

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

1151b6891f5e62be212ca955642c12a984a3591cd76f8a5ea7b53bacf055c481

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**(BOTÂNICA)**

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E RESPOSTAS INICIAIS DE**  
**PLÂNTULAS DE *Mangifera indica* A CONDIÇÕES EDÁFICAS E**  
**HIDROLÓGICAS CONTRASTANTES NA AMAZÔNIA CENTRAL**

**MANUELLA SEREJO CABRAL DOS ANJOS**

Manaus – Amazonas

Agosto/2026

**MANUELLA SEREJO CABRAL DOS ANJOS**

**GERMINAÇÃO DE SEMENTES E RESPOSTAS INICIAIS DE  
PLÂNTULAS DE *Mangifera indica* A CONDIÇÕES EDÁFICAS E  
HIDROLÓGICAS CONTRASTANTES NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Orientador: Dr. Florian Wittmann

Co-orientadores: Dr<sup>a</sup>. Astrid de Oliveira Wittmann

Dr. Jochen Schöngart

Dissertação apresentada ao Instituto  
Nacional de Pesquisas da Amazônia,  
como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em  
Ciências Biológicas (Botânica).

Manaus – Amazonas

Agosto/2026

A599g Anjos, Manuella Cabral dos

Germinação de sementes e respostas iniciais de plântulas de *Mangifera indica* a condições edáficas e hidrológicas contrastantes na Amazônia Central. / Manuella Cabral dos Anjos; orientador Florian Wittmann; coorientadores Astrid Wittmann, Jochen Schöngart. - Manaus : [s.l.], 2017.

1,71 MB

82 p. : il. color.

DOI: <https://doi.org/10.61818/ted17001>

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Botânica) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2017.

1. Mangueira. 2. Amazônia Central. 3. Germinação. I. Wittmann, Florian. II. Wittmann, Astrid. III. Schöngart, Jochen. IV. Título.

CDD 583.77

---

Ao meu avô Benjamin, por momentos inesquecíveis vividos na minha infância, seja navegando pelas várzeas amazônicas, seja comendo manga no seu quintal. E ao meus filhos João Gabriel e Maria Flor, minhas melhores e maiores contribuições a esse mundo,

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Desenvolver um estudo para obtenção do título de mestre não é fácil e eu não conseguiria fazê-lo sozinha. Para isso, tive vários “anjos” que me ajudaram durante essa trajetória. Por essa razão, agradeço imensamente:

Ao meu orientador, Dr. Florian por todo acompanhamento e apoio;

A minha co-orientadora Dra. Astrid, que acreditou em mim desde época do PIBIC, despertando o amor que tenho hoje pela pesquisa;

Ao meu co-orientador Jochen, que me acolheu quando precisei, com toda atenção e paciência no árduo trabalho que foi desvendar os anéis de crescimento da mangueira;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), ao Programa de Pós-graduação em Botânica e ao CNPq por todo apoio e suporte financeiro dado para esta pesquisa;

A todos Professores das disciplinas cursadas, toda a aprendizagem foi de grande valia para mim;

A todos do Projeto MAUA, que sempre me receberam com toda atenção, fornecendo estruturas física e financeira para desenvolver minha pesquisa, em especial, à Dra. Maitê, à Dra. Aline, à Lúcia, ao Celso, ao Wallace e à Socorrinho;

Aos meus grandes amigos do projeto, Bianca, Layon, Kelvin, Beth, Yuri, Viviane, Victor (Tito) sem os quais tudo seria impossível. Por toda colaboração ao meu trabalho e todo carinho por mim;

A todos do Laboratório de Dendrocronologia, por toda atenção e paciência;

Aos meus companheiros de campo, Mário e Valdeney, por todos ensinamentos, horas no sol compartilhadas sempre com muita alegria e disposição;

Às minhas amigas Botânicas, Maria Julia e Priscila, amigas de turma, companheiras de disciplinas, por toda conversa, apoio e amizade. Por dividirem comigo todas as alegrias, as angústias e os sufocos que o mestrado traz;

Ao amigo Paulo, por toda paciência nas minhas análises, carinho e disposição;

Aos amigos, Peterson e Izailene, por toda amizade e boas conversas;

A Rubana, que me ajudou imensamente nesses últimos momentos do mestrado;

A Bianca, Priscila, Wallace e Tio Jairo que se dispuseram a me ajudar a descascar e despolar as 400 mangas utilizadas neste projeto, quando minhas mãos não aguentavam mais;

Aos meus queridos irmãos, Leonardo e Mariana, por toda atenção, amor e cuidado;

Ao meu esposo Gabriel, por todo amor diário, apoio incondicional, companheirismo, e também pelos cafés, sucos de guaraná e pipocas que me espertavam no momento que o cansaço me vencia;

Aos meus amados pais, Júlio e Cassandra, por todo amor e apoio irrestritos. Por serem meus maiores Mestres e minha maior fonte de inspiração;

Aos meus filhos, João Gabriel e Maria Flor, que são minhas maiores inspirações para retomar meus projetos e enfrentar todos os medos e frustrações;

E, especialmente, a Deus, por ter colocado todas essas pessoas maravilhosas mencionadas no meu caminho.

*“Já viste coisa mais bela  
Do que uma bela mangueira  
E a doce fruta amarela  
Sorrindo entre as folhas dela  
E a leve copa altaneira”*

Gonçalves Dias

## RESUMO

A Floresta Amazônica é classificada em dois tipos: inundável (*várzea* e *igapó*) e não-inundável (*terra firme*), tendo o relevo, a água dos rios, o solo e a distribuição das chuvas como alguns dos principais fatores para determinar a vegetação. O ambiente de *terra firme* é caracterizado por possuir alta diversidade numa região com solos pobres em nutrientes; já a *várzea*, ambientes periodicamente inundados por rios de água branca, submetida a um pulso de inundação monomodal, previsível e regular, possui solo rico em nutrientes e é fundamental para a sobrevivência de grupos humanos. Durante o povoamento das áreas de *várzea*, espécies exóticas foram introduzidas, como por exemplo a mangueira (*Mangifera indica* L.), em suas inúmeras variedades, incluindo a variedade “manguito”. O fruto desta espécie é destaque na exportação do país e apresenta diversos benefícios à saúde. De grande importância cultural e econômica, esta espécie vem sendo domesticada há muito tempo por humanos. Adaptou-se favoravelmente ao clima brasileiro, tornando-se quase obrigatória na paisagem do norte do país, sendo facilmente encontrada tanto nos quintais florestais dos ambientes de *várzea* quanto nos perímetros urbanos, estradas e em sítios, nas regiões de *terra firme*. O presente estudo objetivou entender como ocorre o crescimento e possíveis adaptações da mangueira, nesses dois ambientes tão distintos da Amazônia Central, por meio das análises de germinação, biometria de frutos e sementes, biometria e biomassa de plântulas, bem como análises dos solos. Análises dendroecológicas foram realizadas a fim de entender o crescimento das árvores, nesses ambientes, por meio da análise dos anéis de crescimento e correlacionar os dados à inundação. Os resultados da germinação apontaram maior porcentagem de germinação e produção de plântulas para as sementes oriundas de *terra firme*, semeadas tanto em solo de *várzea* (81 %) quanto em solo de *terra firme* (86 %). A porcentagem de germinação das sementes de *várzea* foi de 47 % em solo de *várzea* e 30 % em solo de *terra firme*. Mesmo com valores favoráveis, a porcentagem apresentada por sementes de *terra firme* foi maior, indicando limitações quanto à germinação e ao crescimento desses indivíduos em ambientes de *várzea*, possivelmente provocadas pelo regime de inundação. Valores de tempo médio de germinação ( $\bar{t}$ ) foram maiores para os tratamentos com solo de *terra firme*, tanto para sementes de *várzea* quanto para sementes de *terra firme*, já os índices de velocidade de germinação (IVG) foram maiores para os tratamentos com solo de *várzea*. A biometria de frutos e sementes foi significativamente maior para os frutos e sementes oriundos de *várzea*. A biomassa de plântulas não apresentou resultados significativos, assim como as análises entre os tipos de solos. A partir dos estudos dendroecológicos, obteve-se um crescimento maior e mais uniforme para as árvores de *terra firme*, assim como também apresentaram maiores valores para densidade da madeira e incremento em diâmetro quando comparadas com as árvores de *várzea*. Portanto, para a mangueira na Amazônia, a *terra firme* é o ambiente mais favorável, sem o fator da inundação, essa espécie se adaptou melhor, cresceu mais e se estabeleceu produzindo frutos e sementes com maior germinabilidade, mesmo em solo com pouco nutrientes.

**Palavras chaves:** anéis de crescimento; *várzea*; germinação; mangueira; plântulas.

## ABSTRACT

The Amazon Rainforest comprises two major environmental types: floodable (*várzea* and *igapó*) and non-floodable (*terra firme*), whose vegetation is primarily structured by topography, hydrology, soil properties, and rainfall patterns. *Terra firme* forests harbor high biodiversity despite nutrient-poor soils, whereas *várzea* environments—periodically inundated by white-water rivers and governed by a predictable, monomodal flood pulse—are characterized by relatively nutrient-rich substrates and long-standing human use. The introduction of exotic species into *várzea* landscapes includes the mango tree (*Mangifera indica* L.), a culturally and economically important species widely domesticated and well adapted to tropical conditions. In northern Brazil, mango trees are now ubiquitous, occurring in *várzea* backyards as well as in urban, roadside, and rural *terra firme* settings. This study evaluated germination, fruit and seed biometry, seedling growth and biomass, soil characteristics, and dendroecological patterns to investigate the performance and potential adaptations of *M. indica* in contrasting environments of Central Amazonia. Seeds from *terra firme* exhibited higher germination rates, both in *várzea* (81%) and *terra firme* soils (86%), compared to seeds from *várzea* (47% and 30%, respectively). Mean germination time was greater in *terra firme* soils for both seed origins, whereas germination speed index values were higher in *várzea* soils. Fruits and seeds from *várzea* were significantly larger; however, seedling biomass did not differ among treatments. Dendroecological analyses indicated greater growth uniformity, higher wood density, and increased diameter increment in *terra firme* individuals relative to those from *várzea*. Overall, *terra firme* conditions favored the establishment and development of *M. indica*, suggesting that the absence of flooding enhances growth performance and germination success, even under nutrient-poor conditions.

**Key-words:** dendrochronology; germination; growth rings; mango tree; seedlings.

## SUMÁRIO

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>             | <b>11</b> |
| <b>OBJETIVOS.....</b>                    | <b>16</b> |
| <b>CAPÍTULO 1.....</b>                   | <b>17</b> |
| 1. INTRODUÇÃO.....                       | 20        |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS.....              | 21        |
| 3. RESULTADOS.....                       | 25        |
| 3.1 Biometria de frutos e sementes ..... | 25        |
| 3.2 Germinação.....                      | 25        |
| 3.4 Biomassa de plântulas .....          | 29        |
| 4. DISCUSSÃO .....                       | 29        |
| 5. CONCLUSÃO .....                       | 36        |
| 6. AGRADECIMENTOS .....                  | 37        |
| 7. BLIBLIOGRAFIA CITADA .....            | 37        |
| <b>CAPÍTULO 2 .....</b>                  | <b>48</b> |
| 1. INTRODUÇÃO.....                       | 51        |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS.....              | 54        |
| 3. RESULTADOS .....                      | 56        |
| 3.1 Descrição anatômica da madeira.....  | 56        |
| 3.2 Parâmetros estruturais.....          | 57        |
| 4. DISCUSSÃO .....                       | 59        |
| 5. CONCLUSÃO .....                       | 62        |
| 6. AGRADECIMENTOS.....                   | 62        |
| 7. BLIBLIOGRAFIA CITADA.....             | 63        |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>        | <b>69</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>70</b> |

## INTRODUÇÃO GERAL

### Ambientes e tipos florestais

Segundo Pires (1980), a região Amazônica ocupa uma área aproximada de 6 milhões de km<sup>2</sup> na América do Sul, dos quais cerca de 60 % encontram-se no Brasil. Para fins didáticos, pode-se classificar a Floresta Amazônica em dois tipos: inundável e não-inundável, tendo o relevo e a água dos rios como alguns dos principais fatores para determinar a vegetação.

A floresta inundável pode ser inundada periodicamente, regidas pelo pulso de inundação monomodal, prevesível e regular (Junk *et al.* 1989), como é o caso dos igapós e das várzeas, tipologias de áreas alagáveis mais comuns na Amazônia (Prance 1980), ou inundada episodicamente, a exemplo dos igarapés, localizados no interior da floresta de terra firme, fato que ocorre pela elevada precipitação ou exposição ao lençol freático. O termo “terra firme” é aplicado para todas as florestas que não são sazonalmente inundadas pelas cheias dos grandes rios, o que constitui aproximadamente 70 % da Amazônia Brasileira, visto que Junk *et al.* (2011) afirmam que 30 % da bacia Amazônia são áreas úmidas.

Vários habitats são definidos dentro da floresta de terra firme, dependendo do tipo de solo e de relevo que possuem, bem como da quantidade de chuvas que recebem. Para o entendimento deste trabalho podem ser citados: o platô, com solos predominantemente argilosos; a vertente, com solos areno-argilosos, sendo uma área de transição entre o platô e o baixio; e o baixio, área episodicamente alagável com solo arenoso, ao longo dos igarapés (Ribeiro *et al.* 1999).

Dentre as áreas alagáveis destacam-se os igapós e as várzeas. Os igapós são áreas inundáveis por rios de água preta e clara, como o rio Negro e rio Tapajós, respectivamente (Junk *et al.* 2015). Os rios de água preta possuem pouco material em suspensão e grandes quantidades de ácidos húmicos o que confere a cor castanho-avermelhada conhecida. Já os rios de águas claras, usualmente parecem azuis ou verdes, por carregar pequenas quantidades de ácidos húmicos (Prance 1980). Esses rios possuem o pH na faixa de 4-5 e inundam áreas vegetais de crescimento lento, com solos

considerados de baixa fertilidade quando comparados aos ambientes de várzea (Furch 2000; Schöngart *et al.* 2010; Junk *et al.* 2011).

As florestas de várzea, ambientes periodicamente inundados por rios de água branca, ocupam na região amazônica cerca de 456.000 km<sup>2</sup> (Melack e Hess 2010; Junk *et al.* 2012). Esse ambiente possui solo rico em nutrientes e os rios de pH neutro a básico, que tornaram a várzea fundamental para a sobrevivência de grupos humanos, em virtude da facilidade de locomoção, da grande oferta de peixes e do cultivo em solos férteis, desde os primórdios de sua ocupação até os dias de hoje (Moraes e Neves 2012).

Pela altura e duração da inundação sazonal, as várzeas podem ser classificadas em várzea alta e várzea baixa. A várzea baixa, por ser submetida a inundação por longo prazo, apresenta grandes diferenças em relação a várzea alta, tais como: estrutura florística, composição e riqueza de espécies arbóreas (Wittmann *et al.* 2002). As florestas de várzea alta compreendem cerca de 10 % da cobertura florestal da Amazônia, (Sociedade Civil Mamiirauá 1996; Wittmann *et al.* 2002). No entanto, são as florestas mais ameaçadas pela ação antrópica, sendo frequentemente utilizadas para moradia e substituição das áreas de floresta para atividades de agricultura e pecuária. Apresentam alta abundância de espécies madeireiras e estão sendo ameaçadas por práticas insustentáveis de manejo (Ayres 1993; Worbes *et al.* 2001). Além disso, as várzeas altas são zonas de transição entre florestas inundáveis e de terra firme (Wittmann *et al.* 2006a), com condições ambientais menos severas que a várzea baixa, apresentando assim uma comunidade mais rica, inclusive com a ocorrência de espécies exóticas, como a mangueira.

### **Espécie exótica: mangueira (*Mangifera indica* L.)**

Acredita-se que a mangueira chegou ao Brasil, no século XV, a partir das transações comerciais ocorridas entre Ásia e Europa lideradas pelos portugueses. Mudanças de mangueiras foram transportadas de Goa, na Índia, para o Leste/Oeste da África e, em seguida, para o Brasil (Cunha *et al.* 2002), sendo distribuída para o interior do país pelos índios e bandeirantes (Favero 2008).

No Brasil, de acordo com Corrêa (1984), a mangueira foi a árvore exótica, de origem asiática, que melhor se adaptou ao clima brasileiro, produzindo inúmeras variedades, tornando-se comum nas paisagens do norte e do nordeste do país, sendo facilmente encontrada em cultivo na Amazônia e nas regiões Sudeste e Centro-Oeste.

A *Mangifera indica* L., mangueira, vulgarmente chamada, é facilmente encontrada em ambientes antropizados da Amazônia. Populações desta espécie continuam sendo domesticadas nesse ambiente há pelo menos 260 anos (Miller e Nair 2006). A domesticação é um processo contínuo de seleção e adaptação de características fenotípicas desejadas nas plantas, para melhor entendimento pode ser classificada em: incipientemente domesticadas, semi-domesticadas e totalmente domesticadas (Clement 1999). As incipientemente domesticadas são plantas que foram pouco modificadas pelo homem e ainda possuem boa adaptação ao ambiente de origem; as semi-domesticadas são plantas modificadas significativamente, porém ainda possuem capacidade de adaptação ecológica se a intervenção humana acabar; já as totalmente domesticadas são populações de plantas modificadas a tal ponto que só sobrevivem em ambientes criados por seres humanos (Clement 1999). A partir das características apresentadas para cada tipo de domesticação, a mangueira que apesar de ter seus processos de reprodução bastante conhecidos (Rozeane *et al.* 2004), consegue se estabelecer sem a total dependência humana, podendo estar na transição entre os processos de semi-domesticada e totalmente domesticada.

Assim como outras frutíferas que foram introduzidas - acerola (*Malpighia emarginata* DC. Malpighiaceae), jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam. Moraceae), jambo (*Syzygium malaccense* L. Myrtaceae), a mangueira se estabeleceu bem no Brasil em virtude do clima tropical que o país possui. São encontradas na arborização urbana, em espaços públicos, como praças e ruas, e, também, em quintais florestais, fazendas, sítios, estradas e em lugares mais afastados da cidade.

Na cidade de Manaus, é possível observar grande quantidade de espécies exóticas. Ao longo do crescimento urbano, a floresta nativa foi destruída para o desenvolvimento de bairros residenciais e até mesmo da Zona Franca de Manaus, pólo

industrial da região norte do Brasil. Com objetivo de plantar árvores, para obtenção de sombra e frutos, muitas plantas exóticas foram selecionadas pelo rápido crescimento e amplo conhecimento, como é o caso da mangueira.

Espécies exóticas são aquelas que são introduzidas em ambientes diferentes do seu de origem (Sampaio e Schmidt 2013). O conceito refere-se à ocupação de espaços fora de seu ambiente natural, independentemente de divisas políticas impostas dentro de países ou estados. Existem, ainda, as espécies exóticas invasoras que, uma vez introduzidas, adaptam-se e se reproduzem a ponto de substituir espécies nativas e alterar processos ecológicos naturais, tornando-se dominantes após um período mais ou menos longo, requerido para sua adaptação (Ziller 2000). Trata-se das espécies que, em novos territórios, proliferam, dispersam-se e persistem em detrimento de espécies e ecossistemas nativos (Mack *et al.* 2000). A introdução pode ser realizada intencional ou acidentalmente, por vias humanas ou não (Gotelli e Colwell 2001). No caso das mangueiras, pode-se sugerir que a introdução iniciou-se de maneira intencional, porém ao longo do tempo, muitas árvores tenham germinado de maneira acidental.

A *M. indica* possui diversas variedades, segundo Gomes (1973). No Amazonas, a *Mangifera indica* var. *manguito* é uma das mais encontradas tanto na cidade de Manaus, quanto nas áreas de várzea, próximas a cidade. Diferente de espécies nativas das áreas alagáveis da Amazônia, que tem como seus principais meios de dispersão a água e os animais (Parolin *et al.* 2004), as mangueiras estabelecidas na várzea, provavelmente, foram plantadas pelos ribeirinhos, com vários objetivos, dentre esses a alimentação, a comercialização e a sombra, oferecida por sua copa frondosa. Mesmo com condições ambientais distintas, as mangueiras crescem e se estabelecem na terra firme e na várzea da Amazônia.

## **Dendroecologia**

O crescimento alcançado por indivíduos arbóreos, na várzea e na terra firme, é estudado por meio da dendrocronologia, a ciência que analisa os anéis de crescimento, formados anualmente, a fim de verificar a influência da disponibilidade de nutrientes na

taxa de crescimento das plantas (Fonseca *et al.* 2009). Diferentes métodos de investigação do crescimento da madeira existem e foram classificados em destrutivos e não destrutivos (Worbes 1995). Dentre os métodos, a contagem direta dos anéis anuais se destaca pela obtenção de informações acuradas da idade das árvores e dados de longos períodos de crescimento da madeira essenciais para o entendimento da dinâmica da floresta, desenvolvimento de sistemas de manejo florestal e estratégias de conservação das espécies (Bormann e Berlyn 1981; Enright e Hartshorn 1981; Eckstein *et al.* 1995; Worbes 2002; Worbes *et al.* 2003; Rosa 2008).

Coster (1927) descreveu para regiões tropicais diferentes padrões de anéis anuais que, posteriormente foram classificados por Worbes (1995) como 4 tipos principais: variações na densidade da madeira; faixas de parênquima marginal; alternância de faixas de fibra e parênquima; e variações na densidade dos vasos. A análise desses anéis formados nas árvores permite uma reconstrução detalhada a partir das curvas de crescimento que podem ser obtidas, individualmente, apresentando todo o período de vida da árvore, proporcionando, assim, profundas percepções ecológicas que não podem ser obtidas usando, por exemplo, medições relativas do crescimento a curto prazo (Brienen *et al.* 2016).

A dendroecologia é a utilização dessas informações obtidas por meio das análises do anéis com o propósito de correlacioná-las com questões ambientais, seja inundação, precipitação ou até mesmo eventos climáticos como El Niño (Schöngart *et al.* 2007). Pode-se, também, analisar a produção na floresta, por meio da biomassa formada por determinado indivíduo e entender, dessa forma, como ocorreram o crescimento e o desenvolvimento de determinada espécie em um ambiente.

Diante de ambientes amazônicos tão diversos e sabendo da existência desta espécie exótica na várzea e na terra firme, o presente estudo objetivou entender como ocorre o crescimento e possíveis adaptações da mangueira nesses dois ambientes com condições distintas na Amazônia Central, por meio de análises de solo, análises biométricas de frutos, sementes e plântulas, análise da biomassa das plântulas e análises dendroecológicas.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

Analisar como fatores ambientais e climáticos influenciam na germinação, no desenvolvimento e nas possíveis adaptações da espécie *Mangifera indica* var. *manguito*, em dois ambientes contrastantes, várzea e terra firme, da Amazônia Central.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Analisar as diferenças biométricas de frutos, sementes e plântulas provenientes de várzea e terra firme.
- ✓ Investigar como o solo dos ambientes influenciam na germinação.
- ✓ Analisar a influência do tipo de solo sobre a produção de biomassa de plântulas.
- ✓ Verificar a influência da precipitação e do nível de inundação no crescimento das árvores por meio das análises dendroecológicas.

## CAPÍTULO 1

---

Manuella S. CABRAL-DOS-ANJOS<sup>1</sup>, Florian K. WITTMANN<sup>2</sup>, Jochen SCHÖNGART<sup>1</sup>, Maria Teresa Fernandez PIEDADE<sup>1</sup>, Layon O. DEMARCHI<sup>1</sup>, Aline LOPES<sup>3,4\*</sup>, Luan H. MIRANDA<sup>3</sup>, Astrid OLIVEIRA-WITTMANN<sup>2,5</sup>

Germinação de sementes e respostas iniciais de plântulas de *Mangifera indica* a condições edáficas e hidrológicas contrastantes na Amazônia Central.

# Germinação de sementes e respostas iniciais de plântulas de *Mangifera indica* a condições edáficas e hidrológicas contrastantes na Amazônia Central.

Manuella S. Cabral-Dos-Anjos<sup>1</sup>, Florian K. Wittmann<sup>2</sup>, Jochen Schöngart<sup>1</sup>, Maria Teresa Fernandez Piedade<sup>1</sup>, Layon O. Demarchi<sup>1</sup>, Aline Lopes<sup>3,4\*</sup>, Luan H. Miranda<sup>3</sup>, Astrid Oliveira-Wittmann<sup>2,5</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Botânica. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 69067-001 Manaus, Brazil

<sup>2</sup> Department of Wetland Ecology, Institute of Geography and Geoecology, Karlsruhe Institute of Technology – KIT, 76131 Karlsruhe, Germany

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas, Universidade Cesumar 87050-390 Maringá, Brazil

<sup>4</sup> Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI, 87050-390 Maringá, Brazil

<sup>5</sup> Universidade Federal do Amazonas, 69080-900, Manaus, Brazil

\*Corresponding author: [aline.llopes@unicesumar.edu.br](mailto:aline.llopes@unicesumar.edu.br)

## Resumo

*Mangifera indica* L. é uma árvore frutífera exótica amplamente cultivada em áreas de várzea (ricas em nutrientes) e em florestas de *terra firme* (pobres em nutrientes) na Amazônia Central. Este estudo avaliou a germinação de sementes, a biometria de frutos e sementes e o desenvolvimento inicial de plântulas sob condições edáficas e hidrológicas contrastantes. Frutos maduros foram coletados de populações em ambos os ambientes, e suas características biométricas foram medidas. As sementes foram submetidas a experimentos cruzados de germinação utilizando solos de várzea e de *terra firme*, avaliando-se a porcentagem de germinação, o índice de velocidade de germinação e o tempo médio de germinação. O crescimento inicial das plântulas foi avaliado por meio de medições morfométricas e da alocação de biomassa. Frutos e sementes provenientes de ambientes de várzea apresentaram maior tamanho e massa, enquanto sementes de *terra firme* mostraram maiores porcentagens de germinação. Solos de várzea mostraram uma germinação mais rápida, independentemente da origem das sementes, enquanto a biomassa das plântulas não diferiu significativamente entre os tratamentos. Esses resultados indicam que as condições hidrológicas exercem maior influência na dinâmica de germinação do que a fertilidade do solo, além de revelarem estratégias contrastantes entre a origem das sementes e o sucesso de estabelecimento. Os resultados destacam o papel do estresse hidrológico como um importante filtro ecológico que influencia o estabelecimento inicial de plantas nas áreas de várzea amazônicas.

**Palavras-chave:** solos amazônicos; condições ambientais; várzea; germinação de sementes; crescimento de plântulas.

## Abstract

*Mangifera indica* L. is an exotic fruit tree widely cultivated in nutrient-rich floodplains (*várzea*) and nutrient-poor upland (*terra-firme*) forests of Central Amazonia. This study evaluated seed germination, fruit and seed biometry, and early seedling development under contrasting edaphic and hydrological conditions. Mature fruits were collected from both populations of both environments, and biometric traits were measured. Seeds were subjected to crossed germination experiments using *várzea* and *terra-firme* soils, assessing germination percentage, germination speed index, and mean germination time. Early seedling growth was evaluated through morphometric measurements and biomass allocation. Fruits and seeds from *várzea* environments exhibited greater size and mass, whereas seeds from *terra-firme* showed higher germination percentages. *Várzea* soils showed faster germination regardless of seed origin, while seedling biomass did not differ significantly among treatments. These results indicate that hydrological conditions exert a stronger influence on germination dynamics than soil fertility, and reveal contrasting strategies between seed origin and establishment success. These findings highlight the role of hydrological stress as a key ecological filter influencing early plant establishment in Amazonian floodplains.

**Key-words:** Amazonian soils; environmental conditions; floodplain; seed germination; seedling growth.

## 1. INTRODUÇÃO

*Mangifera indica* L., comumente conhecida como manga (Anacardiaceae), é uma espécie de origem asiática com elevada importância cultural e econômica. Ocorre tipicamente em ambientes aluviais na Ásia, principalmente em sistemas agroflorestais ou agrícolas sujeitos a inundações sazonais, embora apresente baixa tolerância ao encharcamento prolongado (Larson e Schaffer, 1991; Zude *et al.*, 1998; Semiun *et al.*, 2023). Seus frutos são amplamente consumidos devido ao seu alto valor nutricional, sendo ricos em vitaminas A (carotenoides), C (ácido ascórbico) e E (tocoferóis), além de conterem menores quantidades de vitaminas do complexo B (Cardello e Cardello, 1998; Puravankara *et al.*, 2000; Abdalla *et al.*, 2007; Ajila *et al.*, 2007; Freitas *et al.*, 2013). Além do consumo in natura, a casca e as sementes da manga têm sido reconhecidas como importantes fontes de antioxidantes naturais, com potencial aplicação na indústria de alimentos (Parmar and Sharma, 1986; Vieira, 2007; Huber *et al.*, 2012).

Na região Amazônica, *M. indica* é frequentemente encontrada em ambientes antropizados, onde tem sido cultivada e manejada por populações humanas há pelo menos 260 anos (Miller e Nair, 2006). A espécie apresenta diversos cultivares (Gomes, 1973), entre os quais o “manguito” é um dos mais comuns na região de Manaus, ocorrendo tanto em ambientes de terra firme quanto de várzea. Sua ocorrência em florestas de várzea sazonalmente inundáveis é particularmente notável, uma vez que esses ecossistemas são tipicamente dominados por espécies nativas adaptadas à inundação periódica (Parolin *et al.*, 2004). O estabelecimento de uma árvore frutífera exótica sob tais restrições hidrológicas levanta questões importantes sobre suas estratégias de germinação, desenvolvimento inicial e tolerância às condições de alagamento.

As florestas de várzea amazônicas são periodicamente inundadas por rios de água branca que transportam grandes quantidades de sedimentos ricos em nutrientes (Melack e Hess, 2010; Junk *et al.*, 2011). Esses ecossistemas são regulados por um pulso de inundação previsível e sazonal, com variações no nível da água que podem atingir até 10 m anualmente (Junk *et al.*, 1989). Esse pulso de inundação desempenha um papel central nos processos biogeoquímicos e influencia fortemente o crescimento das plantas, a fenologia e os ciclos de vida (Junk, 1997). No entanto, mudanças recentes nos regimes de inundação, incluindo eventos extremos de cheia mais frequentes, têm aumentado as taxas de mortalidade tanto em

espécies nativas quanto cultivadas, incluindo *M. indica*, especialmente em áreas de várzea mais elevadas (Barichivich *et al.*, 2018; Guimarães *et al.*, 2019).

Em contraste, as florestas de terra firme não estão sujeitas a inundações periódicas e representam aproximadamente 70% da Amazônia brasileira. Esses ecossistemas apresentam uma sazonalidade climática bem definida, com períodos distintos de chuva e seca, e são caracterizados por alta biodiversidade, apesar da predominância de solos altamente intemperizados e pobres em nutrientes (Oliveira *et al.*, 2001; Soler Alarcón, 2005).

Estudos comparativos sobre estratégias reprodutivas em ambientes alagados e não alagados indicam que variações nos regimes hidrológicos e na disponibilidade de nutrientes influenciam fortemente as características das sementes e o desempenho inicial das plântulas. Em ambientes pobres em nutrientes, como as florestas de igapó associadas a rios de água preta, as plantas tendem a produzir sementes maiores, com maior conteúdo de reservas, o que favorece o crescimento inicial e a tolerância ao estresse ambiental. Em contraste, em ambientes mais férteis, como a várzea, as espécies frequentemente produzem sementes menores, com germinação mais rápida, associadas a estratégias de rápida aquisição de recursos (Parolin, 2000, 2001; Oliveira-Wittmann *et al.*, 2007).

Considerando a importância ecológica e econômica de *M. indica* e sua ampla ocorrência em paisagens amazônicas antropizadas, este estudo teve como objetivo investigar como essa espécie se estabelece sob condições hidrológicas e edáficas contrastantes na Amazônia Central. Levantamos a hipótese de que essas diferenças ambientais influenciam significativamente a dinâmica de germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas. Especificamente, esperava-se que sementes provenientes de ambientes de terra firme apresentassem maiores taxas de germinação e maior alocação de biomassa, enquanto sementes oriundas de ambientes de várzea exibiriam características associadas à adaptação à inundação sazonal. Essas hipóteses foram testadas por meio de análises biométricas, experimentos de germinação e avaliações de alocação de biomassa de plântulas cultivadas em solos de várzea e de terra firme.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Os locais de amostragem foram selecionados para representar condições típicas de

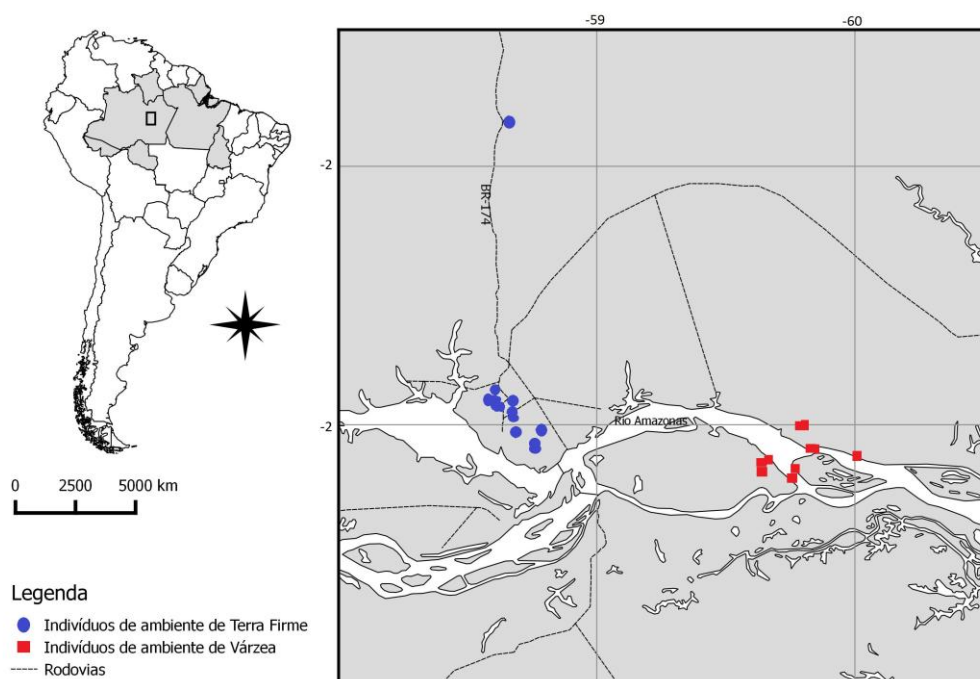
várzea e de terra firme na Amazônia Central, onde *Mangifera indica* é comumente cultivada em paisagens antropizadas. Todos os locais de várzea estavam situados ao longo das margens de rios de água branca e correspondem especificamente a áreas de várzea alta, caracterizadas por inundações sazonais que não excedem 1–2 m de profundidade da água e duram aproximadamente 30–50 dias por ano. Essas áreas representam o gradiente topográfico superior da planície de inundação, onde a menor intensidade das cheias permite o cultivo dessa espécie. Em contraste, os locais de terra firme estavam situados em áreas não inundáveis, com solos bem drenados e pobres em nutrientes. A proximidade entre todos os locais de amostragem minimizou a variação climática, permitindo que as diferenças observadas fossem atribuídas principalmente às condições edáficas e hidrológicas.

Seguindo esses critérios, um total de 350 frutos maduros foi coletado em setembro de 2015 em seis áreas de várzea localizadas próximas a Manaus, Amazonas, Brasil: Xiborena (3°13'S, 59°58'W), Furo do Paracuuba (3°13'S, 59°59'W), Ilha da Marchantaria (3°15'S, 59°59'W), Curari (3°16'S, 59°54'W), Careiro (3°11'S, 59°51'W) e Terra Nova (3°07'S, 59°53'W) (Figura 1). Em ambientes de terra firme, 350 frutos foram coletados em fevereiro de 2016 no perímetro urbano de Manaus e ao longo das rodovias AM-450 (3°03'S, 60°04'W), Avenida do Turismo e BR-174 (2°56'S, 60°01'W) (Figura 1). As diferenças nos períodos de coleta refletem a variação na fenologia de frutificação entre os ambientes.

Um total de 40 mangueiras adultas foi selecionado em ambos os ambientes. As árvores foram escolhidas com base nos seguintes critérios: (i) ocorrência em áreas abertas ou semiabertas antropizadas (por exemplo, quintais, margens de estradas ou pequenas propriedades rurais), garantindo condições de luminosidade comparáveis; (ii) produção regular de frutos e bom estado fitossanitário; e (iii) independência espacial, com indivíduos separados por pelo menos 500 m, para reduzir a probabilidade de amostragem de genótipos intimamente relacionados.

Apenas frutos totalmente maduros foram coletados diretamente das árvores ou imediatamente após a abscisão natural, evitando material danificado ou doente. Esse procedimento minimizou vieses maternos e ambientais e garantiu uma amostragem representativa das populações cultivadas em cada ambiente.

Os 700 frutos foram coletados de 40 árvores identificadas nos dois ambientes. Esses frutos foram transportados para o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em Manaus, e acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados.



**Figura 1.** Localização dos locais de amostragem para a coleta de frutos de *Mangifera indica* em ambientes de terra firme e várzea próximos a Manaus, Amazonas, Brasil.

No laboratório, o exocarpo e o mesocarpo foram removidos manualmente de 600 frutos (300 por ambiente), e os endocarpos foram mantidos à temperatura ambiente por aproximadamente três dias para facilitar a extração das sementes. Esse procedimento foi realizado rapidamente devido à natureza recalcitrante das sementes de manga, cuja viabilidade diminui com o tempo de armazenamento (Chauran *et al.*, 1979). A remoção do endocarpo é recomendada para aumentar as taxas de germinação e reduzir a contaminação por fungos (Chauran *et al.*, 1979; Moreira Júnior *et al.*, 1994; Manica *et al.*, 2001). As sementes foram imediatamente semeadas em bandejas de germinação em casa de vegetação no Projeto MAUA (INPA).

As sementes de cada origem (várzea e terra firme) foram submetidas a dois

tratamentos de solo: solo de várzea (FP) e solo de terra firme (TF), em um delineamento totalmente cruzado. Para cada tratamento, foram utilizadas seis bandejas de germinação (55 × 33 × 10 cm), cada uma contendo 25 sementes, totalizando 150 sementes por tratamento. O delineamento experimental consistiu em quatro tratamentos: FP–FP, FP–TF, TF–TF e TF–FP. As sementes foram distribuídas uniformemente e cobertas com uma fina camada do mesmo substrato, garantindo umidade adequada e bom contato entre semente e solo.

Todas as bandejas foram mantidas em temperatura ambiente e submetidas a uma redução de 50% da luminosidade por meio de tela de sombreamento de polietileno, com fotoperíodo de 12 horas. A germinação foi definida pela emergência da radícula.

As análises biométricas foram realizadas em 50 frutos e 50 sementes de cada ambiente. As variáveis mensuradas incluíram massa fresca, comprimento, largura e espessura, utilizando um paquímetro digital e uma balança analítica.

Amostras de solo foram coletadas a uma profundidade de 20 cm em ambos os ambientes para análises químicas e granulométricas, realizadas na EMBRAPA Amazônia Ocidental seguindo Teixeira *et al.* (2017). Apesar das condições ambientais contrastantes, a maioria das propriedades do solo apresentou valores semelhantes entre os substratos (Material Suplementar - Tabela S1).

A germinação foi monitorada diariamente durante 70 dias. Após esse período, 60 plântulas saudáveis foram selecionadas para transplante em vasos individuais, sendo 30 indivíduos de cada ambiente. Dentro de cada grupo, 15 plântulas eram provenientes do tratamento FP e 15 do tratamento TF. As plântulas foram cultivadas no mesmo substrato utilizado durante a germinação. O crescimento foi acompanhado a cada 15 dias, por um período de 60 dias, por meio da medição da altura da parte aérea, do diâmetro do caule na altura do colo e do número de folhas.

Para a determinação da biomassa, 60 plântulas (30 por ambiente) foram selecionadas aleatoriamente, mantendo a mesma distribuição dos tratamentos (15 por substrato). As plântulas foram separadas em raízes, caules e folhas, e a massa fresca foi medida utilizando uma balança analítica (Belmarq 210A, precisão de 0,0001 g). Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 60 °C, com circulação forçada de ar (Heraeus e Memmert), até atingirem massa constante.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey ao nível de 5% de significância. O desempenho germinativo foi avaliado utilizando o índice de velocidade de germinação (IVG), a porcentagem de germinação (G) e o tempo médio de germinação ( $\bar{t}$ ), calculados de acordo com Ferreira e Borghetti (2004) e Laboriau e Valadares (1976).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 BIOMETRIA DE FRUTOS E SEMENTES

As comparações biométricas entre frutos de ambientes de várzea e de terra firme revelaram diferenças significativas para todos os parâmetros avaliados (Tabela 1). Os frutos de várzea apresentaram maior massa fresca, comprimento, largura e espessura em comparação com aqueles de ambientes de terra firme.

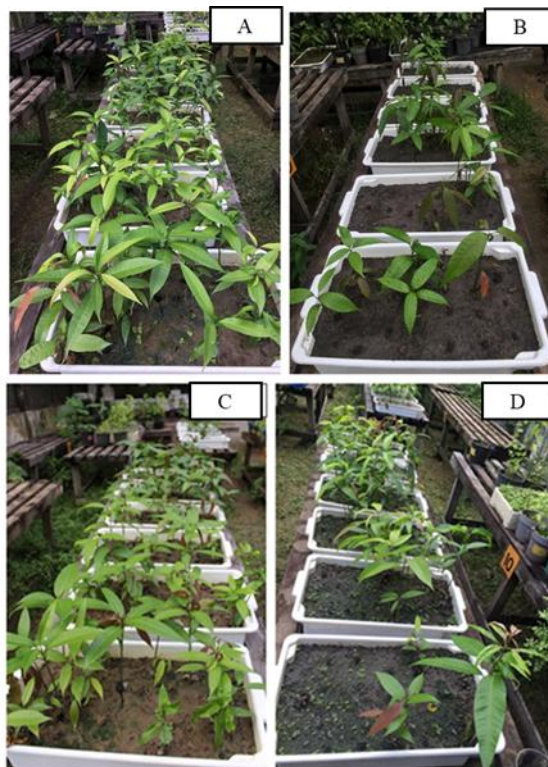
Um padrão semelhante foi observado para as sementes, com massa e dimensões significativamente maiores nos indivíduos provenientes da várzea (Tabela 1). De modo geral, frutos e sementes de ambientes de várzea foram consistentemente maiores e mais pesados do que aqueles de ambientes de terra firme.

**Tabela 1.** Medidas biométricas de 50 frutos e suas respectivas sementes de *Mangifera indica*, originários de dois ambientes distintos da Amazônia Central: várzea e terra firme.

| Parâmetros       | <i>Terra-firme</i><br>(média ± desvio padrão) | <i>Várzea</i><br>(média ± desvio padrão) | t    | p-valor  |
|------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|------|----------|
| <b>Frutos</b>    |                                               |                                          |      |          |
| Peso (g)         | 115.31 ± 18.42                                | 127.33 ± 11.34                           | 3.93 | 0.0002   |
| Comprimento (cm) | 7.83 ± 0.54                                   | 8.31 ± 0.30                              | 4.93 | < 0.0001 |
| Espessura (cm)   | 4.90 ± 0.29                                   | 5.29 ± 0.29                              | 6.76 | < 0.0001 |
| Largura (cm)     | 5.14 ± 0.30                                   | 5.36 ± 0.29                              | 3.58 | 0.0005   |
| <b>Sementes</b>  |                                               |                                          |      |          |
| Peso (g)         | 12.71 ± 1.69                                  | 14.81 ± 1.02                             | 7.52 | < 0.0001 |
| Comprimento (cm) | 5.51 ± 0.32                                   | 6.02 ± 0.42                              | 6.81 | < 0.0001 |
| Espessura (cm)   | 1.43 ± 0.10                                   | 1.54 ± 0.07                              | 6.23 | < 0.0001 |
| Largura (cm)     | 2.56 ± 0.14                                   | 2.75 ± 0.13                              | 7.01 | < 0.0001 |

#### 3.2 GERMINAÇÃO

As sementes de *Mangifera indica*, independentemente da origem, apresentaram germinação hipógea e fanerocotiledonar. A germinação ocorreu em todos os tratamentos (Figura 2).



**Figura 2.** Experimento de germinação das sementes oriundas de terra firme nos tratamentos solo de várzea (TFV) e solo de terra firme (TFTF).

Para sementes provenientes de ambientes de várzea, a germinação iniciou no 6º dia em solo de várzea (FP–FP), atingindo 47%, enquanto em solo de terra firme (FP–TF) a germinação começou mais tarde (9º dia) e alcançou 30% (Tabela 2). O índice de velocidade de germinação (IVG) foi significativamente maior em FP–FP (0,94) do que em FP–TF (0,44). O tempo médio de germinação ( $\bar{t}$ ) foi menor em FP–FP (15,04 dias) em comparação com FP–TF (19,77 dias).

Para sementes de ambientes de terra firme, a germinação iniciou no 6º dia em ambos os tratamentos (TF–FP e TF–TF). As porcentagens de germinação foram altas e não diferiram significativamente entre os tratamentos, alcançando 81% (TF–FP) e 86% (TF–TF) (Tabela 2). No entanto, foram observadas diferenças na dinâmica de germinação: TF–FP apresentou

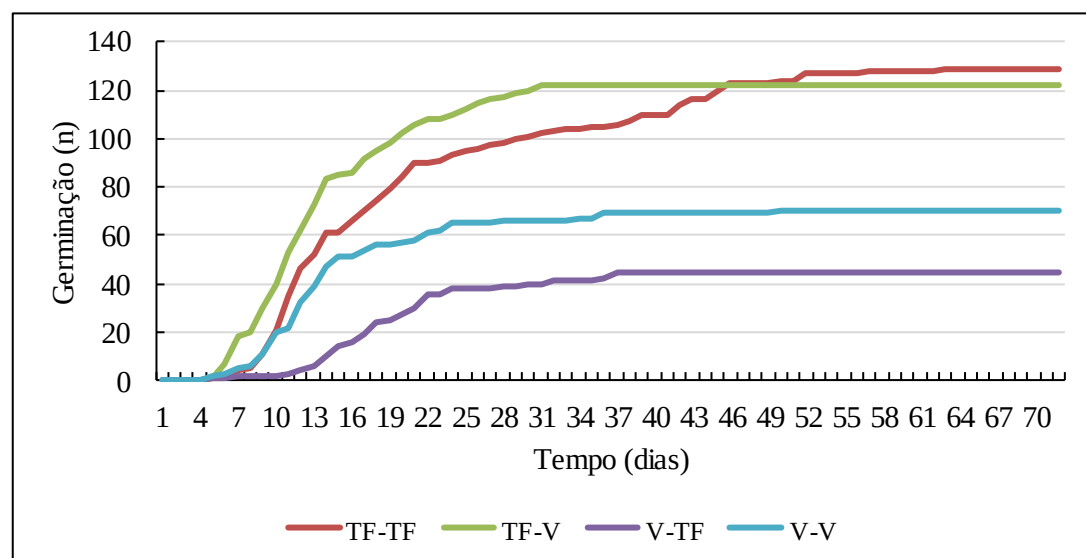
maior IVG (1,75) e menor tempo médio de germinação (13,93 dias), enquanto TF–TF exibiu um período de germinação mais longo ( $\bar{t}$  = 20,86 dias).

**Tabela 2.** Médias da Porcentagem de germinação (%), Índice de velocidade de germinação (IVG) e Tempo médio de germinação ( $\bar{t}$ )

| Tratamento | %G          | IVG          | $\bar{t}$ (dias) |
|------------|-------------|--------------|------------------|
| TF–TF      | 86 ± 7.5 a  | 1.39 ± 0.2 a | 20.86 ± 1.7 a    |
| TF–FP      | 81 ± 5.5 a  | 1.75 ± 0.1 b | 13.93 ± 1.4 b    |
| FP–FP      | 47 ± 7.4 b  | 0.94 ± 0.2 c | 15.04 ± 1.3 b    |
| FP–TF      | 30 ± 11.2 c | 0.44 ± 0.1 d | 19.77 ± 0.9 a    |
| F          | 65.88       | 78.19        | 37.44            |
| p-valor    | <0.0001     | <0.0001      | <0.001           |

\* TF-TF: sementes de terra-firme em solo de terra-firme; TF-V: sementes de terra-firme em solo de várzea; V-TF: sementes originadas na várzea em solo de terra-firme; V-V: sementes originadas na várzea em solo de várzea.

De modo geral, sementes de ambientes de terra firme apresentaram um período de germinação mais prolongado, com eventos germinativos se estendendo por mais de 50 dias no tratamento TF–TF (Figura 3).



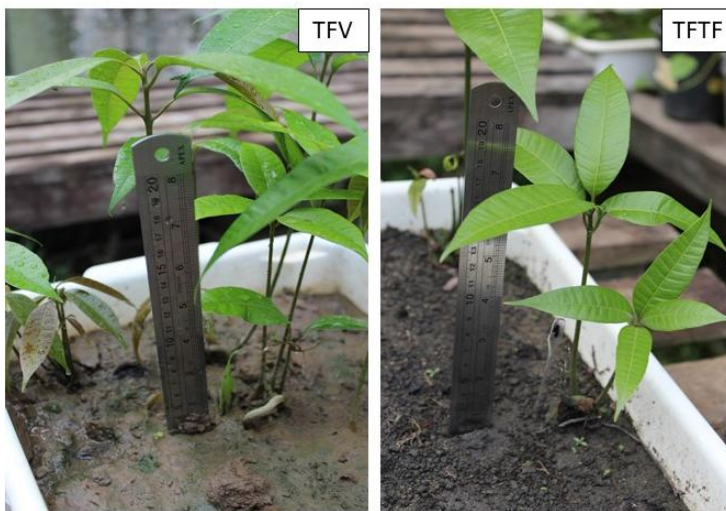
**Figura 3.** Número de sementes de *Mangifera indica* germinadas em relação ao tempo nos quatro tratamentos realizados: TTF - TFV –VTF – VV.

## Poliembrionia

A poliembrionia foi observada em sementes de ambos os ambientes (Figura 4). A frequência de poliembrionia não foi quantificada devido a limitações metodológicas, uma vez que a distinção entre poliembrionia verdadeira e falsa exigiria amostragem destrutiva (Mendes-Rodrigues e Oliveira, 2011). A mortalidade de plântulas foi baixa (<5%), e todos os indivíduos sobreviventes apresentaram desenvolvimento normal em todos os tratamentos.



**Figura 4.** Registros de sementes poliembriônicas originária da várzea, nos tratamentos solo de várzea (VV) e solo de terra firme (VTF). Nos dois casos, uma única semente produziu dois embriões.



**Figura 5.** Registros de sementes poliembriônicas originárias da terra firme, nos tratamentos solo de várzea (TFV) e solo de

terra firme (TFTF). Nos dois casos houve formação de duas plântulas a partir de uma única semente.

### 3.3 BIOMASSA DE PLÂNTULAS

Não foram observadas diferenças significativas na biomassa fresca ou seca de raízes, caules, folhas ou na biomassa total entre os tratamentos (Tabela 3). Esse padrão foi consistente em todos os componentes avaliados, indicando uma alocação de biomassa semelhante, independentemente da origem das sementes ou do tipo de solo.

**Tabela 3**– Biomassa fresca e seca de raiz, caule, folha e total de 60 plântulas de *M. indica*, para os quatro tratamentos, de acordo com a procedência da semente e tipo de solo utilizado.

| Tratamento | Biomassa Fresca (g) |             |             |              |
|------------|---------------------|-------------|-------------|--------------|
|            | Raiz                | Caule       | Folha       | Total        |
| TF-TF      | 13,29 ± 5,6         | 13,20 ± 5,2 | 13,43 ± 5,6 | 39,92 ± 15,9 |
| TF-V       | 14,30 ± 5,3         | 15,64 ± 6,1 | 16,40 ± 5,8 | 46,33 ± 16,8 |
| V-V        | 12,49 ± 7,0         | 14,11 ± 7,0 | 13,53 ± 6,6 | 40,13 ± 20,5 |
| V-TF       | 12,12 ± 5,9         | 12,17 ± 5,2 | 12,22 ± 5,0 | 36,51 ± 16,1 |
| F          | 0,39                | 0,93        | 1,41        | 0,83         |
| p-valor    | 0,7626              | 0,5645      | 0,2494      | 0,5131       |
| Tratamento | Biomassa Seca (g)   |             |             |              |
|            | Raiz                | Caule       | Folha       | Total        |
| TF-TF      | 9,37 ± 4,1          | 9,55 ± 4,1  | 9,78 ± 4,2  | 28,70 ± 12,4 |
| TF-V       | 10,52 ± 4,8         | 11,02 ± 5,1 | 11,66 ± 4,9 | 33,20 ± 14,8 |
| V-V        | 9,01 ± 5,0          | 10,19 ± 5,6 | 10,26 ± 5,7 | 29,46 ± 16,0 |
| V-TF       | 9,22 ± 4,4          | 9,46 ± 4,4  | 9,62 ± 4,3  | 28,29 ± 13,1 |
| F          | 0,32                | 0,33        | 0,56        | 0,38         |
| p-valor    | 0,8106              | 0,8041      | 0,6461      | 0,7718       |

\* TF-TF: sementes de terra firme em solo de terra firme; TF-V: sementes de terra firme em solo de várzea; V-TF: sementes originadas na várzea em solo de terra firme; V-V: sementes originadas na várzea em solo de várzea.

## 4 DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que *Mangifera indica* apresenta respostas contrastantes de germinação e estabelecimento inicial entre ambientes de várzea e de terra firme, indicando que a inundação sazonal desempenha um papel fundamental na determinação de seu desempenho reprodutivo em paisagens amazônicas. Apesar das diferenças nas taxas de

germinação entre os tratamentos, plântulas com boas condições fitossanitárias foram observadas em todos os casos, sugerindo que, uma vez que a germinação é bem-sucedida, o desenvolvimento inicial ocorre sem prejuízos visíveis significativos.

Sementes provenientes de plantas-mãe estabelecidas em terra firme apresentaram maiores porcentagens de germinação, independentemente do tipo de solo, indicando que populações que crescem em ambientes não inundáveis podem estar sujeitas a menos restrições fisiológicas durante o desenvolvimento das sementes. Em contraste, a menor germinação observada em sementes de ambientes de várzea sugere que a inundação periódica pode impor limitações ao desempenho reprodutivo. Sabe-se que a inundação reduz a disponibilidade de oxigênio e altera a regulação hormonal durante a germinação, afetando negativamente a viabilidade das sementes e o estabelecimento das plântulas (Parolin, 2001; Piedade *et al.*, 2010).

Apesar do menor sucesso germinativo, frutos e sementes produzidos em ambientes de várzea foram significativamente maiores e mais pesados, indicando maior investimento materno por propágulo: as sementes de várzea foram, em média, 16,5% mais pesadas que as de terra firme (14,81 g contra 12,71 g) e os frutos, 10,4% mais pesados (127,33 g contra 115,31 g). Esse padrão é comumente associado a ambientes estressantes ou imprevisíveis, nos quais sementes maiores fornecem reservas mais volumosas para sustentar o estabelecimento das plântulas (Moles e Westoby, 2004). Em sistemas de planície de inundação, sementes maiores podem aumentar a sobrevivência ao sustentar o metabolismo durante períodos de submersão ou de germinação retardada (Parolin *et al.*, 2004). Chama atenção, porém, o desacoplamento entre esse investimento e o retorno em recrutamento: as sementes de várzea produziram menos da metade das plântulas obtidas a partir de sementes de terra firme. Expresso como massa de semente semeada por plântula obtida, o custo materno por descendente estabelecido foi cerca de 2,5 vezes maior na várzea (aproximadamente 38 g contra 15 g de semente por plântula, estimado a partir das médias das Tabelas 1 e 2). A massa da semente, embora seja o descritor mais empregado de investimento materno (Smith e Fretwell, 1974; Moles e Westoby, 2004), mostra-se aqui um proxy grosseiro da qualidade fisiológica do propágulo.

Efeitos maternos, no sentido de Roach e Wulff (1987), compreendem tanto a contribuição genotípica da planta-mãe quanto o efeito do ambiente por ela experimentado

durante a formação do fruto e da semente, e podem ser adaptativos ou constituir simples consequência do suprimento de recursos (Marshall e Uller, 2007; Donohue, 2009; Herman e Sultan, 2011). Três vias não excludentes podem explicar o padrão observado. A primeira é a via de recurso: a maior fertilidade dos solos aluviais e a reposição anual de sedimentos resultariam em maior aporte de nutrientes por fruto, produzindo sementes mais pesadas sem que isso represente qualquer ajuste adaptativo (Fenner e Thompson, 2005). A segunda é a via antecipatória, na qual reservas mais volumosas tamponam o estabelecimento em ambientes imprevisíveis, prolongando a sobrevivência sob submersão parcial, sob sombreamento pós-cheia e durante a janela temporal restrita disponível para o recrutamento em áreas alagáveis (Kubitzki e Ziburski, 1994; Parolin, 2000, 2001; Baskin e Baskin, 2014). A terceira, de natureza restritiva, decorre do estresse enfrentado pela própria matriz: a hipoxia radicular durante a inundação reduz a condutância estomática, a absorção de nitrogênio e a exportação de citocininas, além de elevar os níveis de ácido abscísico na parte aérea (Kozłowski, 1997; Parent *et al.*, 2008), processos capazes de comprometer o enchimento e a maturação fisiológica da semente sem necessariamente reduzir sua massa final. Em espécies de sementes recalcitrantes, como *M. indica*, cujos propágulos não toleram dessecação nem passam por uma fase de maturação com secagem, a qualidade fisiológica é especialmente dependente das condições maternas no momento da abscisão (Berjak e Pammenter, 2008; Marcos Filho, 2015). A combinação de maior massa com menor germinabilidade observada nas sementes de várzea é compatível com essa terceira via e sugere que quantidade e qualidade de reserva respondem de modo distinto ao ambiente materno.

Duas ressalvas delimitam o alcance dessa interpretação. A primeira é anatômica: a massa da semente de *M. indica* inclui um endocarpo lenhoso volumoso, de modo que parte da diferença biométrica registrada pode refletir investimento em estrutura de proteção e não em reserva cotiledonar efetivamente disponível ao embrião. Recomenda-se, portanto, particionar a massa entre endocarpo, cotilédones e eixo embrionário e quantificar os teores de lipídios, amido, proteínas e macronutrientes, análise que testaria diretamente a hipótese de investimento materno diferencial e que complementaria a determinação quantitativa de nutrientes já sugerida nas recomendações deste capítulo. A segunda ressalva é genética: o delineamento adotado não separa o efeito materno ambiental de eventual diferenciação genética entre as populações amostradas, uma vez que o cultivar “manguito” é propagado

tanto por semente quanto vegetativamente, e as matrizes de várzea e de terra firme podem pertencer a linhagens distintas. A demonstração inequívoca de efeitos maternos exige o cultivo das progênes em ambiente comum por, ao menos, duas gerações, ou transplantes recíprocos acompanhados de caracterização genética dos parentais (Roach e Wulff, 1987; Galloway e Etterson, 2007). Ainda assim, a convergência entre a maior massa das sementes de várzea, a presença de raízes adventícias nas matrizes desse ambiente e a menor germinabilidade das progênes é coerente com uma resposta materna ao alagamento, e não com variação aleatória entre procedências.

A presença de raízes adventícias em indivíduos adultos que crescem em ambientes de várzea (Material Suplementar - Figura 1) sustenta a hipótese de que *M. indica* apresenta plasticidade morfológica em resposta à inundação. Essa observação contrasta com estudos anteriores que sugerem baixa tolerância da espécie ao alagamento (Pinto da Cunha, 2000; Magalhães e Borges, 2000). A formação de raízes adventícias é uma adaptação bem documentada em plantas tolerantes à inundação, pois melhora o transporte de oxigênio em condições de hipóxia (Armstrong *et al.*, 1994; Kozłowski, 1997; Piedade *et al.*, 2024). Embora *M. indica* não seja uma espécie típica de ambientes de várzea, esses resultados sugerem uma capacidade de aclimação. Respostas plásticas semelhantes já foram registradas em espécies não típicas de áreas alagáveis que ocorrem nas várzeas amazônicas, indicando que a flexibilidade fenotípica pode permitir a persistência além dos nichos ecológicos usuais (Parolin, 2000; Scarano, 2002; Pires *et al.*, 2018).

Curiosamente, a disponibilidade de nutrientes no solo não influenciou fortemente o sucesso da germinação nem a alocação de biomassa das plântulas. Embora os solos de várzea apresentassem maiores concentrações de nutrientes como Fe, Mn, K e Ca, a germinação e o crescimento inicial não foram significativamente favorecidos nessas condições. Atribuir esse resultado exclusivamente ao regime hidrológico, entretanto, deixa de considerar que o solo não atua apenas como reservatório químico: o desempenho germinativo responde, de maneira frequentemente mais direta, aos atributos físicos do substrato, que controlam simultaneamente a disponibilidade e o fluxo de água até a semente, a difusão do oxigênio no ambiente do embrião e a resistência mecânica oposta à protrusão da radícula e à emergência da plúmula (Hillel, 1998; Hadas, 2004; Bengough *et al.*, 2011). Esses três fatores operam de forma antagônica ao longo do gradiente de umidade: o mesmo incremento de conteúdo hídrico que

acelera a embibição reduz a porosidade preenchida por ar e, portanto, o fluxo difusivo de O<sub>2</sub> até o embrião, de modo que o ótimo germinativo corresponde a uma faixa hídrica restrita, condicionada pela textura, pela densidade e pela distribuição de poros por tamanho do substrato (Letey, 1985; Dexter, 2004).

Os dois substratos utilizados neste experimento diferem justamente nesses atributos. Os solos de várzea da Amazônia Central derivam de sedimentos andinos recentes, pouco intemperizados, com predomínio das frações silte e argila e argilominerais de atividade alta (Irion *et al.*, 1997; Furch, 1997; Wittmann *et al.*, 2004), enquanto os solos de terra firme da região de Manaus correspondem a Latossolos e Argissolos Amarelos profundamente intemperizados, de mineralogia caulínico-gibbsítica e forte microagregação — condição que confere a solos argilosos um comportamento físico-hídrico próximo ao de solos arenosos, com elevada macroporosidade, drenagem rápida e baixa retenção de água em baixas tensões (Ferreira *et al.*, 1999; Quesada *et al.*, 2010, 2011). Em substratos de textura mais fina, a área efetiva de contato semente-solo e a condutividade hidráulica não saturada são maiores, o que acelera o suprimento de água à semente e antecipa a protrusão radicular (Collis-George e Hector, 1966; Bradford, 1995; Hadas, 2004). Esse mecanismo oferece uma explicação parcimoniosa para o principal padrão aqui observado: independentemente da procedência, as sementes semeadas em solo de várzea germinaram mais rapidamente (TF–FP: IVG = 1,75,  $\bar{t}$  = 13,93 dias; FP–FP: IVG = 0,94,  $\bar{t}$  = 15,04 dias), ao passo que a porcentagem final de germinação, atributo determinado pela viabilidade e pela qualidade fisiológica do lote, e não pela taxa de suprimento hídrico, permaneceu governada pela origem materna. O efeito é ainda mais esperado em *M. indica*, cujas sementes, grandes e recalcitrantes, demandam volumes absolutos de água elevados para completar a fase de embibição, tornando-as particularmente sensíveis à taxa de reposição hídrica do substrato (Berjak e Pammenter, 2008; Marcos Filho, 2015).

O mesmo atributo textural que favorece a embibição, contudo, restringe a aeração. Em condições de campo, a textura fina e a menor macroporosidade dos solos de várzea implicam menor porosidade de aeração e menor difusividade de O<sub>2</sub>, condição agravada pela deposição anual de sedimento fino, pelo selamento superficial e pela perda de macroporos nos ciclos de umedecimento e secagem (Ponnamperuma, 1984; Hillel, 1998). No delineamento aqui adotado, as bandejas foram preenchidas com solo destorroado e mantidas sob drenagem livre

em casa de vegetação, o que eliminou a estrutura original, o gradiente de densidade e, sobretudo, a saturação. O experimento expôs, portanto, as sementes aos componentes textural e químico do solo, mas não ao seu componente estrutural nem à hipoxia, o que ajuda a explicar por que o substrato de várzea manifestou apenas o seu efeito benéfico, a embebição mais rápida, sem o custo de limitação de O<sub>2</sub> que se expressaria no campo. Essa leitura reforça a recomendação de conduzir um experimento com alagamento controlado e, adicionalmente, sugere incorporar às análises de rotina de granulometria e fertilidade os atributos físico-hídricos ainda não determinados, tais como, densidade do solo, porosidade total e distribuição de poros por tamanho, curva de retenção de água, condutividade hidráulica e resistência à penetração (Teixeira *et al.*, 2017; Reichardt e Timm, 2012). A ausência de diferenças na biomassa das plântulas é consistente com essa interpretação: durante a fase heterotrófica, sustentada pelas reservas da semente, o sistema radicular ainda explora um volume reduzido de solo, e restrições físicas como impedância mecânica e limitação de aeração tendem a se tornar determinantes apenas em estágios ontogenéticos posteriores (Bengough *et al.*, 2011; Gogosz e Boeger, 2019).

Isso sugere que a limitação de oxigênio e o estresse por inundação podem desempenhar um papel mais crítico do que a disponibilidade de nutrientes durante o estabelecimento inicial (Wittmann *et al.*, 2006; Junk *et al.*, 2011), possivelmente relacionado ao tamanho relativamente grande das sementes da espécie, indicando um importante e persistente armazenamento de recursos para a germinação e os estágios iniciais de vida. A maior velocidade de germinação observada em solos de várzea, no entanto, pode refletir benefícios de curto prazo da maior disponibilidade de nutrientes após o início da germinação, ou até mesmo uma adaptação evolutiva à inundação, na qual as espécies apresentam um curto período de germinação e crescimento antes do retorno da próxima fase de cheia (Parolin, 2001).

A maior velocidade de germinação observada em solos de várzea pode representar uma estratégia para estabelecimento rápido em condições favoráveis, potencialmente permitindo que as plântulas escapem da submersão completa antes do início do período de cheia. A germinação rápida é uma característica adaptativa comum em ambientes sujeitos a inundações, onde o estabelecimento deve ocorrer dentro de janelas temporais restritas (Parolin, 2001). Por outro lado, o período de germinação mais longo observado em sementes

de terra firme pode refletir uma estratégia de germinação mais flexível, permitindo o estabelecimento em uma gama mais ampla de condições ambientais na ausência de restrições hidrológicas.

O período prolongado de germinação em terra firme também pode reduzir a sincronia entre as plântulas, potencialmente diminuindo a pressão de herbívoros por meio da dispersão temporal (Aide, 1988). Em contraste, a germinação sincronizada em ambientes de várzea pode aumentar a vulnerabilidade à herbivoria, uma vez que a disponibilidade de recursos se torna temporalmente concentrada (Janzen, 1971). Embora essa hipótese não tenha sido testada diretamente neste estudo, ela está de acordo com teorias ecológicas que relacionam fenologia e pressão de herbívoros.

A poliembrião foi observada em sementes de ambos os ambientes, consistente com relatos anteriores para *M. indica*. Essa característica pode aumentar o sucesso de estabelecimento ao produzir múltiplas plântulas a partir de uma única semente, elevando a probabilidade de que pelo menos um indivíduo sobreviva sob condições adversas (Sane *et al.*, 2011). No entanto, plântulas originadas de um menor número de embriões por semente tendem a apresentar maior vigor, sugerindo um trade-off entre número de descendentes e desempenho individual (Mendes-Rodrigues *et al.*, 2005).

A ausência de diferenças significativas na alocação de biomassa entre os tratamentos sugere que o crescimento inicial das plântulas é sustentado principalmente pelas reservas das sementes, e não pelas condições do solo (Westoby *et al.*, 1996). Considerando o grande tamanho e o alto conteúdo de nutrientes das sementes de manga, é provável que as plântulas consigam manter padrões de crescimento semelhantes nos estágios iniciais de desenvolvimento, independentemente do tipo de substrato. Isso indica que as condições edáficas podem se tornar mais influentes apenas em estágios ontogenéticos posteriores, quando as plântulas passam de um crescimento dependente de reservas para um crescimento dependente do solo (Gogosz e Boeger, 2019). Os frutos e sementes maiores observados em ambientes de várzea reforçam essa interpretação, sugerindo que o investimento materno pode amortecer as limitações iniciais impostas pela inundação, ao mesmo tempo em que favorecem potencialmente o crescimento em fases posteriores (Wittmann *et al.*, 2010).

De modo geral, os resultados indicam que, embora *Mangifera indica* seja capaz de se estabelecer em ambientes de várzea, a inundação sazonal impõe restrições ao seu sucesso

reprodutivo durante os estágios iniciais de vida. A inundação atua como um filtro ecológico ao limitar a germinação e o estabelecimento por meio da hipóxia e de fatores de estresse associados (Parolin, 2001; Wittmann *et al.*, 2010; Junk *et al.*, 2011). Ainda assim, a espécie apresenta plasticidade morfológica e reprodutiva que pode facilitar sua persistência nesses ambientes. Essa plasticidade é particularmente relevante para espécies cultivadas ou exóticas que ocorrem em planícies de inundação amazônicas, onde a dinâmica hidrológica influencia fortemente a distribuição das espécies, o recrutamento e a estrutura das comunidades.

Por fim, embora os solos de várzea sejam tipicamente mais férteis em razão da deposição aluvial (Quesada *et al.*, 2010; Junk *et al.*, 2011), a similaridade das propriedades químicas observada entre os substratos indica que a fertilidade não foi o fator responsável pelas diferenças de desempenho das sementes. Os resultados apontam, em seu lugar, para uma hierarquia de controles que opera em duas escalas temporais distintas. Na escala da planta-mãe, o ambiente físico-hídrico do sítio, aeração, drenagem e duração da saturação do solo, condiciona a fisiologia da matriz durante a frutificação e, por consequência, a quantidade e a qualidade da reserva transferida à semente, determinando a capacidade germinativa do lote. Na escala da semente, a textura e a estrutura do substrato de germinação regulam a área de contato semente-solo e a condutividade hidráulica não saturada, determinando a cinética do processo, isto é, o IVG e o tempo médio de germinação. Nesse arranjo, a origem materna explicou a porcentagem de germinação, os atributos físicos do substrato explicaram sua velocidade, e a fertilidade explicou pouco em ambos os casos. Esses achados destacam a importância conjunta dos efeitos maternos, dos atributos físicos do solo e da dinâmica de estabelecimento inicial na determinação do sucesso de espécies não nativas em ecossistemas sazonalmente inundados.

## 5 CONCLUSÃO

Esses resultados sugerem que as sementes de terra firme provêm de populações nas quais não enfrentam um período sazonal de inundação, que para as árvores de várzea pode atuar como fator limitante na reprodução dessa espécie em áreas alagáveis, visto que sementes desse ambiente germinam, porém, em menor número, o que poderia ser uma estratégia de reprodução herdada da planta mãe a qual é submetida a inundação anual nesses ambientes. Vale ressaltar que estratégias adaptativas para as áreas alagáveis devem ser consideradas uma

vez que outras adaptações foram registradas para esta espécie neste trabalho, como por exemplo, a presença de raízes adventícias nos indivíduos adultos.

Para obtenção de melhores resultados, recomenda-se um experimento de germinação na água seguido de inundação das plântulas, a fim de simular as condições ambientais da várzea. E, também análise quantitativa de nutrientes nas sementes, bem como dos diferentes órgãos das plântulas, com o propósito de saber se há diferenças na disponibilidade de nutrientes fornecidos pela planta mãe de cada ambiente.

## **6 AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida, ao Projeto MAUA por todo apoio logístico oferecido e ao Programa de Pós-Graduação em Botânica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, por todo aprendizado.

## **7 BIBLIOGRAFIA CITADA**

Abdalla, A.E.M.; Darwish, S.M.; Ayad, E.H.E.; El-Hamahmy, R.M. 2007. Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. *Food Chemistry*, 103: 1141-1152.

Aide, T.M., 1988. Herbivory as a selective agent on the timing of leaf production in a tropical understory community. *Nature* 336, 574–575.

Ajila, C.M.; Naidu, K.A.; Bhat, S.G.; Prasada Rao, U.J.S. 2007. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*, 105: 982-988.

Ayres, J.M.C. 1993. As matas de várzea do Mamirauá. In: Sociedade Civil Mamirauá (Ed.), *Estudos de Mamirauá*, vol. 1, p.1–123.

Armstrong, W., Brändle, R., Jackson, M.B., 1994. Mechanisms of flood tolerance in plants. *Acta Botanica Neerlandica* 43, 307–358.

Berjak, P.; Pammenter, N.W. 2008. From *Avicennia* to *Zizania*: seed recalcitrance in perspective. *Annals of Botany*, 101: 213–228.

Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 2014. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. 2<sup>a</sup> ed. Academic Press, San Diego, 1600p.

Bengough, A.G.; McKenzie, B.M.; Hallett, P.D.; Valentine, T.A. 2011. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *Journal of Experimental Botany*, 62: 59–68.

Bormann, F.H. & Berlyn, G. 1981. Age and growth rate of tropical trees: new directions for research. *Yale University: School of Forestry and Environmental Studies. Bulletin*. New Haven.

Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. In: Kigel, J.; Galili, G. (Eds.). *Seed development and germination*. Marcel Dekker, New York, p. 351–396.

Brienen, R.J.W.; Schöngart, J.; Zuidema, P.A. 2016. Tree Rings in the Tropics: Insights into the Ecology and Climate Sensitivity of Tropical Trees. In: G. Goldstein and L.S. Santiago (Eds.), *Tropical Tree Physiology*, Switzerland, p. 439-461.

Cardello, H.M.A.B; Cardello, L. 1998. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de mangas (*Mangifera indica* L.) var. Haden, durante amadurecimento. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 18(2): 211-217.

Chauran, O.R.; Manica, I.; Pinheiro, R.V.R.; Conde, A.R.; Chaves, J.R.P. 1979. Efeito do tempo de armazenamento, corte e fungicida sobre a germinação das sementes e sobre o crescimento de plântulas de mangueira (*Mangifera indica* L.). *Revista Ceres*, 26(143): 1-12.

Clement, C. 1999. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. *Economic Botany*, 53(2): 188 – 202.

Collis-George, N.; Hector, J.B. 1966. Germination of seeds as influenced by matric potential and by area of contact between seed and soil water. *Australian Journal of Soil Research*, 4: 145–164.

Corrêa, M. P. 1984. *Dicionário das Plantas úteis do Brasil*. Imprensa Nacional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, vol 5, 54p.

Coster, C. 1927. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen und Jahresbildung in den Tropen I. *Annales Jardim Botanica Buitenzorg*, 37:47–161.

Cunha, G.A.P.;Pinto, A.C.Q.; Ferreira, F. R. A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p 33-36.

Dexter, A.R. 2004. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120: 201–214.

Donohue, K. 2009. Completing the cycle: maternal effects as the missing link in plant life histories. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364: 1059–1074.

Eckstein, D.; Sass, U.; Baas, P. 1995. Growth periodicity in tropical trees. *IAWA Journal*. 16: 325 – 442.

Enright, NJ.; Hartshorn, G.S. 1981. The demography of tree species in undisturbed tropical rainforest. In: *Bormann F.H.; Berlyn, G. (eds.). Age and growth rate of tropical trees; new directions for research. Yale University: School of Forestry and Environmental Studies*. 94: 107 – 119.

FAO - Food and Agriculture Organization. FAO statistical yearbook 2013 - World Food and Agriculture. 2013. (<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e03.pdf>). Acesso em: 28/09/2015.

Fávero, L.A.(Org). A cultura da manga no São Francisco: posicionamento, limites, oportunidades e ações estratégicas. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2008.232.il.

Fenner, M.; Thompson, K. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press, Cambridge, 250p.

Ferreira, A.G. e Borghetti, F. 2004. *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre, 323 p.

Ferreira, M.M.; Fernandes, B.; Curi, N. 1999. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 507–514.

Fonseca, S.F.J.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J. 2009. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. *Trees*, 23:127–134.

Freitas, E.R.; Borges, A.S.; Trevisan, M.T.S.; Cunha, A.L. 2013. Extratos etanólicos de manga como antioxidantes na alimentação de poedeiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.48 (7): 714-721.

Furch, K. 1997. Chemistry of várzea and igapó soils and nutrient inventory of their floodplain forests. In: Junk, W.J. (Ed.). *The Central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system*. Ecological Studies 126. Springer, Berlin, p. 47–67.

Furch, K. 2000. Chemistry and bioelement inventory of contrasting Amazonian forest soils. In: Junk, W. J.; Ohly, J. J.; Piedade, M. T. F.; Soares, M. G. M. (Eds.). *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, p. 109-128.

Galloway, L.F.; Etterson, J.R. 2007. Transgenerational plasticity is adaptive in the wild. *Science*, 318: 1134–1136.

Gomes, R.P. 1973. *Fruticultura brasileira*. 13<sup>a</sup> ed. Nobel, São Paulo, 446p.

Gogosz, A. M., & Boeger, M. R. T. (2019). *Functional morphology of subtropical tree seedlings in southern Brazil*. *Rodriguésia*, 70, e00312017.

Gotelli, N. J.; Colwell, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-39.

Hadas, A. 2004. Seedbed preparation: the soil physical environment of germinating seeds. In: Benech-Arnold, R.L.; Sánchez, R.A. (Eds.). *Handbook of seed physiology: applications to agriculture*. Food Products Press, New York, p. 3–49.

Herman, J.J.; Sultan, S.E. 2011. Adaptive transgenerational plasticity in plants: case studies, mechanisms, and implications for natural populations. *Frontiers in Plant Science*, 2: 102.

Hillel, D. 1998. *Environmental soil physics*. Academic Press, San Diego, 771p.

Huber, K.; Queiroz, J.H. de; Moreira, A.V.B.; Ribeiro, S.M.R. 2012. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga Ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 6:640-654.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2012. Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes. 39:1-98 ([http://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_%5Banual%5D/2012/pam2012.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5Banual%5D/2012/pam2012.pdf)) Acesso em 05/10/2016.

Irion, G.; Junk, W.J.; Mello, J.A.S.N. 1997. The large central Amazonian river floodplains near Manaus: geological, climatological, hydrological and geomorphological aspects. In: Junk, W.J. (Ed.). *The Central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system*. Ecological Studies 126. Springer, Berlin, p. 23–46.

Janzen, D. H. (1971). *Seed predation by animals*. Annual Review of Ecology and Systematics, 2, 465–492.

Junk, W.J. 1989. Flood tolerance and tree distribution in Central Amazonian Floodplains. In: L.B. Nielsen; I.C. Nielsen & H. Baslev (eds.). *Tropical forests: Botanical dynamics, speciation and diversity*. London, Academic Press, p.47-64.

Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J.; Cohn-Haft, M.; Adeney J.M.; Wittmann, F. 2011. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, 31: 623-640.

Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Schöngart, J. & Wittmann, F. 2012. A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (várzeas). *Wetlands Ecology and Management*, 20(6): 461-475.

Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Lourival, R.; Wittmann, F.; Kandus, P.; Lacerda, L. D.; Bozelli, R. L.; Esteves, F. A.; Nunes Da Cunha, C.; Maltchik, L.; Schöngart, J.; Schaeffernovelli, Y.; Agostinho, A. A.; Nóbrega, R. L. B.; Camargo, E. 2015. Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. In: Nunes Da Cunha, C.; Piedade, M. T. F.; Junk, W. J. (Org.) Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats. Cuiabá, Mato Grosso, p. 13-82.

Kubitzki, K.; Ziburski, A. 1994. Seed dispersal in flood plain forests of Amazonia. *Biotropica*, 26: 30–43.

Kozlowski, T. T. (1997). Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monographs*, 1, 1–29. Victoria: Heron Publishin

Labouriau, L.G.; Valadares, M.E.B. 1976. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait) Ait. F. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48(2): 236-284.

Letey, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*, 1: 277–294.

Mack, R.N.; Simberloff, D.; Lonsdale, W.M.; Evans, H.; Clout, M; Bazzaz, F.A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology global consequences and control. *Issues in Ecology*, n.5, 20p.

Magalhães, A.F.J.; Borges, A.L. 2000. Calagem e adubação. In: Matos, A.P. *Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura Cruz das Almas, Bahia, p.35-44.

Manica, I; Icuma, I.M.; Malavolta, E.; Ramos, V.H.V.; Oliveira, M.E.; Cunha, M.M.; Junqueira, N.T.V. 2001. Tecnologia, produção, adroindustria e exportação da manga. Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 617p.

Marcos Filho, J. 2015. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2ª ed. ABRATES, Londrina, 660p.

Marshall, D.J.; Uller, T. 2007. When is a maternal effect adaptive? *Oikos*, 116: 1957–1963.

Melack, J.M.; Hess, L.L. 2010. Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin. In Junk WJ, Piedade MTF, Wittmann F, Schöngart J, Parolin P (eds.) Amazon floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management. Springer, *Ecological Studies*, 43–59.

Mendes-Rodrigues, C.; Carmo-Oliveira, R.; Talavera, S.; Arista, M.; Ortiz, P. L.; Oliveira, P. E. (2005). Polyembryony and apomixis in *Eriotheca pubescens* (Malvaceae - Bombacoideae). *Plant Biology*, 7(5), 533–540.

Miller R. P.; Nair P.K.R. Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today 2006. *Agroforestry Systems*, 66:151-164.

Moles, A. T., & Westoby, M. (2004). Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology*, 92(3), 372–383.

Moraes, C.P.; Neves, E.G. 2012. O ano 1000: Adensamento populacional, interação e conflito na Amazônia Central. *Amazônica* 4 (1): 122-148.

Moreira Júnior, J.A.; Corrêa, M.P.F.; Costa, J.T.A.; Gadelha, J.W.R. 1994. Germinação e vigor de sementes de manga, cultivar Itamaracá, para a formação de porta-enxertos. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador. *Anais...Salvador: S.B.F.*, v.2, p719-720.

Oliveira A.A.; Daly D. C.; Vicentini A.; Cohn-Haft M. 2001. Florestas sobre Areia: Campinaranas e Igapós. In: Oliveira A.A.& Daly, D. (ed.). *Florestas do Rio Negro*. The New York Botanical Garden, New York, p.179-219.

Parent, C.; Capelli, N.; Berger, A.; Crèvecoeur, M.; Dat, J.F. 2008. An overview of plant responses to soil waterlogging. *Plant Stress*, 2: 20–27.

Parmar, S.S.; Sharma, R.S. 1986. Use of mango seed kernels in enhancing the oxidate stability of ghee. *Asian Journal Dairy Research*, 5: 91-99.

Parolin, P. 2000. Seed mass in Amazonian floodplains forest with contrasting nutrients supplies. *Journal of Tropical Ecology* 16: 417-428.

Parolin, P. 2001. Seed germination and early establishment of 12 tree species from nutrient-rich and nutrient-poor Central Amazonian floodplains. *Aquatic Botany* 70:89-103.

Parolin, P.; De Simone O.; Haase K.; Waldhoff D.; Rottenberger S.; Kuhn U.; Kesselmeier J.; Schmidt W.; Piedade, M.T.F.; Junk, W.J. 2004. Central Amazon floodplain forests: tree survival in a pulsing system. *The Botanical Review*, 70 (3): 357-380.

Piedade, M.T.F., Ferreira, C.S., Wittmann, A.O., Buckeridge, M.S., Parolin, P. (2010). Biochemistry of Amazonian floodplain trees. In: Junk, W.J. et al. (Eds.), Amazonian floodplain forests. Springer, pp. 123–134.

Piedade, M.T.F., Parolin, P., Ferreira, C.S. (2024). Germinação e recrutamento em áreas úmidas. In: Borghetti, F. (Ed.), Germinação: princípios, processos e aplicações. Brasília, pp. 375–390.

Pinto da Cunha, G.A. 2000. Exigências edafoclimáticas. In: Matos, A.P. *Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura Cruz das Almas, Bahia, p.16-18.

Pires, J. M. 1980. Tipos de vegetação da Amazônia. Vegetalia-Escritos e Documentos, IBILCE.UNESP, 4: 1-31.

Pires, H.R.A., Franco, A.C., Piedade, M.T.F., Scudeller, V.V., Kruijt, B., Ferreira, C.S. (2018). Flood tolerance in two tree species. *AoB Plants*, 10, ply065.

Prance, G.T. 1980. A terminologia dos tipos de florestas Amazônicas sujeitos à inundação. *Acta Amazonica*. 10: 495 – 504.

Ponnamperuma, F.N. 1984. Effects of flooding on soils. In: Kozlowski, T.T. (Ed.). *Flooding and plant growth*. Academic Press, Orlando, p. 9–45.

Puravankara, D.; Bohgra, V.; Sharma, R.S. 2000. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L.) seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butter-fat). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 522-526.

Quesada, C.A.; Lloyd, J.; Schwarz, M.; Patiño, S.; Baker, T.R.; Czimczik, C.; et al. 2010.

Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences*, 7: 1515–1541.

Quesada, C.A.; Lloyd, J.; Anderson, L.O.; Fyllas, N.M.; Schwarz, M.; Czimczik, C.I. 2011. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, 8: 1415–1440.

Reichardt, K.; Timm, L.C. 2012. *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. 2ª ed. Manole, Barueri, 500p.

Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G; Vicentini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; et al. 1999. *Flora da Reserva Ducke. Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA-DFID. Manaus, Amazonas. 800p.

Rosa, S.A. 2008. *Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de floresta de várzea da Amazônica Central*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 76p.

Roach, D.A.; Wulff, R.D. 1987. Maternal effects in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: 209–235.

Rozane, D.E.; Darezzo, R.J.; Aguiar, R.L.; Aguilera, G.H.A.; Zambolim, L. 2004. *Manga-produção integrada, industrialização e comercialização*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 604p.

Sane, S. P., & Singh, A. K. (2011). *Water movement in vascular plants – a primer*. Journal of the Indian Institute of Science, 91(3), 233–242.

Sampaio, A.B.; Schmidt, I.B. 2013. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3(2): 32-49.7

Scarano, F. R. (2002). Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. *Annals of Botany*, 90(4), 517–524.

Schöngart, J.; Wittmann, F.; Worbes, M.; Piedade, M.T.F.; Krambeck, H.-J.; Junk, W.J. 2007. Management criteria for *Ficus insipida* Willd. (Moraceae) in Amazonian white – water floodplain forests defined by tree – rings analysis. *Annals of Forest Science*. 64: 657 – 664.

Schöngart, J., Wittmann, F., Worbes, M. 2010. Biomass and Net Primary Production of Central Amazonian Floodplain Forests. In: Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Wittmann, F., Schöngart, J., Parolin, P. (Eds). Amazonian floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management. Springer, New York, p. 347-388.

Smith, C.C.; Fretwell, S.D. 1974. The optimal balance between size and number of offspring. *The American Naturalist*, 108: 499–506.

Sociedade Civil Mamirauá. 1996. *Mamirauá: Management Plan* (summarized version). Brasília, SCM, CNPq/MCT.

Soler Alarcón, J. G. 2005. *Levantamento florístico e etnobotânico em um hectare de floresta de terra firme na região do Médio Rio Negro, Roraima, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, 121p.

Vieira, P.A.F. 2007. *Caracterização dos resíduos da manga (Mangifera indica L.) e efeito sobre o desempenho e os parâmetros bioquímicos em frango de corte*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 92p.

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa. (Embrapa Solos / Embrapa Informação Tecnológica).

Westoby, M., Leishman, M., Lord, J. (1996). Comparative ecology of seed size. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 351, 1309–1318

Wittmann, F.; Anhufo, D. & Junk, W.J. 2002. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques. *Journal of Tropical Ecology*. 18: 805-820.

Wittmann, F.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 2004. The várzea forests in Amazonia: flooding

and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. *Forest Ecology and Management*, 196: 199–212.

Wittmann F.; Schöngart, J.; Montero, J.C.; Motzer, T.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Queiroz, H.L.; Worbes, M. 2006a. Tree species composition and diversity gradients in white-water forest across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*. 33: 1334-1347.

Wittmann, F.; Schöngart, J.; Junk, W. J. (2010). *Phytogeography, species diversity, community structure and dynamics of Amazonian floodplain forests*. In: Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Wittmann, F.; Schöngart, J.; Parolin, P. (eds.). *Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Ecological Studies, vol. 210. Springer, Dordrecht, pp. 61–104.

Worbes M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees — a review. *IAWA Journal*. 16: 337– 351.

Worbes, M.; Piedade M.T.F.; Schöngart, J. 2001. Holzwirtschaft im Mamirauá-Projekt zur nachhaltigen Entwicklung einer Region im Überschwemmungsbereich des Amazonas. *Forstarchiv*. 72: 188 – 200.

Worbes, M. 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*. 20(1 – 2): 217 – 231.

Worbes, M.; Staschel, R.; Roloff, A.; Junk, W.J. 2003. The ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management*. 173: 105–123.

Ziller, S.R. 2000. A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 268p.

## CAPÍTULO 2

---

Manuella S. CABRAL-DOS-ANJOS<sup>\*1</sup>, Jochen SCHÖNGART<sup>1</sup>; Victor L.C.

ANDRADE<sup>1</sup>; Florian K. WITTMANN<sup>2</sup>, Astrid O. WITTMANN<sup>1</sup>.

Dendroecologia de *Mangifera indica* L., var *manguito*, nos ambientes de várzea e terra firme da Amazônia Central. Manuscrito formatado para *Acta Amazônica*.

# Dendroecologia de *Mangifera indica* L., var *manguito*, nos ambientes de várzea e terra firme da Amazônia Central

Manuella S. CABRAL-DOS-ANJOS<sup>\*1</sup>, Jochen SCHÖNGART<sup>1</sup>, Victor L.C. ANDRADE<sup>1</sup>, Florian K. WITTMANN<sup>2</sup> e Astrid O. WITTMANN<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Botânica. Av. André Araújo, 2.936 - Petrópolis – CEP: 69067-375 - Manaus -AM, Brasil.

<sup>2</sup>Department of Wetland Ecology, Institute of Geography and Geoecology, Karlsruhe Institute of Technology - KIT, Karlsruhe, Alemanha.

\*Autor correspondente: manuellaserejo@outlook.com

## RESUMO

A Floresta Amazônica pode ser classificada em: inundável (igapós e várzeas) e não-inundável (terra firme). As florestas de terra firme possuem alta diversidade em uma região de solos pobres e grande número de espécies endêmicas. As florestas de várzea, são áreas inundáveis por rios de água branca, regidos pelo pulso de inundação. A facilidade de transporte pelos rios, a oferta de peixes e o solo rico em nutrientes propício para o cultivo tornaram as várzeas fundamentais para a sobrevivência dos ribeirinhos. Dentre as frutíferas cultivadas destaca-se a *Mangifera indica* L., vulgarmente conhecida por mangueira, espécie exótica encontrada tanto nos quintais florestais da várzea quanto no perímetro urbano, estradas e em sítios, regiões de terra firme. Para entender o crescimento dessa espécie na Amazônia, em dois ambientes distintos, várzea e terra firme, estudos dendroecológicos foram realizados, visando obter informações a partir das análises dos anéis de crescimento e de outros parâmetros como DAP, altura das árvores, biomassa acima do solo e densidade da madeira. A anatomia da madeira não apresentou alterações entre os ambientes, os anéis foram classificados em “formação de parênquima marginal” e “variação da densidade da madeira”. Na terra firme a espécie apresentou maior uniformidade de crescimento bem como maiores valores para densidade da madeira e para o incremento diamétrico. Já na várzea, os indivíduos apresentaram trajetórias de crescimento menos uniformes, com evidências de características adaptativas para sobreviver a inundação, como as raízes adventícias. Apesar da grande plasticidade, o ambiente mais favorável para seu crescimento é a terra firme.

**Palavras chave:** anéis de crescimento; áreas alagáveis; espécie exótica; incremento diamétrico.

## ABSTRACT

The Amazon Forest can be classified as: flooded forest (varzea and igapo) and non-flooded forest (terra firme). The terra firme forests have high diversity of species with nutrient-poor soils and a large number of endemic species. The varzea forests are flooded by white water rivers and the flood pulse is the cornerstone of ecosystem function. The varzea area are essential for the survival of the riverine people because of its facility of transport by the rivers, the supply of fish and the soil rich in nutrients appropriate to the cultivation. Mango (*Mangifera indica* L.) is an exotic species of Amazônia that occurs in homegardens of varzea, urban areas, roads, farms and terra firme areas. This dendroecological study was performed to understand the growth of mango in the two environments of Amazon: varzea and terra firme. To this, were performed the analysis of tree's growth rings, diameter at breast height, tree's height, biomass above the ground and density of wood. The anatomy of the wood presented no alterations between the environments, being the tree's growth rings classified in: marginal parenchyma formation; and wood density variation. In the terra firme, the species presented higher uniformity of growth, higher values of wood density and diametric increase. In the varzea, the trees had less uniform growth trajectories, with evidence of adaptive characteristics to survive the flood, such as the adventitious roots. Despite mango's great plasticity, the most favorable environment for its growth is terra firme environment.

**KEYWORDS:** diametric increase; exotic species; floodplains areas; growth rings.

## 1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica ocupa uma área aproximada de 6 milhões de km<sup>2</sup> na América do Sul, dos quais cerca de 60% encontram-se no Brasil (Pires 1980). A Floresta Amazônica pode ser classificada em dois tipos: inundável e não-inundável, tendo o relevo e a água dos rios como principais fatores para determinar a vegetação. As florestas não inundáveis são representadas pela terra firme, termo aplicado para todas as florestas que não são sazonalmente inundadas pelas cheias dos grandes rios (Pires e Prance 1985; Junk 1989; Ribeiro *et al.* 1999). A alta diversidade em uma região de solos extremamente pobres e o grande número de espécies endêmicas são características que merecem destaque nessas florestas (Oliveira *et al.* 2001; Soler Alarcón 2005).

As florestas inundáveis, os igapós e as várzeas, são regidas pelo pulso de inundações que é monomodal, previsível e regular (Junk *et al.* 1989), dessa maneira, este pulso é responsável por desencadear ciclos biogeoquímicos, ritmos de crescimento e ciclos de vida de muitas espécies da biota como algas, macrófitas, árvores, peixes e invertebrados (Junk 1997). As florestas de várzea, ambientes periodicamente inundados por rios de água branca, ocupam na região amazônica cerca de 456.000 km<sup>2</sup>, apresentando águas com pH neutros a básicos, solo rico em nutrientes (Melack e Hess 2010; Junk *et al.* 2012). A facilidade de transporte pelos rios, a grande oferta de peixes e a produção através da agricultura de subsistência tornaram a várzea fundamental para a sobrevivência de grupos humanos, desde os primórdios de sua ocupação até os dias de hoje (Moraes e Neves 2012).

No século passado, durante o povoamento das áreas de várzea, espécies exóticas foram introduzidas, como a juta (*Corchorus capsularis* L. Malvaceae) e a malva (*Urena lobata* L. Malvaceae), para fins comerciais (Salomão 2011). A partir de então, espécies exóticas passaram a ser observadas com frequência na Amazônia, principalmente em jardins e quintais florestais, em função das práticas de cultivo e da troca de plantas entre pessoas, um exemplo dessas espécies exóticas, muito comum na várzea é *Mangifera indica* L., a mangueira.

As mangueiras são árvores facilmente encontradas em ambientes antropizados da Amazônia, populações desta espécie continuam sendo domesticadas nesse ambiente há pelo menos 260 anos (Miller e Nair 2006). No Brasil, Corrêa (1984) afirmou que essa espécie exótica, de origem asiática, foi a que melhor se adaptou ao clima brasileiro, produzindo

inúmeras variedades, tornando-se comum nas paisagens do norte e do nordeste do país, e sendo facilmente encontrada em cultivos na Amazônia e nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. A *M. indica* possui diversas variedades, segundo Gomes (1973), no Amazonas, a variedade *manguito* é uma das mais encontradas tanto na cidade de Manaus, quanto nas áreas de várzea. Diferente de espécies nativas das áreas alagáveis da Amazônia, que tem como seus principais meios de dispersão a água e os animais (Parolin *et al* 2004), as mangueiras estabelecidas na várzea, provavelmente, foram plantadas pelos ribeirinhos, com vários objetivos, dentre esses a alimentação, a comercialização do fruto e a sombra oferecida por sua copa frondosa.

Diversos trabalhos com mangueira foram apresentados aos longo dos anos, principalmente no que se diz respeito às questões de produção de muda, porta-exertos, nutrientes e qualidades do fruto, uma que vez que o Brasil é um dos grandes produtores de manga (Fonseca 2002; Rozaene *et al.* 2004). No norte do Brasil, apesar de tão comum nas paisagens, o estabelecimento e o ritmo de crescimento desta espécie são pouco conhecidos, ainda mais se tratando de ambientes tão diferentes como a várzea e a terra firme.

O crescimento das árvores pode ser analisado através da dendrocronologia, ciência que estuda os anéis anuais formados na madeira (Worbes 2004). Diferentes métodos de investigação do crescimento da madeira existem e foram classificados em destrutivos e não destrutivos (Worbes 1995), dentre estes métodos, a contagem direta dos anéis anuais se destaca pela obtenção de informações acuradas da idade das árvores e dados de longos períodos de crescimento da madeira essenciais para o entendimento da dinâmica da floresta, desenvolvimento de sistemas de manejo florestal e estratégias de conservação das espécies (Bormann e Berlyn 1981; Enright e Hartshorn 1981; Eckstein *et al.* 1995; Worbes 2002; Worbes *et al.* 2003; Schöngart 2008). A análise desses anéis formados nas árvores permitem uma reconstrução do crescimento diamétrico detalhada a partir das curvas de crescimento que podem ser obtidas, individualmente, apresentando todo o período de vida da árvore, proporcionando, assim, profundas percepções ecológicas que não podem ser obtidas usando, por exemplo, medições relativas do crescimento a curto prazo (Brienen *et al.* 2016).

A observação dos anéis anuais de crescimento em árvores tropicais começou a ser feita há mais de um século, desde então, um número crescente de estudos relacionam o crescimento arbóreo com fatores ambientais, fatores climáticos, e outras tantas aplicações (Worbes 2004). Por muito tempo, acreditava-se que não fosse possível visualizar os anéis de crescimento das

árvores tropicais, este mito é ainda mantido por alguns autores nas últimas décadas (Lieberman *et al.* 1985; Whitmore 1990), mesmo verificando-se que a distribuição sazonal das chuvas na maioria das regiões tropicais ocasiona uma distinta estação seca (Worbes 1995).

A inundação sazonal é responsável por formar os anéis de crescimento na madeira, a partir das condições anóxicas geradas pelo alagamento, no qual as raízes induzem queda de folhas, que por sua vez atuam na dormência cambial e formam anéis anuais em muitas espécies arbóreas (Worbes 1985; Schöngart *et al.* 2002). Já na terra firme o crescimento em diâmetro é relacionado com a sazonalidade de precipitação resultando na formação de anéis de crescimento (Worbes 1989; Brien *et al.* 2016).

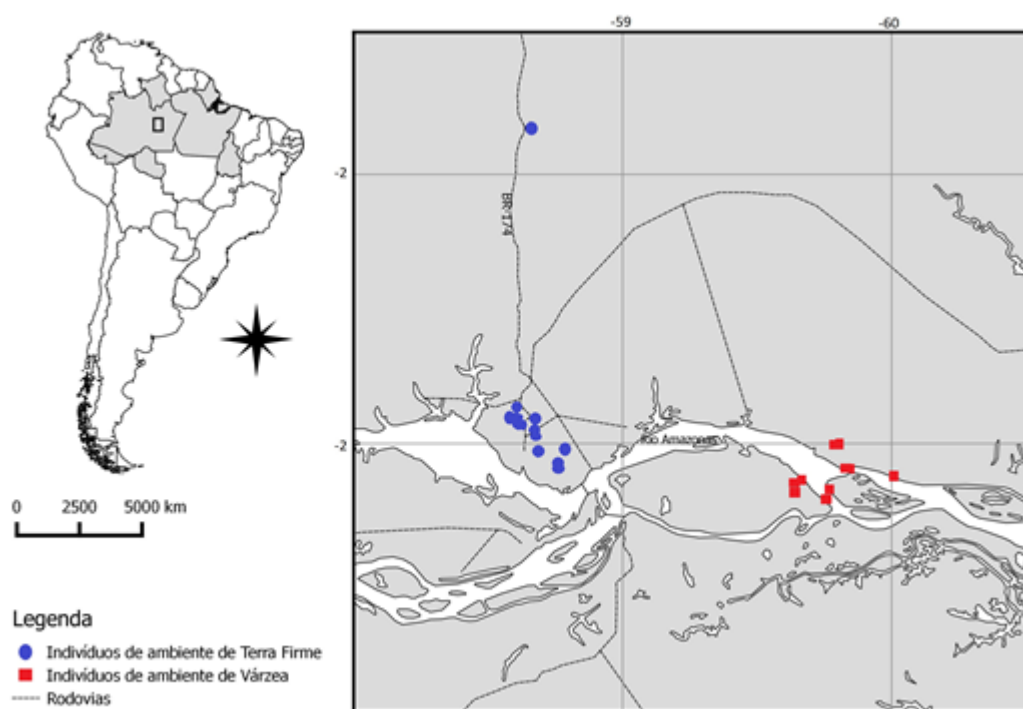
Nas áreas alagáveis, várias espécies respondem às condições desfavoráveis de crescimento durante a fase de alagamento apresentando adaptações na forma de produção de raízes adventícias, desenvolvimento de vias alternativas metabólicas e permanência da atividade fotossintética (De Simone *et al.* 2003), estratégias de tolerância ou escape ao alagamento pelas plântulas (Parolin 2002), ou ainda, armazenamento de água no caule. A resposta ao alagamento é feita de maneira diferenciada para cada espécie, podendo ser observada através de padrões fenológicos encontrados nas espécies das áreas alagáveis (Schöngart *et al.* 2002).

Na Amazônia, diversos trabalhos já foram publicados com resultados importantes obtidos a partir de análises dendrocronológicas com espécies nativas de um mesmo ambiente e com a mesma espécie em ambientes diferentes (Worbes 1989; Schöngart 2002, 2004, *et al.* 2005, *et al.* 2007; Brien *et al.* 2016). Contudo, ainda não se sabe de que maneira, árvores exóticas, como a *M. indica*, crescem e se desenvolvem na várzea e terra firme, ambientes com características tão diferentes.

Para entender o crescimento dessa espécie na Amazônia, estudos mais específicos como influências dos nutrientes disponíveis nos ambientes, biomassa produzida e até mesmo análises dendroecológicas são necessários. À vista disso, este trabalho busca entender o crescimento da mangueira, *M. indica*, na várzea e na terra firme, através de análises dendroecológicas das árvores nesses ambientes.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram identificados 20 indivíduos adultos de *Mangifera indica*, de cada ambiente, várzea e terra firme (Figura 1), totalizando 40 árvores. Essas árvores foram georeferenciadas com GPS (GARMIN-62S), mensurado o DAP com uma fita diamétrica e estimada a altura total com auxílio de uma vara de tamanho conhecido. Duas baquetas radiais (seções cilíndricas de madeira no sentido casca-medula) de cada indivíduo foram coletadas, uma para análise dos anéis de crescimento e a outra para determinação da densidade da madeira. Essas amostras foram obtidas com o auxílio de um trado de incremento. Os furos foram preenchidos com cera de carnaúba (*Copernicia prunifera*) a fim de evitar danos patogênicos.



**Figura 1.** Localização da área de estudo e pontos amostrais. Os quadrados representam os ambientes de várzea: Xiborena, Furo do Paracuuba, Ilha da Marchantaria, Curari, Careiro e Terra Nova. Os círculos representam os ambientes de terra firme: perímetro urbano da cidade de Manaus e estradas AM-450 e Br-174.

As amostras retiradas para as análises de anéis de crescimento foram coladas em suporte de madeira, polidas com lixas de diferentes granulometrias, em uma sequência progressiva até a granulação de 600 (Schöngart *et al.* 2004). Os anéis de crescimento de *M. indica* foram classificados pela tipologia de Coster (1927) que descreveu para regiões

tropicais diferentes padrões de anéis anuais que, posteriormente foram classificados por Worbes (1995) como 4 tipos principais: variações intra-anual na densidade da madeira; faixas de parênquima marginal; alternância de faixas de fibra e parênquima; e variações na densidade e tamanho dos vasos.

A determinação da idade das árvores foi feita por meio da contagem direta dos anéis anuais. Os incrementos radiais foram gerados pela medição da espessura dos anéis, através de uma mesa de mensuração digital com precisão de 0,01 mm (LINTAB) associada ao software (TSAP-Win = *Time Series Analyses and Presentation*), específico para análises de sequências temporais (Schöngart *et al.* 2004; Rosa 2008).

O incremento radial obtido foi transformado em incremento diamétrico por meio da multiplicação pelo fator dois e a soma dos incrementos diamétricos foi ajustada com o DAP de cada árvore medida no campo (Brienen e Zuidema 2006). Posteriormente, construíram-se curvas de crescimento cumulativo em diâmetro para as 20 árvores de cada ambiente (Brienen e Zuidema 2007; Schöngart *et al.* 2007), descrevendo a relação entre idade e diâmetro para esses ambientes. As curvas de crescimento cumulativo de *Mangifera indica* foram ajustadas por um modelo de regressão não linear (sigmoidal) (Schöngart *et al.* 2007):

$$DAP = a / (1 + (b \times idade)^c)$$

Destes modelos foram calculados o incremento corrente e médio anual. O primeiro parâmetro é a diferença, ano por ano, entre o crescimento cumulativo em diâmetro. O incremento médio é calculado dividindo o crescimento cumulativo pela idade (Schöngart 2008).

As amostras retiradas para determinar a densidade da madeira, foram acondicionadas em sacos de papel, levadas ao laboratório, onde a densidade da madeira foi calculada utilizando a relação massa seca em gramas dividida por volume saturado da amostra em centímetros cúbicos. O volume saturado foi calculado pelo princípio de Arquimedes do deslocamento da massa em um recipiente com água. Cada amostra foi submersa em água por 72 horas em seguida pesada em balança analítica para obter o volume saturado. A massa seca foi calculada após secar em estufa a 105 °C por 72 horas (Schöngart *et al.* 2005). No total foram obtidos 40 valores de densidade, sendo 20 dos indivíduos da várzea e 20 dos indivíduos de terra firme.

A biomassa acima do solo foi estimada, de maneira indireta, a partir de um modelo alométrico com boa aplicabilidade em florestas alagáveis, segundo resultados obtidos por Stadtler (2007). Este modelo tem como parâmetros a densidade da madeira, o diâmetro e altura das árvores e foi descrito por Chave *et al.* (2005). A equação é descrita abaixo:

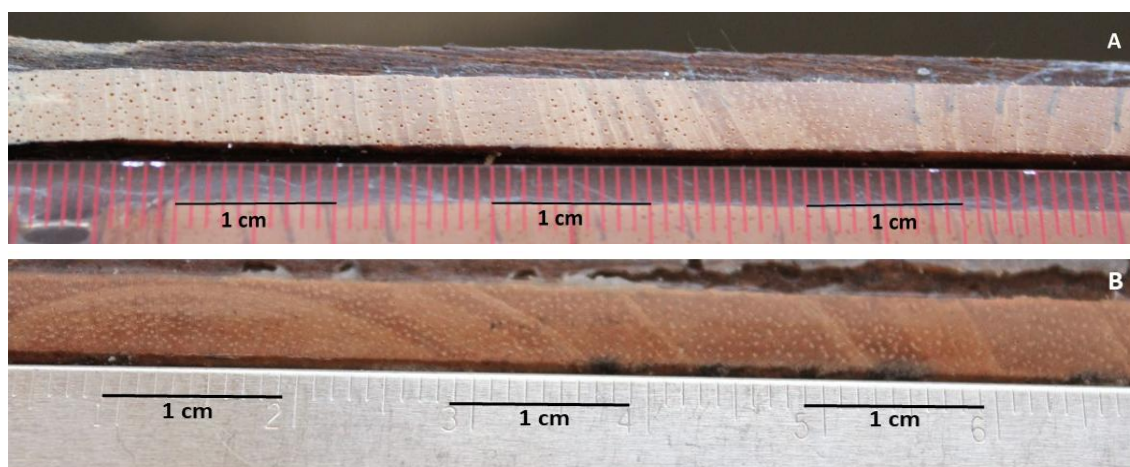
$$Bio = 0,0509 \times DEN \times DAP^2 \times H \quad (3)$$

Onde a *Bio* é a estimativa da biomassa acima do solo (em kg), *DEN* é a densidade da madeira obtida por cada indivíduo (em g cm<sup>-3</sup>), *DAP* é o diâmetro a altura do peito (em cm), *H* é a altura total da árvores (em m) e 0,0509 é um fator de correção. O fator de correção da biomassa (0,0509) se refere ao fato de que as árvores não representam cilindros perfeitos e diminuem o raio do tronco a medida que se distanciam do DAP (Rosa 2008).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Descrição anatômica da madeira

Os anéis anuais observados na *Mangifera indica* foram classificados segundo Worbes (1995), como variações entre “formação de parênquima marginal” e “variação da densidade da madeira” (Figura 2). A espécie apresentou no geral, anéis pouco distintos, além de muitos falsos anéis de crescimento. A madeira tem poros difusos com múltiplos vasos dispostos sem um padrão marcante.



**Figura 2** Anatomia da madeira e disposição dos anéis de crescimento de *Mangifera indica* de um indivíduo da várzea (A) e terra firme (B).

### 3.2 Parâmetros estruturais

Todos os parâmetros comparados entre os ambientes de terra firme e várzea, apresentaram diferenças significativas (Tabela 1), sendo maiores os valores de DAP, altura e biomassa para árvores de várzea enquanto que para terra firme, a densidade da madeira e as taxas médias de incremento em diâmetro foram significativamente mais altas em comparação com a várzea, indicando que as árvores crescem mais rápido no ambiente de terra firme. Houve diferença, também, entre as idades das árvores dos dois ambientes, sendo a média de idade das árvores de várzea maior que a das árvores de terra firme (Tabela 1).

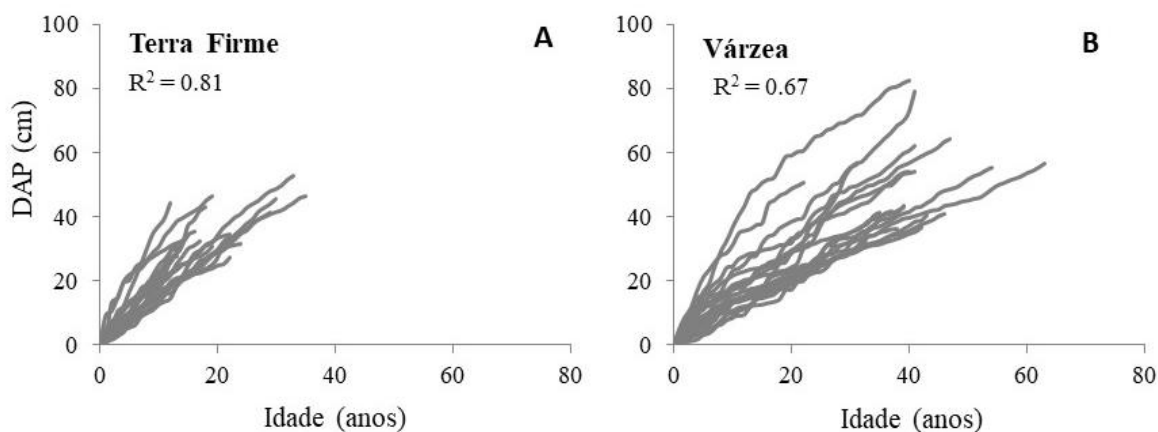
**Tabela 1.** Parâmetros estruturais de *Mangifera indica* nos ambientes de terra firme e várzea da Amazônia Central. Médias apresentadas com desvio padrão.

| Parâmetros estruturais                                   | <i>M. indica</i> Terra Firme | <i>M. indica</i> Várzea | t      | p-valor |
|----------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|--------|---------|
| Diâmetro (cm)                                            | 35.6 ± 10.0                  | 50.1 ± 14.1             | -3.739 | p<0.01  |
| Altura (m)                                               | 8.18 ± 2.39                  | 10.45 ± 2.80            | -2.763 | p<0.01  |
| Densidade (g cm <sup>-3</sup> )                          | 0.50 ± 0.03                  | 0.46 ± 0.03             | 3.991  | p<0.01  |
| Biomassa da madeira acima do solo (Kg ha <sup>-1</sup> ) | 308 ± 231                    | 678 ± 480               | -3.108 | p<0.01  |
| Taxas média de incremento em diâmetro (cm/ano)           | 1.92 ± 0.60                  | 1.30 ± 0.42             | 3.781  | p<0.01  |
| Idade mínima (anos)                                      | 12                           | 22                      |        |         |
| Idade máxima (anos)                                      | 36                           | 63                      |        |         |
| Média de idade de todos os indivíduos (anos)             | 20.3 ± 7.1                   | 39.7 ± 9.3              |        |         |

Para os dois ambientes, a maior correlação entre as variáveis ocorreu entre a idade e o DAP. A menor correlação ocorreu entre o incremento diamétrico e a densidade da madeira (Tabela 2). Outras correlações entre variáveis que foram significativas para o ambiente de terra firme foram DAP e altura; e idade e o incremento diamétrico. Para o ambiente de várzea, foram idade e incremento diamétrico; e, DAP e incremento diamétrico. As outras variáveis não apresentaram correlações significativas, como pode ser observado na tabela 2.

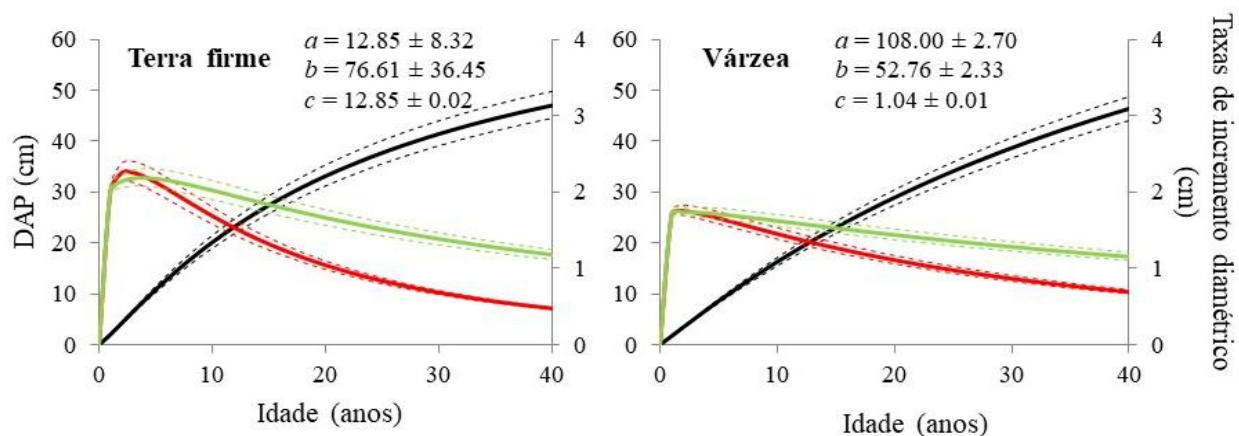
**Tabela 2.** Relações entre os parâmetros analisados de *Mangifera indica* para os dois ambientes. Em cinza, valores encontrados para terra firme e em branco, valores encontrados para várzea.

| PARÂMETROS                   | Idade                | DAP                  | Altura              | Densidade            | Incremento         | Inundação          |
|------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Idade                        |                      | R=0.820<br>p<0.01    | R=0.147<br>p=0.543  | R= -0.327<br>p=0.078 | R=0.475<br>p<0.05  | R=0.081<br>p=0.367 |
| DAP                          | R=0.901<br>p<0.01    |                      | R=0.178<br>p=0.459  | R= -0.210<br>p=0.189 | R=0.647<br>p<0.01  | R=0.157<br>p=0.257 |
| Altura                       | R=0.361<br>p=0.114   | R=0.64<br>p<0.01     |                     | R=0.126<br>p=0.301   | R=0.013<br>p=0.478 | R=0.553<br>p<0.01  |
| Densidade da madeira         | R= -0.354<br>p=0.061 | R= -0.337<br>p=0.071 | R= -0.366<br>p=0.05 |                      | R=0.052<br>p=0.410 | R=0.046<br>p=0.421 |
| Incremento médio em diâmetro | R= -0.587<br>p<0.01  | R=0.363<br>p=0.056   | R=0.161<br>p=0.252  | R=0.061<br>p=0.340   |                    | R=0.145<br>p=0.274 |



**Figura 3.** Curvas cumulativas de crescimento diamétrico de indivíduos de *Mangifera indica* nos ambientes estudados, (A) terra firme e (B) várzea.

As árvores de terra firme, além de crescerem mais rápido, apresentaram trajetórias de crescimento mais uniformes que as dos indivíduos da várzea, que tiveram uma grande variação em suas trajetórias de crescimento (Figura 3). O incremento médio anual das árvores em terra firme foi maior do que das árvores na várzea, entretanto, a figura 3 mostra que indivíduos da várzea obtiveram crescimentos similares ao das árvores de terra firme. Estes indivíduos estão localizados nas maiores cotas de inundação (1,80-2,00 m). Para os dois ambientes, as árvores atingiram o máximo de incremento corrente anual em diâmetro no primeiro ano na terra firme (2.41 cm) e no segundo ano na várzea (2.14 cm) (Figura 4), porém pode ser observada uma tendência à equabilização do crescimento a longo prazo.



**Figura 4.** Comparação entre as médias de crescimento em diâmetro (linha preta), incremento corrente anual (linha vermelha) e o incremento médio anual (linha verde) obtidas de *Mangifera indica* nos ambientes em estudo, terra firme e várzea.

#### 4. DISCUSSÃO

A mangueira, apesar de ser uma espécie exótica, mostrou ter uma grande capacidade adaptativa para essas diferentes tipologias florestais da Amazônia. Os anéis anuais observados na *Mangifera indica* foram classificados como variações entre “formação de parênquima marginal” e “variação da densidade da madeira”. Léon (2003) em sua pesquisa com espécies da família Anacardiaceae na Venezuela, descreveu os anéis desta espécie como sendo definidos por parênquima marginal.

As correlações entre o crescimento de árvores na várzea com a variação anual da inundação e o crescimento das árvores na terra firme com a precipitação, bem como correlações dessas árvores com dados de larga escala (anomalias de TSMs) foram fracas ou não foram significativas, apesar de alguns indivíduos dos dois ambientes terem sido inter-datados.

Na terra firme a espécie apresentou maior uniformidade de crescimento (figura 3), isso se deve provavelmente ao fato dos indivíduos estarem crescendo sob as mesmas condições climáticas, de forma isolada no meio urbano, sem interferência da dinâmica da floresta, influenciadas principalmente pela variação pluviométrica anual. Além disso, nesse ambiente, as árvores apresentaram valores maiores para densidade da madeira e para o incremento

diamétrico, o que sugere um maior sequestro de carbono dessas árvores em comparação com o ambiente de várzea.

Grande variação nas taxas de crescimento entre árvores da mesma espécie parece muito comum em árvores tropicais (Worbes *et al.* 2003; López *et al.* 2013; Groenendijk *et al.* 2014). Porém, encontramos fortes correlações entre idade e diâmetro para os dois ambientes, contradizendo a ideia de que o tamanho é um preditor pobre para a idade da árvore (Brienen *et al.*, 2016).

Na várzea, os indivíduos apresentaram trajetórias de crescimento menos uniformes, menores taxas média de incremento anual e densidade da madeira, quando comparados aos indivíduos de terra firme. Esta variação pode estar relacionada com as topografias em que as árvores amostradas cresceram. As topografias variaram de 0,7 a 2,00 m de altura de inundação, resultando numa variação da frequência e duração da fase aquática entre os indivíduos que provavelmente resultam em taxas de incremento diamétrico variadas. Anos em que as árvores ficaram inundadas, também podem ser a causa da formação de anéis falsos (Schöngart *et al.* 2002). Os anos em que as árvores ficam inundadas podem resultar em um anel falso de crescimento formado durante a fase aquática, enquanto que o anel verdadeiro é formado na época de seca. Como as árvores cresceram em diferentes topografias, sugere-se que seja uma explicação porque não foi possível inter-datar muitos indivíduos.

Outros trabalhos comparando ambientes diferentes, como várzea e igapó, apresentam diferentes dinâmicas de crescimento de árvores nativas, sendo a taxa de incremento radial médio e a densidade média da madeira maiores na várzea (Schöngart *et al.* 2005; Fonseca Junior *et al.* 2009), diferente dos resultados obtidos para amostra de várzea neste trabalho.

Na figura 3, pode se perceber que existem alguns indivíduos na várzea amostrados, que apresentaram crescimento rápido, tal qual ao apresentado na terra firme, nas cotas mais altas de inundação (1,80-2,00 m). A correlação entre inundação e altura foi significativa (tabela 2), o que se pode sugerir que o alagamento seja um fator limitante ao crescimento dessa espécie, investindo no crescimento para sobreviver a inundação.

A baixa taxa de difusão de oxigênio na água, o acúmulo de compostos potencialmente fitotóxicos e a compactação do solo dificultando a absorção de nutrientes pelas raízes podem ser considerados problemas para árvores que crescem na várzea (Piedade *et al.* 2010). Porém,

as árvores estabelecidas nesse ambiente apresentam diversas características adaptativas para sobreviver a inundação (Ferreira 2005; Piedade *et al.* 2010). Uma característica de adaptação registrada para *M. indica* durante este trabalho, foi a presença de raízes adventícias como pode ser observado na figura 5, o que induz ao entendimento de que esta espécie, tem a inundação, como um fator de dificuldade do crescimento, mas que apesar disso, cresce e se estabelece por meio de adaptações de sobrevivência a esse ambiente.



Figura 5. Evidências de raízes adventícias em *M. indica* na várzea da Amazônia Central, próximo ao município do Careiro. Foto registrada em 23/07/2015.

Apresentando grande plasticidade, a mangueira é considerada uma espécie de boa adaptação a diferentes tipos de solo, em função de vários aspectos inerentes à planta, dentre eles, um sistema radicular bem desenvolvido e profundo (Dias *et al.* 2004). É uma espécie rústica que vegeta e frutifica tanto nos solos arenosos como nos argilosos, ligeiramente ácidos ou alcalinos. Apesar desta espécie ser tolerante ao lençol freático alto, os solos de baixada, sujeitos a encharcamento, e os pedregosos, não são propícios para o desenvolvimento da

espécie (Pinto da Cunha 2000). Apesar da inundação periódica e do encharcamento do solo nas regiões de várzea, a *M. indica* se desenvolveu e se estabeleceu nesses ambientes. O que corrobora com a ideia de que é uma espécie com grande capacidade adaptativa e rusticidade, que se adaptou tanto aos solos férteis e periodicamente inundados da várzea, quanto aos solos pobres da terra firme, como indica o estudo feito por Furch (2000).

## 5. CONCLUSÃO

A *Mangifera indica* var. *manguito* é capaz de sobreviver tanto na terra firme quanto na várzea. A anatomia da madeira não apresentou alterações entre os ambientes, e os mecanismos de adaptação da espécie ao ambiente alagável ainda não estão claros. A espécie apresentou trajetórias de crescimento mais uniformes na terra firme devido ao menor número de fatores que influenciam no crescimento anual. A variação anual do nível da água associado a ocorrência dos indivíduos em diferentes cotas de inundação foram responsáveis pela maior variação nas trajetórias de crescimento das árvores na várzea. A difícil distinção dos anéis anuais, devido a natureza anatômica da madeira da *Mangifera indica*, nos faz sugerir que sejam utilizados amostras de discos para investigar as relações entre o clima e o seu crescimento.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida, ao Projeto MAUA por todo apoio logístico oferecido, em especial a todos do Laboratório de Dendrocronologia e ao Programa de Pós-Graduação em Botânica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, por todo aprendizado.

## 7. BIBLIOGRAFIA CITADA

Bormann, F.H. & Berlyn, G. 1981. *Age and growth rate of tropical trees: new directions for research*. Yale University: School of Forestry and Environmental Studies. Bulletin. New Haven. 138p.

Brienen, R. J.W; Zuidema, P.A. 2006. Lifetime growth patterns and ages of trees in a tropical forest in Bolivia based on tree ring analysis. *Forest Ecology and Management*, 94: 481-493.

Brienen, R.J.W. & Zuidema, P.A. 2007. Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. The Ecological Society of America. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5(6): 302–306.

Brienen, R.J.W; Schöngart, J.; Zuidema, P.A. 2016. Tree Rings in the Tropics: Insights into the Ecology and Climate Sensitivity of Tropical Trees. In: G. Goldstein and L.S. Santiago (Eds.), *Tropical Tree Physiology*, Switzerland, p. 439-461.

Chave, J.; Andalo, C.; Brown, S.; Cairns, M.; Chambers, J.C.; Eamus, D.; Fölster, H.; Fromard, F.; Higuchi, N.; Kira, T.; Lescure, J.; Nelson, B.W.; Ogawa, H.; Puig, H.; Riéra, B.; Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145:87-99.

Corrêa, M. P. 1984. *Dicionário das Plantas úteis do Brasil*. Imprensa Nacional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, vol 5, 54p.

Coster, C. 1927. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen und Jahresbildung in den Tropen I. *Annales Jardim Botanica Buitenzorg*, 37:47–161.

De Simone, O.; Junk, W.J.; Schmidt, W. 2003. Central Amazon Floodplain Forests: Root Adaptations to Prolonged Flooding. *Russian Journal of Plant Physiology*. 50(6): 848–855.

Dias, J.M.M; Alexandre, R.S.; Felismino, D.C.; Siqueira, D.L. 2004. Propagação da mangueira. In: Rozane, D.E.; Darezzo, R.J.; Aguiar, R.L.; Aguilera, G.H.A.; Zambolim, L. (Ed.). Manga-

produção integrada, industrialização e comercialização. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, p.81-134.

Enright, N.J.; Hartshorn, G.S. 1981. The demography of tree species in undisturbed tropical rainforest. In: Bormann F.H.; Berlyn, G. (Eds.). *Age and growth rate of tropical trees; new directions for research*. Yale University: School of Forestry and Environmental Studies. p.107-119.

Ferreira, C.S.; Piedade, M.T.F.; Parolin, P.; Barbosa, K.M.N. 2005. Tolerância da espécie *Himatanthus sukuuba* Wood. (Apocynaceae), ao alagamento na Amazônia Central. *Acta Botanica Brasilica*, 15: 100-112.

Fonseca, N. 2002. *Paclobutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção da mangueira (Mangifera indica L.) "Tommy Atkins"*. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. 117 p.

Fonseca, S.F.J.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J. 2009. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. *Trees*, 23:127–134.

Furch, K. 2000. Chemistry and bioelement inventory of contrasting Amazonian forest soils. In: Junk, W. J.; Ohly, J. J.; Piedade, M. T. F.; Soares, M. G. M. (Eds.). *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, p. 109-128.

Gomes, R.P. 1973. *Fruticultura brasileira*. Nobel, São Paulo, 446p.

Groenendijk P., Sass-Klaassen U., Bongers F., Zuidema PA (2014). Potential of tree-ring analysis in a wet tropical forest: A case study on 22 commercial tree species in Central Africa. *Forest Ecology and Management*, 323: 65-78.

Junk, W.J. 1989. Flood tolerance and tree distribution in Central Amazonian Floodplains. In: L.B. Nielsen; I.C. Nielsen & H. Baslev (Eds.). *Tropical forests: Botanical dynamics, speciation and diversity*. London, Academic Press, p.47-64.

Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fishers and Aquatic*, 106: 110-127.

Junk, W.J. & Piedade, M.T.F. 1997. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. In: *The central Amazon Floodplain. Ecology of a Pulsing system*. Springer – Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. p.147–185.

Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Schöngart, J. & Wittmann, F. 2012. A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (várzeas). *Wetlands Ecology and Management*, 20(6): 461-475.

Léon, W. J. H. 2003 Estudio anatómico del xilema secundario de 17 especies de la familia anacardiaceae en venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 26 (1):257-273.

López L.; Villalba R, Bravo, F. 2013 Cumulative diameter growth and biological rotation age for seven tree species in the Cerrado biogeographical province of Bolivia. *For Ecol Manage*, 292:49–55.

Lieberman, D.; Lieberman, M.; Hartshorn, G.; Peralta, R. 1895. Growth rates and age-size relationships of Tropical Wet Forest trees in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 1(2): 97–109.

Moraes, C.P.; Neves, E.G. 2012. O ano 1000: Adensamento populacional, interação e conflito na Amazônia Central. *Amazônica* 4 (1): 122-148.

Melack, J.M.; Hess, L.L. 2010. Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin. In Junk WJ, Piedade MTF, Wittmann F, Schöngart J, Parolin P (Eds.) Amazon floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management. *Ecological Studies*, 43–59.

Miller R. P.; Nair P.K.R. Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today 2006. *Agroforestry Systems*, 66:151-164.

Oliveria A.A.; Daly D. C.; Vicentini A.; Cohn-Haft M. 2001. Florestas sobre Areia: Campinaranas e Igapós. In: Oliveira A.A.& Daly, D. (Eds.). *Florestas do Rio Negro*. The New

York Botanical Garden, New York, p.179-219.

Parolin, P. 2002. Bosques inundados en la Amazonia Central: Su aprovechamiento actual y potencial. *Ecologia Aplicada*, 1(1): 111-114.

Parolin, P.; De Simone O.; Haase K.; Waldhoff D.; Rottenberger S.; Kuhn U.; Kesselmeier J.; Schmidt W.; Piedade, M.T.F.; Junk, W.J. 2004. Central Amazon floodplain forests: tree survival in a pulsing system. *The Botanical Review*, 70(3):357-380.

Pires, J. M. 1980. Tipos de vegetação da Amazônia. *Vegetalia - Escritos e Documentos*, IBILCE.UNESP. 4: 1-31.

Pires, J. M.; Prance, G. T. 1985. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance G.T.; Lovejoy, T. E. *Amazon: key environments*. Oxford: Pergamon Press, p.109-145.

Pinto da Cunha, G.A. 2000. Exigências edafoclimáticas. In: Matos, A.P. *Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura Cruz das Almas, Bahia, p.16-18.

Piedade, M.T.F.; Ferreira, C.S.; Franco, A. 2010. Reproductive strategies of vegetation and their responses to the flood pulse in floodplains of the Central Amazon. *Revista Ecosistemas*, 19: 1-4.

Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G; Vicentini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; et al. 1999. *Flora da Reserva Ducke. Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA-DFID. Manaus, Amazonas. 800p.

Rosa, S.A. 2008. *Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de floresta de várzea da Amazônia Central*. Dissertação Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 76p.

Rozane, D.E.; Darezzo, R.J.; Aguiar, R.L.; Aguilera, G.H.A.; Zambolim, L. 2004. *Manga-produção integrada, industrialização e comercialização*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 604p.

Salomão, J.A.M. 2011. *Aspectos etnobotânicos e ecofisiológicos em quintais de quatro comunidades do município de Borba, Amazonas*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 67p.

Schöngart, J.; Piedade, M. T. F. ; Ludwigshausen, S. ; Horna, V. ; Worbes, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *Journal of Tropical Ecology*, 18 (4): 581-597.

Schöngart, J.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Ayres, J.M.; Hüttermann, A.; Worbes, M. 2004. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño-Southern Oscillation effect. *Global Change Biology*, 10: 683–692.

Schöngart, J.; Piedade, M. T. F. ; Wittmann, F. K. ; Junk, W. J. ; Worbes, M. 2005. Wood growth patterns of *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth. (Fabaceae) in Amazonian black-water and white-water floodplain forests. *Oecologia*, 145 (3): 454-461.

Schöngart, J.; Wittmann, F.; Worbes, M.; Piedade, M.T.F.; Krambeck, H.-J.; Junk, W.J. 2007. Management criteria for *Ficus insipida* Willd. (Moraceae) in Amazonian whit water floodplain forests defined by tree – rings analysis. *Annals of Forest Science*, 64: 657–664.

Schöngart, J. 2008. Growth–Orientated Logging (GOL): A new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *Forest Ecology and Management*, 256: 1–2.

Soler Alarcón, J. G. 2005. *Levantamento florístico e etnobotânico em um hectare de floresta de terra firme na região do Médio Rio Negro, Roraima, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, 121p.

Stadtler, E.W.C. 2007. Estimativas de biomassa lenhosa, estoque e seqüestro de carbono acima do solo ao longo do gradiente de inundação em uma floresta de igapó alagada por água preta na Amazônia Central. MSc thesis, INPA/UFAM, Manaus, Brazil. Stahle, D.W. 1999. Useful strategies for the development of tropical tree-ring chronologies. *IAWA Journal*. 20: 249–253.

Worbes, M. 1989. Growth rings, increment and age of trees in inundation forest, savannas and mountain forest in the neotropics. *IAWA Bulletin*, 10(2): 109–122.

Worbes M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees - a review. *IAWA Journal*, 16: 337–351.

Worbes, M. 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*. 20 (1- 2): 217–231.

Worbes, M.; Staschel, R.; Roloff, A.; Junk, W.J. 2003. The ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. 173 (1-3):105-123.

Worbes, M. 2004. Tree-ring analysis. In J. Burley, J. Evans, and J. A. Youngquist (Eds.), *Encyclopedia of forest sciences*, Elsevier, Oxford, UK, 586–599.

Whitmore, T.C. 1990. *An introduction to tropical rain forests*. Oxford University Press, New York.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As florestas de várzea são ambientes extremamente ricos em nutrientes, o que favorece a germinação e o estabelecimento de plântulas de diversas espécies nativas conhecidas, entretanto esse ambiente é submetido à inundação anual, que pode atuar como fator limitante para o desenvolvimento das espécies que ainda não se adaptaram ao alagamento. Os resultados obtidos neste trabalho para a *Mangifera indica* L., espécie exótica na Amazônia, indicaram a floresta de terra firme como sendo o ambiente mais favorável não apenas para germinação, como também para o crescimento que foi analisado através dos anéis de crescimento da madeira nas árvores dos dois ambientes.

Diferentes estratégias de reprodução podem ser tomadas pela “árvore mãe” que em ambientes de áreas alagáveis precisa habituar-se em germinar e sobreviver a inundação que pode ou não alcançar a árvore dependendo da topografia em que está estabelecida. Já as “árvores mãe” da terra firme não passam por um fator limitante tão severo quanto o alagamento. As reservas de nutrientes contidas na semente de terra firme, mesmo que retiradas de solos oligotróficos, são suficientes para germinar e formar plântulas saudáveis, até por que ao observar a família Anacardiaceae, predominante em regiões secas, conclui-se que as espécies não são tão exigentes quanto a quantidade de nutrientes para se estabelecerem.

O interessante é saber quais estratégias esta espécie exótica desenvolveu para sobreviver nas áreas alagáveis, ambientes com características opostas ao ambiente seco, no qual a família predomina. Neste trabalho, uma adaptação foi registrada, que foi a presença de raízes adventícias nos indivíduos adultos. Para um próximo estudo, seria necessário incluir no experimento de germinação, a submersão de plântulas de *M. indica* e analisar o crescimento, produção de folhas e sobrevivência, em comparação aos tratamentos sem inundação. Além disso, é importante fazer análises quantitativas das sementes para saber não apenas nutrientes minerais, como também, análises químicas para obtenção de carboidratos, lipídios e proteínas a fim de entender como ocorre o processo de germinação e se há diferenças entre os frutos/sementes dos ambientes.

Dificuldades foram sentidas no momento das análises dendroecológicas, visto que a espécie apresentou muitos anéis falsos. Assim para maior confiabilidade nas análises, são

necessários estudos com amostras de discos a fim de descartar os anéis falsos e obter informações mais exatas. É preciso também ter um número maior de indivíduos a serem analisados, buscando idades parecidas entre os mesmos para relacioná-los aos dados obtidos com o clima.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdalla, A.E.M.; Darwish, S.M.; Ayad, E.H.E.; El-Hamahmy, R.M. 2007. Egyptian mango by-product 2: antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. *Food Chemistry*, 103: 1141-1152.

Aide, T.M., 1988. Herbivory as a selective agent on the timing of leaf production in a tropical understory community. *Nature* 336, 574–575.

Ajila, C.M.; Naidu, K.A.; Bhat, S.G.; Prasada Rao, U.J.S. 2007. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*, 105: 982-988.

Ayres, J.M.C. 1993. As matas de várzea do Mamirauá. In: Sociedade Civil Mamirauá (Ed.), *Estudos de Mamirauá*, vol. 1, p.1–123.

Armstrong, W., Brändle, R., Jackson, M.B., 1994. Mechanisms of flood tolerance in plants. *Acta Botanica Neerlandica* 43, 307–358.

Berjak, P.; Pammenter, N.W. 2008. From *Avicennia* to *Zizania*: seed recalcitrance in perspective. *Annals of Botany*, 101: 213–228.

Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 2014. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. 2<sup>a</sup> ed. Academic Press, San Diego, 1600p.

Bengough, A.G.; McKenzie, B.M.; Hallett, P.D.; Valentine, T.A. 2011. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *Journal of Experimental Botany*, 62: 59–68.

- Bormann, F.H. & Berlyn, G. 1981. *Age and growth rate of tropical trees: new directions for research*. Yale University: School of Forestry and Environmental Studies. Bulletin. New Haven. 138p.
- Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. In: Kigel, J.; Galili, G. (Eds.). *Seed development and germination*. Marcel Dekker, New York, p. 351–396.
- Brienen, R. J.W; Zuidema, P.A. 2006. Lifetime growth patterns and ages of trees in a tropical forest in Bolivia based on tree ring analysis. [\*Forest Ecology and Management\*](#), 94: 481-493.
- Brienen, R.J.W. & Zuidema, P.A. 2007. Incorporating persistent tree growth differences increases estimates of tropical timber yield. The Ecological Society of America. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5(6): 302–306.
- Brienen, R.J.W; Schöngart, J.; Zuidema, P.A. 2016. Tree Rings in the Tropics: Insights into the Ecology and Climate Sensitivity of Tropical Trees. In: G. Goldstein and L.S. Santiago (Eds.), *Tropical Tree Physiology*, Switzerland, p. 439-461.
- Cardello, H.M.A.B; Cardello, L. 1998. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de mangas (*Mangifera indica* L.) var. Haden, durante amadurecimento. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, 18(2): 211-217.
- Castro, A.P.; Fraxe, T.J.P.; Santiago, J.L.; Matos, R.B.; Pinto I.C. 2009. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. *Acta Amazonica*, vol. 39: 279-288.
- Chauran, O.R.; Manica, I.; Pinheiro, R.V.R.; Conde, A.R.; Chaves, J.R.P. 1979. Efeito do tempo de armazenamento, corte e fungicida sobre a germinação das sementes e sobre o crescimento de plântulas de mangueira (*Mangifera indica* L.). *Revista Ceres*, 26(143): 1-12.
- Clement, C. 1999. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. *Economic Botany*, 53(2): 188 – 202.
- Collis-George, N.; Hector, J.B. 1966. Germination of seeds as influenced by matric potential and by area of contact between seed and soil water. *Australian Journal of Soil Research*, 4: 145–164.

Corrêa, M. P. 1984. *Dicionário das Plantas úteis do Brasil*. Imprensa Nacional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, vol 5, 54p.

Coster, C. 1927. Zur Anatomie und Physiologie der Zuwachszonen und Jahresbildung in den Tropen I. *Annales Jardim Botanica Buitenzorg*, 37:47–161.

Cunha, G.A.P.;Pinto, A.C.Q.; Ferreira, F. R. A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p 33-36.

De Simone, O.; Junk, W.J.; Schmidt, W. 2003. Central Amazon Floodplain Forests: Root Adaptations to Prolonged Flooding. *Russian Journal of Plant Physiology*. 50(6): 848–855.

Dexter, A.R. 2004. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, 120: 201–214.

Dias, J.M.M; Alexandre, R.S.; Felismino, D.C.; Siqueira, D.L. 2004. Propagação da mangueira. In: Rozane, D.E.; Darezzo, R.J.; Aguiar, R.L.; Aguilera, G.H.A.; Zambolim, L. (Ed.). Manga-produção integrada, industrialização e comercialização. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, p.81-134.

Donohue, K. 2009. Completing the cycle: maternal effects as the missing link in plant life histories. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364: 1059–1074.

Eckstein, D.; Sass, U.; Baas, P. 1995. Growth periodicity in tropical trees. *IAWA Journal*. 16: 325 – 442.

Enright, N.J.; Hartshorn, G.S. 1981. The demography of tree species in undisturbed tropical rainforest. In: Bormann F.H.; Berlyn, G. (eds.). *Age and growth rate of tropical trees; new directions for research*. Yale University: School of Forestry and Environmental Studies. 94: 107 – 119.

FAO - Food and Agriculture Organizational. FAO statistical yearbook 2013 - World Food and Agriculture. 2013. (<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e03.pdf>). Acesso em: 28/09/2015.

Fávero, L.A.(Org). A cultura da manga no São Francisco: posicionamento, limites, oportunidades e ações estratégicas. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2008.232.il.

Fenner, M.; Thompson, K. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press, Cambridge, 250p.

Ferreira, A.G. e Borghetti, F. 2004. *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre, 323 p.

Ferreira, M.M.; Fernandes, B.; Curi, N. 1999. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23: 507–514.

Ferreira, C.S.; Piedade, M.T.F.; Parolin, P.; Barbosa, K.M.N. 2005. Tolerância da espécie *Himatanthus suluensis* Wood. (Apocynaceae), ao alagamento na Amazônia Central. *Acta Botanica Brasilica*, 15: 100-112.

Fonseca, N. 2002. *Paclobutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção da mangueira (Mangifera indica L.) "Tommy Atkins"*. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. 117 p.

Fonseca, S.F.J.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J. 2009. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. *Trees*, 23:127–134.

Freitas, E.R.; Borges, A.S.; Trevisan, M.T.S.; Cunha, A.L. 2013. Extratos etanólicos de manga como antioxidantes na alimentação de poedeiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.48 (7): 714-721.

Fraser, J. A. 2010. Caboclo Horticulture and Amazonian Dark Earths along the Middle Madeira River, Brazil. *Human Ecology*, vol 38: 651-662.

Furch, K. 1997. Chemistry of várzea and igapó soils and nutrient inventory of their floodplain forests. In: Junk, W.J. (Ed.). *The Central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system*. Ecological Studies 126. Springer, Berlin, p. 47–67.

Furch, K. 2000. Chemistry and bioelement inventory of contrasting Amazonian forest soils. In: Junk, W. J.; Ohly, J. J.; Piedade, M. T. F.; Soares, M. G. M. (Eds.). *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, p. 109-128.

Galloway, L.F.; Etterson, J.R. 2007. Transgenerational plasticity is adaptive in the wild. *Science*, 318: 1134–1136.

Gomes, R.P. 1973. *Fruticultura brasileira*. 13<sup>a</sup> ed. Nobel, São Paulo, 446p.

Gogosz, A. M., & Boeger, M. R. T. (2019). *Functional morphology of subtropical tree seedlings in southern Brazil*. Rodriguésia, 70, e00312017.

Gotelli, N. J.; Colwell, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-39.

Groenendijk P., Sass-Klaassen U., Bongers F., Zuidema PA (2014). Potential of tree-ring analysis in a wet tropical forest: A case study on 22 commercial tree species in Central Africa. *Forest Ecology and Management*, 323: 65-78.

Hadas, A. 2004. Seedbed preparation: the soil physical environment of germinating seeds. In: Benech-Arnold, R.L.; Sánchez, R.A. (Eds.). *Handbook of seed physiology: applications to agriculture*. Food Products Press, New York, p. 3–49.

Herman, J.J.; Sultan, S.E. 2011. Adaptive transgenerational plasticity in plants: case studies, mechanisms, and implications for natural populations. *Frontiers in Plant Science*, 2: 102.

Hillel, D. 1998. *Environmental soil physics*. Academic Press, San Diego, 771p.

Huber, K.; Queiroz, J.H. de; Moreira, A.V.B.; Ribeiro, S.M.R. 2012. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga Ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 6:640-654.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2012. Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes. 39:1-98

([http://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_%5Banual%5D/2012/pam2012.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5Banual%5D/2012/pam2012.pdf)). Acesso em 05/10/2016.

Irion, G.; Junk, W.J.; Mello, J.A.S.N. 1997. The large central Amazonian river floodplains near Manaus: geological, climatological, hydrological and geomorphological aspects. In: Junk, W.J. (Ed.). *The Central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system*. Ecological Studies 126. Springer, Berlin, p. 23–46.

Janzen, D. H. (1971). *Seed predation by animals*. Annual Review of Ecology and Systematics, 2, 465–492.

Junk, W.J. 1989. Flood tolerance and tree distribution in Central Amazonian Floodplains. In: L.B. Nielsen; I.C. Nielsen & H. Baslev (eds.). *Tropical forests: Botanical dynamics, speciation and diversity*. London, Academic Press, p.47-64.

Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fishers and Aquatic*, 106: 110-127.

Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J.; Cohn-Haft, M.; Adeney J.M.; Wittmann, F. 2011. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, 31: 623-640.

Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Schöngart, J. & Wittmann, F. 2012. A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (várzeas). *Wetlands Ecology and Management*, 20(6): 461-475.

Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Lourival, R.; Wittmann, F; Kandus, P.; Lacerda, L. D.; Bozelli, R. L.; Esteves, F. A.; Nunes Da Cunha, C.; Maltchik, L.; Schöngart, J.; Schaeffernovelli, Y.; Agostinho, A. A.; Nóbrega, R. L. B.; Camargo, E. 2015. Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável. In: Nunes Da Cunha, C.; Piedade, M. T. F.; Junk, W. J. (Org.) *Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats*. Cuiabá, Mato Grosso, p. 13-82.

Kluppel, M.P. 2006. *Sistemas agrícolas e plantas medicinais em Terra Preta de Índio da*

*Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-Inpa, Manaus, Amazonas. 57p.

Kozlowski, T. T. (1997). Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monographs*, 1, 1–29. Victoria: Heron Publishin

Kubitzki, K.; Ziburski, A. 1994. Seed dispersal in flood plain forests of Amazonia. *Biotropica*, 26: 30–43.

Labouriau, L.G.; Valadares, M.E.B. 1976. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait) Ait. F. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48(2): 236-284.

Letey, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*, 1: 277–294.

Léon, W. J. H. 2003 Estudio anatómico del xilema secundario de 17 especies de la familia anacardiaceae en venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 26 (1):257-273.

Lieberman, D.; Lieberman, M.; Hartshorn, G.; Peralta, R. 1895. Growth rates and age-size relationships of Tropical Wet Forest trees in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 1(2): 97–109.

López L.; Villalba R, Bravo, F. 2013 Cumulative diameter growth and biological rotation age for seven tree species in the Cerrado biogeographical province of Bolivia. *For Ecol Manage*, 292:49–55.

Mack, R.N.; Simberloff, D.; Lonsdale, W.M.; Evans, H.; Clout, M; Bazzaz, F.A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology global consequences and control. *Issues in Ecology*, n.5, 20p.

Magalhães, A.F.J.; Borges, A.L. 2000. Calagem e adubação. In: Matos, A.P. *Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura Cruz das Almas, Bahia, p.35-44.

Major, J.; Clement, C.R.; DiTommaso, A. 2005. Influence of market orientation on food plant diversity of farms located on Amazonian Dark Earth in the region of Manaus, Amazonas, Brazil. *Economic Botany* 59(1): 77-86.

Manica, I; Icuma, I.M.; Malavolta, E.; Ramos, V.H.V.; Oliveira, M.E.; Cunha, M.M.; Junqueira, N.T.V. 2001. Tecnologia, produção, adroindustria e exportação da manga. Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 617p.

Marcos Filho, J. 2015. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2ª ed. ABRATES, Londrina, 660p.

Marshall, D.J.; Uller, T. 2007. When is a maternal effect adaptive? *Oikos*, 116: 1957–1963.

Melack, J.M.; Hess, L.L. 2010. Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin. In Junk WJ, Piedade MTF, Wittmann F, Schöngart J, Parolin P (eds.) Amazon floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management. Springer, *Ecological Studies*, 43–59.

Mendes-Rodrigues, C.; Carmo-Oliveira, R.; Talavera, S.; Arista, M.; Ortiz, P. L.; Oliveira, P. E. (2005). Polyembryony and apomixis in *Eriotheca pubescens* (Malvaceae - Bombacoideae). *Plant Biology*, 7(5), 533–540.

Miller R. P.; Nair P.K.R. Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today 2006. *Agroforestry Systems*, 66:151-164.

Moles, A. T., & Westoby, M. (2004). Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology*, 92(3), 372–383.

Moraes, C.P.; Neves, E.G. 2012. O ano 1000: Adensamento populacional, interação e conflito na Amazônia Central. *Amazônica* 4 (1): 122-148.

Moreira Júnior, J.A.; Corrêa, M.P.F.; Costa, J.T.A.; Gadelha, J.W.R. 1994. Germinação e vigor de sementes de manga, cultivar Itamaracá, para a formação de porta-enxertos. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, Salvador. *Anais...* Salvador: S.B.F., v.2, p719-720.

Oliveira A.A.; Daly D. C.; Vicentini A.; Cohn-Haft M. 2001. Florestas sobre Areia: Campinaranas e Igapós. In: Oliveira A.A.& Daly, D. (ed.). *Florestas do Rio Negro*. The New York Botanical Garden, New York, p.179-219.

Parent, C.; Capelli, N.; Berger, A.; Crèvecoeur, M.; Dat, J.F. 2008. An overview of plant responses to soil waterlogging. *Plant Stress*, 2: 20–27.

Parmar, S.S.; Sharma, R.S. 1986. Use of mango seed kernels in enhancing the oxidate stability of ghee. *Asian Journal Dairy Research*, 5: 91-99.

Parolin, P. 2000. Seed mass in Amazonian floodplains forest with contrasting nutrients supplies. *Journal of Tropical Ecology* 16: 417-428.

Parolin, P. 2001. Seed germination and early establishment of 12 tree species from nutrient-rich and nutrient-poor Central Amazonian floodplains. *Aquatic Botany* 70:89-103.

Parolin, P. 2002. Bosques inundados en la Amazonia Central: Su aprovechamiento actual y potencial. *Ecologia Aplicada*, 1(1): 111-114.

Parolin, P.; De Simone O.; Haase K.; Waldhoff D.; Rottenberger S.; Kuhn U.; Kesselmeier J.; Schmidt W.; Piedade, M.T.F.; Junk, W.J. 2004. Central Amazon floodplain forests: tree survival in a pulsing system. *The Botanical Review*, 70 (3): 357-380.

Piedade, M.T.F., Ferreira, C.S., Wittmann, A.O., Buckeridge, M.S., Parolin, P. (2010). Biochemistry of Amazonian floodplain trees. In: Junk, W.J. et al. (Eds.), Amazonian floodplain forests. Springer, pp. 123–134.

Piedade, M.T.F., Parolin, P., Ferreira, C.S. (2024). Germinação e recrutamento em áreas úmidas. In: Borghetti, F. (Ed.), Germinação: princípios, processos e aplicações. Brasília, pp. 375–390.

Pinho, R.C.; Alfaia, S.S.; Miller, R.P.; Uguen, K.; Magalhães, L.D.; Ayres, M.; Freitas, V.; Trancoso, R. 2010. Island of Fertility: Soil improvement under indigenous homegardens in the savannas of Roraima, Brazil. *Agroforest Syst.* 81 (3): 235–247.

Pinto da Cunha, G.A. 2000. Exigências edafoclimáticas. In: Matos, A.P. *Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura Cruz das Almas, Bahia, p.16-18.

Pires, J. M. 1980. Tipos de vegetação da Amazônia. Vegetalia-Escritos e Documentos,

IBILCE.UNESP, 4: 1-31.

Pires, J. M.; Prance, G. T. 1985. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance G.T.; Lovejoy, T. E. Amazon: key environments. Oxford: Pergamon Press, p.109-145.

Pires, H.R.A., Franco, A.C., Piedade, M.T.F., Scudeller, V.V., Kruijt, B., Ferreira, C.S. (2018). Flood tolerance in two tree species. *AoB Plants*, 10, ply065.

Prance, G.T. 1980. A terminologia dos tipos de florestas Amazônicas sujeitos à inunda  o. *Acta Amazonica*. 10: 495 – 504.

Ponnamperuma, F.N. 1984. Effects of flooding on soils. In: Kozlowski, T.T. (Ed.). *Flooding and plant growth*. Academic Press, Orlando, p. 9–45.

Puravankara, D.; Bohgra, V.; Sharma, R.S. 2000. Effect of antioxidant principles isolated from mango (*Mangifera indica* L.) seed kernels on oxidative stability of buffalo ghee (butter-fat). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 522-526.

Quesada, C.A.; Lloyd, J.; Schwarz, M.; Patiño, S.; Baker, T.R.; Czimczik, C.; *et al.* 2010. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences*, 7: 1515–1541.

Quesada, C.A.; Lloyd, J.; Anderson, L.O.; Fyllas, N.M.; Schwarz, M.; Czimczik, C.I. 2011. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, 8: 1415–1440.

Reichardt, K.; Timm, L.C. 2012. *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplica  es*. 2<sup>a</sup> ed. Manole, Barueri, 500p.

Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G; Vicentini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; *et al.* 1999. *Flora da Reserva Ducke. Guia de identifica  o das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA-DFID. Manaus, Amazonas. 800p.

Rosa, S.A. 2008. *Modelos de crescimento de quatro espécies madeireiras de floresta de várzea*

da Amazônia Central. Dissertação Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 76p.

Roach, D.A.; Wulff, R.D. 1987. Maternal effects in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: 209–235.

Rozane, D.E.; Darezzo, R.J.; Aguiar, R.L.; Aguilera, G.H.A.; Zambolim, L. 2004. *Manga-produção integrada, industrialização e comercialização*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 604p.

Salomão, J.A.M. 2011. *Aspectos etnobotânicos e ecofisiológicos em quintais de quatro comunidades do município de Borba, Amazonas*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 67p.

Sampaio, A.B.; Schmidt, I.B. 2013. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3(2): 32-49.

Schöngart, J.; Piedade, M. T. F. ; Ludwigshausen, S. ; Horna, V. ; Worbes, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *Journal of Tropical Ecology*, 18 (4): 581-597.

Schöngart, J.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Ayres, J.M.; Hüttermann, A.; Worbes, M. 2004. Teleconnection between tree growth in the Amazonian floodplains and the El Niño-Southern Oscillation effect. *Global Change Biology*, 10: 683–692.

Schöngart, J.; Piedade, M. T. F. ; Wittmann, F. K. ; Junk, W. J. ; Worbes, M. 2005. Wood growth patterns of *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth. (Fabaceae) in Amazonian black-water and white-water floodplain forests. *Oecologia*, 145 (3): 454-461.

Schöngart, J.; Wittmann, F.; Worbes, M.; Piedade, M.T.F.; Krambeck, H.-J.; Junk, W.J. 2007. Management criteria for *Ficus insipida* Willd. (Moraceae) in Amazonian white – water floodplain forests defined by tree – rings analysis. *Annals of Forest Science*. 64: 657 – 664.

Schöngart, J. 2008. Growth–Orientated Logging (GOL): A new concept towards

sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. *Forest Ecology and Management*, 256: 1–2.

Schöngart, J., Wittmann, F., Worbes, M. 2010. Biomass and Net Primary Production of Central Amazonian Floodplain Forests. In: Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Wittmann, F., Schöngart, J., Parolin, P. (eds) *Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Dordrecht: Springer. Ecological Studies, v. 210, p. 347-388.

Sociedade Civil Mamiará. 1996. *Mamiará: Management Plan* (summarized version). Brasília, SCM, CNPq/MCT.

Soler Alarcón, J. G. 2005. *Levantamento florístico e etnobotânico em um hectare de floresta de terra firme na região do Médio Rio Negro, Roraima, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, 121p.

Stadtler, E.W.C. 2007. Estimativas de biomassa lenhosa, estoque e seqüestro de carbono acima do solo ao longo do gradiente de inundação em uma floresta de igapó alagada por água preta na Amazônia Central. MSc thesis, INPA/UFAM, Manaus, Brazil. Stahle, D.W. 1999. Useful strategies for the development of tropical tree-ring chronologies. *IAWA Journal*. 20: 249–253.

Vieira, P.A.F. 2007. *Caracterização dos resíduos da manga (Mangifera indica L.) e efeito sobre o desempenho e os parâmetros bioquímicos em frango de corte*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 92p.

Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa. (Embrapa Solos / Embrapa Informação Tecnológica).

Westoby, M., Leishman, M., Lord, J. (1996). Comparative ecology of seed size. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 351, 1309–1318

Wittmann, F.; Anhué, D. & Junk, W.J. 2002. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques. *Journal of Tropical Ecology*. 18: 805-820.

Wittmann, F.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 2004. The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. *Forest Ecology and Management*, 196: 199–212.

Wittmann F.; Schöngart, J.; Montero, J.C.; Motzer, T.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Queiroz, H.L.; Worbes, M. 2006a. Tree species composition and diversity gradients in white-water forest across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*. 33: 1334-1347.

Wittmann, F.; Schöngart, J.; Junk, W. J. (2010). *Phytogeography, species diversity, community structure and dynamics of Amazonian floodplain forests*. In: Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Wittmann, F.; Schöngart, J.; Parolin, P. (eds.). *Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Ecological Studies, vol. 210. Springer, Dordrecht, pp. 61–104.

Worbes, M. 1989. Growth rings, increment and age of trees in inundation forest, savannas and mountain forest in the neotropics. *IAWA Bulletin*, 10(2): 109–122.

Worbes M. 1995. How to measure growth dynamics in tropical trees — a review. *IAWA Journal*. 16: 337– 351.

Worbes, M.; Piedade M.T.F.; Schöngart, J. 2001. Holzwirtschaft im Mamirauá-Projekt zur nachhaltigen Entwicklung einer Region im Überschwemmungsbereich des Amazonas. *Forstarchiv*. 72: 188 – 200.

Worbes, M. 2002. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. *Dendrochronologia*. 20(1 – 2): 217 – 231.

Worbes, M.; Staschel, R.; Roloff, A.; Junk, W.J. 2003. The ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. *Forest Ecology and Management*. 173: 105–123.

Worbes, M. 2004. Tree-ring analysis. In J. Burley, J. Evans, and J. A. Youngquist (Eds.), *Encyclopedia of forest sciences*, Elsevier, Oxford, UK, 586–599.

Whitmore, T.C. 1990. *An introduction to tropical rain forests*. Oxford University Press,

New York.

Ziller, S.R. 2000. A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 268p.