos de Manaus e consideraram-se as cotas das águas do Rio Negro, em frente a esta cidade, uma vez que a área da várzea fica próxima à cidade de Manaus.

A floresta de várzea iniciava-se a partir de 888.7 metros da margem do rio Amazonas, em consequência de desmatamentos para o cultivo de espécies agrícolas e da área das casas dos agricultores ribeirinhos.

A altitude da área de várzea variou de 26.41 m a 28.16m acima do nível do mar. No ponto mais baixo, em 1989, a coluna d'água chegou a 3.01 m e no ponto mais alto 1.26 metros. Durante 13 anos a área de várzea não foi inundada nos anos 1980, 1985 e 1992 (Tabela 1).

Tabela 1 - Dias de inundação da área de várzea de onde foram coletadas as sementes das espécies em estudo, Local Santa Rosa, Iranduba (AM), no período de 1980 até 1992. UFLA - Lavras (MG). 1995.

ANO	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
DIAS	0	62	123	21	111	0	115	98	95	169	123	110	0

O levantamento da regeneração natural das espécies bacuri, macacaricuia, paracuuba e sumauma foi realizado em fevereiro de 1993 e como em 1992 não ocorreu inundação da várzea, pode-se inferir que a mais nova e mais freqüente regeneração nessa área, possivelmente, foi oriunda de sementes dispersadas e/ou germinadas em 1992, ano que não ocorreu inundação (Tabela 1).

A itubarana não foi encontrada nessa área de várzea. Para a produção de mudas desta espécie, as sementes foram coletadas em árvores da floresta de igapó no Rio Negro, em locais (praias) de cota mais baixa. As sementes de andiroba também não foram coletadas na área de várzea em estudo, por não se encontrar matrizes produzindo sementes. As sementes desta espécie foram coletas em áreas de experimento na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA na BR-174, Km 45.

### 3.2 Regeneração natural sob a copa das árvores matrizes na área de várzea

As mudas da regeneração natural sob a copa das árvores-matrizes das espécies estudadas, foram contadas pelas classes de altura nas faixas de até 0.5m, de 0.5m a 1.0m, de 1.0 a 1.5m e maior do que 1.5m (Higuchi com. pessoal). A contagem e identificação das espécies foram feitas em quadrados de 2,0m por 2,0m (Lamprech, 1990; Higuchi *et al.*, 1985 e Vieira e Hosokawa, 1989), a partir do tronco da árvore e intercalados por quadrados de mesma dimensão, até a distância de 18 m do tronco e nos sentidos norte, sul, leste e oeste. Os cálculos de abundância absoluta e relativa foram feitos segundo Lamprech (1990). Foram medidos os diâmetros da copa das árvores nos sentidos norte-sul e leste-oeste, através de uma trena de 50 metros de comprimento e com o auxílio de uma bússola

### 3.3 Coleta e beneficiamento das sementes

Os frutos da andiroba foram coletados no chão, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e situada no Km 45 da

BR-174, em Manaus, Amazonas.

Os de bacuri, macacaricuia e paracuuba também foram coletados no chão, numa área de várzea, no local conhecido como Santa Rosa, no município de Iranduba (AM). Os de itaubarana foram colhidos no igapó na desembocadura do rio Tarumãzinho, no município de Manaus (AM.). A coleta das sementes foi feita através dos frutos que flutuavam, após serem derrubados por agitação dos ramos da árvore.

A coleta das sementes da sumauma de terra-firme foi feita no campus do INPA, quando da dispersão pelo vento e as sementes de várzea foram obtidas de terceiros.

Após a coleta dos frutos de todas as espécies estudadas, as sementes foram retiradas, lavadas quando necessário (bacuri, macacaricuia e paracuuba), secas ao ar a temperatura ambiente sob sombra, embaladas e transportadas para Lavras (MG), onde foram mantidas em câmara fria a 10° C até a realização dos testes ou o semeio para a produção das mudas.

### **3.4 Caracterização física e germinação das sementes**

Na caracterização física das sementes foram consideradas as determinações de peso de 1.000 sementes, calculado o número de sementes/kg e medidas as três maiores dimensões das sementes: comprimento, largura e espessura

Antes dos testes de germinação as sementes foram mergulhadas numa solução de Benlate a 2% por 2 horas e posteriormente numa solução de formol a 3% por 3 minutos, como medida fitossanitária. Em parte das espécies (bacuri, itaubarana, macacaricuia e sumauma), os testes foram feitos em câmaras de germinação, entre papel e em gerbox. Em outra parte (andiroba e paracuuba), os testes foram feitos em areia e em casa de vegetação. Cada teste de germinação foi encerrado quando a germinação estabilizava no tratamento de maior percentagem de germinação. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente ao acaso. A diferença dos testes de germinação entre as espécies deve-se ao tamanho das sementes. Sementes grande e sem possibilidades de se usar as câmaras de germinação, os teste foram feitas em areia. A diferença dos tratamentos entre as espécies deve-se à necessidade de se abordar as informações preliminares e mais necessária sobre a espécie, uma vez que na maioria delas nenhuma ou pouquíssima referência foi encontrada.

Andiroba - o teste de germinação foi feito em areia, em casa de vegetação do viveiro florestal da Universidade Federal de Lavras (MG). Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes cada. As sementes

foram enterradas até que o substrato cobrisse a semente em aproximadamente 2 cm. Foi considerada germinada a semente que desenvolveu o eixo caulinar com 3 cm de altura a partir da superfície do substrato..

Bacuri - foram testadas as temperaturas de germinação de 25°C, 30°C e 20°- 30°C alternados, com 4 repetições de 20 sementes cada. Foram aplicados ainda, os tratamentos de germinação no escuro e das sementes sem o tegumento e colocadas para germinar à temperatura de 25°C. A semente foi considerada germinada quando a brotação da raiz de ancoramento e a radícula mediram 1 cm de comprimento.

Itaubarana - para o teste de germinação desta espécie, foi considerado os resultados obtidos nos testes de quebra de dormência com o tratamento com ácido sulfúrico (96%) por 20 minutos e em câmara de germinação a 25°C.

Macacariçua - foram testadas as temperaturas de germinação de 25°C, 30°C e 20°- 30°C alternados, com 4 repetições de 20 sementes cada. Foi feita também a germinação em areia, em casa de vegetação, no viveiro florestal da UFLA, Larvas (MG). As sementes foram enterradas até que o substrato cobrisse as sementes em aproximadamente 1 cm. Foram consideradas germinadas, em câmara de germinação, as sementes que emitiram a radícula e alcançaram 1 cm de comprimento e na germinação em areia, as plântulas que alcançaram 1 cm de altura acima da superfície do substrato.

Paracuaba - o teste de germinação foi feito em areia em casa de vegetação (em razão do grande tamanho das sementes) com 3 repetições de 25 sementes cada para cada grupo de sementes. Os grupos foram determinados segundo a forma da semente: sementes arredondadas (uma sementes por fruto), sementes triangulares ou em forma de cunha (sementes das extremidades dos frutos com duas ou mais sementes) e sementes quadrangulares (sementes do centro dos frutos com três ou mais sementes). As sementes foram enterradas até que o substrato cobrisse as sementes em aproximadamente 1 cm. Foram consideradas sementes germinadas aquelas com plântulas com 3 cm de altura acima do substrato.

Sumauma - foram testadas as temperaturas de germinação de 25°C, 30°C e 20°- 30°C alternadas, com 3 repetições de 25 sementes cada. Foi considerada germinada a semente com radícula de 1 cm de comprimento.

### 3.5 Quebra de dormência

Itaubarana - para superar a dormência das sementes desta espécie utilizou-se a escarificação manual em lixa 60, ácido sulfúrico (96%) durante 5, 10, 20 e 30 minutos, ácido nítrico por 20 minutos,

água a 80°C até o resfriamento e água a temperatura ambiente por 24 horas (testemunha), com 4 repetições de 25 sementes cada. Foi considerada germinada a semente que foi posta para germinar e que a radícula tinha 1 cm de comprimento.

### **3.6 Armazenamento**

Itaubarana - As sementes que não foram utilizadas nos testes de germinação, foram mantidas em câmara fria a 10°C e testes periódicos foram realizados em gerbox, entre papel e a 25° C para testar a capacidade de armazenamento das sementes desta espécie. Antes de serem colocadas para germinar as sementes foram submetidas à quebra de dormência pela aplicação de ácido sulfúrico (96%) por 20 minutos.

Sumauma - Foram feitos testes de germinação das sementes de várzea armazenadas por 4 e 8 meses e das sementes de terra-firme armazenadas por 4 meses. Foram consideradas germinadas as sementes com radícula de 1cm de comprimento.

### **3.7 Sobrevivência e crescimento de mudas de 6 (seis) espécies florestais plantadas em área de depleção da U.H. Camargo (MG).**

Este experimento consistiu-se na avaliação da capacidade de sobrevivência das mudas submetidas às condições de campo, no período de antes e após a inundação ocasionada pela cheia da represa da U.H. de Camargos (Itutinga - MG). Foram também avaliados o número de folhas e a altura total das mudas nesse período e em três outras avaliações para observar-se o crescimento e a recuperação das mudas após o estresse da inundação.

As mudas de bacuri, itaubarana, macacaruia e sumauma foram produzidas a partir de sementes germinadas em câmaras de germinação a 25° C e repicadas para sacos plásticos pretos de 12 cm largura por 15 cm de comprimento. As mudas de andiroba e paracuuba foram produzidas a partir de sementes germinadas em areia, em casa de vegetação e repicadas para sacos plásticos de 15 x 25 cm e mantidas sob ripado até serem transportadas para o campo. O substrato utilizado foi uma mistura de terra de barranco (subsolo), casca de arroz carbonizada e estêrco de curral curtido na proporção de 3:1:0,5 respectivamente e adicionado 3.3kg de superfosfato simples por metro cúbico da mistura (substrato utilizado na produção de mudas de espécies nativas no viveiro florestal da UFLA).

Na época do plantio no campo, as mudas de itaubarana estavam com 12 meses de idade e as mudas de andiroba, bacuri, macacaricuia, paracuuba e sumauma com 6 meses de idade.

O plantio das mudas na área de depleção da represa de Camargos foi feito em covas, dentro de sulcos distanciadas de 2 metros em 6 diferentes cotas distanciadas de 2 metros. Cada cova recebeu 1/2 kg de esterco de curral e 100 g de superfosfato simples misturados ao solo da própria cova. Após o plantio foram medidas a altura e número de folhas das mudas. A diferença entre as cotas dos sulcos de plantio foi de 14 cm em média e a diferença entre a mais alta (linha 6) e a mais baixa (linha 1) foi de 68 cm. Foram utilizadas 6 espécies florestais de várzea, plantadas em 6 diferentes cotas, em fatorial, com 4 plantas por parcela linear e 3 repetições em blocos ao acaso.

As avaliações foram feitas através da altura, número de folhas e sobrevivência das mudas antes e após o período de inundação aos 287, 327, 344 dias e aos 419 dias do plantio.

Após 2 meses do plantio em área de depleção, as mudas foram submetidas a uma coluna d'água de no máximo 0.5 m (considerando-se o nível do colo) para aquelas plantadas na linha 1 e até 0.1 m para as plantadas na linha 6 (Figura 1). Esta cheia, seguida de uma vazante parcial teve duração de cerca de 35 dias, retornando à cheia até uma coluna d'água de no máximo 2.55 m, por volta do 120º dia após o plantio.

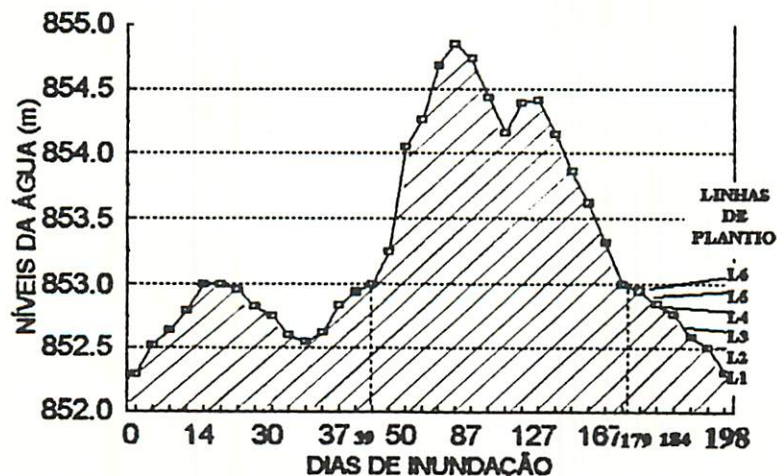


Figura 1 - Número de dias de inundação nas linhas de plantio das espécies estudadas na área de depleção da represa da U.H. Carmargos (MG). UFLA - Lavras (MG). 1995.

Entre o 100º e o 200º dia todas as plantas ficaram totalmente submersas, considerando-se que elas tinham entre 6.0 e 30.0 cm de altura, dependendo da espécie. O período total de inundação, considerando-se o nível do colo foi de 198 dias, para o primeiro ano após o plantio, já que as cheias e as vazantes se repetem todos os anos, a não ser em casos de ocorrência de períodos secos atípicos para a região.

### **3.8 Crescimento de mudas de 6 (seis) espécies florestais submetidas à inundação do sistema radicular, em vaso e em casa de vegetação**

Parte do lote de mudas do plantio na área de depleção na represa de Camargos, foi usada para este experimento em casa de vegetação. Este consistiu na avaliação dos efeitos da inundação sobre as mudas de cada espécie através das variáveis altura, pesos da matéria seca de raiz, caule e folhas, área foliar e número de folhas e calculadas as variáveis da análise de crescimento. Também foi avaliado o efeito da adubação no crescimento, a condutância estomática e transpiração, o número e tamanho dos estômatos e a formação de aerênquimas.

A temperatura e a umidade relativa do ar dentro da casa de vegetação foram medidas através de um termohigrográfo, instalado na parte central da casa de vegetação a 1,2m do piso. Os valores médios diários foram obtidos pelas seguintes expressões:  $T_{média} = (T_9 + 2T_{21} + T_{máx} + T_{mín}) / 5$  e  $UR_{média} = (UR_9 + UR_{15} + 2UR_{21}) / 4$ , onde o número subscrito corresponde à hora de realização da medida, segundo Farias *et al.*, (1993).

A temperatura máxima variou de 22°C a 30°C durante a primeira metade do período e de 30°C a 40°C durante a segunda metade do período das observações. A temperatura média variou entre 15°C e 20°C na primeira metade do período e de 20°C a 27°C na segunda outra metade. A temperatura mínima, variou de 10°C a 15°C na primeira metade do período e de 15°C a 20°C na segunda outra metade.

A umidade relativa máxima variou de 90% a 98% na primeira metade do período e de 80% a 91% na segunda outra metade. A umidade relativa média, variou de 70% a 80% na primeira metade do período e de 60% a 80% na segunda outra metade. A umidade relativa mínima variou de 62% a 45% na primeira metade do período e de 40% a 65% na segunda metade.

#### **3.8.1 Análise de crescimento**

Foram realizadas 3 para a análise de crescimento. A primeira foi feita 91 dias após a instalação



do experimento. Após esta avaliação, foi aplicada a inundação em metade dos vasos das mudas de cada espécie. A segunda avaliação foi feita 5 meses depois (ou 244 dias após instalação do experimento), em seguida foi retirada a água dos vasos das mudas inundadas e aplicada a adubação nestes vasos e nos das plantas não inundadas. A terceira avaliação foi feita 6 meses depois (ou 440 dias após a instalação do experimento).

As mudas de cada espécie foram separadas em dois grupos: um grupo de 30 mudas para as avaliações sem inundação e outro grupo de 30 mudas para as avaliações com inundação. Cada grupo de 30 mudas foi composto de 3 fileiras de 10 mudas cada. Cinco mudas de cada espécie foram escolhidas ao acaso para as medições das variáveis de crescimento.

A altura foi medida com uma régua ou fita métrica milimetrada; os pesos da matéria seca foram medidos em balança semi-analítica e a secagem feita em estufa a temperatura de 72°C por 24 horas; a área foliar foi obtida através de um medidor de área foliar portátil modelo LI-3000 (LI-COR). As variáveis da análise de crescimento foram calculadas com os dados de crescimento obtidos nos períodos após a inundação e após a adubação das mudas de cada espécie e foi feita segundo Margolis e Brand (1990), Benincasa (1988), Reis e Müller (1979), Hunt (1978), Kvet *et al.* (1971), Radford (1967) e Jarvis e Jarvis (1964). O índice de aclimação (IA) à inundação em todas as espécies estudadas foi calculado segundo Margolis e Brand (1990) e pode variar de 0 a 1. As expressões utilizadas foram:

- Taxa de Crescimento Relativo (TCR) =  $(\ln PST_2 - \ln PST_1) / (t_2 - t_1) = g \cdot g^{-1} \cdot dia$
- Taxa Assimilatória Líquida (TAL) =  $[(PST_2 - PST_1) / (t_2 - t_1)] [\ln AF_2 - \ln AF_1] / (AF_2 - AF_1) = g \cdot dm^2 \cdot dia$
- Razão de Área Foliar (RAF) =  $[(AF_1/PST_1) + (AF_2/PST_2)] / 2 = dm^2 / g$
- Razão de, Peso Foliar (RPF) =  $[(PSF_1/PST_1) + (PSF_2/PST_2)] / 2 = g / g$
- Área Foliar Específica (AFE) =  $[(AF_1/PSF_1) + (AF_2/PSF_2)] / 2 = dm^2 / g$
- Índice de Aclimação (IA) =  $[(TCR_1 - TCR_2) / TCR_1] [(TAL_1 - TAL_2) / TAL_1]^{-1}$

Os números subscritos indicam os períodos das medidas e  $(t_2 - t_1)$  é o intervalo entre duas medidas.

### 3.8.2 Efeitos da adubação no crescimento das mudas após a inundação

A adubação foi feita, após o período de inundação, em 5 mudas de cada espécie que tinham sido inundadas e naquelas não inundadas. A adubação seguiu as recomendações básicas considerando-se as análises de solo e foliar das mudas, na seguinte dosagem por vaso de 5,25 litros: N - 400mg; P - 500mg; K - 400mg; Mg - 80mg; B - 2.0mg; Cu - 6.0mg; Zn - 12mg e Mo - 0.4mg. Foi calculada a

TCR em cada espécie para avaliar o efeito da adubação.

### **3.8.3 Condutância estomática e transpiração**

Após a primeira avaliação foram escolhidas 3 (três) plantas de cada espécie dos tratamentos inundado e não inundado e, em cada planta, uma folha completamente expandida foi marcada para as medições porométricas de condutância estomática e transpiração. À medida que esta folha iniciava a apresentar sinais de senescência outra folha era marcada para que se continuasse as medições. Utilizou-se um porômetro de difusão LI 1600-M Steady State, fabricado pela LI-COR e os dados foram coletados no horário de 12:00 às 13:00 horas durante 10 dias consecutivos e, posteriormente, a cada semana.

### **3.8.4 Número e tamanho dos estômatos**

Após o período da inundação, 10 folhas completamente expandidas das mudas inundadas e não inundadas foram conservadas em álcool 70% para a contagem do número de estômatos e medição dos diâmetros polar e equatorial. Estas avaliações foram feitas a partir da epiderme da face abaxial das folhas e da parte central destas. Foram retiradas duas amostras do limbo de cada um dos lados da nervura central, totalizando assim 40 amostras por espécie e em cada tratamento. As folhas dessas espécies não continham estômatos na face adaxial, resultado observado em teste preliminar. A epiderme foi retirada com lâmina de barbear e com auxílio de uma lupa de mesa. A montagem das lâminas foi feita com água glicerinada a 50% e a observação em microscópio com câmara clara e com lente de 40X.

### **3.8.5 A formação de aerênquimas**

Após o período de inundação, foi coletada a extremidade das raízes para cortes anatômicos e observação da formação e/ou existência de aerênquimas nas mudas inundadas e não inundadas. As raízes foram fixadas em FAA-70 por 24 horas e conservadas em álcool 70%, depois foi desidratado e incluído em parafina segundo Johansen (1940), com modificações, e corado em safrablau (safranina 1% + azul de astra 1%, na proporção de 7:3) por 15 minutos. Os cortes anatômicos foram feitos em micrótomo manual a 1 cm da extremidade, na espessura de 15  $\mu$ m. Para a montagem permanente das lâminas foi utilizado o Entellan.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização física e germinação das sementes

#### 4.1.1 Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.)

As sementes de andiroba apresentaram forma triangular irregular, angulosa e faces lateralmente achatadas. As três maiores dimensões mediram  $4.77 \pm 0.13$  cm de comprimento,  $3.73 \pm 0.13$  cm de largura e  $3.81 \pm 0.12$  cm de espessura e podem ser consideradas de tamanho grande ( $\leq 1.0$  cm), segundo Ng (1976) e Harper (1967) citados por Fisch (1990). O número de sementes/kg foi de 52 e o peso de 1.000 sementes foi de 19.231g.

Aos 60 dias após o semeio, as sementes recém colhidas apresentaram 73.5% de taxa de germinação, sendo que destas, 14% morreram em consequência de ataque de patógenos que foram caracterizados pelo enegrecimento do caule da plântula, no nível da superfície do substrato e que evoluiu para a parte superior com áreas necrosadas, típico de "damping-off".

O início da germinação ocorreu após os 8 dias da semeadura, prosseguiu lenta até 20 dias e tornou-se mais rápida até os 40 dias, quando diminuiu novamente a velocidade a níveis quase nulos até os 53 dias.

A desuniformidade da germinação da andiroba também foi observada por Fisch (1990), a qual foi registrada, ocorrendo lentamente, até 100 dias após a semeadura, quando a germinação chegou a 60%. Estes resultados também estão de acordo com os de Alencar e Magalhães (1979), que citam que a espécie apresenta poder germinativo maior que 50% e que requer longo período para completar a germinação. Vianna (1982) encontrou o valor de 75% nos testes iniciais de germinação da andiroba antes do armazenamento e, Magalhães, Fernandes e Alencar (1979) encontraram 78%, com início aos 7 dias permanecendo germinando até 61 dias após a semeadura. Isto caracteriza a existência de um leve grau de dormência, como uma estratégia de estabelecimento, distribuindo a germinação no tempo.

A germinação das sementes da andiroba ocorreu inicialmente pela emissão da radícula seguida pelo aparecimento dos pecíolos cotiledonares na parte externa da semente e posteriormente, entre os pecíolos cotiledonares, aparece o eixo caulinar, inicialmente curvo com extremidade presa entre os pecíolos, mas depois torna-se ereto e voltado para cima. O desenvolvimento da plântula continua sem a emissão de folhas até 15 cm ou mais de altura, apenas apresentando catáfilos ao longo do eixo caulinar. Esta forma de germinação, é citada como semi-hipógea e criptocotiledonar, com parte dos cotilédones conferruminados projetando-se para fora da semente (Fisch, 1990). Segundo Ng (1976) as sementes maiores, geralmente não utilizam ou restringem o potencial fotossintético dos cotilédones, apresentando germinação hipógea ou semi-hipógea. As sementes desta espécie podem ser consideradas recalcitrantes, devido a viabilidade estar diretamente relacionadas com o teor de umidade e nas plântulas o número de catáfilos é freqüentemente 4 (Fisch, 1990).

Ao final dos 60 dias do semeio, as mudas encontravam-se com as dimensões constantes na Tabela 2.

Tabela 2 - Características morfológicas das mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) após 60 dias do semeio em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG).

H	D	NF	AF	PSR	PSC	PSF	PST
19.4	8	31	351	119	184	182	4.85

H-altura (cm); D-diâmetro do colo (mm); NF-número de folhas; AF-área foliar (dm<sup>2</sup>); PSR, PSC, PSF e PST - Pesos da matéria seca (g) da raiz, caule, folha e total, respectivamente.

Comparando-se estes dados com os de Fisch (1990) no tratamento em areia lavada, em condições climáticas de ocorrência natural da espécie, observa-se que em todas as variáveis deste experimento, ao final de 60 dias, os valores foram sempre maiores (exceção da área foliar), indicando que as condições do local do experimento, favoreceu o crescimento em geral nesta fase inicial do desenvolvimento da espécie.

#### 4.1.2 Bacuri (*Rheedia benthamiana* Pt. et Tr.)

As sementes do bacuri apresentaram forma elíptica e cilíndrica achatada. As três maiores dimensões foram  $2.28 \pm 0.05$ cm de comprimento,  $1.18 \pm 0.02$ cm de largura e  $0.83 \pm 0.016$ cm de espessura e podem ser consideradas de tamanho grande, segundo Ng (1976) e Harper (1967) citados por Fisch

(1990). O peso de 1.000 semente foi de  $1.419,3 \pm 13,5$ g e o número de sementes/kg foi de 704,5.

A germinação das sementes em testes preliminares mostrou-se relativamente demorada e desuniforme e na maioria das sementes, uma raiz desenvolveu-se na região da chalaza. Esta raiz desenvolveu-se paralelo ao sistema radicular da muda. Depois que ocorreu a germinação da semente, o crescimento desse sistema radicular foi menor. Esse sistema radicular tinha características de pivotante, com ramificações secundárias fina e resistentes ao longo de sua extensão, brotou antes da germinação propriamente dita e fixou a semente ao solo. Para esse sistema radicular sugere-se a denominação de "sistema radicular de ancoramento" em razão de que sua aparente função seja de fixar a semente ao solo para que esta não seja arrastada pela corrente das águas e se perdam no leito do rio. O sistema radicular de ancoramento cresceu a partir de um ponto saliente e mais escuro na semente, na extremidade oposta onde desenvolveu-se a plântula na germinação propriamente dita e está ligado a esta por uma estrutura tubular, inicialmente de consistência tenra, mas que posteriormente torna-se lenhosa e atravessa a semente no sentido longitudinal (Figura 2a e 2b).

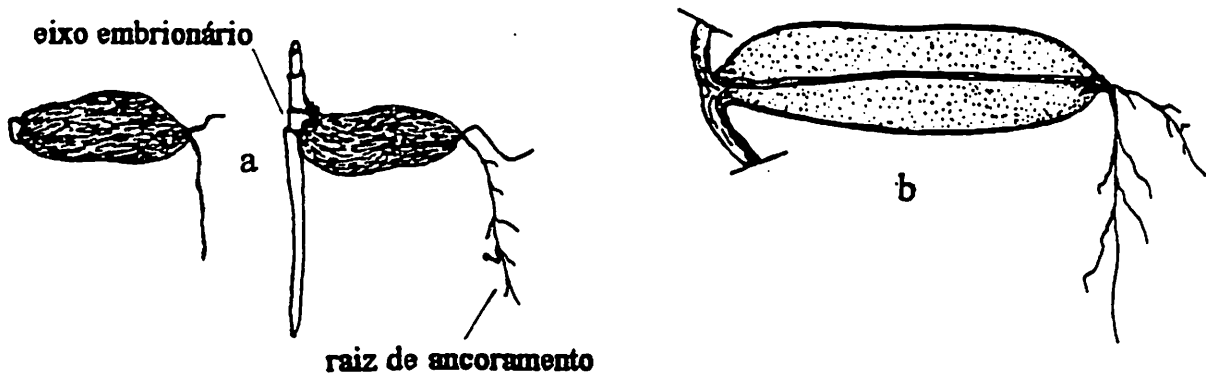


Figura 2 - Germinação da semente de bacuri (*Rheedia benthamiana* Pl. et Tr.), mostrando a brotação da raiz de ancoramento e a germinação da semente (a); Corte longitudinal com a estrutura tubular que liga o ponto de crescimento do sistema radicular de ancoramento ao da germinação propriamente dita (b).

Os resultados dos tratamentos aplicados, mostram que a germinação foi maior quando retirado o tegumento das sementes e colocadas para germinar a 25°C (Tabela 3). Isto pode ser observado para a brotação da raiz de ancoramento e para a germinação propriamente dita na outra extremidade da semente.

Tabela 3 - Percentagem de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de bacuri (*Rheedia benthamiana* Pl. et Tr.) submetidas a diferentes tratamentos. UFLA - Lavras (MG), 1995.

Raiz de ancoramento			Germinação propriamente dita		
Tratamento	G(%)*	IVG*	Tratamento	G(%)*	IVG*
25°C - sem tegumento	96.3a	0.524a	25°C - sem tegumento	98.1a	0.495a
25°C - com tegumento	52.6b	0.163b	25°C - com tegumento	81.1ab	0.197b
30°C - com tegumento	43.7b	0.122bc	30°C - com tegumento	56.4 b	0.170b
25°C escuro - c/tegumento	43.3b	0.089bc	25°C escuro - c/ tegumento	51.7 bc	0.152bc
20°C-30°C - c/ tegumento	19.7c	0.043 c	20°C-30°C - c/ tegumento	12.4 c	0.032

(\*) - Médias de tratamentos seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A protusão da raiz de ancoramento foi mais sensível à presença do tegumento do que a germinação propriamente dita, visto pela diferença da percentagem de germinação entre as sementes com e sem tegumento, ambas germinadas a 25°C. Neste tratamento a germinação foi antecipada e mais uniforme, indicada pelo IVG maior (Tabela 3). A máxima germinação foi alcançada aos 113 dias após a semeadura. O tratamento em condições alternadas de temperatura a 20°C e 30°C, foi o de menor valor (Tabela 3), evidenciando que a espécie apresenta maior aptidão para germinar em ambientes com temperaturas mais uniformes. -

A maior germinação das sementes no tratamento sem tegumento indica uma possível ação inibitória de alguma substância nela presente, considerando-se que o tegumento aparentemente não ofereceu resistência mecânica ao crescimento das estruturas do eixo embrionário e à entrada de água e gases para a germinação,

A brotação da raiz de ancoramento antecipou a germinação propriamente dita em 25 dias. Esta antecipação está indicada pelo maior IVG no tratamento de 25°C sem tegumento. Este resultado é de grande importância para a fixação da semente ao solo antes de iniciar a germinação da plântula e o estabelecimento da muda em áreas sujeitas à inundação, onde as sementes como as do bacuri estariam

sujeitas ao arraste pela corrente das águas e se perderem no leito do rio. Isto expressa uma adaptação que assegura a localização de sítios apropriados para o estabelecimento da espécie (Howe e Smallwood, 1982)

#### 4.1.3 Itaubarana (*Acosmium nitens*) (Vog.) Yakoulev

As sementes de itaubarana apresentaram forma arredondada, levemente achatada e de cor amarela intensa. O comprimento mediu  $1.61 \pm 0.015$ cm, a largura  $1.41 \pm 0.02$ cm e a espessura  $0.82 \pm 0.01$ cm. O peso de 1.000 sementes foi de  $1.164 \pm 4.960$ g e o número de sementes/kg foi de 859 sementes. O tegumento da semente é duro e impermeável à entrada de água. Para que as sementes pudessem absorver água em um período mais curto de germinação aplicou-se os tratamentos constantes na Tabela 4.

Tabela 4 - Percentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakoulev) submetidas aos tratamentos para quebra de dormência tegumentar. UFLA - Lavras (MG). 1995.

Trat	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /10'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /20'	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /30'	LIXA 60	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /5'	HNO <sub>3</sub> /20'	H <sub>2</sub> O-80°C	TEST.
%G	100.00a	100.00a	98.99a	91.32b	86.06b	0.00c	0.00c	0.00c
IVG	1.51a	1.42a	1.42a	1.43a	1.24b	0.00c	0.00c	0.00c

(\*) - Médias de tratamentos seguidas de mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O período de germinação foi de 20 dias e iniciou-se antes dos 12 primeiros dias após a semeadura. Nesse período, a germinação nos tratamentos H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/10', 20' e 30' alcançou o máximo de 100%, praticamente, enquanto que nos tratamentos com Lixa 60 e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/5" as percentagens foram não diferentes entre si, porém diferentes dos outros tratamentos. Os tratamentos com HNO<sub>3</sub>/20', H<sub>2</sub>O-80°C e a Testemunha não produziram qualquer efeito na germinação e no IVG. Os índices de velocidade de germinação nos tratamentos H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/10', H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/20', H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/30' e Lixa 60 não foram diferentes entre si.

O tratamento com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/10' é melhor indicado para a quebra de dormência das sementes de itaubarana por ser eficiente, mais rápido e de efeito mais uniforme. O tratamento com Lixa 60 é de custo menor porém é operacionalmente difícil e demorado.

Um fator importante a ser considerado para a silvicultura da espécie é que esta produz grandes quantidades de sementes por árvore, é de fácil coleta e podem ser armazenadas por 2 anos em câmara fria a 10°C (Tabela 5). As árvores são fáceis de serem encontradas às margens dos rios e são também de fácil acesso. As sementes armazenadas por 2 meses, 1 e 2 anos após a coleta, apresentaram crescentes valores das porcentagens de germinação com um maior tempo de armazenamento (Tabela 5).

Tabela 5 - Percentagem de germinação das sementes de itaubarana (*Acosmiun nitens* (Vog.) Yakoulev) armazenadas em câmara fria a 10°C por 2 meses, 1 e 2 anos . UFLA - Lavras (MG). 1995.

TRATAMENTO	PERCENTAGEM DE GERMINAÇÃO		
	2 MESES	1 ANO	2 ANOS
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /20'	50.0	67.5	100.0

Estes dados indicam a existência de uma provável dormência de maturação embrionária na espécie, visto que a germinação aumenta com o maior tempo de armazenamento em até 2 anos. Nesse aspecto pesquisas devem ser desenvolvidas incluindo outros parâmetros mais específicos de avaliação desse tipo de dormência, em razão de que somente a percentagem de germinação foi avaliada. Sob o aspecto silvicultural, na produção de um grande número de mudas, a diferença da porcentagem de germinação entre os períodos de armazenamento não significa um grande problema porque as árvores matrizes produzem muitas sementes por árvore e estas são de fácil coleta.

#### 4.1.4 Macacaricuia (*Couroupita guianensis* Aubl.)

As sementes de macacaricuia apresentaram forma semi-circular, achatadas de cor marron e tinham o comprimento de  $1.19 \pm 0.02$ cm, largura de  $1.10 \pm 0.02$ cm e espessura de  $0.36 \pm 0.01$ cm. O peso de 1.000 sementes foi de  $199 \pm 1,54$ g e o número de sementes/kg foi de 5.025 sementes.

Os dados da Tabela 6 mostram que a germinação foi diferente quando as sementes foram colocadas para germinar a temperatura de 25°C e em temperaturas de 20°C-30°C alternadas. O mesmo resultado ocorreu para o índice de velocidade de germinação. Isto mostra que a espécie apresenta mais aptidão para germinar em temperaturas uniformes e na faixa de 25°C a 30°C.



Tabela 6 - Percentagem de germinação (%G) e Índice de velocidade de germinação (IVE) de sementes de macaricuia (*Couroupita guianensis* Aubl.) submetidas a diferentes condições de germinação. UFLA - Lavras (MG). 1995.

Tratamento	25°C	30°C	C.vegetação	20°C-30°C
%G*	78.00a	63.10ab	61.89ab	40.79b
IVG*	0.94a	0.91ab	0.58b	0.33b

(\*) - Médias de tratamentos seguidas das mesmas letras nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados da Tabela 6 mostram que para a germinação das sementes de macaricuia podem-se utilizar as temperaturas de 25°C ou de 30°C sem que as diferenças sejam significativas. A germinação estabilizou-se aos 28 dias após o seu início. Cunha *et al.* (1989), indicam a temperatura de 30°C para os testes de germinação com esta espécie, baseados na primeira contagem aos 12 dias com a percentagem de germinação ultrapassando os 50% da média final. Porém esses autores não incluíram o tratamento de germinação a 25°C. Estes dados podem ser considerados nos estudos de padronização dos testes de germinação para as Regras de Análise de Sementes.

Quanto ao aspecto silvicultural as árvores produzem frutos praticamente o ano inteiro (informações de ribeirinhos da várzea onde ocorriam as árvores matrizes), são fáceis de serem localizadas na floresta de várzea e cada fruto pode produzir mais de 100 sementes, desta forma a produção de mudas desta espécie não apresenta maiores problemas quanto a obtenção de propágulos.

#### 4.1.5 Paracuuba (*Lecointea amazonica* Ducke)

As sementes de paracuuba apresentaram formas e tamanhos variados. Os frutos continham 1, 2, 3 e até 4 sementes. Quando o fruto continha 1 semente, esta era de forma arredondada, com superfície abaulada e irregular; quando o fruto continha 2 sementes, estas eram de forma semelhante a meia-lua, em forma de cunha ou triangular e quando o fruto continha 3 ou mais sementes, eram de forma semelhante a meia-lua aquelas situadas nas extremidades do fruto e, eram de forma quadrangular, aquelas sementes situadas no centro, isto é, entre as duas sementes das extremidades. Em um lote de 691 frutos, 79.3% eram de frutos com 1 semente, 14.9% eram de frutos com 2 sementes e 5.8% eram de frutos com 3 ou mais sementes.

O peso de 1.000 sementes oriundas de frutos com 1 semente foi de  $14.415 \pm 265$  g e o número de sementes/kg foi de 69.4. O peso de 1.000 sementes das extremidades do fruto foi de  $10.709 \pm 420$ g

e o número de sementes/kg foi de 93.4. Já o peso de 1.000 sementes do centro do fruto foi de  $5.962 \pm 460$ g e o número de sementes/kg foi de 167.7. Na determinação do peso de 1.000 sementes com o lote contendo todos os tipos de sementes, o valor foi de  $12.071 \pm 96$ g e número de sementes/kg foi de 82.8

A germinação hipógea das sementes de paracuuba em areia e em casa de vegetação, iniciou-se a partir de 19 dias e encerrou-se aos 65 dias da sementeira. Os vários tipos de sementes não apresentaram percentagem de germinação diferentes. As sementes da extremidade do fruto e do grupo misto apresentaram IVE não diferentes entre si e diferentes do IVE das sementes de 1 semente/fruto e daquelas sementes de centro (Tabela 7).

Tabela 7 - Percentagem de germinação (%G) e Índice de velocidade de emergência (IVE) de diferentes grupos de sementes de paracuuba (*Lecointea amazonica* Ducke) germinadas em areia e em casa de vegetação no viveiro florestal da UFLA/Lavras, MG.

Grupo de sementes	Sementes das extremidades	Misto	Semente do Centro	1 semente/fruto
%G*	86.67a	81.33a	80.00a	71.67a
IVE*	0.52a	0.48a	0.18c	0.36b

(\*) - Médias dos grupos seguidas das mesmas letras nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As diversas formas e tamanhos das sementes desta espécie não influenciaram a germinação. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Façanha e Varela (1987), ao trabalharem com muirapiranga (*Eperua bijuga* Marth, ex Benth.) em que o tamanho das sementes não modificou a percentagem de germinação. Porém, estes dados não concordam com os de Cândido (1974), que ao trabalhar com sementes de *Araucaria angustifolia* Bert. O.Ktze., encontrou que a percentagem de germinação foi superior para a classe de sementes com maior tamanho.

As mudas originadas desses grupos de sementes apresentaram desenvolvimento normal quando avaliado 65 dias após a sementeira. A altura das mudas formadas de 1 semente/fruto e de sementes da extremidade dos frutos, não foram diferentes entre si, mas diferentes da altura das mudas das sementes do centro dos frutos (Tabela 8).

Tabela 8 - Médias da altura das 10 maiores mudas oriundas dos grupos de sementes de paracuuba (*Lecointea amazonica* Ducke) semeadas em areia em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995.

Grupo de sementes	Médias da altura (cm) das mudas*
1 semente/fruto	37.85a
Sementes da extremidade	35.20a
Sementes de centro	28.20b

(\*) - Médias dos grupos seguidas das mesmas letras na coluna não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As sementes do grupo de 1 semente/fruto apresentaram um atraso na germinação (menor IVE) em relação às sementes da extremidade do fruto (Tabela 7), porém produziram mudas com maior crescimento inicial e não tiveram altura diferente das mudas originadas das sementes da extremidade do fruto (Tabela 8). Embora com a germinação não diferente entre estes dois grupos de sementes o crescimento inicial das mudas de 1 semente/fruto estão de acordo com Davide e Botelho (1990), que citam que "quanto maior o peso ou o tamanho da semente, maior será a germinação em determinado tempo e o vigor, com conseqüente maior crescimento inicial da muda". Estes autores confirmam essa regra ao trabalharem com sementes de *Hevea brasiliensis* e citam os resultados dos trabalhos de Pereira e Garrido (1976) com *Eucalyptus grandis*, Mendes et al. (1978) com *E. grandis*, Pires et al. (1984) com *Araucaria angustifolia*. Façanha e Varela (1987) trabalhando com muirapiranga (*Eperua bijuga* Marth, ex Benth.) também encontraram que as sementes de maior tamanho originaram mudas maiores do que as de menor tamanho.

A diferença em altura das mudas não deve ser um fator que possa influenciar no aproveitamento das de menor tamanho quando forem levadas para plantio, considerando-se que a variável altura pode sofrer influência de diversos fatores (Carneiro, 1983). Observações empíricas têm demonstrado que mudas de folhosas de diferentes tamanhos igualam-se um ano após terem sido plantadas no campo (Gomes e Couto, 1983).

#### 4.1.6 Sumauma (*Ceiba pentandra* Gaertn)

As sementes de sumauma apresentaram forma ligeiramente arredondadas e tiveram o comprimento de  $0.620 \pm 0.011$  cm, largura de  $0.554 \pm 0.008$  cm e espessura de  $0.388 \pm 0.008$  cm. O peso de 1.000 sementes

foi de 56.6g e o número de sementes/kg foi de 17.668. Estes dados estão de acordo com os citados por Chinea-Rivera (1990), de que o tamanho da semente da sumauma tem cerca de 6 mm de comprimento e o número de sementes/kg varia de 7.000 a 45.000 sementes.

A germinação epigea da sumauma não foi influenciada pelas diferentes temperaturas de germinação testadas (Tabela 9). O tratamento a 30°C antecipou a germinação em relação ao tratamento com temperatura alternada de 20°C-30°C.

Tabela 9 - Percentagem de germinação (%G) e Índice de velocidade de germinação (IVG) em diferentes temperaturas de germinação e Percentagem de germinação (%G) de sementes de sumauma (*Ceiba pentandra* Gaertn.) oriundas de terra-firme e várzea armazenadas em geladeira por 4 e 8 meses. Lavras (MG). 1995.

Temperatura de germinação	%G*	IVG*	Origem das sementes	%G*
30°C	49.3ns	2.41a	Terra-firme (4meses)	89.3A
25°C	49.3ns	1.71ab	Várzea (4meses)	60.0B
20°C-30°C	30.6ns	0.95b	Várzea (8 meses)	49.3B

(\*) - NS, não significativo ao nível de 5% pelo teste "F". Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estes resultados mostram que a germinação da sumauma ocorreu sem modificações em condições de maior variação de temperatura. Denslow (1981), citado por Kageyama e Viana (1991) relata que em florestas do Suriname e de Gana a amplitude de temperatura em clareiras grandes foi de 6.3°C. Devido demandar alta quantidade de luz, esta espécie é comumente encontrada em habitats muito abertos, mas está presente também em florestas fechadas (Chinea-Rivera, 1990). Isto é característico de espécies do grupo das chamadas "pioneiras". A presença de espécies pioneiras é limitada a abertura de clareiras naturais ou não, incluindo clareiras abertas pelo homem (Budowski, 1965 e Kageyama e Viana, 1991). D'Oliveira (1989), citado por Cruz (1991), observou a ocorrência de regeneração natural de sumauma em clareiras e trilhas do pátio de toras um ano após a exploração. Chinea-Rivera (1990), cita que a germinação pode variar de 50% a 80% e que esta inicia aos 12 dias após o semeio. No tratamento a 30°C o início da germinação ocorreu aos 4 dias da semeadura, a 25°C e na temperatura alternada de 20°C-30°C ocorreu aos 7 dias da semeadura.

As sementes oriundas de matrizes de várzea, não tiveram a germinação diferente quando armazenadas em geladeira com temperatura variando de 5°C a 8°C e por 4 e 8 meses após a coleta. Nas mesmas condições, as sementes de uma matriz de terra-firme armazenadas por 4 meses após a

coleta, tiveram a germinação maior do que as semente de várzea (Tabela 9). Segundo Chinea-Rivera (1990), as sementes dessa espécie não requerem estratificação e são conhecidas por perder a viabilidade após 1 ano. Os fatores que modificaram a germinação entre as sementes de terra-firme e de várzea, podem ter diferentes causas. Segundo Vianna (1982), citando Stein *et al.*, (1974), a longevidade das sementes é afetada por diversos fatores durante o armazenamento, como o tipo de sementes, estágio de maturação, tratamentos anteriores ao armazenamento, viabilidade e conteúdo de umidade das sementes, temperatura do ar, umidade e pressão de oxigênio durante o armazenamento e grau de infecção por fungos e bactérias.

Sob o aspecto silvicultural, a produção de mudas de sumauma limita-se à produção de sementes que é relativamente difícil. A dispersão das sementes é anemocórica, as árvores são difíceis de serem escaladas por suas grandes dimensões e possuem 'espinhos' e geralmente encontram-se às margens dos rios o que impossibilita a coleta de sementes dispersadas pois estas na maioria caem na água. Evidentemente, estes problemas seriam superados com o desenvolvimento de técnicas eficientes de coleta de sementes antes da dispersão natural.

## **4.2 Regeneração natural (RN) sob a copa das árvores**

### **4.2.1 Bacuri - as árvores de bacuri apresentaram em média $9.5 \pm 0.7$ m de diâmetro de copa.**

A maioria da RN desta espécie ocorreu nas parcelas mais próximas ao tronco da árvore e com a altura de até 0.5m. As mudas de outras classes de altura também ocorreram sob a copa da árvore matriz, mas em menor proporção (Tabela 10).

Estes resultados evidenciam a predominância da dispersão barocórica da espécie, embora que os frutos (baga de cor amarela intensa) podem ser dispersados por macacos e pássaros que destes se alimentam (informações de ribeirinhos próximos ao local). Uma maior concentração de plântulas ocorrendo nas proximidades da planta mãe e um menor número a distâncias maiores das matrizes, evidenciam diferentes estratégias de dispersão e estabelecimento de mudas (Schubart, 1983). Outro fator que provavelmente contribuiu para uma maior densidade de mudas sob a copa das árvores matrizes é a ausência de enchente do rio no ano de 1992, que alcançasse a superfície do solo da floresta (Tabela 1). Isto permitiu que as sementes germinassem sem serem arrastadas pelas águas. O formato elíptico e cilíndrico das sementes pode facilitar o arraste pelas águas para outros locais. Por outro lado, esta espécie dispõe do mecanismo de fixação das sementes ao solo pelo sistema radicular de ancoramento, que não permite que esta seja

arrastada para outros pontos na floresta após a dispersão.

A RN de altura maior do que 0.5 m, sob a copa da árvore matriz, possivelmente é oriunda da dispersão de sementes de anos anteriores a 1992. Nos 6 anos anteriores a 1992, ocorreram enchentes que inundaram a várzea em pelo menos 95 dias (Tabela 1), isto indica que parte das mudas desta espécie suportou a inundação em pelo menos um ano.

Tabela 10 - Densidades absoluta e relativa da regeneração natural de bacuri (*Rheedia benthamiana* Aubl.) e de outras espécies por classe de altura e em parcela de 2 x 2 m na várzea do rio Amazonas. UFLA - Lavras (MG). 1995.

PAR- CELA	ES - PECIE	CLASSES DE ALTURA DA REGENERAÇÃO NATURAL (m)							
		0.0 - 0.5		0.5 - 1.0		1.0-1.5		> 1.5	
		D.A.	D.R	D.A.	D.R	D.A.	D.R.	D.A.	D.R.
0 - 2m	BACURI	64.6	91.9	0.1	8,0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	5.7(2.3)	8.1	0.9(0.7)	92,0	0.7(0.7)	100.0	2.5(1.3)	100.0
4 - 6m	BACURI	32.5	80.6	0.0	0,0	0.1	19.5	0.1	5.3
	OUTRAS	7.8(2.6)	19.4	0.4(0.4)	100,0	0.3(0.3)	80.5	1.4(1.3)	94.7
8 -10m	BACURI	20.8	42.0	0.0	0,0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	28.7(2.3)	58.0	1.3(1.0)	100,0	0.3(0.3)	100.0	0.6(0.6)	100.0
12-14m	BACURI	0.5	3.9	0.0	0,0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	12.3(2.3)	96.1	0.8(0.5)	100,0	0.2(0.2)	100.0	1.8(1.3)	100.0
16-18m	BACURI	0.4	6.4	0.2	28,8	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	6.2(2.1)a	93.6	0.4(0.3)	71,2	0.3(0.3)	100.0	0.8(0.8)	100.0

D.A. - Densidade absoluta D.R. - Densidade relativa No parêntese, a média do número de espécies a - 1.3% é sumauma

As diferentes formas e eficiência da dispersão das sementes de bacuri provavelmente foram responsáveis por uma boa distribuição da espécie na floresta. As Tabelas 11, 12 e 13 mostram que as mudas de bacuri também ocorreram sob a copa das árvores das outras espécies estudadas. Estes dados estão de acordo com D'Oliveira (1989), citado por Cruz (1991) que concluiu que o bacuri apresenta alta abundância (densidade) e boa distribuição, tanto nas áreas exploradas como nas áreas não exploradas, o que garante a sua presença na composição da futura floresta.

O desenvolvimento desta espécie às margens das represas das hidrelétricas pode contribuir de forma muito importante na manutenção de um melhor equilíbrio ambiental. A dispersão das sementes pode garantir a perpetuação da espécie e a regeneração em outros locais. Os frutos podem participar da alimentação dos animais e inclusive do homem. O estabelecimento da RN pode manter uma maior

estabilidade da superfície do solo, o que evitaria o assoreamento das represas e por outro lado, criariam-se condições para o estabelecimento e desenvolvimento de outras espécies. A abundância e a boa distribuição da espécie garante sua presença na composição da futura floresta.

**4.2.2 Macacaricuia** - as árvores de macacaricuia mediram  $22.1 \pm 2.5$  m de diâmetro de copa. A regeneração natural da própria espécie não ocorreu sob a copa da árvore matriz e das outras espécies observadas, somente a regeneração de outras espécies, principalmente a de altura de até 0.5 m que ocorreu numa variação entre 9.7 a 11 mudas por parcela, independente da distância do tronco e até 18 metros. O número das outras espécies com tamanho de até 0.5m e na distância de 14m distância do tronco, ocorreu com 3 a 4 mudas por parcela. Foram encontradas entre as RN de outras espécies, sob a copa da macacaricuia, mudas de bacuri e sumauma com altura de até 0.5m e somente mudas de bacuri com altura de até 1.5m na distância de até 14m do tronco (Tabela 11).

Tabela 11 - Densidades absoluta e relativa da regeneração natural de macacaricuia (*Couroupita guianensis* Aubl.) e de outras espécies por classe de altura e em parcela de 2 x 2 m na várzea do rio Amazonas. UFLA - Lavras (MG). 1995.

PAR- CELA	ES- PÉCIE	CLASSES DE ALTURA DA REGENERAÇÃO NATURAL (m)							
		0.0 - 0.5		0.5 - 1.0		1.0 - 1.5		> 1.5	
		D.A.	D.R.	D.A.	D.R.	D.A.	D.R.	D.A.	D.R.
0 - 2 m	Macacaricuia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	9.7(3.2)a	100.0	1.9(1.4)	100.0	0.6(0.6)b	100.0	0.5(0.5)	100.0
4 - 6 m	Macacaricuia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	9.8(4.3)c	100.0	0.5(0.5)	100.0	0.4(0.4)	100.0	1.4(1.3)	100.0
8-10m	Macacaricuia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	9.8(4.2)d	100.0	0.3(0.3)	100.0	0.5(0.3)	100.0	1.2(1.2)	100.0
12-14m	Macacaricuia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	11.0(3.3)e	100.0	0.8(0.7)	100.0	0.9(0.9) f	100.0	1.3(1.3)	100.00
16-18m	Macacaricuia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	10.9(2.5)	100.0	0.9(0.7)	100.0	0.4(0.4)	100.0	1.2(1.1)	100.0

D.A. - Densidade absoluta  
número de espécies

D.R. - Densidade relativa

No parêntese, a média do número de espécies

a - 19.8% é bacuri e 0.86% é sumauma

b - 14.3% é bacuri

c - 3.4%

é bacuri

d - 7.1% é bacuri e 0.8% é sumauma

e - 1.5% é bacuri

f - 9.3% é bacuri

A dispersão das sementes pode ser feita principalmente por duas formas, a primeira é a barocórica, a qual acompanha o fruto que cai quando maduro, que apodrece no solo e libera as sementes;

a segunda é zoocórica, que é feita por macacos que se alimentam da própria semente; no chão da floresta as sementes podem ser levadas por roedores ou quando umidecidas, afundam e podem ser dispersadas pelos peixes. Observa-se que todos os agentes dispersores, da segunda forma de dispersão, são predadores das sementes. Além disso, a ausência da regeneração natural da macacaricúia sob a copa da árvore matriz pode ocorrer pelo fato de que esta possui esgalhamento distinto e emaranhado, conforme cita Lorenzi (1992), o que propicia o crescimento de outras espécies inclusive de porte menor e arbustivo, impedindo que a RN da própria espécie se desenvolva em consequência da alta concorrência. Por estes dados pode-se supor que a ausência de regeneração natural desta espécie ocorreu por excesso de predação e pela alta concorrência sob a árvore matriz para a germinação e/ou estabelecimento das mudas.

O desenvolvimento desta espécie às margens das represas de hidrelétrica contribuiria com as sementes e frutos como fontes de alimento para os animais, inclusive peixes; pelo rápido crescimento, contribuiria para o estabelecimento de outras espécies e na fase adulta, permitiria o desenvolvimento de outras espécies sob a copa, fator importante para evitar a erosão e consequente assoreamento da represa e por fim a utilização industrial da madeira.

**4.2.3 Paracuuba** - as árvores de paracuuba mediram  $12.4 \pm 1.1$  m de diâmetro de copa. A RN ocorreu sob a copa das árvores matrizes até a distância de 14 m do tronco. A predominância foi de mudas com altura até 0.5 m. As mudas nas outras classes de altura também ocorreram porém com menor densidade. Entre 16 a 18 m do tronco não ocorreu a RN da espécie, isto provavelmente porque a copa da árvore matriz tenha somente 12.4 m de diâmetro e a dispersão predominante seja a barocórica (Tabela 12). A RN da paracuuba desenvolveu-se sob a copa da árvore matriz, principalmente nas duas parcelas mais próximas ao tronco e alcançaram altura maior de 1.5 m, apesar do número de plantas das outras espécies ser sempre maior em cada parcela, exceção da parcela de 4 a 6 m, evidenciando a capacidade de concorrência da espécie.

A presença de RN em todas as classes de altura sob a copa da árvore matriz deve-se a uma rápida germinação após a dispersão (a partir de 19 dias da semente) e a um rápido crescimento inicial das mudas que alcançaram mais de 35 cm de altura em 2 meses aproximadamente. O rápido crescimento inicial é característico de espécies com grande reserva contida nas sementes (Davide e Botelho, 1990) e na paracuuba é maior naquelas de uma semente por fruto.



Tabela 12 - Densidades absoluta e relativa da regeneração natural de paracuuba (*Lecointea amazonica* Ducke) e de outras espécies por classe de altura e em parcela de 2 x 2 m na várzea do rio Amazonas. UFLA - Lavras (MG). 1995.

PAR- CELA	ES- PÉCIE	CLASSES DE ALTURA DA REGENERAÇÃO NATURAL (m)							
		0.0-0.5		0.5-1.0		1.0-1.5		> 1.5	
		D.A.	D.R.	D.A.	D.R.	D.A.	D.A.	D.A.	D.R.
0 - 2 m	Paracuuba	3.1	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	14.5
	OUTRAS	11.7(4.0)a	79.1	1.1(0.9)	100.	0.8(0.8)b	100.	1.0(1.0)	85.5
4 - 6 m	Paracuuba	15.7	57.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	10.7
	OUTRAS	11.4(2.8)c	42.2	0.6(0.5)	100.	0.1(0.1)	100.	1.4(1.2)	89.3
8 -10m	Paracuuba	1.4	14.2	0.1	12.1	0.1	32.0	0.0	0.0
	OUTRAS	8.6(3.2)d	85.8	0.6(0.6)	87.9	0.2(0.2)	68.0	1.8(1.4)e	100.
12-14m	Paracuuba	0.1	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	13.2(3.2)f	99.2	0.4(0.4)g	100.	0.4(0.4)h	100.	1.1(1.0)i	100.
16-18m	Paracuuba	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	6.2(3.4)j	100.	1.8(0.7)	100.	0.2(0.2)	100.	1.0(0.9)	100.

D.A. - Densidade absoluta      D.R. - Densidade relativa      No parêntese, a média do número de espécies

a - 2.8% é bacuri e 1.5% é sumauma      b - 11.1% é bacuri      c - 2.2% é bacuri e 0.7% é sumauma      d - 2.9% é bacuri      e - 4.5% é bacuri      f - 2.5% é bacuri      g - 21.3% é bacuri      h - 43.6% é bacuri      i - 7.6% é bacuri      j - 4% é bacuri.

A RN de altura até 0.5 m, provavelmente foi oriunda da dispersão do ano anterior, visto que em 1992 não ocorreu cheia do rio que alcançasse a superfície do solo na floresta da várzea em estudo. Na enchente, os frutos flutuam e podem ser dispersados pela corrente das águas e pelos peixes que deles se alimentam. As informações de ribeirinhos revelam que as "jatuaranas" (*Brycon* spp.), "tambaquis" (*Colossoma bidens* Spix), etc. se alimentam dos frutos. A presença de RN nas classes de altura maiores de 0.5m, provavelmente tem mais de um ano de idade e sendo assim, passaram por pelo menos um período de cheia, uma vez que nos 6 anos anteriores a 1992 ocorreram enchentes que cobriram a área de várzea em pelo menos 95 dias (Tabela 1), indicando que a espécie resiste ao estresse da inundação.

Sob a copa das árvores de paracuuba também são encontradas, a RN de bacuri principalmente e de sumauma (Tabela 12).

Nas áreas de depleção das represas de hidrelétricas, o desenvolvimento desta espécie reúne várias características importantes para o processo de revegetação, onde inclui-se a dispersão das sementes por flutuação que possibilita a ocorrência da espécie em outras áreas das represas; o rápido crescimento inicial e um elevado número da RN sob a copa da árvore matriz, possibilita uma maior concorrência

com um maior número de outras espécies; os frutos servem de alimento para os peixes e a madeira tem potencial para fins econômicos.

**4.2.4 Sumauma** - as árvores de sumauma mediram  $22.8 \pm 2.8$  m de diâmetro de copa. A RN desta espécie não ocorreu sob a copa da árvore matriz, somente a RN de outras espécies inclusive o bacuri em proporções que variaram de 2.5% a 10.9% nas parcelas (Tabela 13). A regeneração de outras espécies ocorreu principalmente na classe de altura de 0 a 0.5 m, na quantidade que varia de 9.9 a 12.2 plantas por parcela. Nesta classe de altura o número de espécies variou de 4 a 5.1 em qualquer distância do tronco da árvores matriz. Nas outras classes de altura a quantidade de mudas por parcela apresentou drástica redução (Tabela 13). A maior densidade de mudas relativa as outras espécies provavelmente ocorreu em consequência de que as árvores de sumauma são de elevado porte, altura de até 50m e de copa extensa e rala, o que possibilita espaço e luminosidade para o crescimento das outras espécies.

Tabela 13 - Densidades absoluta e relativa da regeneração natural da sumauma (*Ceiba pentandra* Gaertn.) e de outras espécies por classe de altura e em parcela de 2 x 2 m na várzea do rio Amazonas. UFLA - Lavras (MG). 1995.

PAR- CELA	ES- PÉCIE	CLASSES DE ALTURA DA REGENERAÇÃO NATURAL (m)							
		0.0-0.5		0.5-1.0		1.0-1.5		> 1.5	
		D.A.	D.R.	D.A.	D.R.	D.A.	D.R.	D.A.	D.R.
0 - 2m	Sumauma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	12.2(5.1)a	100.0	2.8(1.5)b	100.0	0.5(0.4)	100.0	1.8(1.8)	100.0
4 - 6m	Sumauma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	9.9(4.2)c	100.0	2.0(1.1)	100.0	0.2(0.2)	100.0	1.1(1.0)	100.0
8 - 10m	Sumauma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	10.2(4.0)d	100.0	0.8(0.6)e	100.0	0.4(0.4)	100.0	1.0(1.0)	100.0
12-14m	Sumauma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	10.6(4.4)f	100.0	0.5(0.5)	100.0	0.2(0.2)	100.0	0.8(0.8)	100.0
16-18m	Sumauma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	OUTRAS	10.8(4.2)g	100.0	2.9(1.6)h	100.0	0.4(0.4)	100.0	1.1(1.1)	100.0

D.A. - Densidade absoluta; D.R. - Densidade relativa; No parêntese, a média do número de espécies. a - 2.7% é bacuri; b - 9.1% é bacuri; c - 10.9% é bacuri; d - 2.5% é bacuri; e - 10.9% é bacuri; f - 4.7% é bacuri; g - 3.9% é bacuri; h - 2.9% é bacuri.

A forma de dispersão das sementes da sumauma é anemocórica ( Junk, 1990 e D'Oliveira, 1989 citado por Cruz, 1991) e hidrocórica, uma vez que as painas com as sementes podem ser levadas pelas águas. Estas formas de dispersão são mais eficientes para levar as sementes a maiores distâncias.

A dispersão anemocórica contribue para a presença da regeneração natural da espécie sob a copa das árvores em diversos pontos na floresta (Tabelas 10, 11 e 12) e a não ocorrência sob a copa da árvore matriz. Isto porque as árvores desta espécie são de grande altura, até 50 m conforme Junk (1983), fazendo com que as sementes dispersadas sejam levadas pelo vento antes de alcançarem o solo sob a copa da árvore matriz. A dispersão anemocórica pode explicar a ocorrência da sumauma em terra-firme (Junk, 1990). São as poucas sementes levadas para longe que têm algumas chances de escapar dos predadores e de doenças e, germinarem em algum lugar favorável e se desenvolverem até alcançar o dossel da floresta (Schubart, 1983).

Esta espécie reúne características importantes para a revegetação das áreas de depleção das represas hidrelétricas, citam-se a maior amplitude de temperatura para a germinação da semente e a ocorrência natural em ambientes abertos, isto possibilitaria a regeneração nas áreas de depleção que, em princípio têm essas características; o crescimento inicial das mudas é rápido (35 cm de altura em 2 meses aproximadamente) que garante o estabelecimento e maior possibilidade de resistir a inundação por ficar mais tempo com as folhas fora da superfície da água; a dispersão anemocórica pode garantir a regeneração da espécie em outras áreas, inclusive fora das áreas da represa e o aproveitamento econômico da madeira, paina, sementes, casca, etc.

**4.2.5 Itubarana** - a regeneração natural da itubarana não foi possível observar porque, na época da coleta das sementes, o nível das águas do Rio Negro encontrava-se alto e as áreas em torno das árvores-matrizes estavam submersas. Geralmente no igapó essa espécie ocorre em praticamente todos os níveis de altura das praias.

A dispersão dos frutos e das sementes da itubarana é feita através da corrente das águas dos rios. Os frutos secam na árvore e no período da inundação caem, flutuam e são levados pela água. No período da vazante os frutos ficam encalhados nas margens ou praias, apodrecem e liberam as sementes. Estas por sua vez, somente germinam depois de um certo tempo de escarificação natural do tegumento, uma vez que este apresenta forte resistência à absorção de água. Estas características são importantes para a dispersão das sementes ao longo das margens das represas hidrelétricas e por outro lado, a dormência tegumentar das sementes podem manter a viabilidade destas até que o nível das águas baixem e ocorra a germinação. Junk (1990) inclui esta espécie como colonizadora dos níveis médios de inundação dos rios na Amazônia, isto indica que a espécie desenvolveu mecanismos de resistir por mais tempo a inundação, visto que neste nível as enchentes permanecem 230 dias por ano. Com a manutenção desta característica,

a itaubarana tem potencial para resistir as cheias das águas das represas da hidrelétricas. As árvores podem ser aproveitadas para arborização além da utilização industrial da madeira.

**4.2.6 Andiroba** - as sementes de andiroba ao caírem da árvore matriz podem ser levadas flutuando pelas águas ou, como cita Gottsberger (1978), são trituradas, destruídas e engolidas pelos peixes como tambaqui (*Colossoma bidens* Spix), pirapitinga (*Colossoma nigripinnis* Cope) e jatuarana (*Brycon* spp.). A ocorrência da regeneração natural ou mesmo de sementes não foi encontrada na área de várzea (Tabelas 10, 11, 12 e 13) ou igapó. Em terra firme a germinação das sementes ocorre sob a copa das árvores matrizes. Na revegetação das áreas de depleção das represas hidrelétricas, esta espécie pode manter o repovoamento das margens em outras áreas através da dispersão das sementes pelas águas, as sementes servirem de alimento para os peixes e ter o aproveitamento das sementes na produção de óleo medicinal e a madeira para fins industriais.

#### **4.3 Mudanças morfológicas e anatômicas das mudas em condições de solo inundado e não inundado, em vaso e em casa de vegetação.**

##### **4.3.1 Mudanças gerais**

A epinastia ocorreu nos folíolos da itaubarana e folhas da paracuuba de modo menos intenso e nos folíolos da sumauma, de modo mais intenso. A função da epinastia na aclimação das plantas pode ser o de minimizar os riscos por diminuir a quantidade de radiação e assim reduzir a demanda evaporativa nos períodos críticos (Jackson e Drew, 1984). Folíolos de *Hevea brasiliensis* também apresentaram epinastia em mudas inundadas (Sena Gomes e Kozlowski, 1988).

O amarelecimento, senescência e abscisão das folhas maduras ocorreram principalmente nas folhas de algumas plantas inundadas de andiroba, em todas as folhas maduras das plantas inundadas de sumauma, itaubarana e paracuuba, sendo que nesta última a senescência das folhas foi fraca. O amarelecimento das folhas seguido por necrose é o sintoma visual mais comum. A senescência em plantas inundadas pode ocorrer por deficiência de nitrogênio (Jackson e Drew, 1984). Seguindo-se esta indicação observou-se que as análises foliares mostraram que as folhas das mudas inundadas tinham teores de nitrogênio sempre inferiores ao das não inundadas (Tabela 14). Comparando-se estes valores com os encontrados nas folhas das árvores adultas destas espécies e segundo a classificação de Klinge et al. (1983), estes teores encontravam-se na faixa de muito baixos (ou menores do que muito baixo) para todas estas espécies,

exceção da itaubarana em que os teores ficaram nas faixas de rico e muito rico para as mudas inundadas e não inundadas, respectivamente. Porém, nesta classificação, a itaubarana foi colocada entre as espécies de igapó, onde as faixas dos teores dos nutrientes é mais baixa, embora também ocorra na várzea (Junk, 1990).

Tabela 14 - Valores percentuais de nitrogênio nas folhas de 6 (seis) espécies florestais de várzea da Amazônia cultivadas em vaso com e sem inundação do sistema radicular. UFLA - Lavras (MG). 1995.

Tratamento	Andiroba	Bacuri	Itaubarana	Macacaricuia	Paracuuba	Sumauma
Inundado	0.70	0.92	1.98	1.78	1.30	2.02
Não inundado	1.00	2.02	2.20	1.82	1.58	2.20

As folhas de andiroba que sofreram abscisão apresentaram forte pigmentação de cor marron. Esta pigmentação foi suspeitada de toxidez de Fe ou Mn, porém as análises foliares mostraram que os teores de Fe e Mn foram 175.12 ppm e 16.50 ppm respectivamente e, nas folhas sem pigmentação marron, os teores de Fe e Mn foram 144.32 ppm e 35.64 ppm respectivamente. A toxidez de Mn deve ser descartada visto que o teor do elemento foi maior nas plantas sem a pigmentação; para o Fe, os resultados mostram um pequeno aumento no teor para as plantas com pigmentação, porém a toxidez pode não existir considerando-se que as outras plantas da espécie, após a inundação, alcançaram teores de Fe de até 337.37 ppm sem apresentar a pigmentação. A toxidez de Fe pode ser considerada se a variabilidade genética nessa espécie for muito grande que certas plantas sejam mais sensíveis do que outras e observando-se também que a tolerância à inundação, conforme cita Kozlowski (1984), varia com o ecótipo e com a procedência.

As mudas de macacaricuia periodicamente deixavam cair completamente as folhas para em seguida renová-las em um novo lançamento. Esta característica deve estar relacionada à fenologia da espécie, provavelmente por influência climática, pois quando isto ocorria estava fazendo parte do crescimento das mudas nos tratamentos inundado e não inundado. A desfolha de espécies decíduas freqüentemente ocorre muitas semanas após o início da inundação e certas espécies formam novas folhas enquanto permanecem na água. Isto significa que estas árvores têm seu metabolismo funcionando mesmo quando submersas e são dependentes das raízes vivas (Worbes, 1985). Há poucas evidências de qualquer valor de aclimatação para a abscisão de folhas, porém, intuitivamente parece uma forma de reduzir a transpiração e contribuir para a manutenção de uma taxa parte aérea:raiz mais adequada (Jackson e Drew, 1984).

#### 4.3.2 Formação de raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas

Raízes adventícias formadas próximo e externamente à superfície do substrato foram observadas na andiroba e na sumauma.

As raízes adventícias na andiroba brotaram a partir da superfície do substrato, não apresentaram geotropismo positivo, eram compridas, sem ramificação e quebradiças. A falta de geotropismo positivo nas raízes adventícias sob inundação é citada por Gill (1970). Parte do sistema original morreu e no caule apareceram fissuras longitudinais, na região próxima à superfície da água de inundação.

Na sumauma, certas plantas emitiram raízes adventícias através das lenticelas hipertrofiadas e com geotropismo positivo. O aparecimento de raízes adventícias a partir de lenticelas hipertrofiadas também foi observado em *Ulmus americana* a partir do 15º dia de inundação (Newsome, Kozlowski e Tang, 1982).

As raízes adventícias, nestas espécies, eram mais grossas, de coloração esbranquiçada e tenras. Essas características são semelhantes às citadas por Kozlowski (1984) e por Pereira e Kozlowski (1977). As raízes adventícias são características de certas espécies e geralmente estão associadas com espécies que parecem tolerar melhor a inundação (Kozlowski, 1984), pois a formação dessas raízes leva a um "escape" do sistema radicular dos locais onde a deficiência de oxigênio é mais severa, assim elas compensam as perdas com as raízes danificadas pela inundação (Wit, 1980). Kawase (1981), citando diversos autores, exemplifica que quanto maior a formação dessas raízes em *Eucalyptus grandis*, *E. robusta* e *E. saligna*, maior a tolerância à inundação.

Nas outras espécies como bacuri, itaubarana, macacaricuia e paracuuba a formação de novas raízes, após a inundação, ocorreu no interior do substrato. Parte do sistema radicular original morreu e estas novas raízes surgiram internamente, na parte mais próxima da superfície.

Kozlowski (1984), cita que a formação de raízes adventícias e o aumento da porosidade são medidas temporárias para facilitar ou ajudar a recuperação dos danos causados pela inundação. A inundação, nas espécies estudadas, causou a morte de certas plantas sem, aparentemente, afetar muito as outras como na andiroba, itaubarana e paracuuba; na sumauma a inundação além de causar a morte de certas plantas, afetou as plantas sobreviventes de modo severo. Nestes casos, as raízes adventícias formadas em certas mudas da andiroba e sumauma parecem não terem sido suficientes para recuperar os danos causados pela inundação e, em outras plantas, foram suficientes para recuperar os danos, mantendo a sobrevivência em 60% e 80%, respectivamente (Tabela 15). A maior tolerância à inundação

entre duas espécies, comparadas por Kawase (1981) e citando Maronek e Wott (1975), dependeu da formação de lenticelas hipertrofiadas e raízes adventícias. Ainda Kawase (1981), citando Gill (1975), acrescenta que estas espécies têm muitas formas de adaptação à inundação, onde a formação de raízes adventícias é mais uma. Alternativamente, as espécies arbóreas também tolerantes podem depender da habilidade das raízes em resistir aos produtos da respiração anaeróbica (Carpenter e Mitchell, 1980).

Tabela 15 - Percentagem de sobrevivência de mudas de 6 (seis) espécies florestais de várzea da Amazônia cultivadas em vaso com e sem inundação do sistema radicular. UFLA - Lavras (MG). 1995.

Tratamento	Andiroba	Bacuri	Itaubarana	Macácaricuia	Paracuuba	Sumauma
Inundado	60	100	80	100	80	80
Não inundado	100	100	100	100	100	100

A formação de lenticelas hipertrofiadas somente não ocorreu na paracuuba, nas outras espécies esta característica foi evidente, principalmente na sumauma, andiroba e macacaricuia com um maior crescimento externo. Na itaubarana e bacuri o crescimento das lenticelas foi mais moderado, sendo menor no bacuri. A formação de lenticelas nessas espécies coincide com o que citam Topa e McLeod (1986), que a periódica ou contínua inundação do caule das mudas de certas espécies arbóreas resulta na proliferação de lenticelas no caule e nas raízes. A inundação das lenticelas causa a hipertrofia e estas podem salientar-se de 2 a 3 mm do caule (Hook e Scholtens, 1980). Nas mudas de sumauma o comprimento das lenticelas chegou a mais de 1 cm e na andiroba e macacaricuia a mais de 0,5 cm.

Em *Ulmus americana*, após 5 dias de inundação ocorreu o aparecimento de lenticelas hipertrofiadas na porção submersa do caule (Newsome, Kozlowski e Tang, 1982). O aparecimento de lenticelas hipertrofiadas nos primeiros dias da inundação também foi observado em *Salix nigra* e *Populus deltoides* (Pereira e Kozlowski, 1977). Em *Pinus contorta*, o crescimento das plântulas em condições de baixa disponibilidade de oxigênio foi devido a aeração interna nos tecidos radiculares proporcionado pela formação de lenticelas hipertrofiadas na porção basal do caule e de aerênquimas na região do córtex da raízes (Topa e McLeod, 1986).

#### 4.3.3 Número e tamanho dos estômatos, condutância estomática e transpiração nas folhas

Testes preliminares nas folhas das espécies estudadas revelaram a existência de estômatos

somente na face abaxial das folhas, isto é, as espécies são hipoestomáticas. Pal (1978) trabalhando com 12 espécie de Lauraceae, também observou que todas espécies eram hipoestomáticas.

Na andiroba, após 140 dias de inundação, o número de estômatos nas plantas inundadas foi maior do que nas plantas não inundadas (Tabela 16). Não houve diferença no tamanho do diâmetro polar e do diâmetro equatorial dos estômatos entre as mudas inundadas e as não inundadas. A condutância estomática e a transpiração tiveram os valores maiores no tratamento inundado. Estes resultados mostram a influência da inundação por longo período em aumentar o número dos estômatos nas folhas da andiroba, em relação às mudas não inundadas.

Tabela 16 - Valores médios do número, diâmetros polar (DP) e equatorial (DE) de estômatos, condutância estomática (CE) e transpiração (TR) em mudas inundadas e não inundadas de 6 (seis) espécies florestais de várzea da Amazonia. UFLA - Lavras (MG). 1995.

ESPÉCIE	TRATA- MENTO	NÚMERO/mm <sup>2</sup>	DP (µm)	DE (µm)	CE(mmol/m <sup>2</sup> /s)	TR(mmol/m <sup>2</sup> /s)
Andiroba	Inundado	961.26a	16.10	12.20	89.70a	2.02a
	Ñ. Inundado	722.98b	15.86	11.95	58.85b	1.56b
Bacuri	Inundado	268.18a	31.75	30.65	103.37	2.78
	Ñ. Inundado	256.78b	31.78	31.57	104.72	2.90
Itaubarana	Inundado	172.42b	37.09a	25.34a	67.12	1.88
	Ñ. Inundado	217.56a	34.34b	24.34b	64.78	1.83
Macacaricuia	Inundado	168.72	24.15	16.16	65.98b	1.84b
	Ñ. Inundado	178.71	24.31	16.56	97.40a	2.71a
Paracuuba	Inundado	282.31b	33.88a	26.56	49.46	1.19
	Ñ. Inundado	363.00a	32.45b	26.11	52.12	1.42
Sumauma	Inundado	279.72b	25.66	17.78b	57.41b	1.54b
	Ñ. Inundado	304.14a	25.83	18.54a	84.30a	2.33a

(\*) - As médias seguidas pelas mesmas letras, em cada espécie e nas colunas, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Médias sem as letras são não diferentes entre si pelo teste "F" ao nível de 5% de probabilidade.

Com um maior número de estômatos nas mudas inundadas, a condutância estomática e a transpiração também tornaram-se maiores nesse tratamento. Caso tenha havido um fechamento parcial dos estômatos, ocasionado pelo estresse da inundação, o maior número de estômatos fez com que a condutância e a transpiração se tornassem maiores nas plantas inundadas. O fechamento estomático pode ocorrer nas folhas que estão completamente expandidas no período em que inicia a inundação,



contudo, a inundação pode não afetar a abertura estomatal nas folhas que completaram sua expansão durante o período da inundação (Newsome, Kozlowski e Tang, 1982).

No bacuri, o número de estômatos foi maior nas mudas inundadas, o tamanho dos estômatos foi semelhante ao das mudas não inundadas assim como a condutância estomática e a transpiração (Tabela 16). Isto ocorreu em consequência de um possível fechamento parcial dos estômatos ocasionado pelo estresse da inundação. A inundação pode afetar a condutância estomática e a transpiração, modificando a abertura estomatal (Crane e Davies, 1988). O fechamento estomático inicial e prolongado foi uma resposta característica das plantas inundadas (Pereira e Kozlowski, 1977).

Na itaubarana o número de estômatos foi maior nas mudas não inundadas, porém os diâmetros polar e equatorial foram maiores nas mudas inundadas. Os valores da condutância e a transpiração foram semelhantes entre as mudas dos tratamentos inundado e não inundado (Tabela 16). Estes resultados evidenciam um equilíbrio entre o número e o tamanho dos estômatos, sem que haja diferença na condutância e transpiração durante a inundação.

Na macacariçua a inundação não modificou o número e os tamanhos dos diâmetros polar e equatorial, porém, a condutância e a transpiração foram maiores nas mudas não inundadas. Estes resultados indicam que, com a não modificação no número e tamanho dos estômatos e com a ocorrência de menores valores da condutância e transpiração, provavelmente ocorreu um fechamento parcial dos estômatos em consequência do estresse causado pela inundação. O fechamento dos estômatos pode ocorrer nas folhas que estão completamente expandidas no período em que inicia a inundação (Newsome, Kozlowski e Tang, 1982). Com o aumento da resistência estomática, isto é, com a diminuição da condutância, há uma redução do reabastecimento de água para a transpiração, diminuindo o potencial de água da folha e, eventualmente, levando ao fechamento estomático (Naidoo, 1983).

Na paracuuba, a inundação diminuiu o número de estômatos, porém, aumentou o tamanho polar destes, promovendo possivelmente um equilíbrio que manteve a condutância estomática e a transpiração sem alterações.

Na sumauma, a inundação diminuiu o número e o tamanho dos estômatos o que, provavelmente, levou à redução da condutância e da transpiração das mudas inundadas em relação às mudas não inundadas. Estes resultados estão de acordo com a afirmação de Jones (1983), o qual propõe que "uma maior variabilidade na frequência e tamanho dos estômatos que existe nas diferentes espécies ou condição de crescimento, nos leva a esperar diferenças correspondentes na condutância estomatal".

Em todas as espécies a condutância estomática e a transpiração variaram no mesmo sentido, tanto no tratamento inundado como no não inundado. Esta variação no mesmo sentido pode ser observada pelo fato de que, o aumento da resistência estomática, isto é, a diminuição da condutância, reduz o reabastecimento de água para a transpiração (Naidoo, 1983). O uso da condutância é particularmente útil porque é mais relacionada à transpiração, "status" da água nas folhas e fotossíntese líquida. Em certas condições, os estômatos permanecem abertos até um certo nível de déficit de água na folha, após o qual os estômatos se fecham dramaticamente (Hall, Schulze e Lange, 1976). Os dados mostram que a variação na transpiração acompanhou a condutância e estas acompanharam o número e/ou o tamanho dos estômatos ou o equilíbrio entre estes. Esta relação entre transpiração e condutância também foi observada por Pelacani (1992) ao trabalhar com 6 espécies florestais com e sem inundação do sistema radicular. Para Phung (1976) parece mais apropriado expressar a tolerância à inundação em termos relativos de declínio da transpiração e fotossíntese.

Estes resultados introduzem na análise de variação da condutância e transpiração das plantas sob condições de inundação, em experimentos de longo prazo, os fatores número e tamanho dos estômatos além dos aspectos de abertura e fechamento destes, comumente avaliado através da condutância ou resistência estomática (Hall, Schulze e Lange, 1976), nos experimentos de curto prazo. Como visto, o número e o tamanho dos estômatos podem variar sob influência dos efeitos da inundação. Não há informação dos mecanismos básicos que controlam a densidade dos estômatos durante o desenvolvimento da planta, embora muitos fatores como a intensidade de luz e déficit de água possam produzir mudanças comparáveis aquelas causadas pelo CO<sub>2</sub> (Mansfield, Hetherington e Atkinson, 1990).

O número de estômatos por milímetro quadrado (frequência estomática) encontra-se na faixa de 50 a 500, a qual geralmente ocorre nas dicotiledôneas (Shearman e Beard, 1972). Nas espécies aqui estudadas a andiroba ultrapassou essa faixa, ficando com uma variação entre 615 a 961 estômatos/mm<sup>2</sup>. Para Bolhar-Nordenkamp (1989), menos que 60 estômatos por mm<sup>2</sup> e mais que 600 estômatos por mm<sup>2</sup> indicam que a planta cresce num meio externo extremo, ou seja, xeromórfico ou higromórfico, respectivamente. Isto quer dizer que, para a andiroba, o meio onde esta foi cultivada é extremo no sentido higromórfico.

O número de estômatos, em *Ulmus americana*, variou de 49.2 a 276.1/mm<sup>2</sup> e o tamanho polar de 17.6 a 37.7  $\mu$ m, sendo as diferenças não significativas entre as mudas inundadas e as não inundadas (Newsome, Kozlowski e Tang, 1982). Comparando-se com as espécies deste experimento, o número

de estômatos maiores do que 276 foram observados na andiroba, paracuuba e sumauma e menores do que 276 nas espécies bacuri, itaubarana e macacariçuia.

O tamanho e a distribuição dos estômatos varia muito entre as espécies (Pereira e Kozlowski, 1977). Em 12 espécie de Lauraceae, estudadas por Pal (1978) os menores estômatos mediram  $12.8 \times 14.5 \mu\text{m}$ , os maiores mediram de  $31.8 \times 31.3 \mu\text{m}$  e a frequência variou de 217 a 770 por  $\text{mm}^2$ . Em *Populus deltoides* a frequência por  $\text{mm}^2$  e o tamanho em  $\mu\text{m}$  (diâmetro polar) foram de 118 e 30.2, em *Salix nigra* foi de 187 e 24.5, em *Eucalyptus camaldulensis* foi de 406 e 19.2, em *E. globulus* foi de 313 e 25.3 e em *Ulmus americana* foi de 253 e 26.7, respectivamente (Pereira e Kozlowski, 1977). Observa-se portanto que o *E. camaldulensis* teve a maior frequência e os menores estômatos como ocorreu com a andiroba neste experimento. Nas espécies estudadas os menores estômatos foram os da andiroba não inundada medindo  $15.86 \times 11.95 \mu\text{m}$ , enquanto que os maiores foram da itaubarana inundada medindo  $37.09 \times 25.34 \mu\text{m}$  e os mais arredondados foram os de bacuri que mediram  $31.78 \times 31.57 \mu\text{m}$ .

Nas mudas não inundadas de 6 espécies florestais estudadas por Pelacani (1982), a condutância, em geral, teve valores acima de  $100 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , valores superiores a praticamente todas as espécies deste trabalho onde somente o bacuri alcançou  $104.72 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Nas mudas inundadas de Pelacani a variação foi de 10 a  $200 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , enquanto neste trabalho a variação foi de 50 a  $103 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , aproximadamente. No trabalho de Pelacani (1992), a transpiração nas mudas não inundadas e inundadas variou de 11 a  $2 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e de 6 a menos de  $1 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , enquanto que no presente trabalho, a variação foi de 2.4 a  $2.9 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e de 1.19 a  $2.78 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , respectivamente.

#### 4.3.4 Formação de aerênquimas nas mudas inundadas e não inundadas

Nas raízes primárias de plantas herbáceas os aerênquimas podem ocorrer no córtex, mas em raízes primárias de plantas lenhosas como *Pinus contorta*, os espaços de ar estão no periciclo. Em algumas espécies de terras alagáveis eles podem ser um sistema contínuo de espaços de ar que se estende da cavidade subestomática para as raízes, interrompido somente por uns poucos diafrágmata de células (Smirnoff e Crawford, 1983).

Nas espécies estudadas neste experimento os aerênquimas foram formados no parênquima cortical das raízes. A variação nas estruturas desses aerênquimas foi comparada com a variação citada

por Smirnoff e Crawford (1983). Na andiroba, os aerênquimas foram formados nas mudas inundadas e não inundadas. Nas mudas inundadas foram maiores e mais numerosos, tiveram formas variadas e assemelharam-se com a estrutura dos aerênquimas de *Caltha Palustris*, os quais são bem desenvolvidos e dão ao córtex a aparência de esponja (Figuras 3 A e B).

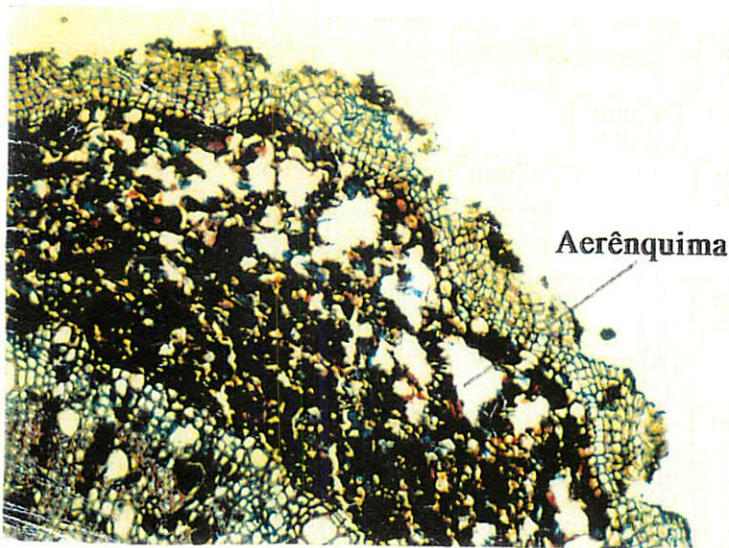
No bacuri os aerênquimas foram desenvolvidos nas mudas inundadas e consistiram, em grande parte, do alargamento dos meatos intercelulares, dando ao parênquima cortical a aparência de esponja semelhante a estrutura dos aerênquimas de *Caltha palustris*. Nas mudas não inundadas, os aerênquimas foram pouco desenvolvidos, consistindo de meatos intercelulares do parênquima cortical e pouco freqüentes (Figuras 4 A e B).

Os aerênquimas nas mudas inundadas e não inundadas de itubarana apresentaram-se pouco desenvolvidos, limitando-se aos meatos intercelulares. Nas mudas inundadas, as células foram maiores e de formato irregular e os meatos, conseqüentemente, maiores e de distribuição desuniforme, assemelhando-se com a estrutura dos aerênquimas de *Filipendula ulmaria*. Nas mudas não inundadas, os meatos intercelulares foram menores e mais numerosos em conseqüência do menor tamanho e maior uniformidade das células arredondadas. Estes resultados estão de acordo com os registros citados por (Kawase, 1981) de que em espécies arbóreas sob inundação o desenvolvimento de aerênquimas é limitado quando não existe diferença na formação destes entre raízes inundadas e não inundadas, ambas contendo meatos intercelulares abundantes (Figuras 5 A e B).

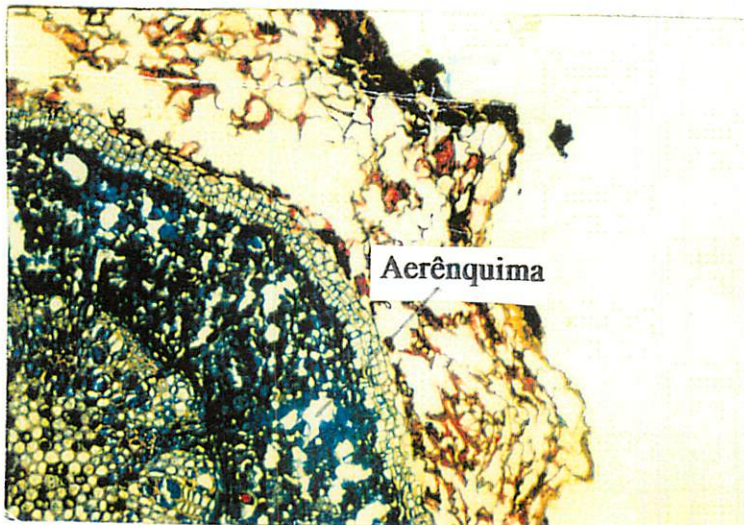
Nas mudas inundadas de macacaricuia, os aerênquimas apresentaram-se alongados e mais abundantes formando lacunas longitudinais, resultantes da quebra da parede celular. O número de células intactas dos diafragmas variaram e estenderam-se do interior para o exterior do parênquima cortical. Nas mudas não inundadas predominaram os diafragmas formados por duas ou mais fileiras de células. Em ambos os casos a estrutura assemelhou-se com a de *Mentha aquatica* (Figuras 6 A e B).

Nas mudas inundadas de paracuuba, os aerênquimas foram constituídos de lacunas isoladas por diversas camadas de células do parênquima cortical. Essas lacunas foram originadas após a quebra das paredes das células e assemelharam-se à estrutura de *Mentha aquatica* quanto ao tamanho, mas sem a formação de diafrágmata. Nas mudas não inundadas os aerênquimas consistiram de pequenos meatos entre as células arredondadas e de diferentes tamanhos (Figuras 7 A e B).

A estrutura dos aerênquimas nas mudas inundadas de sumauma foi semelhante a da paracuuba, sendo que nas mudas não inundadas as células eram arredondadas, porém, de tamanho mais uniforme.

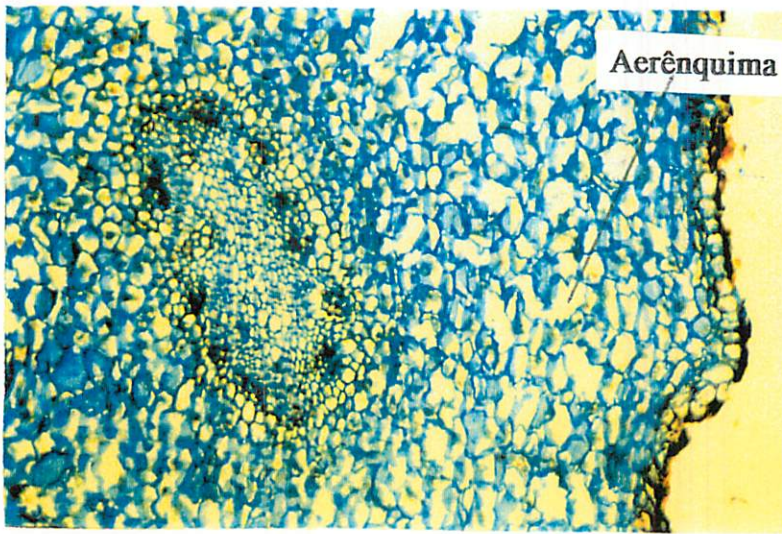


A

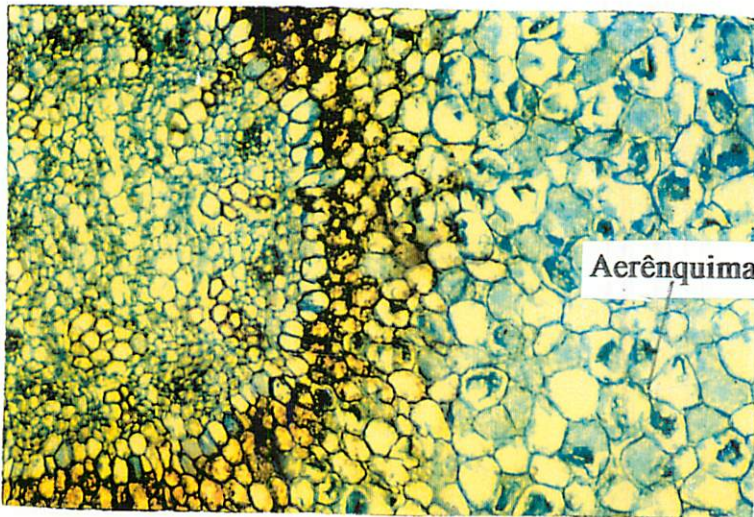


B

Figura 3 - *Carapa guianensis* Aubl. - Meliaceae (Andiroba). A - Secção transversal da raiz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (104 X). B - Secção transversal da raiz de mudas não inundadas a 1cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (94 X).

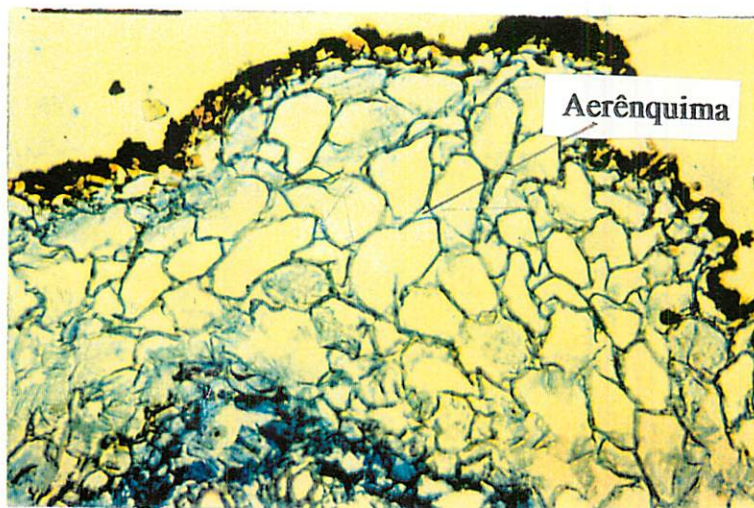


A

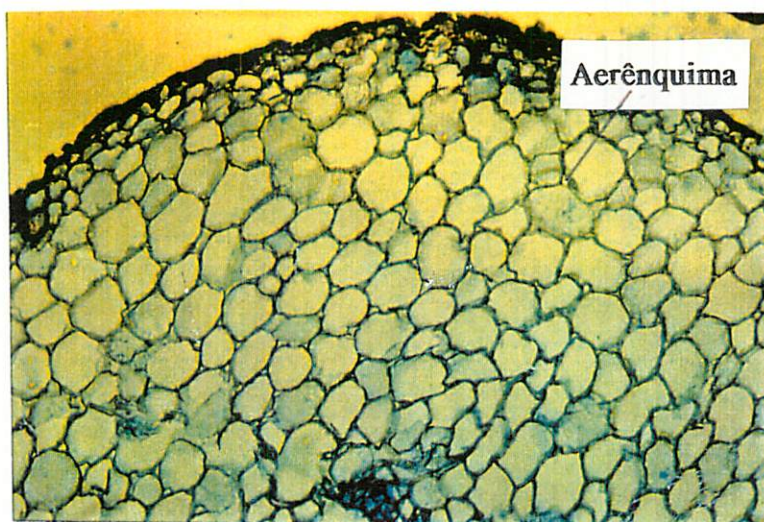


B

Figura 4 - *Rheedia benthamiana* Pt. et Tr. - Guttiferae (Bacuri). A - Secção transversal da raiz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (98 X). B - Secção transversal da raiz de mudas não inundadas a 1cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (83 X).

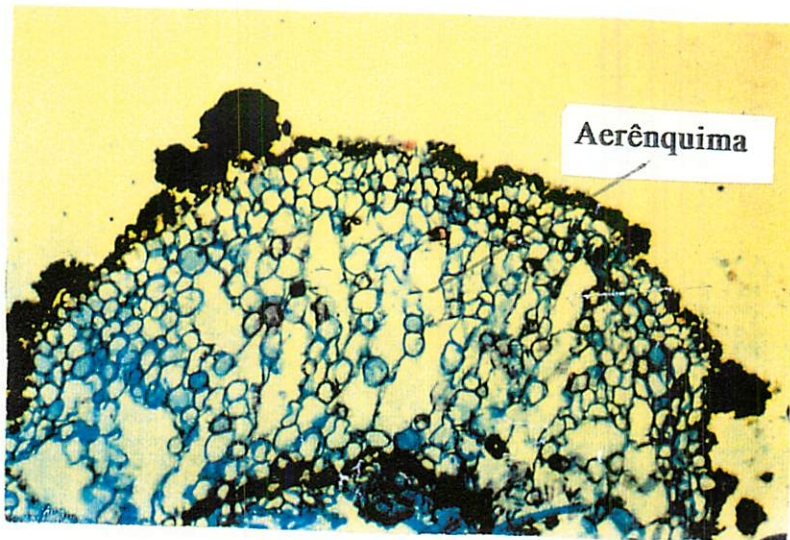


A

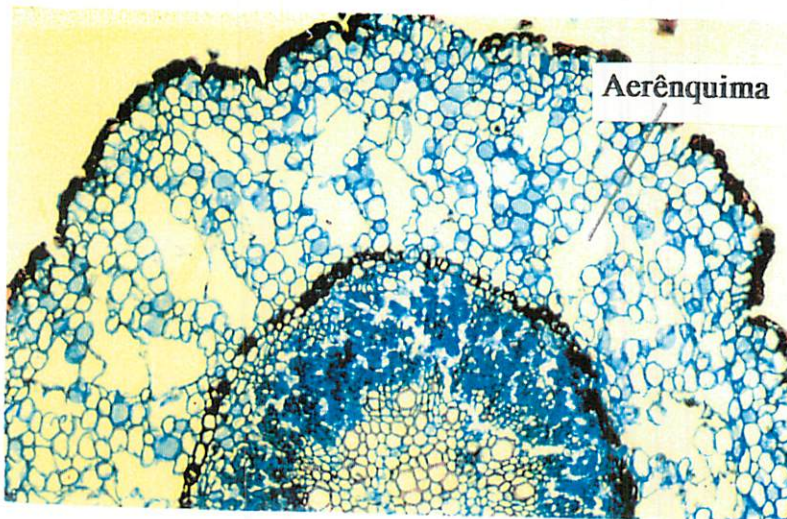


B

Figura 5 - *Acosmium nitens* (Vog.) Yakoulev - Caesalpinaceae (Itubarana). A - Secção transversal da raiz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (197 X). B - Secção transversal da raiz de mudas não inundadas a 1cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (193 X)



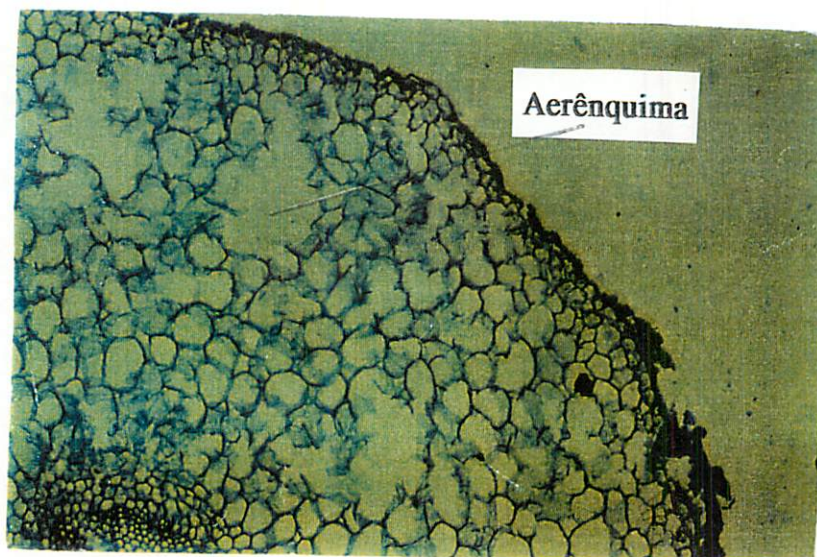
A



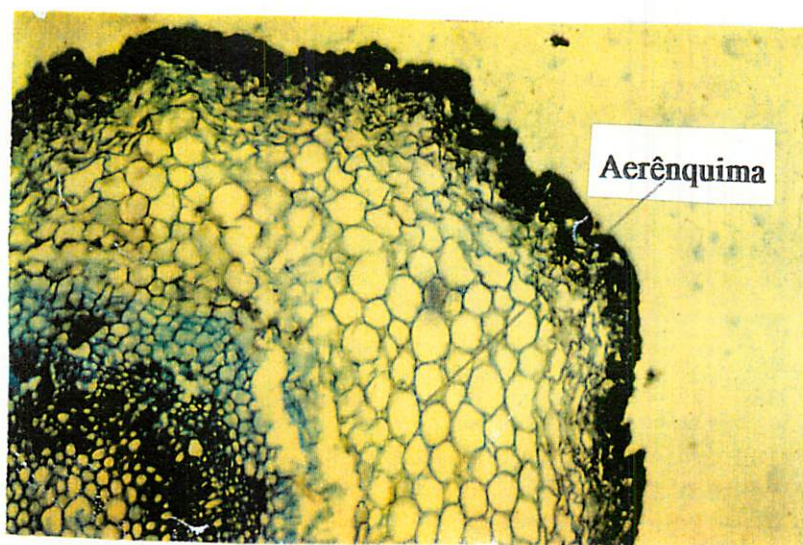
B

Figura 6 - *Couroupita guianensis* Aubl. - Lecythidaceae (Macacariúia) . A - Secção transversal da raíz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (100 X). B - Secção transversal da raíz de mudas não inundadas a 1cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (96 X).





A



B

Figura 7 - *Lecointea amazonica* Ducke - Caesalpiniaceae (Paracuuba). A - Secção transversal da raiz de mudas inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (85 X). B - Secção transversal da raiz de mudas não inundadas a 1 cm da extremidade e mostrando a estrutura do aerênquima cortical (99 X)

Observou-se que a itubarana, a única espécie que não desenvolveu estruturas de aerênquima, sob condição de inundação, formou abundantes meatos intercelulares. Como as outras espécies desenvolveram essas estruturas pode-se, em princípio, sugerir que todas elas apresentaram potencial para tolerar as condições de anaerobiose. A existência de estruturas de aerênquimas permite aumentar a difusão do oxigênio da parte aérea para as raízes, suprindo oxigênio para a respiração aeróbica sob condição de solo inundado (Smirnoff e Crawford, 1983). Para Laan e Blom (1990), o desenvolvimento de um sistema de aerênquimas evita a anoxia no sistema radicular através do transporte longitudinal do oxigênio interno. Embora estas espécies tenham desenvolvido esse mecanismo de tolerância à inundação, várias plantas não resistiram, observando-se uma sobrevivência de 60% para a andiroba e de 80% para a itubarana, paracuaba e sumauma. Segundo Smirnoff e Crawford (1983) citando diversos autores, há evidências de que mesmo em espécies tolerantes à inundação onde o oxigênio pode ser detectado difundindo-se para as raízes, a quantidade transportada pode não ser suficiente para manter totalmente o metabolismo aeróbico. Isto quer dizer que a existência desta característica isoladamente, não evidencia que a espécie tem condições de tolerar o estresse da inundação.

#### **4.4 Análise de crescimento e índice de aclimação em casa de vegetação**

**Andiroba** - a inundação não afetou o crescimento das mudas de andiroba quando avaliado através das variáveis altura, número de folhas, área foliar, pesos da matéria seca de raiz, caule, folha e total (Tabela 17). Nesta espécie ocorreram plantas que resistiram ao estresse da inundação, sem alterar o crescimento, enquanto outras não resistiram e morreram. Nas pesquisas das causas dos padrões de crescimento de espécies arbóreas tropicais, a influência de fatores endógenos é frequentemente considerada embora seus mecanismos e significância sejam desconhecidos (Worbes, 1985).

O desenvolvimento de raízes adventícias nas mudas inundadas provavelmente contribuiu para que o peso da matéria seca das raízes fosse mantido sem alteração. Por outro lado, pode-se inferir que, nas mudas sobreviventes, as raízes adventícias, lenticelas, aerênquimas e o fechamento dos estômatos para deter a condutância estomática e a transpiração, uma vez que o número de estômatos aumentou, devem ter desempenhado importantes funções para manter as outras partes da planta com crescimento semelhante ao das mudas não inundadas. A TCR também não foi modificada pela inundação do sistema radicular.

Tabela 17 - Valores médios das variáveis de crescimento das mudas inundadas e não inundadas de 6 (seis) espécies florestais cultivadas em vaso e em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995.

VARIÁVEL	TRAT.	Andiroba	Bacuri	Itaubarana	Macacaricuia	Paracuuba	Sumauma
ALTURA	NI	40.80	11.10b	25.00	25.30	66.20	33.90a
	IN	37.90	17.80a	19.40	29.50	75.80	27.90b
N.FOLHAS	NI	5.80	8.00b	7.80a	13.20	21.80	12.60a
	IN	7.80	12.80a	4.60b	14.40	16.40	5.80b
A.FOLIAR	NI	6.10	0.79	1.50	4.89	5.92a	3.63a
	IN	6.45	1.43	1.33	4.07	3.72b	1.14b
PSR (g)	NI	9.94	0.82	1.81	11.21a	4.36a	5.05a
	IN	7.15	0.57	0.69	6.94b	1.86b	2.65b
PSC (g)	NI	10.08	0.47b	2.01	3.61	7.28	2.82
	IN	11.06	0.90a	1.78	4.40	6.67	2.95
PSF (g)	NI	4.69	0.97b	0.97	2.39	5.06a	1.29a
	IN	5.36	1.59a	0.89	1.99	3.06b	0.38b
PST (g)	NI	24.70	1.96b	4.78	17.21	16.71a	9.15a
	IN	23.57	3.06a	3.37	13.33	11.59b	5.98b
TCR (g.g <sup>-1</sup> .dia <sup>-1</sup> )	NI	0.0034	0.0021b	-0.0019	0.0031	0.0016	0.0017a
	IN	0.0031	0.0051a	-0.0036	0.0009	-0.0010	-0.0014b

(\*) - Médias seguidas pela mesma letra, em cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Médias sem letras, em cada variável, são não diferentes pelo teste "F" ao nível de 5% de probabilidade. NI - não inundado. IN - inundado. PSR, PSC, PSF e PST - Pesos da matéria seca de raiz, caule, folha e total, respectivamente. TCR - Taxa de crescimento relativo.

A não variação da TCR entre as mudas inundadas e as não inundadas foi resultado do equilíbrio entre a diminuição da taxa assimilatória líquida (TAL) e o aumento da razão de área foliar (RAF) (Tabela 18). Esta variação em sentido contrário, concorda com a afirmativa de que as mudanças na TAL são acompanhadas por mudanças na RAF de forma inversa e que muito da magnitude dessa mudança, minimiza as mudanças na TCR (Warren Wilson, Hunt e Hand, 1986). Isto significa que a redução na taxa de fotossíntese líquida foi compensada pelo aumento na área útil das folhas para a fotossíntese (Benincasa 1988).

Tabela 18 - Valores médios das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) em casa de vegetação na UFLA - Lavras (MG). 1995.

TRATAMENTO	TCR	TAL	RAF	RPF	AFE	IA
Não inundado	0.0034	0.0101	0.3589	0.2693	1.3156	-
Inundado	0.0031	0.0089	0.3700	0.2847	1.2891	0.74

TCR - Taxa de crescimento relativo ( $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ); TAL - Taxa assimilatória líquida ( $\text{g} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}$ ); RAF - Razão de área foliar; RPF - Razão de peso foliar; AFE - Área foliar específica e IA - Índice de aclimação

O aumento da área foliar útil foi resultado do aumento da fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta, traduzida pela RPF, enquanto reduziu a AFE nas mudas inundadas. (Benincasa, 1988).

O maior declínio na TAL, em relação ao declínio na TCR (Tabela 18), significa que ocorreu uma maior redução na eficiência fotossintética com o aumento do estresse da inundação e que esta redução não foi completamente repassada para a TCR. Quando isto acontece podemos dizer que as mudas de andiroba desenvolveram algum mecanismo de aclimação ao estresse, isto é, com o IA de 0.74, significa que 26% do declínio na eficiência foliar foi compensado pelas formas de aclimação, como ajustes bioquímicos, fisiológicos ou morfológicos (Margolis e Brand, 1990). Entre estes, a espécie desenvolveu maior número de estômatos que fez aumentar a condutância estomáticas e a transpiração nas mudas inundadas, raízes adventícias, lenticelas hipertrofiadas e aerênquimas.

**Bacuri** - Nesta espécie a inundação causou aumento nos valores das variáveis altura, número de folhas e pesos da matéria seca do caule, folhas e total e na TCR (Tabela 17). O tamanho das folhas diminuiu nas mudas inundadas como resultado do maior número e da área foliar constante. Uma outra provável consequência do maior número de folhas foi um maior PSF. A maior altura e o maior peso da matéria seca do caule nas mudas inundadas provavelmente indicam uma estratégia para manter as folhas fora d'água por mais tempo para que o transporte de oxigênio para as raízes seja mantido. Laam e Blom (1990), citam que nas plantas em condições de inundação, predominantemente ocorre o rápido crescimento do caule e que na superfície da água pode ser restabelecida a difusão entre o ar e o sistema radicular. O crescimento em altura de algumas espécies tolerantes é aumentado com a inundação (Kozlowski, 1984). O peso da matéria seca do sistema radicular não foi afetado pela inundação, isto indica que a parte das raízes que morreu com a inundação, e geralmente morre (Kawase, 1981), foi substituída

por outra, porém sem a presença de raízes adventícias acima da superfície do substrato. O maior valor do PST nas mudas inundadas foi resultado dos maiores valores do PSC e do PSF. A TCR também foi maior nas mudas inundadas. Estes resultados indicam que o bacuri reúne características de espécies tolerantes à inundação, independente da formação de raízes adventícias acima da superfície do substrato. Desta forma induz-se que a função das lenticelas e dos aerênquimas foram importantes em manter o crescimento maior nas mudas inundadas do que nas não inundadas. Frequentemente, as plantas tolerantes à inundação crescem melhor sob inundação quando comparadas com as de solo não inundado (Kozłowski e Pallardy, 1984).

A maior TCR nas mudas inundadas foi resultado de um aumento da TAL e da RAF (Tabela 19). Isto representa uma exceção na análise de crescimento em razão de que a inundação não causou estresse, mas estimulou o crescimento. A variação da TAL e da RAF no mesmo sentido não concordam com a afirmativa de que as mudanças na TAL são acompanhadas por mudanças na RAF de forma inversa e que muito da magnitude dessa mudança, minimizam as mudanças na TCR (Warren Wilson, Hunt e Hand, 1986). Esta variação no mesmo sentido existe quando ocorre grandes mudanças na TAL em consequência da AFE que muda no mesmo sentido da RAF produzindo uma maior contribuição para a TAL (Evans, 1972). Porém, AFE variou no sentido inverso da RAF, contribuindo para uma menor variação na TAL nas mudas inundadas. A diminuição da AFE nas mudas inundadas, em relação as não inundadas, possivelmente ocorreu pelo aumento do peso da matéria seca das folhas estimulado pela inundação, em relação à área foliar que não se modificou. A RAF aumentou como resultado da maior contribuição da RPF que também aumentou, enquanto a AFE diminuiu. O aumento da RPF foi devido o aumento do PSF proporcionalmente maior do que o aumento do PST (Tabela 17), de acordo com Benincasa (1988) isto acontece quando ocorre um aumento da fração de matéria não exportada das folhas para o resto da planta.

Tabela 19 - Médias das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de bacuri (*Rheedia benthamiana* Pl. et Tr.) em casa de vegetação. UFLA - Lavras, Mg. 1995.

TRATAMENTO	TCR	TAL	RAF	RPF	AFE	IA
Não inundado	0.0021b	0.0053	0.3955	0.3959	1.0272	-
Inundado	0.0051a	0.0117	0.4370	0.4928	8.870	1.0

TCR - Taxa de crescimento relativo ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ ); TAL - Taxa assimilatória líquida ( $\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{dia}$ ); RAF - Razão de área foliar; RPF - Razão de peso foliar; AFE - Área foliar específica e IA - Índice de aclimação

A TAL pode apresentar uma ampla faixa de valores e ser afetada pela ontogenia e pelo tipo ecológico, bem como pelo ambiente (Evans, 1972). O aumento da eficiência fotossintética, traduzido pelo aumento na TAL, nas mudas inundadas em relação as não inundadas, foi acompanhado pelo aumento da eficiência no crescimento na mesma proporção, o que expressou um IA igual a 1 (Tabela 19). Resultado semelhante foi encontrado por Margolis e Brand (1990), quando compararam o crescimento de mudas de "white pine" em duas diferentes temperaturas de solo.

A capacidade de adaptação da espécie às condições de inundação, pode ser considerada como tolerante, principalmente porque mantém o sistema receptor de radiação solar, através da área foliar e da absorção de nutrientes, via sistema radicular, indicado pelo peso da matéria seca das raízes. Além disso, as folhas não sofreram epinastia, o amarelecimento foi menos freqüente nas mudas inundadas, a senescência não ocorreu no período da inundação, desenvolveram-se lenticelas hipertrofiadas, condutância estomática e a transpiração foram mantidas pelo equilíbrio entre a maior freqüência estomática e o tamanho dos estômatos (diâmetro equatorial) e não foram produzidas raízes adventícias na superfície do solo. Nessas condições, as lenticelas e os aerênquimas formados nas mudas inundadas, devem ter exercido funções muito importantes na manutenção das atividades metabólicas da espécie. Por outro lado, pode-se também considerar que a raiz de ancoramento pode ter sido importante nos processos de manutenção metabólica por estar na parte mais superficial do solo e desenvolver-se com o crescimento da muda.

**Itubarana** - Nesta espécie a inundação do sistema radicular não afetou o crescimento da espécie quando medido pela altura, área foliar, pesos da matéria seca de raiz, caule, folhas, total e TCR. Somente o número de folhas foi reduzido com a inundação (Tabela 17). O menor número de folhas reflete a queda de folhas maduras que ocorreu durante o período de inundação. O amarelecimento e a senescência das folhas mais baixas também foram observados por Newsome, Kozłowski e Tang (1982). Com o número de folhas menor e mantida a área foliar, pode-se inferir que a área por folha foi aumentada. A maioria das plantas (80%) resistiram a inundação sem alterar o crescimento, enquanto outras não resistiram e morreram. Nas mudas sobreviventes as lenticelas, os meatos intercelulares e a condutância estomática e transpiração, equilibradas pelo menor número de estômatos com um maior tamanho, devem ter desempenhado funções importantes para manter o crescimento das plantas inundadas sem diferenças das mudas inundadas, uma vez que a espécie não desenvolveu raízes adventícias superficiais

e estruturas de aerênquimas.

A ausência de variação da TCR entre as mudas inundadas e não inundadas foi resultado do equilíbrio entre a diminuição da TAL e o aumento da RAF (Tabela 20). No longo prazo, a taxa fotossintética é reduzida por causa das mudanças nas enzimas de carboxilação, clorose, senescência inicial das folhas e abscisão (Tang e Kozlowski, 1984). Esta variação em sentido contrário está de acordo com Warren Wilson, Hunt e Hand (1986). Isto significa que a redução na TAL foi compensada pelo aumento na RAF (Benincasa, 1988). O aumento da RAF resultou do aumento da RPF, enquanto a AFE foi reduzida nas mudas inundadas. A RPF aumentou como resultado da queda de folhas e do provável aumento da fração de matéria seca não exportada das folhas restantes. A AFE diminuiu pelo provável maior aumento do peso da matéria seca das folhas restantes em relação ao aumento da área foliar. Os valores negativos da TCR refletem a queda das folhas maduras nas mudas inundadas e não inundadas durante o período da inundação.

Tabela 20 - Médias das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakoulev) em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG).1995.

TRATAMENTO	TCR	TAL	RAF	RPF	AFE	IA
Não inundado	-0.0019	-0.0048	0.3464	0.2347	1.6346	-
Inundado	-0.0036	-0.0108	0.3571	0.2676	1.3268	0.71

TCR - Taxa de crescimento relativo ( $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ); TAL - Taxa assimilatória líquida ( $\text{g.dm}^{-2}.\text{dia}$ ); RAF - Razão de área foliar; RPF - Razão de peso foliar; AFE - Área foliar específica e IA - Índice de aclimação

A TAL diminuiu mais do que a TCR, isto é, ocorreu uma redução na eficiência fotossintética com o estresse da inundação e que esta redução não foi completamente repassada para a TCR. Segundo Margolis e Brand (1990), isto ocorre quando a planta desenvolve algum mecanismo de aclimação ao estresse e faz com que o IA seja menor do que 1. Com o IA de 0.71 %, significa que 19% do declínio na TAL foi compensado pelas formas de aclimação, como ajustes bioquímicos, fisiológicos ou morfológicos. Entre estes, a itaubarana manteve a condutância estomática e a transpiração sem modificações entre as mudas inundadas e as não inundadas, como resultado do equilíbrio entre o menor número de estômatos e o maior tamanho, desenvolveu lenticelas hipertrofiadas e manteve abundantes meatos intercelulares.

**Macacaricuia** - a inundação diminuiu o peso da matéria seca das raízes das mudas desta espécie. As outras variáveis não foram afetadas pela inundação (Tabela 17). A diferenç a no peso da matéria seca das raízes provavelmente foi causada pela morte das raízes do sistema radicular original, resultado geralmente comum nas plantas inundadas (Kawase, 1981; Hook e Scholtens, 1980). Ainda assim, a espécie manteve o mesmo crescimento nas mudas inundadas e nas não inundadas. Este resultado indica que a quantidade de raízes que se desenvolveu sob condições de inundação não foi suficiente para recuperar a quantidade original do sistema radicular que morreu. Porém, as raízes existentes foram capazes de manter o crescimento.

A TCR entre as mudas inundadas e não inundadas não foram diferentes entre si. Isto resultou das variações de forma inversa entre a TAL e a RAF como geralmente acontece e está de acordo com Warren Wilson, Hunt e Hand (1986) (Tabela 21). A AFE contribuiu mais do que a RPF para o aumento na RAF. Este resultado mostra a maior sensibilidade da AFE às mudanç as ambientais (Hunt, 1978).

Tabela 21 - Valores médios das variáveis da análise de crescimento e  ndice de aclimação das mudas de macacaricuia (*Couroupita guianensis* Aubl.) em casa de vegeta o. UFLA-Lavras (MG).1995.

TRATAMENTO	TCR	TAL	RAF	RPF	AFE	IA
Não inundado	0.0031	0.0095	0.3372	0.1877	1.8621	-
Inundado	0.0009	0.0031	0.3542	0.1942	1.8917	1.0

TCR - Taxa de crescimento relativo ( $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ); TAL - Taxa assimilatória líquida ( $\text{g.dm}^{-2}.\text{dia}$ ); RAF - Razão de área foliar; RPF - Razão de peso foliar; AFE -  rea foliar específica e IA -  ndice de aclimação

A variação na eficiência do crescimento, traduzida pela TCR, foi proporcionalmente modificada em rela o a eficiência fotossintética, traduzida pela TAL. Isto mostra que a redução na eficiência fotossintética com o aumento do estresse (mudas inundadas), foi completamente repassada para a eficiência no crescimento, desta forma pode-se dizer que a eficiência foliar das mudas de macacaricuia não sofreram nenhuma resistência (Margolis e Brand, 1990). Este repasse proporcional entre a TAL e a TCR é representado pelo IA de valor 1, assim não foram necessários ajustes bioquímicos, fisiológicos ou morfológicos. Uma das características comuns entre as mudas inundadas e as não inundadas é a presenç a de aerênquimas bem desenvolvidos em ambos tipos de mudas. A existência de abundantes aerênquimas nas raízes das mudas inundadas e não inundadas, indica que a formação dessas estruturas independe da influência da inundação do sistema radicular. A sobrevivência foi de 100%, as mudas não apresentaram epinastia,



amarelecimento e abscisão das folhas. A senescência observada fazia parte da fenologia de mudança foliar. As lenticelas foram hipertrofiadas com a inundação e não apareceram raízes adventícias acima da superfície do substrato. A condutância estomática e a transpiração foram reduzidas por um provável fechamento estomático, uma vez que não ocorreram alterações no número e tamanho dos estômatos. Por estes resultados pode-se inferir que a espécie desenvolveu eficientes mecanismos de tolerância à inundação.

**Paracuuba** - nas mudas de paracuuba a inundação diminuiu a área foliar e os pesos da matéria seca de raiz, folha e total (Tabela 17). Com a diminuição da área foliar e mantido o número de folhas, pode-se inferir que as folhas nas mudas inundadas tiveram o tamanho reduzido. Apesar da diminuição da área foliar, dos pesos da matéria seca de raiz, folha e total nas mudas inundadas a espécie manteve o crescimento em altura e a TCR sem modificações em relação as mudas não inundadas. Isto evidencia um provável desenvolvimento de mecanismos de adaptação às condições de inundação. O crescimento em altura de algumas espécies tolerantes é aumentado com a inundação (Kozlowski, 1984). A não modificação na altura e no peso da matéria seca do caule das mudas inundadas provavelmente indica uma estratégia para manter as folhas fora d'água por mais tempo para que o transporte de oxigênio para as raízes seja mantido. Laam e Blom (1990), citam que nas plantas em condições de inundação, predominantemente ocorre o rápido crescimento do caule e que na superfície da água pode ser restabelecida a difusão entre o ar e o sistema radicular. A inundação também reduziu a matéria seca de mudas de 4 espécies de *Eucaliptus* (Abreu, Campos Neto e Barros, 1993).

A TCR negativa nas mudas inundadas reflete a queda das folhas maduras durante o período da inundação. A não modificação da TCR entre as mudas inundadas e as não inundadas ocorreu em consequência da diminuição da TAL e da RAF. A diminuição na RAF ocorreu pela diminuição da RPF e da AFE (Tabela 22). No longo prazo, a taxa fotossintética é reduzida por causa das mudanças nas enzimas de carboxilação, clorose, senescência inicial das folhas e abscisão (Tang e Kozlowski, 1984). O amarelecimento e a senescência das folhas mais baixas também foram observados por Newsome, Kozlowski e Tang (1982). A diminuição da TAL e da RAF no mesmo sentido é resultado inverso do que afirma Warren Wilson, Hunt e Hand (1986) na relação entre essas variáveis. A variação no mesmo sentido da TAL e da RAF existe quando ocorre grandes mudanças na TAL em consequência da AFE que muda no mesmo sentido da RAF, produzindo uma maior contribuição para a queda da TAL (Evans, 1972). Na paracuuba a AFE contribuiu menos do que a RPF para a diminuição da RAF. Um menor

valor da RPF nas mudas inundadas significa uma menor fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta (Benincasa, 1988) e isto resultou de um maior crescimento do PST em relação ao PSF (Tabela 17)

Tabela 22 - Médias das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de paracuuba (*Lecointea amazonica* Ducke) inundadas e não inundadas em casa de vegetação. UFLA-Lavras (Mg). 1995.

TRATAMENTO	TCR	TAL	RAF	RPF	AFE	IA
Não inundado	0.0016	0.0045	0.3689	0.3324	1.1193	-
Inundado	-0.0010	-0.0030	0.3443	0.3109	1.1124	0.97

TCR - Taxa de crescimento relativo ( $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ); TAL - Taxa assimilatória líquida ( $\text{g.dm}^{-2}.\text{dia}$ ); RAF - Razão de área foliar; RPF - Razão de peso foliar; AFE - Área foliar específica e IA - Índice de aclimação

Segundo Benincasa (1988), as variações da AFE que não são verificadas na RAF, resultam das taxas de crescimento das folhas individuais e estas associações de crescimento são bastante complexas e difíceis de serem interpretadas. A mera existência destes mecanismos de compensação revelam como são variadas e de longo alcance as reações na estrutura e funções da planta em relação às mudanças ambientais. A TAL pode apresentar uma ampla faixa de valores e ser afetada pela ontogenia e pelo tipo ecológico, bem como pelo ambiente (Evans, 1972).

A diminuição da eficiência fotossintética, entre as mudas inundadas e as não inundadas de paracuuba, não foi acompanhada no todo pela diminuição na TCR, isto é, na eficiência do crescimento. A maior redução na eficiência fotossintética nas mudas inundadas ocorreu provavelmente pelo parcial amarelecimento das folhas. Em geral, a TAL é mais estável do que a TCR por longos períodos, sua mudança ontogênica é também muito marcada (Hunt, 1978).

O índice de aclimação de 0.97 mostra que 3% da redução na eficiência foliar foi compensado por ajustes bioquímicos, fisiológicos ou morfológicos na espécie, segundo o conceito do IA de Margolis e Brand (1990). Entre estes, a espécie manteve o sistema radicular sem modificações em relação as mudas não inundadas, as folhas sofreram epinastia, ocorreu senescência e abscisão das folhas maduras, a condutância estomática e a transpiração foram mantidas pelo equilíbrio entre a maior frequência estomática e o tamanho (diâmetro polar) dos estômatos e ocorreu o desenvolvimento de aerênquimas.

**Sumauma** - nas mudas inundadas de sumauma a altura, número de folhas, área foliar, pesos da matéria seca da raiz, folha e total e na TCR foram menores do que das mudas não inundadas. A espécie produziu bastante raízes adventícias na superfície do substrato, porém estas não foram suficientes para manter o PSR iguais ao das mudas não inundadas e, provavelmente, influenciou na absorção de nutrientes, uma vez, que na maioria, das variáveis avaliadas os valores foram menores nas mudas inundadas. A diminuição da área foliar, do número de folhas e do PSF nas mudas inundadas foi consequência do amarelecimento, senescência e abscisão das folhas. Isto também, provavelmente, resultou na TCR negativa nas mudas inundadas.

A razão da diminuição na TCR das mudas inundadas em relação as não inundadas foi a diminuição da TAL e da RAF (Tabela 23). Estes resultados estão contrários aos citados por Warren Wilson, Hunt e Hand (1986) de que a redução da TAL é acompanhada pelo aumento da RAF e grande parte dessa diferença serve para minimizar a diminuição na TCR. A variação da TAL e da RAF no mesmo sentido existe quando ocorre grandes mudanças na TAL em consequência da AFE que muda no mesmo sentido da RAF, produzindo uma maior contribuição para a diminuição da TAL (Evans, 1972). Nas mudas de sumauma, a diminuição da RAF ocorreu por influência da RPF e não da AFE, que aumentou. A diminuição da RPF provavelmente ocorreu em consequência da queda das folhas e a AFE aumentou por ser uma variável que, de imediato, não sofreu influência da queda das folhas, pois é originada da relação entre a superfície e o peso da matéria seca das folhas existentes no ato das avaliações.

Tabela 23 - Médias das variáveis da análise de crescimento e índice de aclimação das mudas de sumauma (*Ceiba pentandra* Gaertn.) em casa de vegetação. UFLA - Lavras (Mg). 1995.

TRATAMENTO	TCR	TAL	RAF	RPF	AFE	IA
Não inundado	0.0017a	0.0038	0.4437	0.1804	2.5250	-
Inundado	-0.0014b	-0.0047	0.3375	0.1406	2.7835	0.81

TCR - Taxa de crescimento relativo ( $\text{g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ); TAL - Taxa assimilatória líquida ( $\text{g.dm}^{-2}.\text{dia}$ ); RAF - Razão de área foliar; RPF - Razão de peso foliar; AFE - Área foliar específica e IA - Índice de aclimação

No longo prazo, a taxa fotossintética é reduzida por causa das mudanças nas enzimas de carboxilação, clorose, senescência inicial das folhas e abscisão (Tang e Kozłowski, 1984). O amarelecimento e a senescência das folhas mais baixas também foram observados por Newsome, Kozłowski e Tang

(1982). Conforme Benincasa (1988), ocorrem oscilações na AFE que não são verificadas na RAF. Apesar da contribuição da queda na TAL e da RAF, a TCR entre as mudas inundadas e não inundadas foram semelhantes (Tabela 23).

A diminuição da TAL nas mudas inundadas de sumuma não foi acompanhada no todo pela diminuição na TCR, esta diferença pode ser observada pelo IA (Tabela 23), que mostra que 19% da redução na eficiência foliar foi compensado por ajustes bioquímicos, fisiológicos ou morfológicos, segundo o conceito do IA de Margolis e Brand (1990). As mudas sobreviventes, reúnem características de serem tolerantes à inundação do sistema radicular, apesar de terem apresentado os sintomas mais severos dos danos da inundação. Nesse período, as mudas inundadas apresentaram epinastia, amarelecimento e senescência das folhas maduras e desenvolveram abundantes lenticelas hipertrofiadas, raízes adventícias, aerênquimas e o peso da matéria seca do sistema radicular diminuído, apesar do desenvolvimento de raízes adventícias. As raízes adventícias compensaram a eliminação de parte do sistema radicular original danificado pela inundação e provavelmente contribuíram para a manutenção da sobrevivência da espécie.

#### **4.5 Efeitos da adubação após o período de inundação**

Observa-se pela Tabela 24 que todas as espécies estudadas, sob inundação do sistema radicular, responderam positivamente à adubação, exceção da itaubarana que foi indiferente. As mudas não inundadas das espécies andiroba, macacaricuia e paracuuba também responderam de forma semelhante às mudas inundadas, as mudas de itaubarana foram indiferentes e as de bacuri e de sumuma tiveram os valores menores do que as inundadas com adubo. A TCR nas mudas sem adubação tiveram os menores valores, a exceção da itaubarana.

As mudas de sumauma que tiveram a TCR diminuída com a inundação (Tabelas 17 e 23), após a adubação, esta taxa aumentou e foi superior à TCR dos outros tratamentos. Isto indica uma maior necessidade nutricional da espécie para expressar o seu potencial de crescimento e de recuperação dos danos causados pela inundação.

A falta de resposta à adubação nas mudas de itaubarana possivelmente está associada à baixa demanda nutricional da espécie, que é de igapó, local onde predominam os podzóis e são deficientes em nutrientes e ricos em quartzo (Keel e Prance, 1979).

Tabela 24 - Taxa de crescimento relativo (TCR) das mudas adubadas e não adubadas após o período de inundação em casa de vegetação. UFLA - Lavras (MG). 1995.

ESPÉCIE	Tratamento	TCR ( $\text{g}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ )*	ESPÉCIE	Tratamento	TCR ( $\text{g}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ )*
Andiroba	NICA	0.0058a	Macacaricuia	INCA	0.0093a
	INCA	0.0057a		NICA	0.0075ab
	NISA	0.0034 b		NISA	0.0060ab
	INSA	0.0021 c		INSA	0.0057 b
Bacuri	INCA	0.0135a	Paracuuba	INCA	0.0063a
	INSA	0.0112 b		NICA	0.0059ab
	NICA	0.0102 b		NISA	0.0031ab
	NISA	0.0054 c		INSA	0.0016 b
Itaubarana	INCA	0.0055ns	Sumauma	INCA	0.0114a
	INSA	0.0046ns		NICA	0.0096 b
	NICA	0.0064ns		NISA	0.0058 c
	NISA	0.0051ns		INSA	0.0058 c

(\*) - Média seguidas pela mesma letra, nas espécies, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. NS - Não significativo pelo teste "F" a 5% de probabilidade. INCA - inundado com adubo; INSA - inundado sem adubo; NICA - não inundado com adubo; NISA - não inundado sem adubo.

Estes resultados mostram que a adubação, em geral, aumenta a TCR nas mudas inundadas ou não inundadas. Nas mudas inundadas de bacuri e sumauma a resposta foi mais acentuada, indicando a maior necessidade para recompor-se do déficit nutricional causado pelo estresse da inundação. Estes resultados mostram que nesta fase inicial, a adubação deve ser uma prática importante para aumentar a taxa de crescimento. Pelacani (1992), observou que em área de depleção na mesma represa hidrelétrica deste trabalho, a limitação ao desenvolvimento das plantas foi a fertilidade do solo. Segundo Kozlowski e Pallardy (1984), dada uma adequada quantidade de nutrientes nos solos submersos, as plantas tolerantes à inundação estarão aptas a absorver suficientes quantidades de nutrientes para sustentar o rápido crescimento. Quanto a tolerância à inundação, o tamanho físico pode ser de maior importância (Gill, 1970).

#### 4.6 Sobrevivência e crescimento das mudas na área de depleção na represa de Camargos (MG)

Quando foi inundado somente o sistema radicular das mudas de andiroba, em casa de vegetação, esta apresentou o desenvolvimento de diversos mecanismos de adaptação às condições de inundação,

mas em condições de total submersão no campo, a espécie revelou que estes mecanismos não foram suficientes para manter a sobrevivência e todas morreram. Estes dados indicam que a espécie está mais apta a sobreviver em locais onde a inundação seja menos demorada ou que não alcance a total submersão das plantas. Além da várzea, a andiroba ocorre na terra-firme ao longo dos igarapés (Silva, Lisbôa e Lisbôa, 1977), onde as inundações são por períodos curtos, geralmente após as chuvas fortes. Por outro lado, sob condições de total submersão, as respostas são direcionadas no sentido de manter a biomassa e sobreviver. Isto pode ser alcançado através da alongação da folha e pecíolo, fotossíntese submersa e mesmo a dormência da planta. Porém, quando a planta não alcança a superfície da água, a sobrevivência ocorre quando há um suprimento de carbono inorgânico, como o CO<sub>2</sub> dissolvido na água, para manter a fotossíntese submersa e o concomitante transporte de oxigênio derivado fotossinteticamente. (Laam e Blom, 1990). Neste caso a andiroba não desenvolveu estes mecanismos (fisiológicos) para manter a sobrevivência.

As mudas de sumauma também morreram, mas antes disso, cresceram cerca de 52 cm, mostrando que ocorreu crescimento durante o período de inundação inclusive com a total submersão. Segundo Laam e Blom (1990), as espécies tolerantes à inundação e sob total submersão desenvolvem-se através da alongação das folhas e caule, como estratégia de alcançar a superfície da água para ser restabelecida a difusão do oxigênio entre o ar e o sistema radicular. Estes dados indicam que a sumauma provavelmente não sobreviveu porque a inundação foi muito demorada e alcançou níveis muito altos. A sobrevivência da espécie, desta forma, pode ser conseguida com períodos de inundação mais curtos, obtidos através de plantio em cotas mais altas ou o plantio de mudas maiores, caso o fator de mortalidade da espécie não tenha sido a baixa temperatura da região. O rápido crescimento desta espécie também foi observado por Chinea-Rivera (1990).

Após o período de inundação as espécies não apresentaram diferença na percentagem de sobrevivência entre as linhas de plantio (Tabela 25). Os baixos valores de sobrevivência nas mudas de bacuri, em parte, ocorreu em consequência do tamanho em que foram plantadas. A altura média das mudas foi de 6.5cm no dia do plantio, estas em grande parte foram soterradas pelo solo que deslocou-se da parte superior da área do plantio. Ao serem desenterradas, as mudas estavam ainda vivas e em condições de crescerem. Desta forma, para obter-se uma maior percentagem de sobrevivência sugere-se o plantio de mudas maiores.

Tabela 25 - Percentagem de sobrevivência entre as linhas de plantio das espécies florestais plantadas nas margens da represa de Camargos (MG). UFLA - Lavras (MG). 1995.

ESPÉCIE	LINHAS DE PLANTIO	DIAS APÓS O PLANTIO*			
		287	327	347	419
Bacuri	1	41.7	25.0	25.0	33.3
	2	41.7	41.7	41.7	41.7
	3	58.3	58.3	50.0	33.3
	4	33.3	25.0	25.0	25.0
	5	8.3	8.3	8.3	8.3
	6	33.3	33.3	25.0	25.0
	Média	36.1	31.9	29.2	27.8
Itaubarana	1	41.7	25.0	25.0	25.0
	2	41.7	41.7	41.7	41.7
	3	75.0	75.0	75.0	75.0
	4	50.0	50.0	50.0	41.7
	5	83.3	83.3	83.3	83.3
	6	66.7	66.7	66.7	66.7
	Média	59.7	56.9	56.9	55.6
Macacaricuia	1	58.3	58.3	58.3	58.3
	2	33.3	33.3	33.3	33.3
	3	75.0	66.7	66.7	66.7
	4	41.7	41.7	41.7	41.7
	5	50.0	50.0	50.0	50.0
	6	50.0	58.3	58.3	58.3
	Média	51.4	51.4	51.4	51.4
Paracuuba	1	25.0	8.3	0	0
	2	58.3	33.3	25.0	16.7
	3	75.0	50.0	33.3	25.0
	4	50.0	16.7	25.0	16.7
	5	41.7	16.7	16.7	16.7
	6	58.3	33.3	33.3	33.3
	Média	51.4	26.4	22.2	18.1

(\*) As percentagens entre as linhas de plantio, na mesma espécie, não foram diferentes pelo teste "F" a 5%

A sobrevivência dessas espécies está na faixa encontrada por Donovan *et al.* (1988), que foi de 20% a 90% ao inundar mudas de *Taxodium distichum*, *Nyssa aquatica*, *Salix nigra* e *Cephalanthus occidentalis*. A sobrevivência das espécies estudadas por Pelacani (1992), na área de depleção desta mesma represa, foi de 0%, exceção da *Axonopus fisifolius* que sobreviveu. Nesta mesma represa, Davide *et al.* (1992), verificaram que das 6 espécies testadas 5 sobreviveram com percentagens que variou de 80 a 100%. A tolerância de mudas à inundação freqüentemente varia muito, dependendo da espécie (Kozlowski, 1984).

Nos períodos subseqüentes ao da inundação, as mudas de bacuri tiveram uma pequena diminuição na percentagem de sobrevivência, a itubarana e a macaricuia que mais sobreviveram, praticamente não diminuíram a sobrevivência, enquanto a paracuuba apresentou dificuldades de adaptação (Tabela 25). A habilidade de uma espécie arbórea em resistir às mudanças das condições ambientais determina a amplitude ecológica de sobrevivência e crescimento dentro de certa faixa dessas mudanças (Margolis e Brand, 1990).

A diferença de aproximadamente 2 meses, no tempo de inundação entre as linhas de plantio mais distantes (linhas 1 e 6) e o período total de inundação de 198 dias, não ocasionaram diferenças no número de folhas das espécies estudadas, embora a inundação iniba a formação e o crescimento de novas folhas e induza a abscisão das folhas maduras (Kozlowski, 1984). A altura das espécies bacuri, macaricuia e paracuuba também não foram diferentes. Ocorreu diferença na altura das mudas de itubarana entre as linhas 1 e 4, possivelmente como resultado do maior estresse na linha 1 por ser mais demorada a inundação, porém nos períodos seguintes as menores mudas recuperaram o crescimento e igualaram-se à altura das mudas das outras linhas de plantio (Tabela 26).

Para as mudas de macaricuia que também tiveram as maiores alturas na linha 4 em relação as da linha 1, aos 344 e 419 dias após o plantio, a razão pode estar na influência do maior soterramento das mudas na linha 1, o qual atrasou o crescimento em altura, embora tenham mantido-se vivas (Tabela 26). A altura e o número de folhas mantiveram-se crescendo até o 419º dia após o plantio, destacando-se o maior crescimento para a itubarana. Isto indica a retomada do crescimento e uma melhor adaptação e melhores condições para superar o estresse da próxima inundação.

As diversas formas de tolerância à inundação que as espécies estudadas apresentaram em casa de vegetação e neste experimento de campo, expressam que o estabelecimento das mudas e a regeneração de florestas, podem ser estimulados ou inibidos pela inundação, dependendo da espécie e da duração da inundação. Além da frequência e duração da inundação, o tipo de solo e a tolerância das mudas influenciam a composição de espécies de áreas inundadas (Kozlowski, 1984). A cada estratégia de estabelecimento destas espécies estão relacionados um ou mais padrões de comportamento, e estão de acordo com Pinã-Rodrigues *et al.* (1990). A tolerância de mudas à inundação é obviamente importante para a ecologia e regeneração de espécies lenhosas em área inundáveis (Gill, 1970).



Tabela 26 - Médias do crescimento em altura (H) e do número de folhas (NF) das espécies florestais plantadas em 6 diferentes linhas de plantio na represa de Camargos (MG). UFLA - Lavras (MG). 1995.

ESPÉCIE	LINHAS DE	DIAS APÓS O PLANTIO									
		0		287		327		344		419	
	PLANTIO	H	NF	H	NF	H	NF	H	NF	H	NF
Bacuri	1	6.9	4.1	8.5	4.1	8.0	6.7	8.7	7.7	11.0	9.2
	2	5.4	4.3	9.8	9.7	11.5	9.1	12.7	10.4	21.2	11.9
	3	7.5	3.5	11.1	5.9	12.4	5.9	14.0	8.0	14.0	8.7
	4	6.9	4.0	10.6	6.3	10.6	9.7	13.5	11.7	19.2	13.2
	5	6.0	3.9	1.5	1.0	13.0	10.0	14.5	12.0	21.5	8.0
	6	6.4	4.3	9.5	5.5	8.5	4.0	9.5	6.0	10.5	6.5
	Média	6.5	4.0	8.5	5.4	10.7	7.6	12.1	9.3	16.2	9.6
Itaubarana	1	16.9	7.8	21.4*	7.5	37.0	14.0	29.5	13.7	31.2	12.0
	2	16.8	6.3	27.0	10.4	28.7	13.3	32.9	16.0	50.7	23.7
	3	18.1	7.6	34.3	10.1	43.4	11.3	47.5	12.4	63.5	17.6
	4	19.0	6.5	41.1*	12.0	49.5	12.1	55.4	14.0	69.8	16.0
	5	18.8	6.6	37.1	12.3	41.6	12.5	40.6	13.1	54.3	16.6
	6	17.2	6.3	34.9	9.17	39.7	12.1	41.1	17.3	50.3	11.7
	Média	17.8	6.9	32.6	10.26	40.0	12.6	41.2	14.4	53.3	16.2
Macacaricuia	1	8.2	10.8	12.1	11.3	13.6	16.0	14.1*	17.9	17.5*	20.0
	2	7.5	8.2	13.6	9.8	13.8	12.5	15.0	16.7	21.5	18.7
	3	6.9	7.9	15.7	16.2	18.0	21.7	16.2	24.5	27.3	33.2
	4	7.5	8.3	18.5	15.9	26.7	24.2	28.6*	26.8	42.7*	35.5
	5	6.9	7.7	16.8	13.3	18.7	15.8	19.2	16.2	23.4	18.3
	6	6.6	8.7	18.4	19.6	17.7	18.9	18.3	21.8	20.5	16.0
	Média	7.3	8.6	15.6	14.4	18.1	18.2	18.6	20.6	25.5	23.6
Paracuuba	1	29.3	6.7	27.0	7.5	36.0	1.0	-	-	-	-
	2	30.1	5.7	29.1	5.7	34.5	7.5	37.4	12.7	41.0	18.5
	3	29.7	5.9	30.2	20.1	36.6	14.0	42.0	18.2	34.2	19.5
	4	31.9	7.1	35.0	2.3	39.0	5.0	38.0	5.8	39.5	9.5
	5	31.6	6.4	38.8	14.5	46.5	20.5	46.5	22.0	47.0	22.5
	6	33.8	6.4	41.7	14.0	44.8	18.3	45.8	18.2	44.7	17.5
	Média	31.1	6.4	33.6	10.7	39.6	11.0	41.9	15.4	41.3	17.5

(\*) A maior e a menor médias, na mesma espécie, são significativamente diferentes pelo T. Tukey a 5% de probabilidade. As médias sem asterisco não foram diferentes pelo teste "F" a 5% de probabilidade.

## 5 CONCLUSÕES

Cada espécie estudada utiliza diversos mecanismos de dispersão de sementes, destacando-se, principalmente, a zoocoria e a hidrocoria. Num processo de revegetação das áreas de depleção, às margens das represas, pode permitir uma boa distribuição destas espécies e a colonização de outras áreas, além de auxiliar na alimentação de mamíferos, pássaros e peixes com sementes e frutos comestíveis.

As árvores matrizes produzem grande quantidade de sementes por árvore e a alta percentagem de germinação de cada uma espécie, permitem a produção de mudas em larga escala.

A germinação do sistema radicular de ancoramento do bacuri revelou um dado inédito para os tipos de germinação até o momento conhecidos.

As mudas de andiroba, itaubarana, macacariçuia, e paracuuba, sob inundação do sistema radicular tiveram as mesmas taxas de crescimento das mudas não inundadas. As mudas de bacuri tiveram a taxa de crescimento aumentada com a inundação e as mudas de sumauma tiveram a taxa de crescimento diminuída e, foi a espécie que mais apresentou sintomas dos danos causados pela inundação. As mudas inundadas desenvolveram os mecanismos mais comuns de espécies tolerantes à inundação como raízes adventícias, lenticelas hipertrofiadas, formação de aerênquimas, epinastia e equilíbrio entre o número e tamanho dos estômatos, conseqüentemente foi alta a percentagem de sobrevivência.

A adubação após o período de inundação, permitiu a aceleração do crescimento em praticamente todas as espécies, a exceção foi a itaubarana.

As mudas de bacuri, itaubarana, macacariçuia e paracuuba sobreviveram à inundação da represa de Camargos (Itutinga, MG) e, após o período da inundação, todas as espécies continuaram crescendo, revelando um alto potencial como espécies alternativas na revegetação das áreas de depleção às margens da represa. A andiroba e a sumauma não sobreviveram, mas esta última cresceu durante o período da inundação, indicando que também pode ser aproveitada para plantios em locais onde a cheia da represa seja menos demorada.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.D.de; CAMPOS NETTO, R.B.; BARROS, N.F. de. Crescimento de mudas de quatro espécies de eucalipto sob condições de solo encharcado. *Revista Árvore*, Viçosa, v.17, n.1, p.1-9, 1993.
- ALENCAR, J.C.; MAGALHÃES, L.M.S. Poder germinativo de sementes de doze espécies florestais da região de Manaus. *Acta Amazonica*, Manaus, v.9, n.3, p. 411-418, 1979.
- BENINCASA, M.M.P. *Análise de crescimento de plantas (Noções básicas)*. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1988. 42p.
- BOLHAR-NORDENKAMPF, H.R.. *Morfologia e Anatomia das Folhas em Relação à Eficiência Fotossintética*. In: COOMBS, J; HALL, D.O. *Técnicas de Produtividade e Fotossíntese*. Fortaleza: UFC, p. 120-130, 1989.
- BRADFORD, K.J.; YANG, S.F. Physiological response of plant to waterlogging. *HortScience*, Alexandria, v.16, n. 1, p. 25-30, 1981.
- BUDOWSKI, G. Distribution of Tropical American rain forest species in the light of successional process. *Turrialba*, Turrialba, v. 15, n. 1, p. 40-42, ene./mar. 1965
- CÂNDIDO, J.F. Efeito do peso das sementes do pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia* Bert. O.Kzte.) sobre a porcentagem de germinação, energia germinativa e desenvolvimento de mudas. *Brasil Florestal*, Rio de Janeiro, v.5, n.18, p 33-39, 1974.

- CARNEIRO, J.G.A. **Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfo-fisiológicos que indicam sua qualidade.** Curitiba: FUPEF, 1983. (Série Técnica 12).
- CARPENTER, J.R.; MITCHELL, C.A. Root respiration characteristics of flood-tolerant and intolerant tree species. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.105, n. 5, p. 684-687, 1980.
- CHINEA-RIVERA, J.D. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. **Ceiba, Kapok, Silk cotton tree.** SO-ITF-SM-29 1990.
- CONCEIÇÃO, M.C.A. Composição florística de uma floresta de várzea no município de Colares no estado do Pará. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.199.
- CRANE, J.H.; DAVIES, F.S. Periodic and Seasonal Flooding Effects on Survival, Growth, and Stomatal Conductance of Young Rabbiteye Blueberry Plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.113, n. 4, p. 488-493, 1988.
- CRAWFORD, R.M.M. Metabolic adaptation to anoxia. In: HOOK, D.D; Crawford, M.M. (eds.). **Plant life in anaerobic environments.** Arbor Michigan: Ann. Arbor. Science Publishing., 1980. p.119-136.
- CRUZ, E.C. Situação atual da Silvicultura e do Manejo Florestal Sustentado em áreas de várzea rivular. In: SEITZ, R.A. (Coord.). **O desafio das Florestas Neotropicais.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1991. p. 59-76.
- CUNHA, R. da; SANTANA, C.A.F. de; CARDOSO, M.A.; PEREIRA, T.S. Secagem, desinfestação e germinação de sementes de *Couroupita guianensis* Aubl. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, Atibaia, 1989. **Anais ...** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1989. p. 11. (Série Documentos).

- DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. Relações entre tamanho de sementes e desenvolvimento de porta-enxerto de seringueira (*Hevea brasiliensis*). In: CONGRESSO FLOR. BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.673-675.
- DAVIDE, A.C.; SCOLFORO, A.R.S.; PRADO, N.J.S.; FARIA, J.M.R. Comportamento de seis espécies florestais em área de depleção da usina hidrelétrica de Camargos - MG. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1 e CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, Curitiba, 1992. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura e Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1992. v. 2, p. 19-24.
- DAY, Jr., F.P. Effects of flooding and nutrient enrichment on biomass allocation in *Acer rubrum* seedlings. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 74, n.10, p. 1541-1554, 1987.
- DONOVAN, L.A.; McLOOD, K.W.; SHERROD, Jr., K.C.; STUMPF, N.J. Response of woody swamp seedlings to flooding and increased water temperatures. I. Growth, biomass, and survivorship. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 75, n. 8, p. 1181-1190, 1988.
- DUBOIS, J. Características e distribuição geográfica das florestas naturais de folhosas no Brasil: reflorestamento para a produção de madeira de serraria: tendências e possibilidades. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.7, p. 111-126, 1970.
- DURBIN, R.D. Abiotic diseases induced by unfavorable water relations. In: Kozlowski, T.T. (ed.). **Water Deficits and Plant Growth. Water and Plant Disease**. New York: Academic Press, 1971. v.5, p.101.
- DURIGAN, G.; DIAS, H.C.S. Abundância e diversidade da regeneração natural sob mata ciliar implantada. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.308.

- EVANS, G.C. **The Quantitative Analysis of Plant Growth**. Berkeley: University of California Press, 1972. 734p.
- FAÇANHA, J.G.V.; VARELA, V.P. Influência do tamanho da semente e tipo de sombreamento na produção de mudas de muirapiranga. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n.11/12, p. 1185-1188, 1987.
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A.; OLIVEIRA, A.C.B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Brasília, v.1, p. 51-62, 1993.
- FISCH, S.T.V. **Comparações morfológicas e fisiológicas durante os processos de germinação e crescimento de plântulas de *Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D.C. - Meliaceae**. Manaus: INPA, 1990. 98 p. (Dissertação - Mestrado).
- FUCHS, Y.; LIEBERMAN, M. Effects of Kinetin, IAA, and Gibberellin on Ethylene Production, and Their Interactions in Growth of Seedlings. **Plant Physiology**, Washington, v.43, p.2029-2036, 1968.
- GILL, C.J. The flooding tolerance of woody species - a review. **Forestry Abstracts**, Farnham Royal, v. 31, p. 671-688,1970.
- GOMES, J.M.; COUTO, L. Produção de mudas de folhosas. In: SIMPÓSIO SOBRE FLORESTAS PLANTADAS NOS TROPICOS COMO FONTE DE ENERGIA, Viçosa, 1983. **Anais...** Viçosa, MG.: UFV-Man and Biosphere/UNESCO-IUFRO, 1983. p.25-35.
- GOTTSBERGER, G. Seed Dispersal by Fish in the Inundated Regions of Humaitá, Amazonia. **Biotropica**, Washington, v. 10, n. 3, p. 170-183, 1978.

- HALL, A.E.; SCHULZE, E.D.; LANGE, O.L. Current Perspectives of Steady-state Stomatal Response to Environment. In: LANGE, O.L.; KAPPEN, L.; SCHULZE, E.D. (eds). **Water and Plant Life - Problems and Modern Approaches**. Berlin: Springer-Verlag, 1976. p.167-188.
- HIGUCHI, N.; JARDIM, F.C.S.; SANTOS, J.; ALENCAR, J.C. Bacia 3 - Inventário diagnóstico da regeneração natural. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 15, n.1-2, p. 199-233, 1985.
- HOOKE, D.D.; SCHOLTENS, J.R. Adaptations and Flood Tolerance of Tree Species. In: HOOKE, D.D.; Crawford, M.M. (eds.). **Plant life in anaerobic environments**. Ann. Arbor: Ann Arbor Science Publishing, 1980. p.299-331.
- HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review Ecology Systematics**, Palo Alto, v. 13, p. 201-28, 1982.
- HUGHES, F.M.R. The influence of flooding regimes on forest distribution and composition in the Tana River floodplain, Kenya. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 27, p. 475-491, 1990.
- HUNT, R. **Plant growth analysis**. London: Edward Arnold, 1978. 67p.
- IRMLER, U. Inundation-forest types in vicinity of Manaus. **Biogeographica**, v. 8, p. 17-29, 1977.
- JACKSON, M.B. Ethylene and Responses of Plants to Soil Waterlogged and Submergence. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v. 36, p. 145-74, 1985.
- JACKSON, M.B.; DREW, M.C. Effects of Flooding on Growth and Metabolism of Herbaceous Plants. In: Kozłowski, T.T. (ed.). **Flooding and Plant Growth**. London: Academic Press, 1984. p. 47-128.
- JARVIS, P.G.; JARVIS, M.S. Growth Rates of Woody Plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 17, p. 654-666, 1964.

- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. p. 126-154.
- JONES, H.G. **Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology**. Cambridge: University Press, 1983.
- JUNK, W.J. As águas da região Amazônica. In: SALATI, E.; JUNK, W.J.; SCHUBART, H.O.R.; OLIVEIRA, A.E. de. **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense/CNPq, 1983. p. 45-100.
- JUNK, W.J. Flood tolerance and tree distribution in Central Amazonia floodplains. In: HOLM-NIELSEN, L.B.; NIELSEN, I.C.; BALSLEV, H.. (ed.). **Tropical Forest: Botany Dynamics, Speciation and Diversity**. London: Academic Press, 1990.
- JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: DODGE, D.P. (ed.). **Proceedings of the International Large River Symposium**. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 106. p. 110-127. 1989.
- KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A.; CARPANEZZI, A.A. Implantação de matas ciliares para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1, São Paulo, 1989. **Anais ...** Campinas: Fundação Cargil, 1989. p. 130-143.
- KAGEYAMA, P.Y.; REIS, A.; CARPANEZZI, A.A. Potencialidades e Restrições da Regeneração Artificial na Recuperação de Áreas Degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL, RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Curitiba, 1992. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1992. p.1-7.
- KAGEYAMA, P.Y.; VIANA, V.M. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES TROPICAIS, 2, São Paulo, 1991. **Anais...** São Paulo, 1991. p. 197-215.



- KAWASE, M. Anaerobic elevation of ethylene concentration in waterlogged plants. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 65, n. 7, p. 736-740, 1978.
- KAWASE, M. Anatomical and Morphological Adaptation of Plants to Waterlogging. **HortScience**, Alexandria, v. 16, p. 30-34, 1981.
- KEDDY, P.A.; ELLIS, T.H. Seedling recruitment of 11 wetland plant species along a water level gradient: shared or distinct responses?. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 63, p. 1876-1879, 1985.
- KEEL, S.H.K.; PRANCE, G.T. Studies of the vegetation of a white-sand black-water igapó (Rio Negro, Brazil). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 9, n. 4, p. 645-655, 1979.
- KLINGE, H.; FURCH, K.; HARMS, E.; REVILLA, J. Foliar nutrients of native tree species from Central Amazonia. 1. Inundation forest. **Amazoniana**, v. 1, p. 19-45, 1983.
- KOZLOWSKI, T.T. Response of Woody Plants to Flooding. In: Kozłowski, T.T. (ed.). **Flooding and Plant Growth**. London: Academic Press, 1984. p. 129-163.
- KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. Effect of Flooding on Water, Carbohydrate, and Mineral Relations. In: Kozłowski, T.T. (ed.). **Flooding and Plant Growth**. London: Academic Press, 1984. p. 129-163.
- KVET, J.; ONDOCK, J.P.; NEGAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.J.; CATSKI, J.; JARVIS, P.G. (eds). **Plant photosynthetic production: Manual of Methods**. Haia, 1971. p. 343-391.
- LAAN, P.; BLOM, C.W.P.M. Growth and Survival Response of *Rumex* Species to Flooded and Submerged Conditions: The Importance of Shoot Elongation, Underwater Photosynthesis and Reserve Carbohydrates. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 41, n. 228, p. 775-783, 1990.

- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado.** Dt. Ges. für Tech. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. . República Federal da Alemanha, 1990. 343p.
- LIMA, W.P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1, São Paulo, 1989. **Anais ...** Campinas: Fundação Cargil, 1989. p. 25-42.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras - Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil.** Nova Odessa, SP: Plantarum , 1992.
- LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. da; ALENCAR, J. da C. **Essências madeireiras da Amazônia.** Manaus: INPA, 1979. v.1, 245p, v.2, 187p.
- MAGALHÃES, L.M.S.; FERNANDES, N.P.; ALENCAR, J.C. Sistemas de regeneração artificial com essências florestais nativas na Amazônia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2, Belém, 1979. **Anais...** . Belém, Pa.: Secretaria de Estado da Agricultura, 1979. p.169-184.
- MANSFIELD, T.A.; HETHERINGTON, A.M.; ATKINSON, C.J. Some current aspects of stomatal physiology. **Annual Review Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 41, p. 55-75, 1990.
- MARGOLIS, H.A.; BRAND, D.G. An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 20, n. 4, p. 375-390, 1990.
- MÜLLER, A.C.; ZELAZOWSKI, V.H. Reflorestamento ecológico da faixa de proteção do reservatório de Itaipú - ME. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1, São Paulo, 1989. **Anais ...** Campinas: Fundação Cargil, 1989. p. 213-232.
- NADOLNY, M.C.; CONTAR, A. Reposição de matas ciliares no norte do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.268.

- NAIDOO, G. Effects of Flooding on Leaf Water Potential and Stomatal Resistance in *Bruguiera Gymnorrhiza* (L.) Lam. **New Phytologist**, v. 93, n. 3, p. 369-376, 1983.
- NEWSOME, R.D.; KOZLOWSKI, T.T.; TANG, Z.C. Response of *Ulmus americana* seedlings to flooding of soil. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 60, p.1688-1695, 1982.
- Ng, F.S.P. Strategies of establishment in Malayan Forest Trees. In: TOMLINSON, P.B.; ZIMMERMANN, M.H. (eds.). **Tropical trees as living system**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. p.129-163.
- PAL, S. Epidermal Studies in some Indian Lauraceae and their Taxonomic Significance. **Acta Botanica Indica**, Meerute, v. 6, n. (suppl), p. 68-73, 1978.
- PANDOLFO, C.M. **Estudos básicos para o estabelecimento de uma política de desenvolvimento dos recursos florestais e de uso racional das terras da Amazônia**. 2. ed. Belém: SUDAM, 1974. 57p.
- PELACANI, C.R. **Estratégias de sobrevivência de espécies herbáceas em áreas inundáveis e comportamento fisiológico de espécies arbóreas e arbustivas submetidas à condições de inundação do sistema radicular**. Lavras: ESAL, 1992. 110 p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- PEREIRA, J.S.; KOZLOWSKI, T.T. Variations among Woody Angiosperms in Response to Flooding. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 41, p.184-192, 1977.
- PHUNG, H.T. Photosynthesis and Transpiration of Citrus Seedlings under Flooded Conditions. **HortScience**, Alexandria, v. 11, n. 2, p.131-33, 1976.
- PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; COSTA, L.G.S.; REIS, A. Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de florestas tropicais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p. 676-684.

- PIRES, J.M. The forest ecosystem of the Brazilian Amazon: description, functioning and research needs. In: UNESCO (Paris, França). **Tropical forest ecosystem**, Paris, 1978. p. 607-627.
- PIRES, J.M. Tipos de vegetação da Amazônia. In: MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI (Belém, Pa.). **O Museu Goeldi nos anos do sesquicentenário**. Belém, 1973. p.179-202. (Museu Paraense Emílio Goeldi. Publicação avulsa, 20).
- RADFORD, P.J. Growth Analysis Formulae - Their Use and Abuse. **CropScience**, Madison, v. 7, n. 3, p. 171-175, 1967.
- REIS, G.G.; MÜLLER, M.W. **Análise de crescimento de plantas; mensuração do crescimento**. Belém: FCAP, 1979. 39p. (Informe didático).
- REIS, M. da S. Uma definição para o aproveitamento racional da Amazônia Brasileira. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v.13, n.1, p.91-98, 1978.
- SALVADOR, J.L.G. **Comportamento de espécies florestais nativas em áreas de depleção reservatórios**. IPEF, Piracicaba, v. 33, p. 73-78, 1986.
- SCHUBART, H.O.R. Ecologia e utilização das florestas. In: SALATI, E.; JUNK, W.J.; SCHUBART, H.O.R.; OLIVEIRA, A.E. de. **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense/CNPq, 1983. p.101-143.
- SENA GOMES, A.R.; KOZLOWSKI, T.T. Physiological and growth response to flooding of seedlings of *Hevea brasiliensis*. **Biotropica**, Ohio, v. 20, n. 4, p. 286-93, Dec. 1988.
- SHEARMAN, R.C.; BEARD, J.B. Stomatal Density and Distribution in *Agrostis* as Influenced by Species, Cultivar, and Leaf Blade Surface and Position. **Crop Science**, Madison, v. 12, p.822-823, 1972.

- SILVA, M.F.; LIBÔA, P.L.B.; LISBÔA, R.C.L. **Nomes vulgares de plantas amazônicas.** Manaus: INPA, 1977. 222p.
- SMIRNOFF, N.; CRAWFORD, R.M.M. Variation in the Structure and Response to Flooding of Root Aerenchyma in some Wetland Plants. **Annals of Botany**, New York, v. 51, p.: 237-249, 1983.
- TANG, Z.C.; KOZLOWSKI, T.T. Water relations, ethylene production, and morphological adaptation of *Fraxinus pennsylvanica* seedlings to flooding. **Plant and Soil**, The Hague, v. 77, p. 183-192. 1984.
- TOPA, M.A.; McLEOD, K.W. Responses of *Pinus clausa*, *Pinus serotina* and *Pinus taeda* seedlings to anaerobic solution culture. II. Changes in tissue nutrient concentration and net acquisition. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, 68, n. 3, p.532-9, Nov.1986.
- TSUKAHARA, H.; KOZLOWSKI, T.T. Effect of flooding and temperature regime on growth and stomatal resistance of *Betula platyphylla* var. *japonica* seedlings. **Plant and Soil**, The Hague, v. 92, p. 103-112, 1986.
- VARTAPETIAN, B.B. Life without oxygen. In: HOOK, D.D.; Crawford, M.M. (eds.). **Plant life in anaerobic environments.** Ann. Arbor: Ann. Arbor Science Publishing, 1980. p.1-11.
- VIANNA, N.G. **Conservação de sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.).** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982.
- VIEIRA, G.; HOSOKAWA, R.T. Composição florística da vegetação da regeneração natural. I ano após diferentes níveis de exploração de uma floresta tropical úmida. **Acta Amazonica**, Manaus, v.19, n. (único), p. 401-413, 1989.

- VOESENEK, L.A.C.J.; BLOM, C.W.P.M.; POUWELS, R.H.W. Root and shoot development of *Rumex* species under waterlogged conditions. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 67, p. 1865-1869, 1989.
- WARREN WILSON, J.; HUNT, R.; HAND, D.W. Philosophical Aspects of Measurements, Equations and Inferences in Plant Growth Studies. **Annals of Botany**, New York, v. 58, p. 73 - 80, 1986.
- WIT, M.C.J. Morphology and Function of Roots and Shoot Growth of Crop Plants Under Oxygen Deficiency. In: HOOK, D.D.; CRAWFORD, M.M. (eds.). **Plant life in anaerobic environments**. Ann Arbor: Ann Arbor Science Publishing, 1980. p. 333-350. .
- WORBES, M. Structural and other adaptations to long-term flooding by trees in Central Amazon. **Amazonia**, Lima, v. 3, p. 459-484, 1985.
- YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, p.155-89, 1984.

## **APÊNDICE**

Tabela 1A - Valores e significância dos quadrados médios da análise de variância para a germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes das espécies florestais estudadas. UFLA - Lavras (MG). 1995.

ESPÉCIE	G.L.	Germinação <sup>1</sup>	IVG
Bacuri (raiz de ancoramento)	4	0.460**	0.149**
Bacuri (eixo embrionário)	4	0.638**	0.127
Itaubarana	7	1.987**	2.143**
Macacaricuia	3	0.139**	0.339**
Paracuuba	3	0.020	0.076**
Sumauma (germinação)	2	0.038	1.593*
Sumauma (armazenamento)	2	0.186**	-

(1) - Dados transformados arc.sens %/100.

Tabela 2A - Valores e significância dos quadrados médios da análise de variância para o número de estômatos (NE), diâmetros polar (TP) e equatorial (DE), condutância estomática (CE) e transpiração (TR) das mudas das espécies estudadas submetidas à inundação do sistema radicular. UFLA - Lavras (MG). 1995.

ESPÉCIE	NE	DP	DE	CE	TR
Andiroba	113554.717**	0.268	0.151	11421.000**	2.506*
Bacuri	263.122*	0.002	1.674	21.950	0.171
Itaubarana	4075.239**	15.070**	2.026*	65.420	0.034
Macacaricuia	199.600	0.047	0.314	11844.000**	9.112*
Paracuuba	13012.071**	4.110*	0.365	84.600	0.638
Sumauma	1192.673**	0.062	1.173**	8683.000**	7.534*

Tabela 3A - Valores e significância dos quadrados médios da análise de variância para a taxa de crescimento relativo (TCR) das mudas das espécies estudadas submetidas à adubação após o período de inundação. UFLA - Lavras (MG). 1995.

	Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4	Esp 5	Esp 6
TCR	0.00001**	0.00002**	0.000003	0.000014*	0.00002*	0.00004**

Esp 1 - andiroba; Esp 2 - bacuri; Esp 3 - itaubarana; Esp 4 - macacaricuia; Esp 5 - paracuuba; Esp 6 - sumauma.

(\*\*) - Significativo a 1% de probabilidade. (\*) - Significativo a 5% de probabilidade



Tabela 4A - Valores e significância dos quadrados médios da análise de variância para as variáveis de crescimento das mudas das espécies estudadas submetidas à inundação do sistema radicular. UFLA - Lavras (MG). 1995.

ESPÉCIE	Altura	N.F.	A.F.	PSR	PSC	PSF	PST	TCR
Andiroba	21.0	10.0	0.308	19.432	2.401	1.149	3.192	0.0000007
Bacuri	112.2**	57.6*	1.0	0.1	0.5**	2.1**	3.0*	0.00002**
Itaubarana	78.4	25.6*	0.1	3.1	0.1	0.02	5.0	0.000008
Macacaricuia	44.1	3.6	1.7	45.6*	1.6	0.4	37.8	0.0000126
Paracuuba	230.4	72.9	12.2*	15.7**	0.9	10.1*	65.6*	0.0000171
Sumauma	90.0*	115.6**	15.4**	14.4*	0.04	2.1**	25.2*	0.00002**

NF - número de folhas; AF - área foliar ( $\text{dm}^2$ ); PSR, PSC, PSF e PST - pesos da matéria (g) seca de raiz, caule, folha e total, respectivamente; TCR - taxa de crescimento relativo ( $\text{g}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ).

Tabela 5A - Valores e significância dos quadrados médios da análise de variância para a percentagem de sobrevivência<sup>1</sup> das mudas das espécies estudadas submetidas à inundação na área de depleção da represa de Camargos (Itutinga - MG). UFLA - Lavras (MG). 1995.

ESPÉCIE	DIAS APÓS O PLANTIO			
	287	327	344	419
Bacuri	0.345	0.401	0.315	0.122
Itaubarana	0.058	0.197	0.197	0.198
Macacaricuia	0.164	0.152	0.152	0.152
Paracuuba	0.152	0.306	0.455	0.358

(1) - Dados transformados arc.sens %/100.

Tabela 6A - Valores e significância dos quadrados médios da análise de variância para a altura e o número de folhas das mudas das espécies estudadas submetidas à inundação na área de depleção da represa de Camargos (Itutinga - MG). UFLA - Lavras (MG). 1995.

ESPÉCIE	DIAS APÓS O PLANTIO							
	287		327		344		419	
	H	NF	H	NF	H	NF	H	NF
Bacuri	7.213	10.603	7.388	12.655	9.086	10.161	44.886	12.14
Itaubarana	155.0*	9.779	140.498	10.848	239.53	10.305	425.23	53.43
Macacaricuia	14.984	31.682	45.661	40.750	57.11*	45.461	170.50*	177.5
Paracuuba	93.541	123.398	53.730	106.282	31.697	66.217	40.823	37.60

(\*\*) - Significativo a 1% de probabilidade. (\*) - Significativo a 5% de probabilidade.